

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

Abdelhafid Boussouf Mila

Institut des Sciences et de la Technologie
Département de Science de la Nature et de la Vie

Mémoire préparé En vue de l'obtention du diplôme de Master

En Filière : Sciences biologiques

**Spécialité : Biologie Appliquée et Environnement : Gestion et Fonctionnement des Ecosystèmes
Aquatiques et Forestiers**

Thème

Analyse biologique des eaux de barrage Beni Haroun

**Préparé par : BOUANANE Sihem
MEZHOUD Houda**

Soutenue devant le jury :

- | | | |
|-----------------|---------------------------------------|----------------------------------|
| - Présidente: | M.DJEDDI Hamssa | MAA Centre Universitaire de Mila |
| - Examinatrice: | M ^{elle} .BOUCHKRITE Moufida | MAA Centre Universitaire de Mila |
| - Promoteur: | M ^{elle} .KHRIEF NSaliha | MAA Centre Universitaire de Mila |

Année universitaire : 2016/2017

Remerciement

Avant tout, nous remercions sincèrement et profondément le bon Dieu qui nous a donné le courage, la patience et la force pour faire ce modeste travail.

*Nous avons très reconnaissantes à notre encadreur **M^{elle} Kherief N Saliha** d'avoir accepté de diriger cette étude, pour son aide et surtout sa patience, pour nous avoir guidées, encouragées et conseillées pendant toute l'année*

*Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury **M. Djeddi Hamssa** et **M^{elle} Bouchakrite Mofida** pour L'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.*

*On tient à remercier tous ceux qui nous ont aidés de près et de loin à réaliser ce travail : **Msr F. Sebai** , **M. Samira** chef de servise de laboratoire d'hygiène de polyclinique Bouaroudje , **M. N. Feroure** ingénieur de laboratoire ,**M.Nadia** ingénieur de laboratoire d'hygiène de l'hôpital de Ferdjioua .*

*Nous tenant à remercier tous nos professeurs : **Msr L .Smara**, et **Msr A. Boubendire**. qui ont donnés une aide et une part active à l'élaboration de cette étude.*

Nous voudrions que tous les membres du département de science de la nature et de la vie acceptent nos remerciements pour le temps précieux qu'ils consacrent aux étudiants durant leur cycle.

Sihem et Houda

Dédicace

Je dédie ce travail à mes plus chers êtres au monde :

Ma mère et mon père pour leur amour, leur tendresse, et pour leur soutien moral et matériel durant toutes les étapes de ma vie, sans lesquels

je n'y serai pas devenue ce que j'en suis aujourd'hui

A mes chères soeurs: Mouna, Hanane, Selma, Assia et son fils : Adam

A mes chers frères: Dadi, Daoud, Ataf, et Ayoub

Et à mes chères amies : Houda et ibtissam

En témoignage de ma sincère amitié, veuillez trouver dans ce travail, mon profond hommage.

A la promotion de 2^{ème} Année Master écologie a ceux je respect et j'aime.

Sihem

Dédicace

Avant tout, tous l'éloge a dieu, le tout puissant pour

tout ce qu'il ma donné et

M'accordé, la force, le courage et la santé à fin de pouvoir

accomplir ce travail. Je dédie ce Modest travaille

A ma source de tendresse, à la femme la plus patiente,

ma très chère mère d'être idéal, et pour tous ses sacrifices,

d'être à coté de mois tout le temps, et pour sa prière

« Rachida »

A mon père qui sans lui je n'arrivé jamais jusqu'ici .j'espère

toujours rester fidèle aux valeurs morales que vous m'avez apprises

« Said »

A mes chères frères Bilal et Sofiane

A mes chères sœurs Zineb et khadidja

Et à mes chères amies Siham ,Ibtissam ,Achwaq et Siham

A la promotion de 2éme Année Master écologie2017.

Houda

ASR : Anaérobies sulfito-réducteurs.

BCPL : Bouillon lactose au pourpre de bromocrésol.

C° : Degré Celsius.

CE : Conductivité Electrique.

CF : Coliformes fécaux.

Cm : centimètre.

CT : Coliformes totaux.

CTT: Coliformes thermo-tolérants.

DBO : Demande biologique en oxygène.

DC : Double concentration.

DCF : Direction conservation de foret.

DCO : Demande chimique en oxygène.

E. Coli : Escherichia coli

EVA : Ethyle violet d'acide de sodium.

FTAM : Flore Totaux Aérobie Mésophile.

GAMT : Germes totaux Aérobies Mésophiles

GNAB : Gélose nutritif Alcaline Bilée.

GT : Germes totaux.

H : Heure.

I : Indice d'aridité.

IBD : Indice biologique de diatomées.

IGBN : Indice biologique global normalisé.

Km : Kilomètre.

Km : Kilomètre.

MES : Matière en suspension.

ml : Milli litre.

mm : Millimètre.

MO : Matière organique.

Mo : Microorganisme.

MW : Méga watt.

Nbr : Nombre

NPP : Nombre plus probable.

OMM : Organisation météorologique mondiale

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

P : Précipitation.

PH : Potentiel Hydrogène.

PH : Période humide.

pH : potentiel Hydrogène.

PS : Période sèche.

Q : Quotient pluviométrique d'EMBERGER.

SC : Simple concentration.

SF : Streptocoques fécaux.

St : Station.

STEP : Station d'épuration.

T : Température.

TGEA : Tryptone glucose agar

UFC : Unité formant Colonies.

UV: Ultra-violet.

VF : Viande Foie

μs/cm : micro-siémens par centimètre.

μS: Micro siemens.

N°	Intitulé	page
01	Les paramètres d'évaluation de la qualité physicochimiques de l'eau	19
02	les classes de qualité d'eau en fonction de la valeur de l'IBD (Rodier, 2009).	23
03	Caractéristiques d'un indicateur idéal de contamination fécale (Rose et al., 2004).	24
04	Classification climatique selon l'indice d'aridité	37
05	Indice d'aridité dans la wilaya de Mila (2005-2015)	37
06	Liste des espèces des poissonsensemencées en 2001,2003 et 2006 au niveau du barrage de Beni Haroun (DPM, 2014)	43
07	Liste des espèces d'oiseaux observées au niveau du barrage Beni Haroun (DGF, 2016).	44
08	Description et coordonnées géographiques des stations d'échantillonnages.	45
09	Matériels utilisés pour l'analyse microbiologique .	48
10	Le matériel utilisé sur terrain et au laboratoire.	59
11	Grille d'appréciation de la qualité de l'eau en fonction de la température (Masson, 1988).	62
12	Aptitude à la biologie en fonction du pH (SEQ-Eau, 1999).	63
13	Inventaire d'algues par Famille des eaux de barrage.	70
14	Variation spatiale moyenne des paramètres physico-chimiques des eaux du barrage.	78
15	Variation temporelle moyenne des paramètres physico-chimiques des eaux de barrage.	79
16	Variation temporelle moyenne des paramètres biologiques des eaux de barrage.	79
17	Variation spatiale moyenne des paramètres biologiques des eaux de barrage.	80
18	Variation spatiale moyenne des paramètres biologiques des eaux de barrage.	81
19	Variation temporelle moyenne des paramètres biologiques des eaux de barrage.	82

20	Matrice de corrélation entre les paramètres physico- chimiques des eaux de barrage	83
21	Matrice des corrélations entre paramètres physico-chimiques et biologiques des eaux de barrage.	84

N°	Intitulé	page
01	La contamination des hydrosystème (Khaled, 1995)	06
02	Les origines de la pollution de l'eau (Raven et al., 2009)	07
03	Source de polluants chimique dans les hydrosystèmes (Raven et al., 2009)	08
04	Vue générale d'un lac eutrophisé (koller, 2004)	09
05	Processus d'eutrophisation vers une asphyxie du milieu aquatique (Laurentides, 2009).	11
06	Les étapes de l'eutrophisation (ISECA, 2014).	12
07	Les facteurs clés du changement global en relation avec les maladies infectieuses (Koelle et al., 2005).	17
08	Les principaux indices biologiques utilisés (Rodier, 2009)	22
09	Situation géographique de la wilaya de Mila (CETIC, 2008).	30
10	Situation géographique du barrage Beni Haroun (Mebarki, 2009). (N : 36°30'59.28" ; E : 6°17'36.14") (ANB, 2007).	31
11	Variation de la température moyenne mensuelle dans la région de Mila (2005-2015)	34
12	Variation mensuelle des moyens de précipitation dans la région d'étude (2005-2015)	35
13	Diagramme ombrothermique de Gausсен de la région de Mila (2005-2015)	36
14	Climatogramme pluviothermique dans la région de Mila (2005-2015)	38
15	Variation de l'insolation dans la région de Mila (2005-2015)	38
16	Variation de la vitesse des vents dans la région de Mila (2005-2015)	39
17	Variation de l'humidité dans la région de Mila (2005-2015).	40
18	Variation de l'évaporation dans la région de Mila (2005-2015).	40
19	Localisation des points de prélèvement (Google Earth, 2017).	46

20	Les stations (st1) Médious , (st2) Helloufa.	46
21	Les stations (st3) Anouch Ali ,(st4) La digue	46
22	Recherche des coliformes.	51
23	Recherche des Streptocoques fécaux.	53
24	Recherche des germes totaux.	55
25	Recherche des Spores d'Anaérobies Sulfito-réducteurs.	57
26	Recherche de salmonelle et vibriion cholera.	58
27	Variations spatio-temporelles des températures des eaux des stations d'étude.	61
28	Variations spatio-temporelle du pH des eaux de stations d'étude.	63
29	Variations spatio-temporelles de la conductivité électrique des stations d'étude.	64
30	Evolution spatio-temporelle des nombres des coliformes totaux.	65
31	Evolution spatio-temporelle des nombres des coliformes fécaux.	66
32	Evolution spatiotemporelle de nombre d' <i>E.coli</i> .	67
33	Evolution spatio-temporelle de nombre des Streptocoques fécaux	68
34	Evolution spatio-temporelle de nombre des germes totaux.	69
35	Richesse phytoplanctonique de la station Médious.	73
36	Richesse phytoplanctonique de la station Helloufa.	74
37	Richesse phytoplanctonique de la station Anouch Ali.	75
38	Richesse phytoplanctonique de la station la digue.	76
39	Concentration de la biomasse algale dans chaque station d'étude.	77

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction

Chapitre I : Synthèse bibliographique

Partie I : L'eau et le milieu naturel

I.1. Les écosystèmes aquatiques	03
I.1.1. Fonctionnement d'un écosystème aquatique	03
I.1.2. Les grands types d'écosystèmes	03
I.1.2.1. Les systèmes aquatiques continentaux superficiels	03
I.1.2.1.1. Les écosystèmes du domaine lotique	04
I.1.2.1.2. Les écosystèmes du domaine lentique (ou limnique)	04
I.1.2.2 Définition d'un barrage	04
I.1.2.3. L'utilité d'un barrage	05
I.1.2.4. Impacts environnementaux des barrages	05
I.2. Généralité sur la pollution de l'eau	06
I.2.1. Nature de pollution	07
I.2.1.1. Pollution chimique	07
I.2.1.2. Pollution organique	08
I.2.1.3. Pollution biologique	08
I.2.1.3.1. L'eutrophisation	08
I.2.1.3.2. Pollution microbiologique	13
I.2.2. Evaluation de la qualité de l'eau	17
I.2.2.1. Evaluation physicochimiques	19
I.2.2.2. Evaluation de la qualité Biologique	21

Partie II : Description de la zone d'étude

I.3. Généralité sur la wilaya de Mila	30
I.4. Le barrage de Béni Haroun	31
I.4.1. Géologie et géomorphologie	32
I.4.2. Pédologie	32
I.4.3. Couvert végétal	32

I.4.4. Réseau hydrographique	32
I.4.5. Climatologie	33
I.4.5.1. Définition du climat	33
I.4.5.2. Les facteurs du climat	33
I.4.6. Cadre biotique	41
I.4.6.1. Biodiversité floristique	41
I.4.6.2. Biodiversité faunistique	42

Chapitre II : Matériel et méthodes

II.1. Stations de prélèvement	45
II.2. Analyse physicochimique	47
II.2.1. Méthodes d'analyses physico-chimiques	47
II.3. Analyse microbiologique	48
II.3.1. Echantillonnage	48
II.3.2. Méthodes d'analyses microbiologiques	49
II.3.2.1. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux	49
II.3.2.2. Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux	52
II.3.2.3. Recherche et dénombrement des germes totaux(GAMT)	54
II.3.2.4. Recherche et dénombrement des Clostridium sulfito-réducteurs	56
II.3.2.5. Recherche de <i>salmonella</i> et de <i>vibrion cholera</i>	58
II.4. Analyse phytoplanctonique	59
II.4.1. Matériel utilisé	59
II.4.2. Prélèvement	59
II.4.3. Observation et identification des espèces	60

Chapitre III. Résultats et discussion

III.1. Analyse physico-chimique	61
III.1.1. Température (T°C)	61
III.1.2. Potentiel d'hydrogène (PH)	62
III.1.3. Conductivité électrique	63
III.2. Analyse microbiologique	64
III.2.1. Résultats de dénombrement des bactéries de l'eau	65
III.2.1.1. Coliformes totaux	65

III.2.1.2. Coliformes fécaux	66
III.2.1.3. <i>Escherichia. Coli</i>	67
III.2.1.4. Streptocoques fécaux	68
III.2.1.5. Germes totaux	69
III.2.1.6. Les anaérobies Sulfito-réducteurs (ASR), salmonelle, <i>vibrion cholera</i>	70
III.3. Résultat d'analyse phytoplanctonique	70

Conclusion

Références bibliographiques

Annexe

Résumé

Abstract

ملخص

Introduction

L'eau constitue un élément essentiel de la vie. C'est une composante majeure qui participe à toutes les activités quotidiennes notamment, domestiques, industrielles et agricoles.

Par sa position dans une zone aride à semi-aride, l'Algérie comme dans tous les pays en voie de développement, connaît un accroissement important dans la demande en eau, et ce problème se pose de plus en plus avec acuité particulièrement en vu du changement climatique et de l'accroissement démographique.

L'accès à la ressource en eau constitue un des défis majeurs du 21^{ème} siècle. Parmi les ressources en eau représentatifs de l'Est algérien, le barrage de Béni Haroun situé dans la wilaya de Mila. Actuellement, il constitue le plus imposant aménagement hydraulique réalisé à travers le pays (**Mebarki, 2009**).

C'est un écosystème aquatique très important compte tenu de son impact économique sur la région, sans oublié son rôle majeur dans l'alimentation en eau potable pour quatre millions d'habitants, répartis sur les wilaya de Constantine, Mila, Batna, Oum El Bouaghi et Khenchela; ainsi qu'à l'irrigation de plus de 400.000 hectares de terre agricole (**Merabet, 2010**).

La croissance démographique et la modernisation de l'agriculture entraînent un problème énorme de détérioration de la qualité de l'eau potable souvent existante en quantité limitée. La pollution des eaux superficielles est souvent un processus évolutif dans l'espace et dans le temps.

Le développement des microorganismes dans les eaux naturelles est un phénomène normal, souhaitable même pour le bon fonctionnement de l'écosystème. On parlera cependant d'un déséquilibre lorsque ce développement est excessif, ce qui entraînent beaucoup de problèmes (eutrophisation, bactéries pathogènes...etc) (**Berche et al., 1988**)

L'eutrophisation entraîne une dégradation des milieux aquatiques et une réduction de la biodiversité. Cette détérioration n'est évidemment pas sans conséquence sur la santé humaine, l'eau étant de moindre qualité.

L'eau est aussi considérée comme un transporteur potentiel de nombreuses maladies, elle peut véhiculer en particulier un nombre de micro-organismes, bactéries, virus et parasites en tous genres qui y vivent et s'y développent (**Rodier, 1999**).

Certaines bactéries sont susceptibles d'être pathogènes soit, ce qui est souvent plus aisé, celles qui les accompagnent et qui sont en plus grand nombre souvent présentes dans l'intestin des mammifères et sont par leur présence indicatrices d'une contamination fécale et donc des maladies associées à la contamination fécale (**Bourgois et Mesle, 1996**).

L'objectif de notre travail consiste à déterminer la qualité de l'eau superficielle du barrage de Béni-Haroun par le truchement des analyses physicochimiques et biologiques.

Cette analyse est importante car la qualité de l'eau n'est pas un paramètre stable, mais au contraire sujet à fluctuation, par pollution accidentelle, nécessitant des contrôles permanents.

Nous avons suivi la qualité de l'eau à travers des analyses qui ont été effectuées au niveau du laboratoire d'hygiène de polyclinique Bouaroudje et au niveau du laboratoire d'hygiène de l'hôpital de Ferjdjoua et celui du Centre Universitaire de Mila.

Nous avons structurés notre démarche en trois chapitres interdépendants :

- Le premier chapitre est divisé en deux parties. La première résume un rappel sur les écosystèmes aquatiques, les divers types de pollutions qui affectent l'eau ainsi que les différents paramètres d'évaluation de la qualité des eaux. La deuxième présente la description et la localisation de la zone d'étude ;
- Le deuxième chapitre est consacré aux méthodes et aux techniques employées pour la réalisation de ce travail ;
- Le troisième chapitre présente les résultats obtenus et leurs discussions ;

A la fin, notre travail est clôturé par une conclusion finale.

*Chapitre I: Synthèse
bibliographique*

Partie I : L'eau et le milieu naturel

I.1. Les écosystèmes aquatiques

Les écosystèmes aquatiques ont été définis par plusieurs composantes, la nature des organismes dominants : organismes planctoniques, les caractéristiques physiques, les lieux géographiques ou bien une/ou des combinaisons de ces composantes (**Laevastu et al., 1996**).

Ainsi, la classification des écosystèmes aquatiques a été développée pour décrire de telles limites. Au sein des différents écosystèmes, plusieurs variables physiques, chimiques et biologiques sont prises en considération pour les caractériser.

Pour les variables physiques, on distingue la profondeur, la température, la salinité, la pression de l'eau et la turbidité. En ce qui concerne les variables chimiques, on distingue la teneur en oxygène dissous et les éléments nutritifs (**Gregg et Bodtger, 2007**).

Les variables biologiques comprennent l'ensemble des êtres vivants. En fait, chaque combinaison de ces différentes variables crée un écosystème aquatique particulier caractérisé par une succession, une richesse et une diversité écologique bien déterminées (**Drira, 2009**).

I.1.1. Fonctionnement d'un écosystème aquatique

Un écosystème aquatique est un ensemble d'organismes les producteurs, les consommateurs et les décomposeurs qui agissent réciproquement. Ils dépendent les uns des autres et de leur milieu. Il produit constamment de la matière vivante. Celle-ci est progressivement transformée en matière organique morte, qui est elle-même ensuite lentement minéralisée, en partie ou en totalité (**Houli, 2014**).

I.1.2. Les grands types d'écosystèmes

I.1.2.1. Les systèmes aquatiques continentaux superficiels

Ils sont répartis en deux domaines : le domaine lotique et le domaine lentique (ou limnique).

I.1.2.1.1. 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**).

I.1.2.1.2. 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**).

I.1.2.2. Définition d'un barrage

Un Barrage est un ouvrage artificiel coupant le lit d'un cours d'eau, dans le but de créer des réservoirs (retenues) qui permettent d'accumuler l'eau durant les périodes pluvieuses pour pouvoir ensuite la distribuer durant les périodes sèches (**Bakroune, 2011**).

La classification des barrages est basée, en général, sur les normes de projection, les spécificités des techniques de construction et en particulier les risques attendus à l'aval de l'ouvrage après sa rupture.

Comme elle peut se faire également selon plusieurs critères parmi lesquels on peut citer : les matériaux de la fondation, les matériaux de construction ou la façon de s'opposer à la poussée de l'eau (**Lenntech, 2004**).

D'après **Mihoubi (2008)**, le critère le plus important de la classification de ces ouvrages hydrauliques reste la hauteur :

- Grands barrages: $H > 50$ m ;
- Moyens barrages : $15 \text{ m} < H < 50$ m ;
- Petits barrages : $H < 15$ m.

I.1.2.3.L'utilité d'un barrage

La principale raison qui conduit à réaliser des barrages est le stockage d'un grand volume d'eau pour qu'il soit disponible en cas de besoin. Un barrage donne à l'homme un réservoir d'eau. Ce stockage est beaucoup plus économique qu'avec d'autres types de réservoirs. Le volume de ce réservoir est appelé capacité (**Lenntech, 2004**).

D'après **Bakroune (2011)**, la capacité du réservoir est susceptible d'être employée pour :

- L'irrigation des terres cultivées ;
- L'alimentation en eau potable des collectivités humaines ;
- La réduction des débits maximaux des crues ;
- Le stockage de l'eau pour la production d'énergie ;
- La dérivation de l'eau dans un canal ;
- L'utilisation touristique et sportive d'un plan d'eau ;
- L'élevage des poissons ;
- Un lac de barrage peut être un lieu d'accueil d'oiseaux migrateurs, un lieu de reproduction de certaines espèces aquatiques ;
- Lutte contre les incendies ;
- Protection des estuaires contre les remontées d'eau de mer.

I.1.2.4.Impacts environnementaux des barrages

Un barrage est un facteur de fragmentation écologique quand il freine ou bloque la migration d'espèces aquatiques.

Il bouleverse généralement le débit naturel et saisonnier du cours d'eau, affecte le niveau des nappes et le transfert des matières en suspension et sédiments.

Il a des effets différés sur les écosystèmes d'une vaste zone en raison de l'inondation de la zone amont, et de la forte modification du régime d'écoulement des eaux de la zone aval, ainsi que de la modification de la qualité des eaux provoquée par la retenue (**Kerdoud, 2006**).

De nombreuses maladies, notamment différentes formes de cancer, provoquées ou favorisées par la pollution de l'eau, un barrage peut générer une modification des structures écologiques et faciliter des invasions biologiques (Mihoubi, 2008).

I.2. Généralité sur la pollution de l'eau

La pollution de l'eau est une dégradation physique, chimique ou biologique de ses qualités naturelles, provoquée par l'homme et par ses activités. Elle perturbe les conditions de vie et l'équilibre du milieu aquatique et compromet les utilisations de l'eau.

Djennas *et al* (2003), définit la pollution de l'eau comme une introduction de n'importe quelle substance dans une rivière, un cours d'eau, un lac, ou dans l'océan qui altère les ressources naturelles de ces environnements.

Actuellement, la pollution des eaux est devenue un phénomène universel qui menace gravement l'environnement et qui nécessite une lutte soutenue (Khaled, 1995).

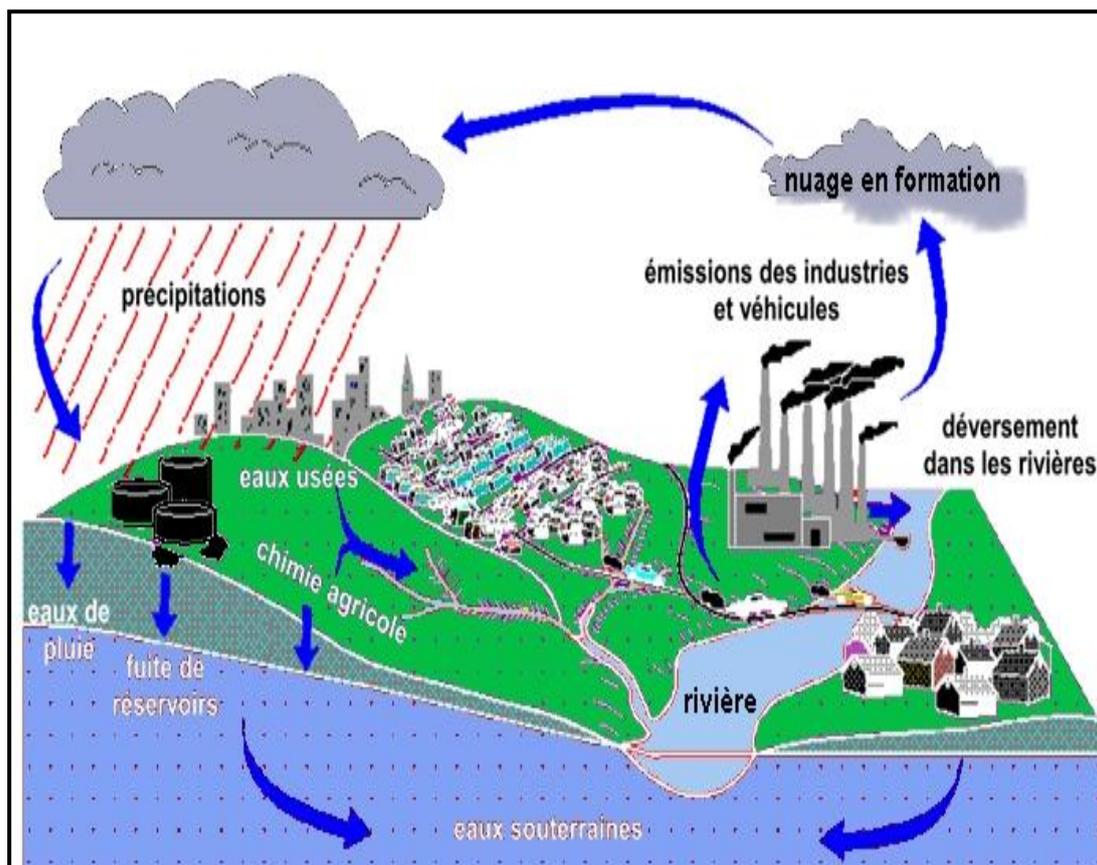
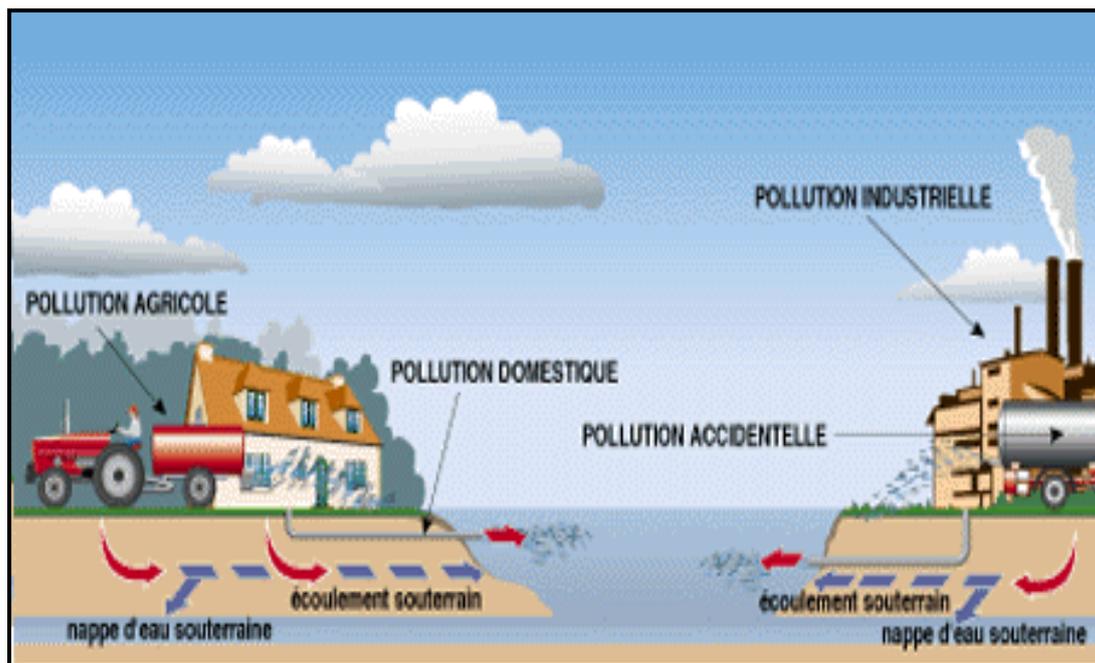


Figure (01) : La contamination des hydrosystème (Khaled, 1995).



Figure(02) : Les origines de la pollution de l'eau (Raven et al., 2009).

I.2.1. Nature de pollution

I.2.1.1. La Pollution chimique

Ce type de pollution des eaux de surface résulte le plus souvent de l'introduction dans le milieu de substances à effet toxique, de critères multiples et d'origines divers (pesticides, détergents, métaux lourds...etc). La pollution chimique des eaux peut être chronique, accidentelle ou diffuse (Ramade, 2005).

Selon **Bouhmar Merah (2007)**, 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.



Figure(03) : Source de polluants chimique dans les hydrosystèmes (Raven et al., 2009).

I.2.1.2. Pollution organique

Les matières organiques sont tous les déchets carbonés tels que la cellulose produite par les papeteries, les sucres ou le lactosérum des industries agroalimentaires à l'inverse des MES.

Ces matières constituent une nourriture de choix pour les microorganismes (mo) de l'eau et provoquent leur prolifération, les (mo) se mettent alors à vider le milieu de son oxygène, ce qui s'avère fatal pour la vie aquatique lorsque le milieu se retrouve totalement vidé de son oxygène (Emilian, 2004).

Certains de ces polluants ont une influence sur la qualité organoleptique de l'eau, sur son comportement dans le réseau de distribution, mais sans effet appréciable sur la santé du consommateur (Djennas et al., 2003).

I.2.1.3.La pollution biologique

I.2.1.3.1. L'eutrophisation

L'eutrophisation est définie par l'OCDE comme un enrichissement des eaux en matières nutritives qui entraîne une série de changements symptomatiques, tels que :

l'accroissement de la production d'algues et de macrophytes, la dégradation de la qualité de l'eau et autres changements symptomatiques considérés comme indésirables et néfastes aux divers usages de l'eau (**Galvez et al., 2002**).

Selon **Lacaze (1996)**, l'eutrophisation est définie, au sens habituel comme l'enrichissement des eaux en nutriments presque essentiellement le phosphore et l'azote qui vont favoriser la croissance des végétaux pour finalement induire des proliférations algales (eaux colorées), des algues flottantes à la surface des eaux et des macrophytes ou des algues sur les rivages ou sur les fonds.



Figure (04): Vue générale d'un lac eutrophisé (**koller, 2004**).

I.2.1.3.1.1. Les différentes formes de l'eutrophisation

Les différentes formes de proliférations végétales sont de divers facteurs, dont la gamme de concentration en phosphore (**Lacaze, 1996**).

- **Les phytoplanctons**

Algues microscopiques en suspension dans l'eau, se développant selon un cycle saisonnier, elles donnent à l'eau une coloration verte soutenue. Il s'agit de la forme la plus souvent décrite, mais elle n'affecte que les plans d'eau et les cours d'eau lents (**Khellou, 2012**).

- **Les algues filamenteuses**

Dans les rivières les plus rapides, à faible profondeur, ce sont plutôt les algues filamenteuses qui prolifèrent. Il s'agit de végétaux vivant en colonies, formant de longues touffes de filaments verts, ondulant dans le courant et couvrant souvent la totalité du fond. Elles peuvent connaître un développement très rapide et devenir très envahissantes (**Aminot et al., 2001**).

- **Les diatomées**

Ce sont des algues microscopiques, fixées sur tous supports en milieu de courants forts ou lents. Certaines espèces peuvent former des colonies de couleur brune (**Rodier, 2005**).

- **Les plantes supérieures**

Très utiles dans le milieu aquatique, la présence de plantes supérieures (macrophytes) est un signe de bon état des cours d'eau. Il arrive cependant que certaines espèces à forte dynamique prolifèrent et deviennent une gêne. Les espèces les plus couramment rencontrées sont les renoncules, les myriophylles, les potamots, les callitriches ainsi que les lentilles d'eau, qui peuvent recouvrir entièrement la surface des eaux calmes (**Khellou, 2012**).

I.2.1.3.1.2. Les étapes de l'eutrophisation

- **Apport excessif de substances nutritives**

Ces substances peuvent provenir d'épandages agricoles (engrais riches en azote et phosphore) ainsi que de l'utilisation de produits lessiviels riches en polyphosphates, rejetés via les eaux usées (**Khellou, 2012**).

- **Croissance et multiplication des algues**

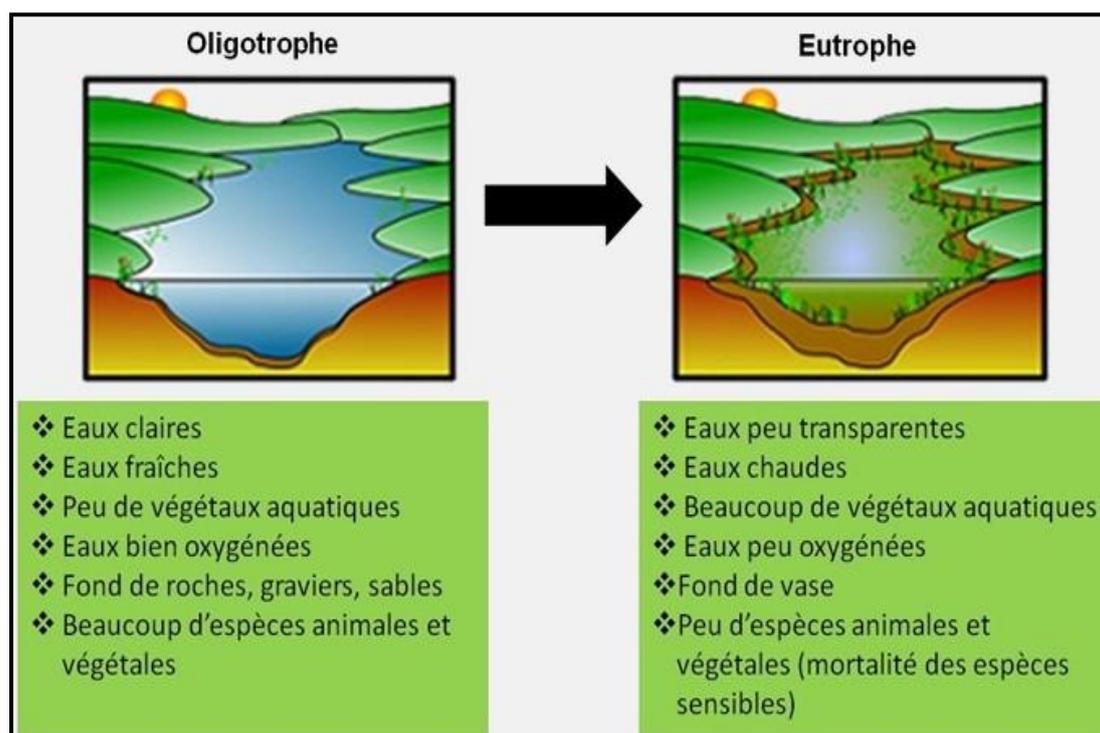
Stimulées par cet apport nutritif, certaines algues croissent et se multiplient de manière excessive, en particulier dans les couches d'eau de surface puisque les végétaux ont besoin de lumière pour se développer (**Austruy, 2012**).

- **Dégradation de ces algues par les bactéries aérobies**

Ces algues en excès, conduisent, lorsqu'elles se décomposent, à une augmentation de la quantité de matières organiques biodégradables dans le milieu aquatique, c'est à dire une augmentation de la quantité de nourriture pour les bactéries aérobies (bactéries ayant besoin d'oxygène) (**Lacaze, 1996**).

- **Asphyxie du milieu aquatique**

Ayant davantage de nourriture à disposition, ces bactéries prolifèrent à leur tour, consommant de plus en plus d'oxygène. Dans le cas d'un lac profond, le fond du lac est peu oxygéné en raison d'une absence de circulation suffisante des eaux. Les bactéries finissent donc par épuiser l'oxygène des couches d'eaux profondes et ne peuvent plus dégrader toute la matière organique morte, qui s'accumule sur le fond du lac (**Normand,2007**).



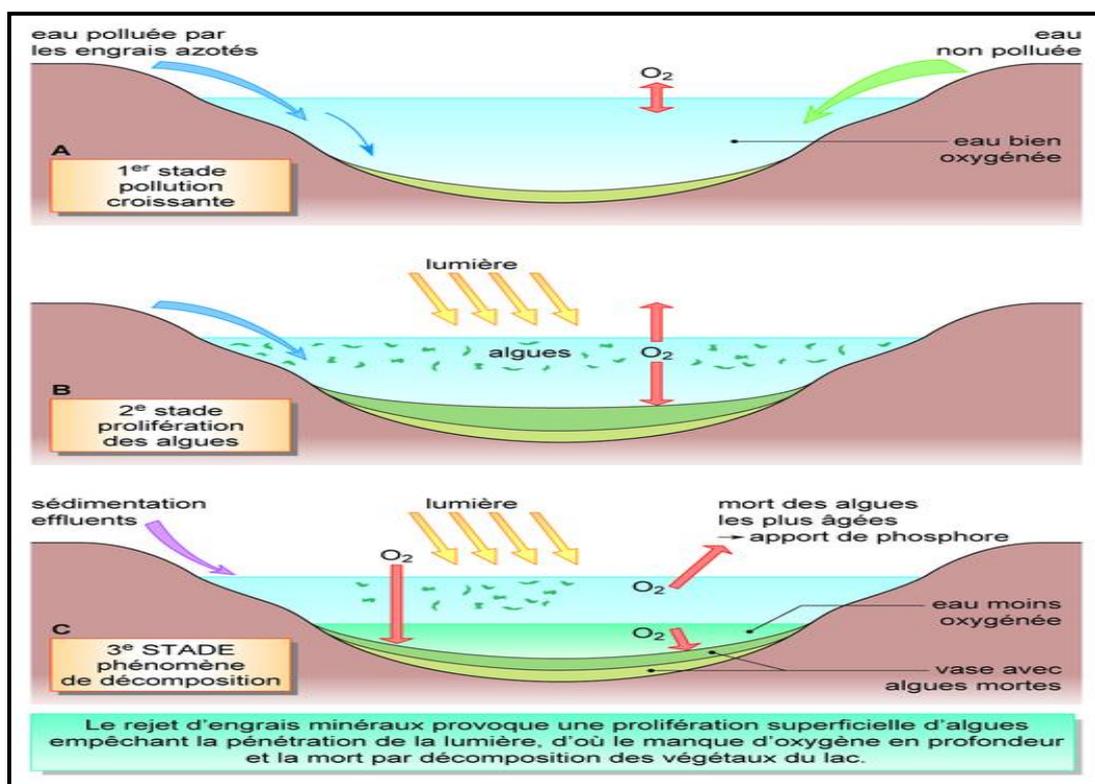
Figure(05) : Processus d'eutrophisation vers une asphyxie du milieu aquatique (Laurentides, 2009).

- **Diminution de la biodiversité et de la qualité de l'eau en tant que ressource**

Dans les profondeurs du milieu eutrophisé, la vie disparaît peu à peu : les espèces animales sensibles à la baisse de la teneur en oxygène dissous et les bactéries aérobies meurent asphyxiées. Au bout d'un certain temps, seules les bactéries anaérobies (qui vivent sans oxygène) survivent dans ce milieu dépourvu d'oxygène.

elles se multiplient et provoquent la fermentation de toute la matière organique accumulée, libérant des gaz nauséabonds (hydrogène sulfuré et ammoniac) et du méthane. Elles peuvent également libérer des toxines qui peuvent être nocives pour certains mammifères (Devidal, 2007).

De plus, les végétaux colmatent le fond des milieux aquatiques détruisant ainsi les milieux de vie des invertébrés et les zones où fraient les poissons. La production d'eau potable, les usages récréatifs et esthétiques, industriels et agricoles (irrigation pour le bétail) sont également affectés par la dystrophisation (Creppy et Moukhas, 2009).



Figure(06) : Les étapes de l'eutrophisation (ISECA, 2014).

I.2.1.3.1.3. Les remèdes de l'eutrophisation

- Le premier des remèdes consiste à limiter le rejet de substances nutritives dans le milieu aquatique. Pour cela, il est nécessaire de limiter l'utilisation des engrais en agriculture et de faire disparaître les phosphates de nos produits du quotidien (comme dans les produits lave-vaisselle où ils ne sont pas interdits) (**Bourdin, 2004**).
- La création de zones-tampon (bandes enherbées et arborées) entre les champs et les cours d'eau permettent également de limiter cette pollution (**Laurentides, 2009**).
- Enfin, une élimination plus efficace de l'azote et du phosphore par les stations d'épurations est également souhaitable (**Austruy, 2012**).

I.2.1.3.2. La pollution microbiologique

La pollution microbiologique des eaux se traduit par une forte contamination de l'eau par de nombreux agents pathogènes, bactéries, virus, protozoaires. Elle soulève dans bien des cas de redoutable problème d'hygiène publique qui ne sont pas limités aux seuls pays du tiers monde (**Van Overmeiren, 2008**).

Les bactéries, virus et autres agents pathogènes vivant dans les eaux composent ce que l'on appelle la pollution microbiologique. Elle vient généralement de décharges, d'épandages d'eaux usées, de l'élevage, de fosses septiques, de fuites de canalisations et d'égouts, d'infiltration d'eaux superficielles, de matières fermentées ou du rejet d'eaux superficielle. Ces microorganismes nocifs peuvent générer des maladies graves dans les cas de contact ou d'ingestion de l'eau qui en est porteuse (**Paul, 1998**).

I.2.1.3.2.1. Les sources des microorganismes dans l'environnement aquatique

Les microorganismes entériques proviennent du tube digestif des hommes et des animaux à sang chaud et sont amenés vers le milieu aquatique via les excréments.

Parmi les sources de contamination, il existe les sources ponctuelles et les sources diffuses.

- **Les sources ponctuelles**

Les sources ponctuelles incluent les rejets d'eaux usées domestiques brutes et traitées en station d'épuration (STEP), les rejets d'eaux usées industrielles, les rejets d'eau de ruissellement urbain lorsque celle-ci sont collectées par un réseau d'assainissement séparatif ou encore les rejets directs d'effluents d'élevage. Les eaux usées domestiques contiennent des concentrations très importantes en microorganismes d'origine fécale (**Servais et al., 2007**).

- **les sources diffuses**

En plus des apports par les sources ponctuelles, le milieu naturel reçoit également des microorganismes fécaux par des sources diffuses de contamination, difficilement localisable dans l'espace et parfois très variable dans le temps.

Il n'existe pas dans la littérature de définition claire du terme source diffuses. Ces dernières englobant à la fois des contamination diffuses d'origine humaine (eau d'infiltration provenant de systèmes d'assainissement autonome comme les fosses septiques, fuites de réseaux d'assainissement défaillant, etc.) et des contaminations diffuses d'origine animale (animaux sauvages et bétail) qui rejoint le milieu aquatique via le ruissellement et le lessivage des sols (**George et al., 2002**).

Il a été également montré que les apports de bactéries fécales dans les zones de pâturage dépendaient de l'intensité des précipitations. En périodes pluvieuses, le flux exporté vers les systèmes aquatiques s'accroît en raison de la contribution plus importante des eaux de ruissellement qui sont plus riches en microorganismes fécaux (**Servais et al., 2007**).

I.2.1.3.2.2. Devenir et transport dans l'environnement

Le devenir du micro organismes dans l'environnement est très difficile à évaluer car les méthodes utilisées permettent difficilement de les suivre depuis leur réservoir naturel vers un autre point.

De plus, leur devenir sera variable selon la nature et l'intensité des pressions environnementaux subies tout au long de leur parcours jusqu'au point de contact avec l'homme (**Behets et al., 2007**).

I.2.1.3.2.3. Les facteurs environnementaux susceptibles d’agir sur le devenir d’un micro organisme

I.2.1.3.2.3.1. Les facteurs abiotiques

➤ La température

La température joue un rôle très important La température optimale de croissance des microorganismes primaires ayant pour l’habitat naturel le tube digestif de l’homme et des animaux à sang chaud est proche de 37°C. Leur capacité de reproduction dans le milieu naturel est donc fortement réduite voire nulle à l’exception de certain écosystèmes où ces conditions peuvent être rencontrées **(Pelandakis et Pernin,2002)**.

➤ La lumière

Les radiations UV_B (longueur d’onde entre 290 et 320 nm) ont un effet bactéricide sur beaucoup de microorganismes en provoquant des dommages cellulaires directs ou indirects.

Les dommages cellulaires liés aux UV_B et UV_A sont des dommages plutôt indirects à l’ADN **(Davies et al.,1997)**.

➤ Les éléments nutritifs

La plus part des microorganismes hétérotrophes requièrent de fortes concentrations en éléments nutritifs organiques pour ce multiplier. Cette exigence nutritionnelle les rends moins compétitifs vis-à-vis de la microflore autochtone des milieux naturels oligotrophe .

Cependant, certain biotopes comme les sédiments des systèmes aquatiques fluviatiles ou côtiers peuvent présenter des conditions favorables sur le plan énergétique, notamment à basse température lorsque l’activité métabolique est réduite **(Pelandakis et Pernin, 2002)**.

➤ La salinité

La salinité de l'eau de mer est bien plus proche de la salinité rencontrée dans le tube digestif que la salinité des eaux douces, lesquelles ont souvent un effet hypo-osmotique sur les microorganismes.

Les bactéries d'origine entérique sont également halotolérantes et peuvent survivre dans les eaux saumâtres et marines (**Fields et al., 2002**).

➤ La sédimentation

C'est un facteur d'élimination (mais aussi de stockage) dans l'environnement aquatique. Les protozoaires mais aussi les virus et les bactéries associés à des particules peuvent sédimenter dans les zones peu agitées par les courants.

Dans certains cas, l'accumulation dans les sédiments conduit à la mort des microorganismes, notamment pour les espèces aérobies strictes qui sont dépendantes du dioxygène. Les microorganismes trouvent des conditions de protection contre les radiations solaires contre les prédateurs et se trouvent dans un environnement riche en nutriments (**Lin et al., 2009**).

➤ Le pH

Il est relativement invariable dans l'environnement à l'exception de zones de pollution très spécifiques (**Pelandakis et al., 2002**).

1.2.1.3.2.3.2. Les facteurs biotiques

Différents facteurs biotiques peuvent jouer un rôle dans le comportement démographique des microorganismes dans l'eau. La plus part de ces facteurs reposent sur les interactions des microorganismes entre eux ou entre microorganismes et organismes supérieurs. Ce sont essentiellement la prédation, le parasitisme et la compétition (**Koelle et al., 2005**).

➤ La prédation

Ce sont les nano flagellés hétérotrophes (de taille comprise entre 2 et 20 μm) qui sont les principaux brouteurs de bactéries suivis par les ciliés. Ces mêmes microorganismes consomment également les bactéries d'origine entérique rejetée dans les

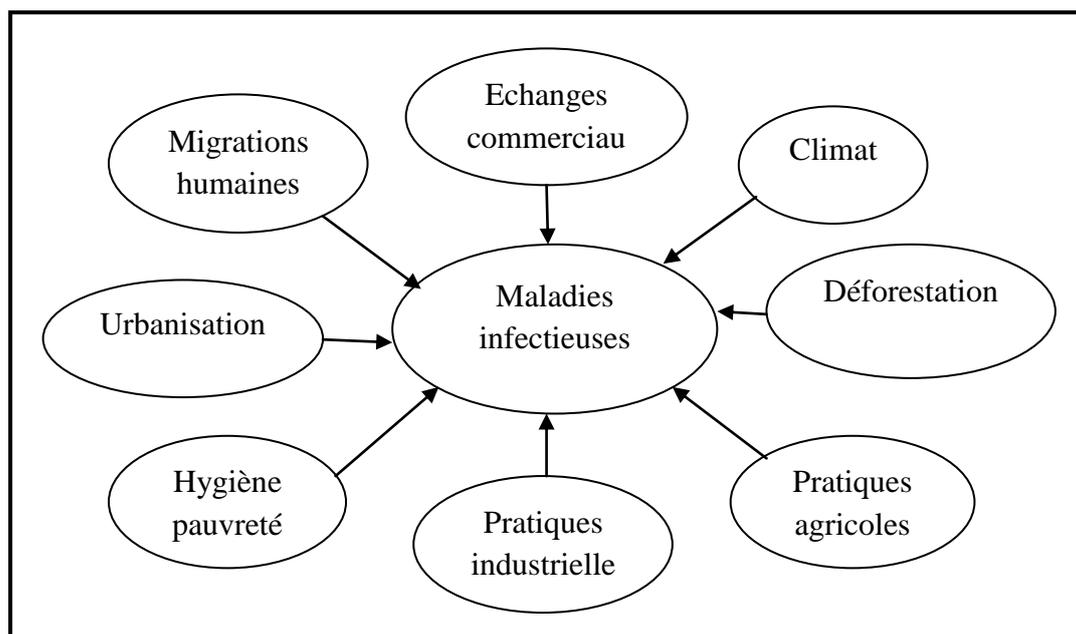
eaux, la prédation par des protozoaires était le premier facteur biotique responsable de la décroissance de l'abondance des bactéries fécales en milieux aquatique (Marsalek et al., 2004).

➤ La compétition

La compétition pour les ressources nutritives est également importante, notamment dans les environnements où cette ressource est limitée et où les espèces autochtones sont beaucoup plus compétitives (Rose et al., 2004).

➤ Effets des changements globaux

Les changements globaux concernent une multitude de facteurs dont le climat (température, précipitation, force des vents) et les développements socioéconomiques s'opérant à l'échelle mondiale. Ces facteurs affectent l'incidence des maladies infectieuses (Lindgren et Gustafson, 2001).



Figure(07) : Les facteurs clés du changement global en relation avec les maladies infectieuses (Koelle et al., 2005).

I.2.2. Evaluation de la qualité de l'eau

La qualité d'une eau est caractérisé par les diverses substances qu'elle contient, leur quantité et l'effet qu'elles ont sur l'écosystème et sur l'être humain.

C'est la concentration de ces différents éléments qui détermine la qualité d'une eau et permet de savoir si celle-ci convient à un usage particulier (**Benaziza et al, 2007**).

L'évaluation de la qualité des eaux naturelles porte sur trois grands volets, chacun d'eux concernant l'une des grandes composantes de la qualité des hydro systèmes:

- Evaluer la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau et son aptitude à satisfaire les fonctions naturelles des milieux aquatiques et des usages de l'eau ;
- Estimer l'état des peuplements animaux et végétaux vivant dans les milieux aquatiques ;
- Apprécier le degré d'artificialisation ou de perturbation de tout ce qui concerne le milieu physique (Morphologie et hydrologie).

Ces aspects d'évaluation de qualité d'eau s'adaptent aux différents milieux aquatiques, cours d'eau, eaux souterraines, plans d'eau, littoral...etc.

Selon **Mazzuoli (2012)**, les cours d'eau sont classés en quatre catégories:

- **Bonne** : Ce sont des eaux aptes à tous les usages comme la fabrication d'eau potable, ou l'abreuvement des animaux, l'arrosage ou l'irrigation, etc., sans oublier les activités de loisirs, et qui, par ailleurs, assurent une vie piscicole normale.
- **Moyenne** : Ce sont des eaux où la vie piscicole est perturbée, au moins dans ces aspects reproduction. Elles permettent encore la production d'eau potable, mais avec des traitements plus poussés, donc plus chers. Elles peuvent encore être utilisées pour l'irrigation, mais non pour abreuver les animaux ou pour l'arrosage direct des productions végétales de type fruits ou légumes. Cette eau peut servir pour certains usages industriels.
- **Mauvaise** : Ce sont des eaux où la vie piscicole est perturbée. Seuls des usages industriels de type refroidissement sont possibles. Les activités de loisir autres que la navigation et la baignade sont déconseillées ou interdites. L'irrigation est tolérée sous certaines conditions.
- **Très mauvaise** : Ces eaux sont des dangers pour la santé publique.

I.2.2.1 Evaluation physicochimiques

La mesure de certaines variables de qualité de l'eau peut fournir des informations concernant les types de polluants et leurs impacts sur l'eau (**Moisan et al., 2008**).

Les propriétés physico chimique les plus intéressantes pour l'évaluation de la qualité de l'eau sont les suivantes :

Tableau(01) : Les paramètres d'évaluation de la qualité physicochimiques de l'eau

Les paramètres physicochimiques	
Température	Elle a une grande importance dans l'étude et la surveillance des eaux quelle soient souterraines ou superficielles, son élévation anormale est essentiellement due à un apport direct de chaleur provenant des industries (Devillers, 2005).
Potentiel d'hydrogène (PH)	La mesure du pH est très importante. Ce paramètre conditionne l'équilibre physico chimique d'une eau. Le pH n'a pas une incidence écologique directe forte entre 5 et 9. Cependant, il influence sur la forme des produits chimiques et il peut avoir une incidence directe sur leur toxicité (Arrignon ,1989).
Conductivité électrique	La conductivité électrique est une expression numérique de la capacité d'une solution aqueuse à conduire un courant électrique. Cette capacité dépend de la présence des ions, de leurs concentrations et de la température des mesures. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité des

	sels dissous (Djannes, 2003).
Oxygène dissous	Constitue en définitive un facteur limitant pour la plupart des organismes tant dans les eaux douce, qu'océanique. Le taux de l'oxygène dissous constitue le paramètre le plus sensible à l'apport de pollution organique dans cour d'eau (Merabet, 2010).
La salinité	Désigne la quantité de sels dissous dans un liquide, notamment l'eau qui est un puissant solvant pour de nombreux minéraux représentés par les sels minéraux (calcium, sodium, potassium, magnésium, sulfate). Il ne faut pas confondre la salinité avec la dureté de l'eau qui est relative à son dosage en calcium et magnésium (Moisan et al., 2008).
La demande biochimique en oxygène (DBO)	La DBO est définie par la quantité d'oxygène nécessaire aux microorganismes vivants présents dans le milieu pour assurer l'oxydation et la stabilisation des matières organiques présentes dans l'eau (Frank, 2002).
La demande chimique en oxygène (DCO)	La DCO est la quantité d'oxygène nécessaire pour obtenir une oxydation complète des matières organiques et minérales biodégradables ou non présentes dans l'eau (Rodier et al., 2005).

I.2.2.2. Evaluation de la qualité Biologique

L'évaluation de la qualité biologique repose sur l'utilisation et l'interprétation de paramètres biologiques obtenus à l'aide de méthodes validées qui partent du principe que l'étude des organismes vivants permet d'établir un diagnostic de l'état de l'écosystème. Elle vise donc à renseigner sur l'état de santé des peuplements végétaux et animaux liés au milieu aquatique (**Ramade, 2005**).

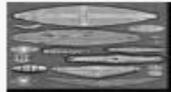
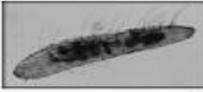
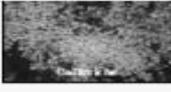
En effet, toute dégradation du milieu, chimique (rejets polluants) ou physique (Extraction de granulats, ...etc.), a une influence sur la composition et/ou la structure des biocénoses (présence ou absence d'espèce (s) sensible (s), richesse en espèces, abondance relative de chacune, ...etc.).

L'étude des peuplements du milieu aquatique ou inféodés à lui (macro invertébrés, diatomées, oligochètes, poissons, macrophytes, ...etc), appelés **bio-indicateurs**, permet donc de déterminer des indices biologiques qui constituent une expression chiffrée de la qualité biologique (note variant entre 0 et 20 pour la plupart des indices) (**Van Overmeiren, 2008**).

I.2.2.2.1. Les principaux types d'indices biologiques

Sont le plus souvent associés à des indicateurs biologiques ou bio indicateurs. Parmi les indices les plus couramment utilisés, on peut citer l'indice biotique, maintenant remplacé par l'indice biologique global normalisé (IBGN), l'indice diatomées, l'indice oligochètes, l'indice macro invertébrés, l'indice poissons, l'indice macrophytes ou l'indice oiseaux (**Melhaoui, 2009**).

Selon **Krejciv (2005)**, toute une série de micro-organismes, de plantes et d'animaux appartenant aux éléments biotiques des milieux aquatiques sont utilisés en relation avec la protection des eaux comme indicateurs de l'état des eaux.

Indice	Groupe faunistique ou floristique étudié	Notation	exemple d'organisme
IBGN Indice Biologique Global Normalisé	Macroinvertébrés	Note de 0 à 20 <i>Une note supérieure ou égale à 17 représente une eau très bonne qualité</i>	
IBGA Indice Biologique Global Adapté aux grands cours d'eau		Listes faunistiques par substrat ou par groupe de substrat	
IBD Indice Biologique Diatomées	Diatomées	Note de 0 à 20 <i>une note supérieure ou égale à 17 représente une très bonne qualité</i>	
IOBS Indice Oligochètes de Bioindication des Sédiments	Oligochètes	Note de 0 à 10 <i>une note supérieure à 6 représente une très bonne qualité</i>	
IBMR Indice Biologique Macrophytique en Rivière	Flore aquatique	Note de 0 à 14 (ou plus) <i>une note supérieure à 14 représente une très bonne qualité (eutrophisation très faible)</i>	
IPR Indice Poisson Rivière	Poissons	Note de 0 à 36 (ou plus) <i>Plus la valeur de l'indice est élevé plus la qualité est dégradée</i>	

Figure(08). Les principaux indices biologiques utilisés (Rodier, 2009).

I.2.2.2.1.1. Le Phytoplancton, indicateur de la qualité biologique de l'eau

Les indicateurs biologiques sont basés sur le même principe. La variété des taxons présents dans un prélèvement, leur assemblage, la présence ou l'absence de groupes sensibles (aux pollutions par exemple), donnent une indication sur la qualité des milieux (Groga, 2011).

L'abondance de phytoplancton est influencée par l'apport de nutriments dans les milieux aquatiques, ils sont aussi très sensibles à la qualité physicochimiques de l'eau, notamment le pH, la Température et la salinité, à la présence de polluants organiques toxiques, Les diatomées figurent parmi les classes de phytoplanctons les mieux connus et les plus utilisés pour le diagnostic écologique (Benoit-chabot, 2014).

I.2.2.2.1.2. Indice biologique des diatomées

Les indices diatomiques, basés sur des données quantitatives, traduisent des modifications structurelles des communautés, telle une augmentation progressive d'espèces tolérantes en cas de pollution. Ils permettent d'évaluer l'état des écosystèmes aquatiques à partir de la structure des communautés de diatomées en se basant sur un ou plusieurs gradients environnementaux (Siddour, 2007).

Leur choix en tant que bio indicateurs est apparu comme pertinent puisque les diatomées peuplent les cours d'eau tout au long de l'année, qu'elles réagissent aux perturbations du milieu aquatique et qu'il est possible d'analyser la flore diatomique benthique avec une bonne fiabilité (Rodier, 2009).

Tableau(02) : Classes de qualité d'eau en fonction de la valeur de l'IBD (Rodier ,2009)

IBD	< 5	5 ≤ IBD < 9	9 ≤ IBD < 13	13 ≤ IBD < 17	≥ 17
Qualité de l'eau	Mauvaise	Médiocre	Moyenne	Bonne	Très bonne
Code Couleur	Rouge	Orange	Jaune	Vert	Bleu

I.2.2.2.2. Evaluation de la qualité microbiologique

Outre les organismes végétaux et animaux aquatiques habituels, une foule de microorganismes peuple les eaux de façon normale ou non. Certains peuvent devenir une gêne pour l'environnement ou pour l'homme. Les analyses bactériologiques de l'eau ont pour but principal de mettre en évidence la présence de bactéries qui indiquent une pollution fécale, due à un rejet d'eaux résiduaires urbaines ou agricoles (Van Overmeiren, 2008).

Elle consiste aussi à rechercher et à dénombrer certaines espèces ou certains groupes de bactéries, les plus représentatives d'une telle contamination et dont la présence ne constitue pas un risque pour la santé ; on les appelle « des indicateurs de contamination fécale ». On parle aussi de « bio-indicateurs de traitement », qui permettrait d'évaluer l'efficacité d'un traitement vis-à-vis de telle ou telle catégorie de germes.

I.2.2.2.2.1. Les microorganismes indicateurs de contamination fécale

La recherche microorganismes pathogène dans l'environnement aquatique est une tâche fastidieuse, difficile et longue. ces microorganismes sont très diversifiés et

requière des méthodes souvent très spécifiques, très sophistiquées et très coûteuse (Delarras et Trebaol 2003).

Pour cette raison et pour un gain d'efficacité sur le plan opérationnel, des microorganismes qui puissent être utilisés comme « sentinelle », afin de renseigner sur la présence potentielle des agents pathogènes ont longtemps été recherchés pour renseigner sur la contamination d'un biotope donné par des matières fécales, car la majorité des agnats pathogènes de l'homme rencontrés dans l'environnement aquatique proviennent de cette matière (Gerba et al., 1975).

Les critères qui président au choix d'un bon indicateur d'une contamination par des matières fécales sont présentés dans le tableau ci dessous.

Tableau (03) : Caractéristiques d'un indicateur idéal de contamination fécale (Rose et al., 2004).

Propriétés	Caractéristiques d'un indicateur idéal de contamination des eaux
Pathogénicité	Non pathogène
Occurrence	Présent en même temps que les pathogènes, absent en l'absence de contamination fécale
Survie	Cinétique de survie similaire à celle des agents pathogènes
Multiplication	Ne se reproduit pas dans les eaux naturelles
Inactivation	Inactivé par les traitements de matière similaire aux particules pathogènes
Source	Sa seule source dans les eaux naturelles est la contamination fécale
Coût	Méthodes de détection peu onéreuses, rapides et faciles à mettre en œuvre.

Selon Rodier (2009), un indicateur idéal devrait répondre à un certain nombre d'exigences ou de références :

➤ Epidémiologique

Des études ou des enquêtes épidémiologiques devraient établir la relation (à travers le pathogène ou non), qui existe entre un indicateur, sa nature, son taux, et la probabilité d'appariation d'infection dans une population (Amrouch et al., 2003).

➤ **Ecologie**

Un bon indicateur doit être spécifique d'une contamination fécale, c'est-à-dire constamment rencontré dans les fèces des animaux à sang chaud, et toujours absent de l'environnement non pollué ; il doit, en conséquence, coexister avec les germes pathogènes. Il doit être sensible. Son taux doit être élevé dans les matières fécales. Il sera isolé dans l'eau lorsque les pathogènes sont présents et mieux, précéder leur apparition ; il doit être présent en plus grand nombre que les pathogènes (**Rose et al., 2004**).

➤ **Bactériologique**

L'indicateur doit être plus résistant aux agents désinfectants que les pathogènes. Il sera incapable de se multiplier dans l'eau (**Guiraud, 1980**).

➤ **Taxonomique**

L'indicateur doit être parfaitement reconnu et classé en tant qu'espèce, selon les critères bactériologiques en cours (ex : E.coli, S. faecalis).

Lorsque l'indicateur correspond à une population (Ex : coliformes), cette population devrait être parfaitement définie, et les espèces qui la composent, connues.

➤ **Détection et identification**

Un bon indicateur doit être facile à détecter, rapidement et au moindre coût ; il doit être capable de se multiplier sur des milieux usuels, sélectifs ou non ; il doit être distribué au hasard dans l'échantillon et sa croissance ne pas être inhibée par autre espèce. Il doit enfin être identifiable sans ambiguïté, à l'aide de réactions ou de tests simples et, si nécessaire, en faisant appel aux techniques actualisées de l'identification numérique (**Kreisel, 1991**).

I.2.2.2.2 Maladies à transmission hydrique

Dans la nature, l'eau n'est pas toujours source de vie car elle peut véhiculer en particulier un nombre de micro-organismes, bactéries, virus et parasites en tous genres qui y vivent et s'y développent (**Rodier, 1999**).

Les principaux symptômes de toutes les maladies hydriques sont les suivants :

➤ **Choléra**

Maladie contagieuse d'origine bactérienne qui provoque des infections intestinales aiguës, dont les symptômes sont diarrhées fréquentes, vomissements incontrôlables, soif intense et une déshydratation rapide. Cette maladie peut entraîner la mort dans 80% des cas graves non traités (**Fournier,1996**).

➤ **Fièvre typhoïde**

Fièvre d'origine bactérienne qui entraîne de la fièvre, des maux de tête, de l'anorexie, un ralentissement du rythme cardiaque, une augmentation du volume de la rate, la formation de taches roses sur le corps, une toux sèche et de la constipation. Cette maladie, qui peut être bénigne et asymptomatique, peut entraîner la mort dans 1% des cas (**Ivanoff et Levine 1997**).

➤ **Fièvre paratyphoïde**

Maladie d'origine virale, cliniquement semblable à la fièvre typhoïde. Le taux de mortalité est toutefois plus faible (**Marchon,1996**).

➤ **Dysenterie**

Terme générique qui caractérise des maladies entraînant une diarrhée douloureuse et sanglante accompagnée de coliques, de nausées et de vomissements, dysenterie bacillaire ou shigellose (causée par diverses bactéries), dysenterie amibienne ou amibiase (causée par des amibes). Seule la shigellose peut entraîner la mort, les taux de mortalité peuvent atteindre 20% (**François , 2008**).

➤ **Diarrhées infectieuses**

Maladies causées par diverses bactéries et dont les symptômes sont des selles liquides, des vomissements et de la fièvre. En général, elles n'entraînent pas la mort (**Berche et al ., 1988**).

➤ Hépatite A et E

Le virus de l'hépatite A (VHE A) et E (VHE) se transmet en général par voie fécale orale, soit par contact direct d'une personne à l'autre, soit par ingestion d'eau ou d'aliments contaminés. Il peut aussi se propager lors de certaines pratiques sexuelles (**Berche ,1999**)

Selon **L'OMS (2012)**, les tests auxquels sont habituellement soumises les eaux d'alimentation sont :

- La recherche et le dénombrement des coliformes ;
- La recherche et le dénombrement des streptocoques fécaux ;
- La recherche et le dénombrement des spores des chlostridiumes.

➤ Coliformes

Les coliformes appartiennent à la famille des *Enterobacteriaceae*.

Le terme « coliforme » correspond à organismes en bâtonnets, non sporogène, Gram-négatifs, oxydase négatif, aéro-anaérobies facultatif, capable de fermenter le lactose (et mannitol) avec production d'acide et gaz en 48 heures à des températures de 35 et 37 °C.

Les coliformes comprennent les genres : *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Yersinia*, *Serratia*. (**Rodier ,2005**).

➤ Coliformes fécaux ou Coliformes thermo- tolérants

Les coliformes fécaux ou coliformes thermo tolérants correspondent à des coliformes qui présentent les mêmes propriétés (caractéristiques des coliformes) après incubation à la température de 44 °C (**Larpen ,2001**).

Escherichia coli est sans doute le plus spécifique de tous les germes de contamination fécale. Le terme « *Escherichia coli* présumé » correspond à des coliformes thermo-tolérants qui produisent de l'indole à partir du tryptophane à 44 °C et ont des caractères biochimiques propres à cette espèce (**Bourgois, 1996**).

➤ **Streptocoques fécaux**

Sous la dénomination générale de «*Streptocoques fécaux*», il faut entendre l'ensemble des streptocoques possédant une substance antigénique caractéristique du groupe D de Lancefield (**Rodier, 2005**).

Ils sont généralement pris globalement en compte comme des témoins de pollution fécale. Ils sont des Gram positifs, groupes en chaînettes, anaérobies facultatifs, catalase négatif et immobiles (**Larpent, 2001**).

➤ **Clostridium sulfito-réducteurs**

Clostridium sulfito-réducteurs sont souvent considérés comme des témoins de pollution fécale ancienne ou intermittente. Leur permanence marque la défaillance en un point donné du processus de filtration naturelle (**Armand, 1996**).

Ce sont des bacilles Gram positifs, anaérobies stricts, isolés ou en chaînettes, mobiles, catalase positif, réduisent le sulfite de sodium en sulfure.

La forme sporulée des Clostridium sulfito-réducteurs est beaucoup plus résistante que les formes végétatives (**Bourgeois, 1996**).

➤ **Germes totaux (FAMT)**

Ce sont des germes qui se développent dans des conditions aérobies. Leur présence est indicatrice de pollution bactérienne. Leur dénombrement donne une information sur la qualité hygiénique de l'eau destinée à la consommation humaine.

Ainsi, ils renseignent sur le degré de protection des nappes souterraines d'où provient l'eau à analyser (**Lebres, 2006**).

➤ **Salmonelles**

Les Salmonelles appartiennent à la famille des Entérobacteriaceae, bacille à Gram négatif, anaérobie facultatif, habituellement mobiles grâce à une ciliature péritriche, mais des mutants immobiles peuvent exister .

Les sérotypes adaptés à l'homme sont: Salmonella. Typhi et sérotypes S. paratyphi A et S. Sendai, responsables de la fièvre typhoïde humaine.

Les Salmonelles sont en général considérées comme pathogènes bien que leur virulence et leur pouvoir pathogène varient énormément (**Rodier, 2009**).

➤ *Vibriion cholera*

Est une bactérie gram négatif, en forme de bâtonnet incurvé, mobile et responsable du choléra chez l'Homme, une maladie épidémique contagieuse.

La bactérie Vibriion cholera vit dans l'eau et a une grande capacité de survie environnementale. Elle tolère très bien la salinité mais ne se retrouve pas vraiment en mer mais plutôt dans les estuaires, les rivières et les nappes phréatiques et toutes les sources d'eau contaminées par des déjections humaines (**Mihaila et al ., 2003**).

Partie II : Description de la zone d'étude

I.3. Généralité sur la wilaya de Mila

La wilaya de Mila se situe au Nord-est de l'Algérie à 464 m d'altitude, et à 33 km de la mer Méditerranée. Elle fait partie de l'Est de l'Atlas tellien, par une chaîne de montagnes qui s'étend d'ouest en est sur l'ensemble du territoire nord du pays (ANDI, 2013).

Elle occupe une superficie de 0,14% de la superficie totale du pays. Une wilaya de 3481 km² où vivent aujourd'hui 775 300 habitants (RGPH, 2008). C'est en découpage administratif de 1984, que Mila a été décomposé en 32 communes (Chaalal, 2012).

La Wilaya de Mila est limitée par 6 wilayas :

- Au nord-ouest par la wilaya de Jijel ;
- Au nord-est par la wilaya de Constantine et Skikda ;
- Au ouest par la wilaya de Sétif ;
- Au sud-est par la wilaya D'Oum-El Bouaghi et Batna.

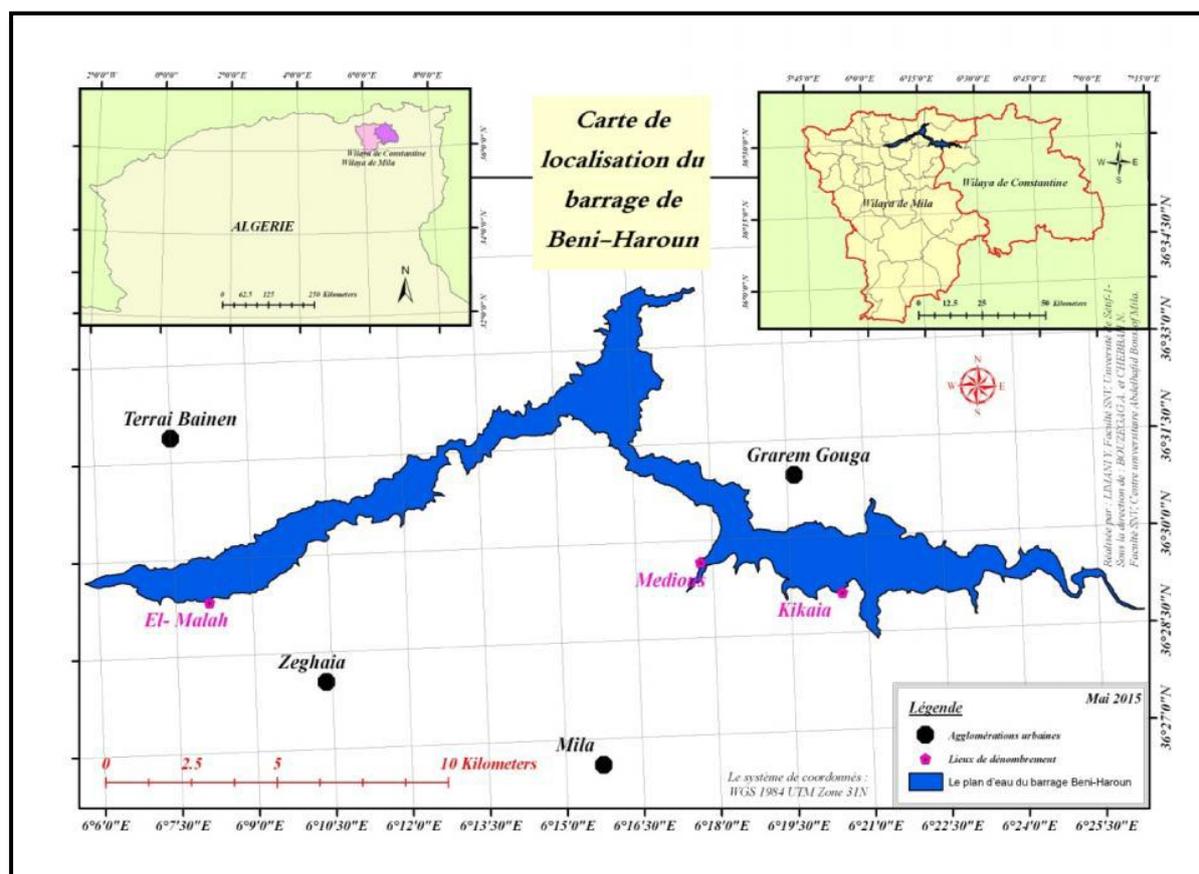


Figure(09): Situation géographique de la wilaya de Mila (CETIC, 2008).

I.4. Le barrage de Beni Haroun

Le barrage de Béni Haroun est un grand complexe hydraulique stratégique en Algérie, situé dans la wilaya de Mila au nord-est de l'Algérie. Le barrage de 120 m de hauteur, est le plus important et le plus grand barrage en Algérie avec une capacité de 960 millions de mètres cubes. Il est constitué d'une digue renforcée de 1,5 million de mètres cubes de béton roulé compact (Mebarki, 2009).

Avec sa grande station de pompage d'eau brute, dont la puissance est de 180 MW, le barrage alimente en eau potable plusieurs régions limitrophes de la wilaya de Mila, notamment les wilayas de Jijel, Constantine, Oum el Bouaghi, Batna et Khenchela. Le barrage fournit également une quantité importante d'eau d'irrigation pour quelques centaines d'hectares d'exploitations agricoles dans les régions voisines.



Figure(10): situation géographique du barrage Beni Haroun (Mebarki, 2009).

(N : 36°30'59.28" ; E : 6°17'36.14") (ANB, 2007).

I.4.1. Géologie et géomorphologie

Le bassin versant de Béni-Haroun occupe une superficie d'environ 6 478 km². Les reliefs les plus importants sont présents au nord et à l'ouest du bassin versant. La topographie s'adoucit vers le sud pour laisser place aux hautes plaines sétifiennes.

Les roches sédimentaires occupent environ 87% sont représentées principalement par les calcaires et les marnes, les roches métamorphiques occupent environ 1% sont représentées majoritairement par des schistes et la surface restante du bassin versant 12% est couverte de dépôts alluvionnaires localisés le long des oueds (**Zouaidia, 2006**).

I.4.2. Pédologie

La majeure partie du territoire (environ 94%) est couvert d'associations de 5 unités de sols. Ces unités sont des lithosols, régosols, sols peu évolués d'apport alluvio-colluvial, sols peu évolués d'érosion, les sols bruns calcaires vertiques (**Chebbah, 2015**).

I.4.3. Couvert végétal

Le bassin versant du barrage de Béni-Haroun est utilisé à environ 60% pour l'agriculture intensive, en l'occurrence les grandes cultures céréalières et fourragères. Cette utilisation reflète clairement la présence de replats dans l'unité de paysage montagnaise, au nord et l'étendu des grands plateaux au sud. En contrepartie, les zones plus accidentées sont généralement couvertes de matorrals (16%), de forêts (9%) et de maquis/garrigues (7%) (**Athmania et al., 2009**).

Ce sont toutefois les formations de matorrals qui dominent ce groupe, ne laissant habituellement place aux massifs forestiers que sur les sommets les plus élevés. Malgré cette distribution des strates végétales, de nombreuses zones d'expansion agricole sur pentes fortes peuvent être remarquées au nord-est du bassin, dans la zone de transition entre le massif montagnoux et les grands plateaux. Un tel débordement se remarque aussi au pied des collines qui parsèment les grands plateaux.

I.4.4. Réseau hydrographique

Le bassin de Mila est traversé par deux grands oueds principaux, Oued Endja à la limite Nord-est du bassin versant et oued El Kébir qui s'allonge à la limite Nord-est du bassin, la présence des dépôts détritiques (conglomérats, graviers et sable) qui couvrent les parties

superficielles du bassin, facilitent l'infiltration et l'emménagement des eaux souterraines ainsi que le développement de nappes phréatiques. D'ailleurs, La qualité de l'eau est classée comme médiocre dont la plupart des puits et des forages, car ces eaux sont généralement contaminées par des teneurs élevées en chlorures et sodium (**Bioret et al., 2010**).

I.4.5. Climatologie

I.4.5.1. Définition du climat

Selon la définition de l'Organisation météorologique mondiale (OMM), le climat est la "synthèse des conditions météorologiques dans une région donnée, caractérisée par les statistiques à long terme des variables de l'état de l'atmosphère".

La nature de climat joue un rôle essentiel pour ajuster les caractéristiques écologiques des écosystèmes continentaux .En réalité il existe une interférence entre climat, composition des communautés en particulier végétales propre à un écosystème donné et nature des sols, d'où la trilogie typique climat-sol –végétation.

Aussi la bonne connaissance des conditions climatiques de la zone d'étude et de ses caractéristiques est importante pour la compréhension de l'évolution des éléments chimiques et de comportement hydrologique des cours d'eau (**Ramade, 1984**).

I.4.5.2 Les facteurs du climat

I.4.5.2.1 Température

La température est le degré de chaleur ou le froid qui règne dans un lieu ou dans l'atmosphère. 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 l'abri du vent.

La température de l'air varie selon les moments de la journée, l'altitude, les saisons. Elle est l'un des facteurs ayant une grande influence sur le climat et sur le bilan hydrique car elle conditionne l'évaporation et l'évapotranspiration (**Dreux, 1980**).

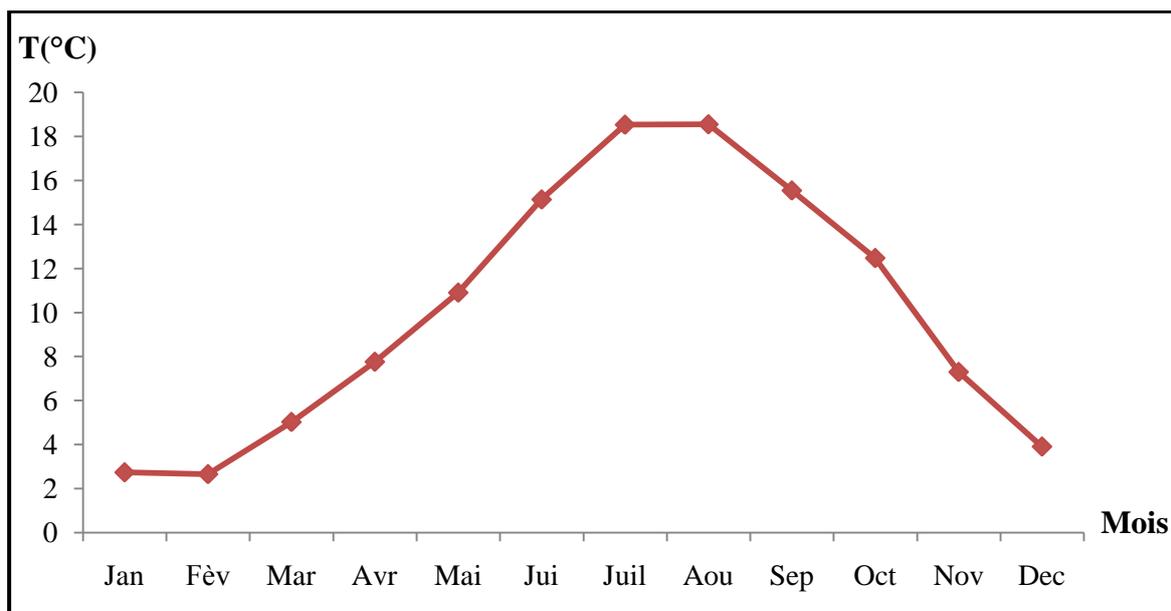


Figure (11) : Variation de la température moyenne mensuelle dans la région de Mila (2005-2015).

Dans notre zone d'étude la saison chaude est bien marquée dans la période de 2005-2015. La température maximale est enregistrée durant le mois de Juillet où elle atteint environ 26.6°C, une température modérée durant les mois de l'automne, l'hiver et le printemps.

I.4.5.2.2. Précipitation

Les précipitations constituent 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, où le régime des écoulements est fortement lié aux précipitations (**Kerdoud, 2006**).

La pollution mesurée par milligrammes et par litres est modifiée lors des fortes pluies. En effet, les concentrations de certains polluants diminuent par le phénomène de dilution, d'autres augmentent (comme la pollution par les matières en suspension d'origine érosive).

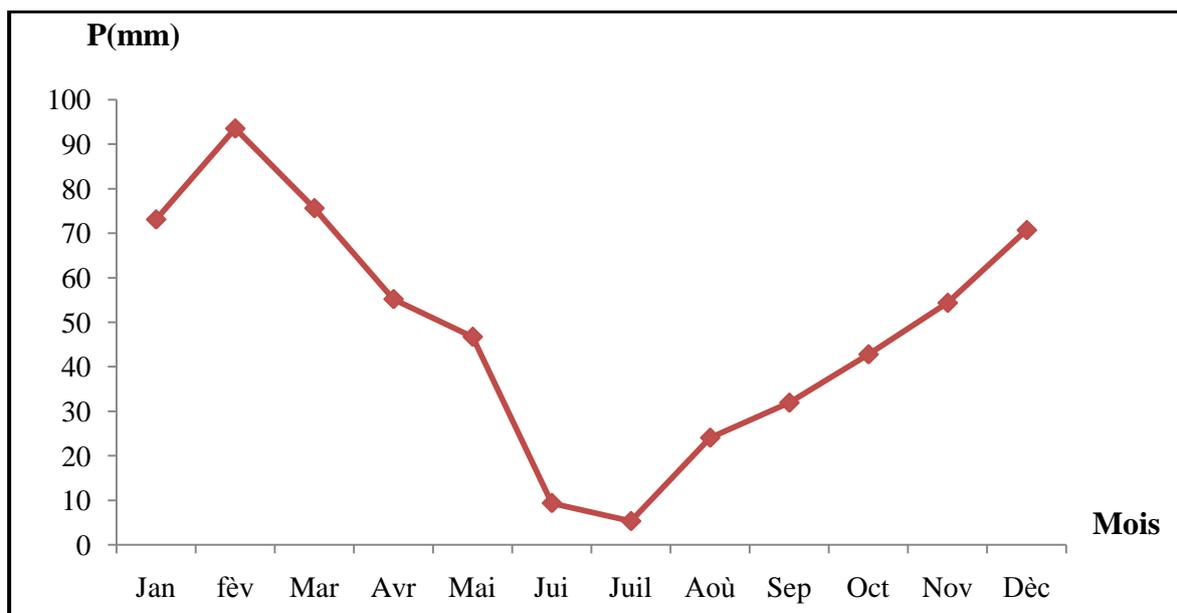


Figure (12) : Variation mensuelle des moyennes de précipitation dans la région d'étude (2005-2015).

D'après l'analyse des données recueillies auprès de service météorologique de Ain tin (figure 12) la distribution des précipitations dans la période (2005-2015) est irrégulière comme indique le diagramme (figure12). Le maximum de pluies est enregistré en février avec une moyenne annuelle de 93.48 mm .Le mois de juillet ne reçoit que une faible quantité avec une moyenne annuelle de 5.35 mm.

La température et les précipitations constituent les deux principaux paramètres de climat .Divers types de diagrammes sont destiné pour données une représentation graphique des paramètres majeurs de climat propre à une région donnée ,les principaux sont : le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson, le climatogramme d'Emberger .

I.4.5.2.3. Diagramme ombrothermique de Gausson

Il constitue un type graphique très utilisé pour comparer les climats, en considérant qu'un mois est sec quand le total des précipitations exprimé en mm est égal ou inférieur au double de la température moyenne mensuelle ($mm \leq 2T (^{\circ}C)$).

Les périodes d'aridité sont celles durant les quelles la courbe pluviométrique est au-dessous de la courbe thermique .selon l'échelle ($P=2T$) , les courbes ombrothermiques déterminent deux périodes , l'une humide et l'autre sèche (**Benmansour, 2001**).

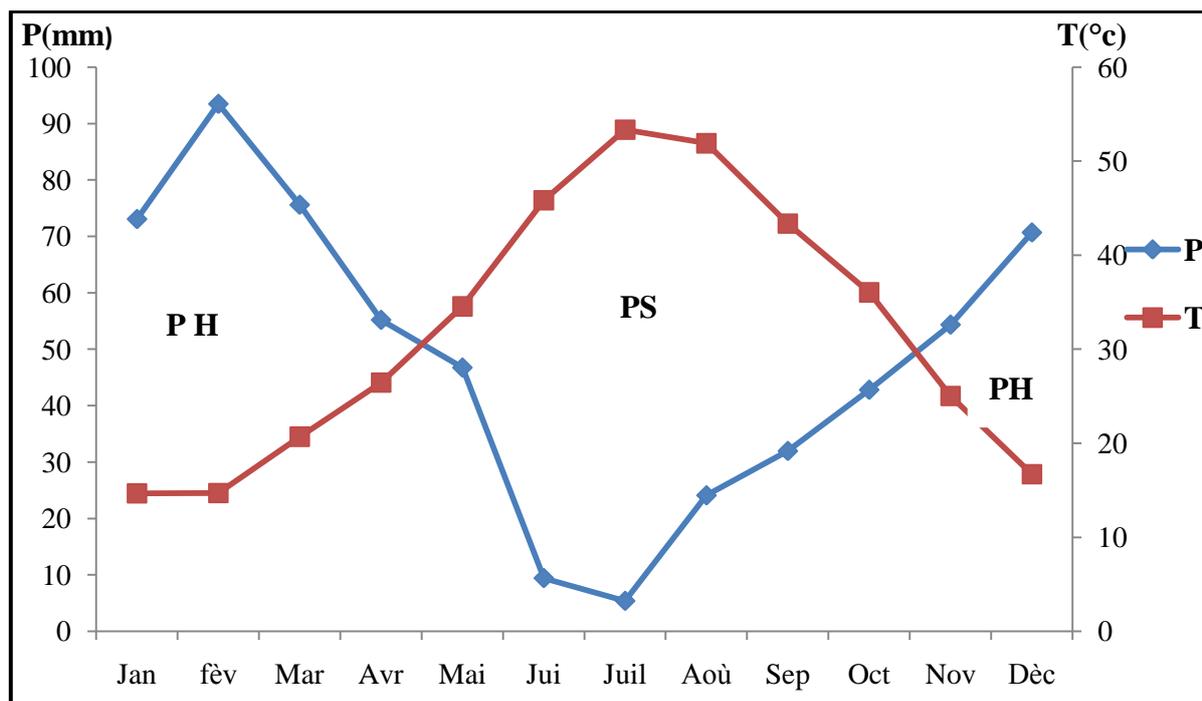


Figure (13): Diagramme ombrothermique de Gausson de la région de Mila (2005-2015).

Pour notre zone d'étude la période sèche est de 6 mois, où les mois secs se succèdent (Fig.13) de Mai jusqu'à Octobre enregistrent un minimum des précipitations 5,35 mm en Juillet, cette période coïncide avec le maximum des températures moyennes 26,6°C au même mois.

La période humide est de 6 mois (Le reste de l'année). Les précipitations enregistrées atteignent 93.48mm, au mois de février, alors que les températures s'abaissent autour 7,34°C au même mois.

I.4.5.2.4. L'indice d'aridité de Martonne

Quotient pluviométrique d'Emberger (Q) spécifique au climat méditerranéen permet de connaître l'étage bioclimatique de la région d'étude. Pour déterminer ce quotient nous avons utilisé la formule de STEWART (1969), qui se présente comme suit :

$$I = P/T + 10$$

P= précipitations annuelles en millimètre ;

T= température moyenne annuelle en °C ;

L'indice pour un mois donné est : $I = 12 P/ T + 10$.

P= pluviosité du mois ;

T= température moyenne du mois .

Tableau(04) : Classification climatique selon l'indice d'aridité.

Valeur Indice d'aridité	Type de climat
$0 < I < 5$	Hyper aride
$5 < I < 10$	Aride
$10 < I < 20$	Semi-aride
$20 < I < 30$	Sub-humide
$30 < I < 40$	Humide
$40 < I$	Hyper humide

Selon la valeur de l'indice d'aridité de Martonne obtenue (Tableau 5), la région de Mila est caractérisée par un climat de faible aridité sub-humide.

Tableau(05) : Indice d'aridité dans la wilaya de Mila (2005-2015).

Paramètres	P(mm)	T(°C)	I(mm/°C)
Mila	582.60	15.96	<u>22.43</u>

I.4.5.2.5. Climatogramme pluviométrique d'Omberger

Le système d'Emberger permet la classification des différents types de climats méditerranéens. Ceux-ci sont caractérisés par des saisons thermiques nettement tranchées et une pluviosité concentrée sur la période froide de l'année (Dajoz, 1970). EMBERGER a proposé une formule plus élaborée qui tient compte de la variation annuelle de la température. Son quotient pluviothermique est donné par la formule:

$$Q2 = 2000 P / M^2 - m^2$$

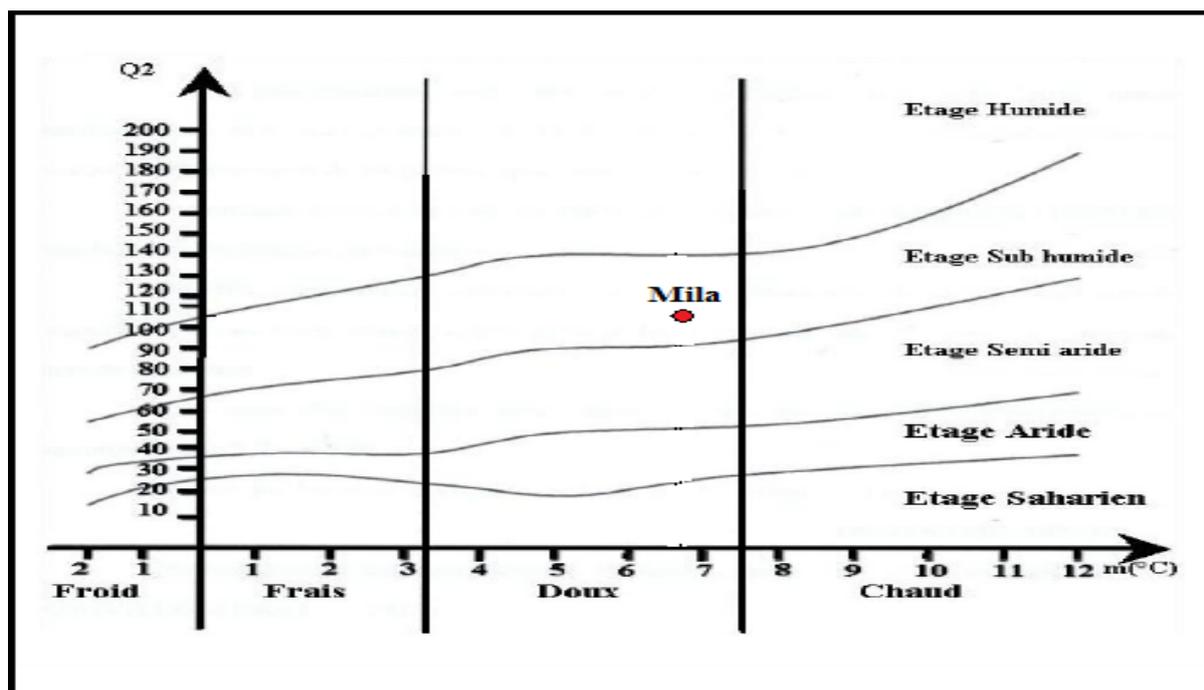
Avec:

P: pluviosité moyenne annuelle en (mm) ;

M: moyenne des maxima du mois le plus chaud en (°c) ;

m : moyenne des minima du mois le plus froid en (°c).

$$Q=103.94$$



Figure(14) : Climatogramme pluviométrique dans la région de Mila (2005- 2015).

Selon le climatogramme pluviométrique d'EMBERGER (Figure 14), on remarque que la région de Mila se situe dans l'étage bioclimatique **Sub-humide** à **Hiver doux**.

I.4.5.2.6. L'insolation

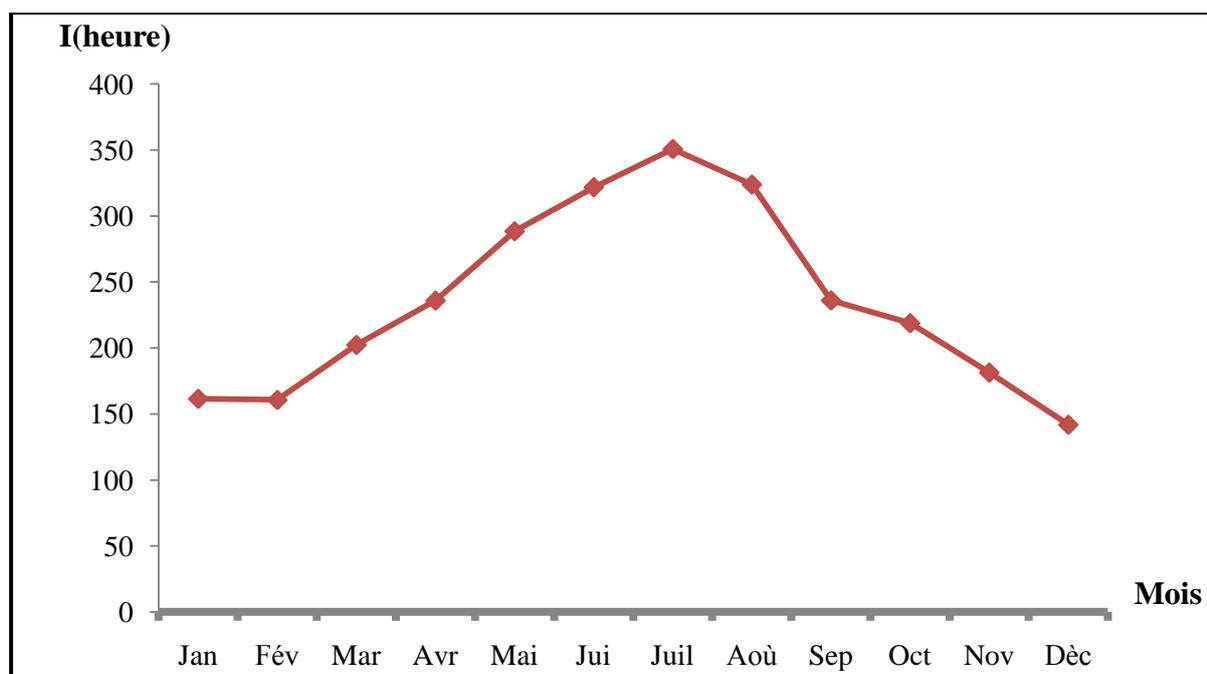


Figure (15) : Variation de l'insolation dans la région de Mila (2005-2015).

La variation des moyennes mensuelles d'insolation (Figure 15) nous permet de constater que la brillance du soleil est maximum au cours du mois de juillet avec une moyenne de 350,64 heures, et le minimum est enregistré pendant le mois de décembre avec une moyenne de 141,86 heures.

I.4.5.2.7. 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).

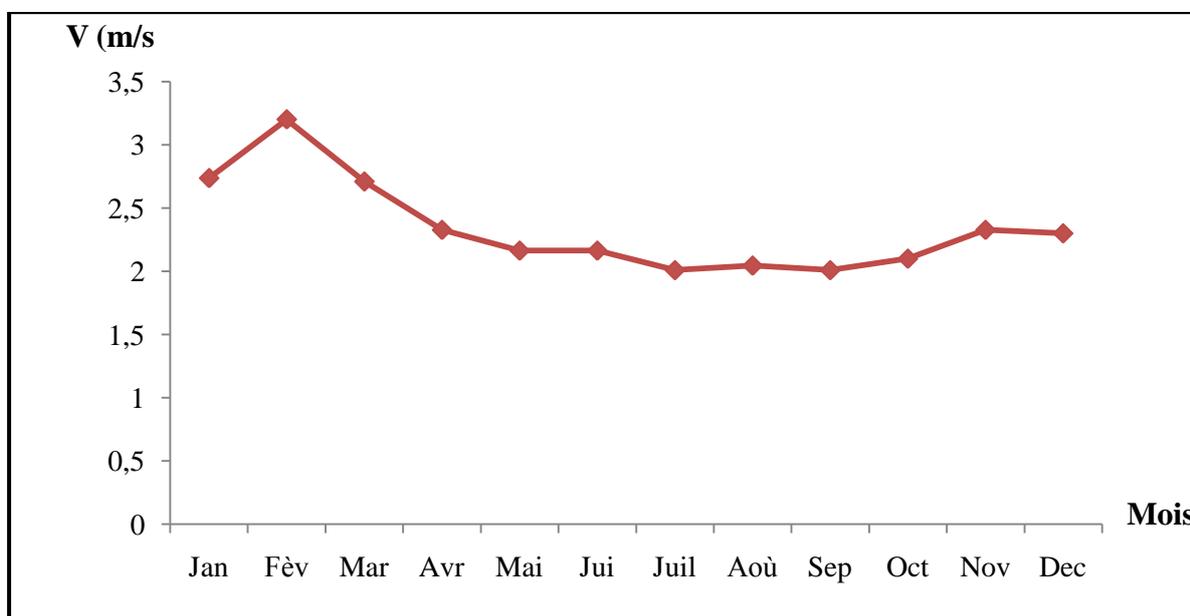


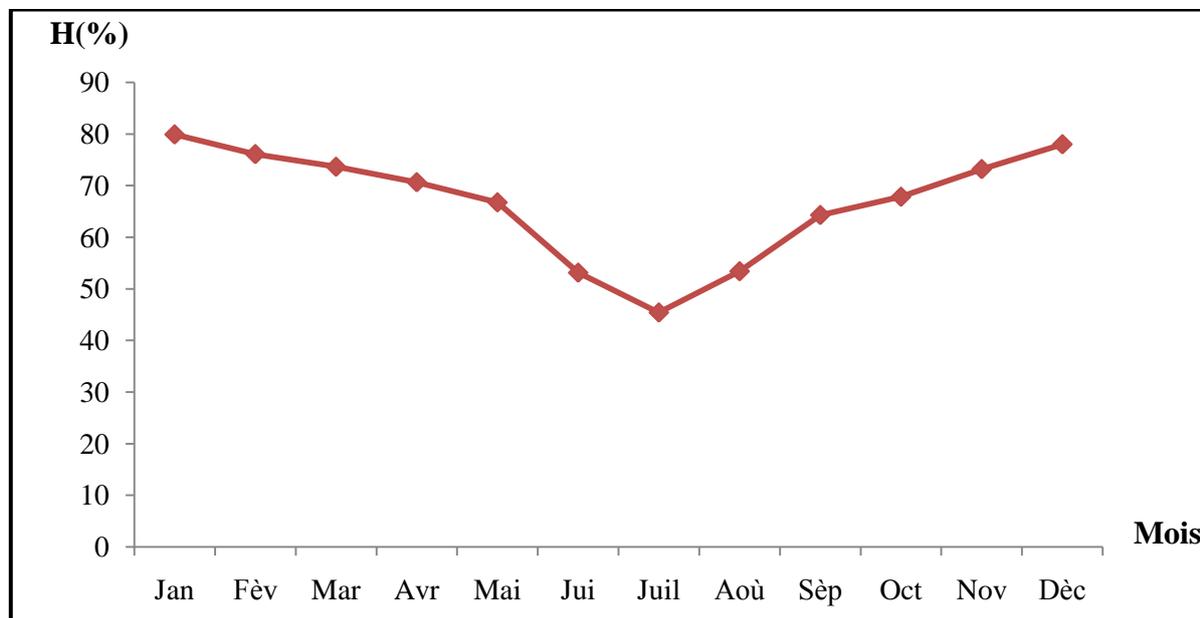
Figure (16) : Variation de la vitesse des vents dans la région de Mila (2005-2015).

L'étude des vents dominants dans la ville de Mila fait ressortir des directions différentes variant du nord-ouest au nord-est à la direction Sud. Les vents du nord générés par un large couloir formé par les montagnes surplombant la région de Béni Haroun, au nord de Mila.

La figure 16 montre que les vitesses moyennes les plus élevées s'observent en Hiver (Février).

I.4.5.2.8. L'humidité

L'humidité est un paramètre très important pour l'étude des pertes par évaporation dans un barrage (Groga, 2012).

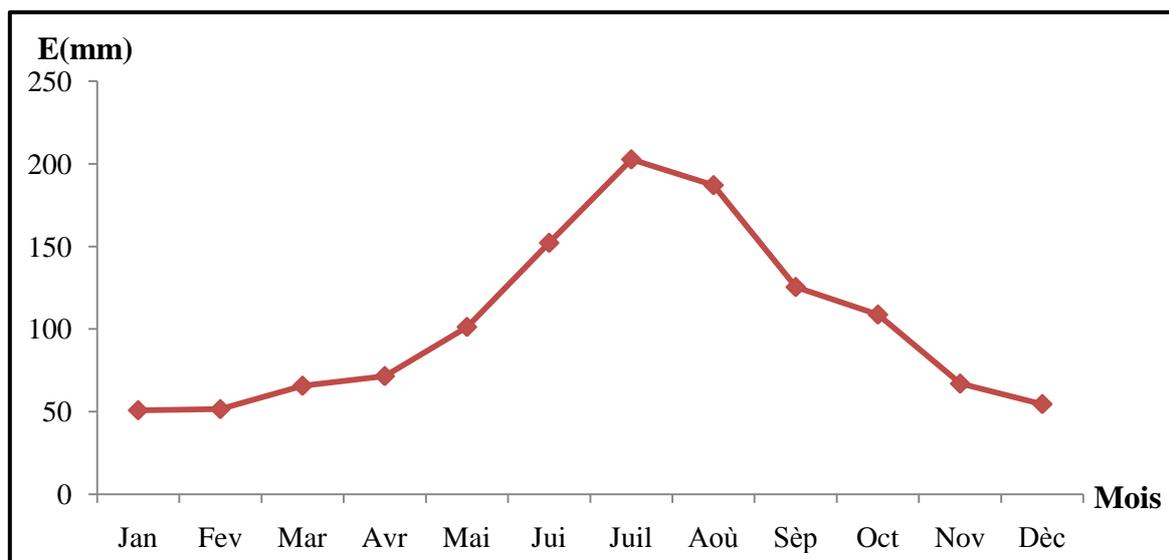


Figure(17) : Variation de l'humidité dans la région de Mila (2005-2015).

Au regard de la base de données décennale sur ce paramètre (2005 à 2015), l'humidité s'accroît pendant l'hiver, le printemps et l'automne marquant une pic en mois de février, et une baisse en été dont le mois le plus sec est juillet (Figure17).

I.4.5.2.9. L'évaporation

C'est le phénomène physique de la transformation de l'eau en vapeur d'eau. Pour les années (2005-2015) et à partir des données de la station de Ain Tin le maximum d'évaporation a été enregistré au mois de Juillet et le minimum au mois de Janvier comme présente la figure18.



Figure(18) : Variation de l'évaporation dans la région de Mila (2005-2015).

I.4.6. Cadre biotique

La mosaïque d'écosystèmes du bassin versant du Beni-Haroun, constitue un habitat remarquable et un biotope favorable à l'installation ou la transition d'une faune et d'une flore riche et diversifiée à savoir:

I.4.6.1. Biodiversité floristique

Selon la conservation des forêts de la wilaya de Mila, le barrage de Beni Haroun est caractérisé par la présence des espèces suivantes :

- ✓ Oléastre (*Olea europea*) ;
- ✓ Roseau (*Poaceae*) ;
- ✓ Pistachier (*Pistacia terebinthus*) ;
- ✓ Lentisque (*Pistacia lentiscus*) ;
- ✓ Opuntia (*Cactus raquettes*) ;
- ✓ Câprier (*Capparis spinosa*) ;
- ✓ Pin d'Alep (*Pinus halepensis*) ;
- ✓ Olivier (*Olea europaea*) ;
- ✓ Eucalyptus (*Eucalyptus globulus*) ;
- ✓ Tamarix (*Tamarix africana*) ;
- ✓ Laurier-rose (*Nerium oleander*) ;

I.4.6.2. Biodiversité faunistique

I.4.6.2.1. Les mammifères

Le territoire du lac « barrage de Beni-Haroun » fournit, avec sa diversité de milieux, des conditions favorables à l'installation de nombreuses espèces de mammifères (DCF Mila, 2017).

D'après la conservation des forêts de la wilaya de Mila, les mammifères qui se retrouvent dans cette région sont:

- ✓ Chacal commun (*Canis spp*);
- ✓ Renard roux (renard commun ou renard rouge) (*Vulpes vulpes*);
- ✓ Songlier omnivore forestier (*Sus scrofa*);
- ✓ Proc épic (*Hystrix indica*) ;
- ✓ Hérisson d'Afrique du nord propre à l'Algérie (*Atelerix algirus*);
- ✓ Lièvre (*Lepus sp*) ;
- ✓ Lapin de garenne ou lapin commun (*Oryctolagus cuniculus*);
- ✓ Hyène rayée (*Hyaena hyaena*);
- ✓ Mangouste (*Cynictis penicillata*);
- ✓ Belette (*Mustela nivalis*) ;
- ✓ Chat sauvage (*Felis silvestris*) ;
- ✓ Gerboise grand (*Jaculus orientalis*) ;
- ✓ Genette (*Genetta genetta afra*).

I.4.6.2.2. Les poissons

D'après Aissaoui (2009), il est connu de tous les scientifiques ornithologues que la présence de ce groupe est un bon indicateur de la disponibilité trophique en proies qu'offre la région plusieurs espèces vivent dans le bassin versant de Beni-Haroun, qui suivent la même famille des *Cyprinidae* telles que : *Cyprinus carpio*, *Hypophthalmichthys molitrix*, *Aristichthys nobilis*, *Barbus barbus*, *Carassius carassius*, *Abramis bramas*... (Tableau 06)

Tableau(06): Liste des espèces des poissons ensemencées en 2001,2003 et 2006 au niveau du barrage de Beni Haroun (DPM, 2014).

Espèce (Nom Commun)	Nom scientifique	Taille	Poids Maximum
Carpe commune	<i>Cyprinus carpio</i>	50-60 cm	28 kg
Carpe royale	<i>Cyprinus carpio</i>	50-60 cm	28 kg
Carpe argentée	<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	1 m	40 kg
Carpe à grosse tête	<i>Hypophthalmichthys nobilis</i>	1,2 m	40 kg
Barbeau	<i>Barbatus barbatus</i>	30-40 cm jusqu'à 1m.	12 kg
Carassin	<i>Carassius carassius</i>	20-35 cm	1.5 kg

I.4.6.2.3. Avifaune

La présence d'un important lac de barrage de Beni-Haroun offre des conditions écologiques favorables à l'installation et la prolifération d'une avifaune aquatique, 20 espèces appartenant à 9 familles ont été recensées

Tableau(07): Liste des espèces avifaunistique observées au niveau du barrage de Beni Haroun (DGF, 2016).

Famille des Anatidae	
Canard colvert	<i>Anas platyrhynchos</i>
Sarcelle d'hiver	<i>Anas crecca</i>
Tadorne de belon	<i>Tadorna tadorna</i>
Famille des Podicipedidae	
Grèbe castagneur	<i>Tachybaptus ruficollis</i>
Grèbe huppé	<i>Podiceps cristatus</i>
Grèbe a cou noir	<i>Podiceps nigricollis</i>
Famille des Ardeidae	
Héron cendré	<i>Ardea cinerea</i>
Héron garde bœufs	<i>Bubulcus ibis</i>
Aigrette gazette	<i>Egretta garzetta</i>
Grande aigrette	<i>Egretta alba</i>
Famille des Ciconiidae	
Cigogne blanche	<i>Ciconia ciconia</i>
Famille des Ralidae	
Foulque macroule	<i>Fulica atra</i>
Poule d'eau	<i>Gallinula chloropus</i>
Famille des Laridae	
Goéland leucophée	<i>Larus michahellis</i>
Goéland brun	<i>Larus fuscus</i>
Mouette rieuse	<i>Larus ridibundus</i>
Famille des Phalacrocoracidae	
Cormoran huppé	<i>Phalacrocorax aristotelis</i>
Grand cormoran	<i>Phalacrocorax carbo</i>
Famille des Alcedinidae	
Martin pêcheur	<i>Alcedo atthis</i>
Famille des Accipitridae	
Busard des roseaux	<i>Circus aeruginosus</i>

Chapitre II : Matériel et méthodes

II.1. Stations de prélèvement

Dans le barrage, les échantillons d'eau ont été prélevés au niveau des stations mentionnées dans le tableau ci-dessous.

Tableau(08) : Description et coordonnées géographiques des stations d'échantillonnages.

Station	Description	Coordonnées	
		Nord	Est
Station 1	située au lieu dit Médiou , au sud de barrage et à environ cinq kilomètres au nord de la ville de Mila.	36°29'11.14"	6°17'24.68"
Station 2	Située à sidi Marouane au lieu dit Helloufa près de la station d'épuration	36°31'49.86"	6°15'38.00"
Station 3	Située à Sibari 1 au lieu dit Anouch Ali .	36°32'28.97"	6°17'12.43"
Station 4	située au niveau de la digue à Djebel Lakehal, près de Grarem Gouga, N27	36°33'57.81"	6°16'31.60"

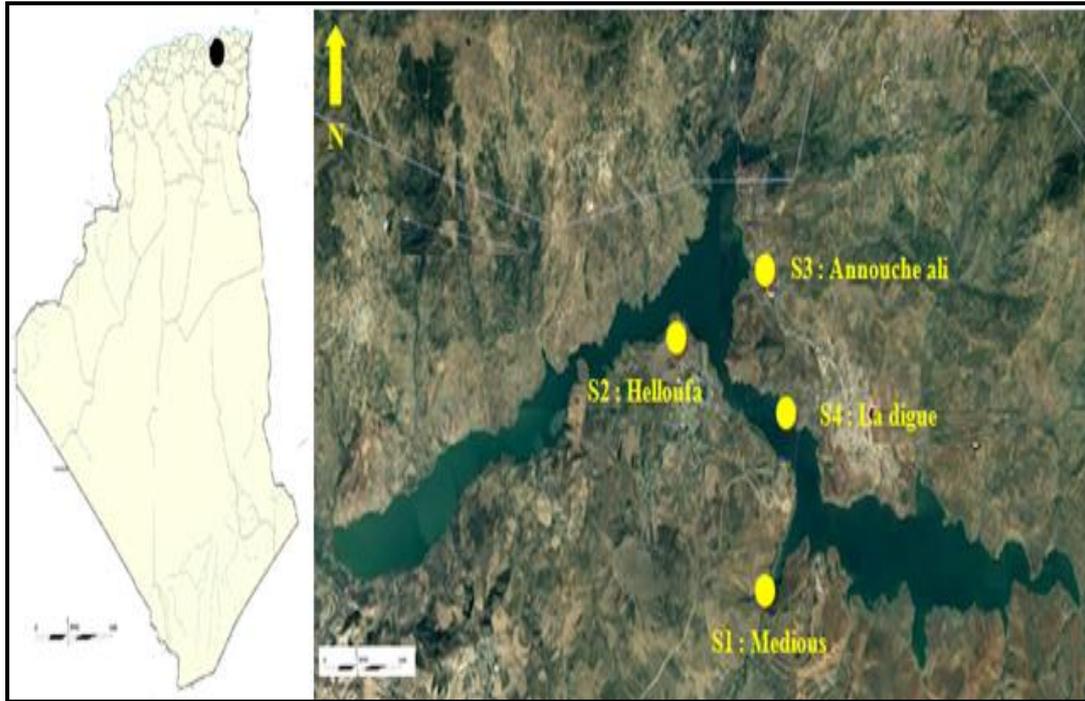
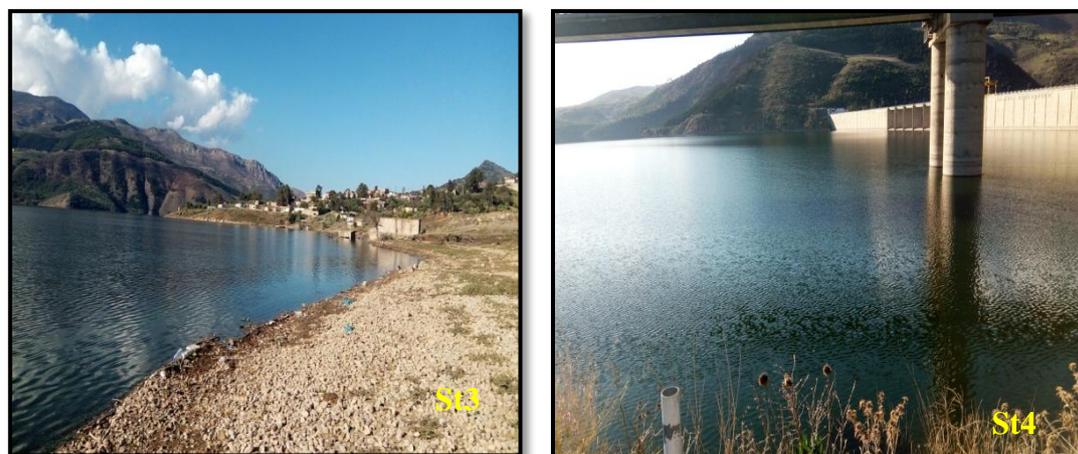


Figure (19): Localisation des points de prélèvement (Google Earth, 2017).



Figure(20) : Les stations (St1) Mèdiours, (St2) Helloufa



Figure(21) : Les stations (St3) Anouch Ali, (St4) La digue

II.1.1. Prélèvement de l'eau à analyser

Les prélèvements d'eaux des stations ont été effectués entre décembre 2016 et avril 2017 aux dates suivantes :

Le 03/12/2016

Le 18/02/2017

Le 12/03/2017

Le 14/04/2017

Les échantillons sont pris dans des flacons en verre de 250 ml sur lesquelles on note (date, heure et adresse exacte de prélèvement), ces flacons sont soigneusement lavés, puis rincés car il ne doit rester aucune trace d'un éventuel détergent ou antiseptique, puis stérilisés à l'autoclave à 120°C durant 15 à 20 minutes.

Le prélèvement se fait à une profondeur de 50 cm, l'ouverture et la fermeture des flacons se fait sous l'eau pour éviter toute contamination de l'échantillon.

L'analyse doit être effectuée le plus vite possible en transportant les échantillons dans une glacière, dont la température est comprise entre 4 et 6°C, car la variation de cette dernière est susceptible de modifier la population bactérienne.

II.2. Analyse physicochimique

II.2.1. Méthode d'analyse physico-chimique

Les mesures de la température, du pH et la conductivité électrique ont été effectuées in situ dans chaque station, pour chaque prélèvement.

Elles sont mesurés à l'aide d'un PH mètre multi paramètre électronique relié à une électrode en verre. L'électrode est introduite dans l'eau à analyser et la lecture se fait directement sur l'enregistreur électronique quand l'affichage est stabilisé.

L'électrode a été d'abord étalonnée dans l'eau distillée après chaque mesure ; à l'aide d'un bouton «Rang » on peut choisir entre T(C°), le pH.

La conductivité est mesurée à l'aide d'un conductimètre doté d'une sonde et d'un thermomètre incorporé, permet de déterminer la conductivité électrique relative

à la présence des sels, quelques instants après que la sonde est immergée un chiffre est affiché sur l'écran en (μS).

II.3. Analyse microbiologique

II.3.1. Echantillonnage

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 (inférieur à 8 heures) de conservation dans des conditions satisfaisantes (**Rodier, 1997**).

Tableau(09) : Matériels utilisés pour l'analyse microbiologique.

Matériel utilisé	Produits utilisé
<ul style="list-style-type: none"> • Glacière ; • Flacons de 250ml ; • Pipette graduée de 10ml ; • Pipette Pasteur ; • Boites de Pétri ; • Portoirs ; • Tubes à essais ; • Pince ; • Bec Benzène ; • Etuve à 37°C ; • Etuve à 44°C ; • Bain marie ; • Compteur de colonies. 	<ul style="list-style-type: none"> • Bouillon lactose au pourpre de bromocrésol (BCPL) à double concentration (D/C) ; • Bouillon lactose au pourpre de bromocrésol (BCPL) à simple concentration (S/C) ; • Bouillon de Schubert ; • Réactif de kovacs ; • Milieu de Rothe à double concentration (D/C) ; • Milieu de Rothe à simple concentration (S/C) ; • Milieu Eva Litsky ; • Gélose TGEA ; • Gélose GNAB ; • Gélose Hektoen ; • Gélose viande foie (VF) ; • Additifs de sulfite de sodium ; • Additifs d'alun de fer.

II.3.2.Méthodes d'analyse microbiologique

Les analyses microbiologiques qui ont été effectuées, consistent à rechercher :

- Les Coliformes totaux et fécaux (*E.coli*);
- Les Streptocoques fécaux ;
- Les Germes Aérobie Mésophile Totaux (GAMT) ;
- Les Clostridium sulfite-réducteurs ;
- Les Salmonelles ;
- *Vibrion choléra* .

II.3.2.1.Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux

Selon **Rejsek (2002)**, la recherche et le dénombrement des coliformes et l'identification d' *E coli* ont été effectués par la méthode de nombre le plus probable (NPP) appelée aussi "colimétrie". Cette technique présente des avantages par rapport à la technique de dénombrement sur plaque :

- Elle permet d'analyser des quantités importantes d'eau.
- Elle est plus favorable à la multiplication des microorganismes fragiles que la culture sur support solide

II.3.2.1.1. Mode opératoire

❖ 1^{ère} étape: Test présomptif de la présence ou l'absence des coliformes.

Selon **Mouffok (2001)**, on ensemence :

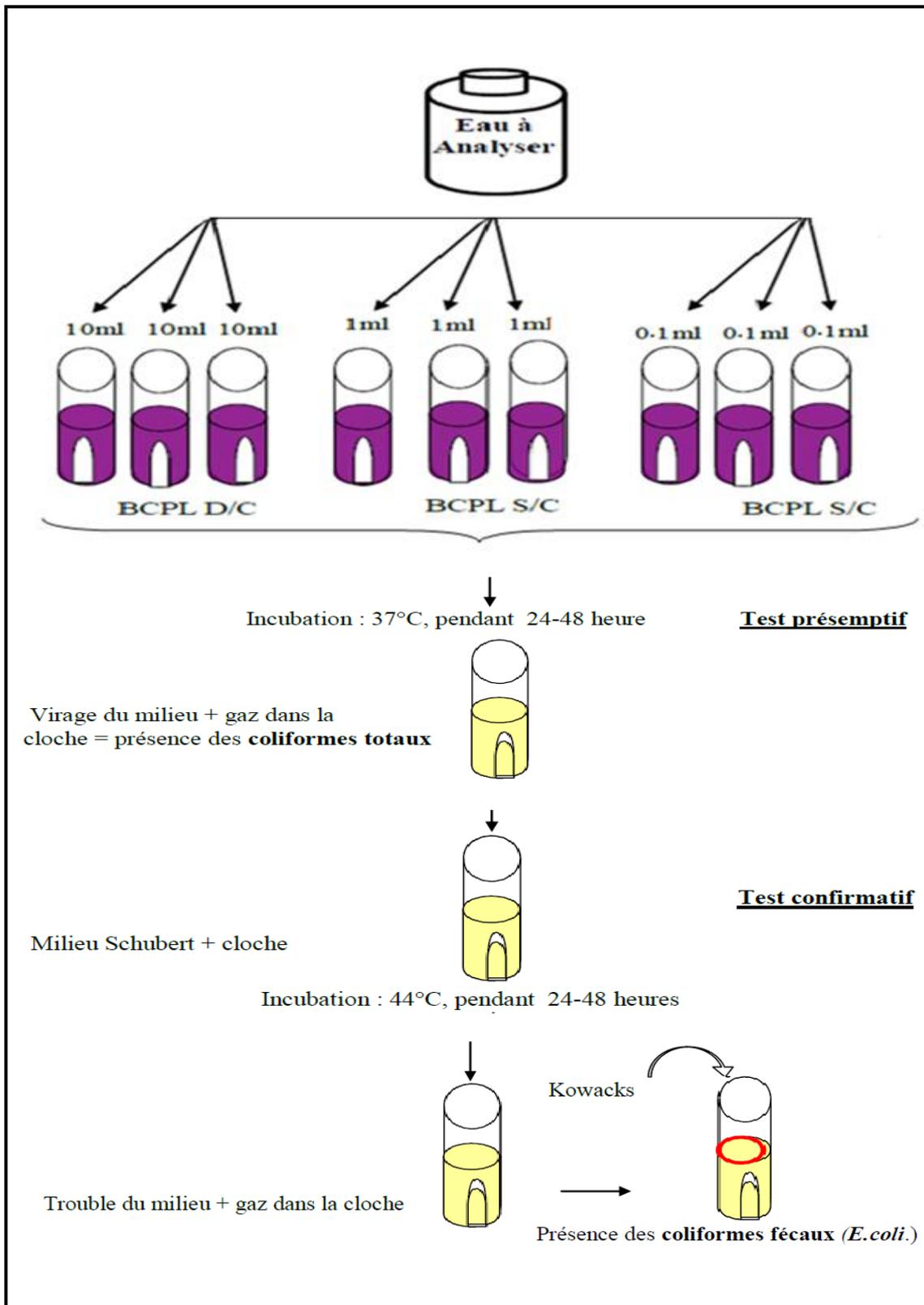
- 3 tubes de 10 ml de BCPL (D/C) munis d'une cloche de Durham avec 10 ml d'eau à analyser ;
- 3 tubes de 10 ml de BCPL (S/C) munis d'une cloche de Durham avec 1 ml d'eau à analyser ;
- 3 tubes de 10 ml de BCPL (S/C) munis d'une cloche de Durham avec 0,1 ml d'eau à analyser ;
- On agite pour homogénéiser tout en vidant l'air dans la cloche et placer les tubes dans une étuve à 37 °C pendant 48 heures ;

- Après incubation, les tubes considérés comme positifs présentent un trouble dans toute la masse liquide, avec virage de couleur du violet au jaune et un dégagement de gaz dans la cloche.
- Le nombre des coliformes totaux par 100 ml est obtenu en comptant le nombre des tubes positifs en se référant à la table de Mac Grady qui nous donne le nombre le plus probable (NPP).

❖ **2eme étape: Test confirmatif de la présence ou l'absence des coliformes fécaux**

Selon **Chaouch (2007)**, on repique chaque tube de BPCL positif 2 à 3 gouttes par une anse bouclée ou une pipette pasteur dans un tube de bouillon Schubert muni d'une cloche de Durham ;

- On incube à 44 °C pendant 24 heures ;
- On considère comme positifs tous les tubes présentant à la fois ;
- Un trouble avec un dégagement gazeux ; anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole par *E. Coli* Après adjonction de 2 à 3 gouttes de réactif de Kovacs.
- Le dénombrement d'*E. Coli* s'effectue de la même façon que celui des coliformes totaux sur la table de Mac Grady (**Labres et al., 2008**).



Figure(22) : Recherche des coliformes.

II.3.2.2. Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux

II.3.2.2.1. Mode opératoire

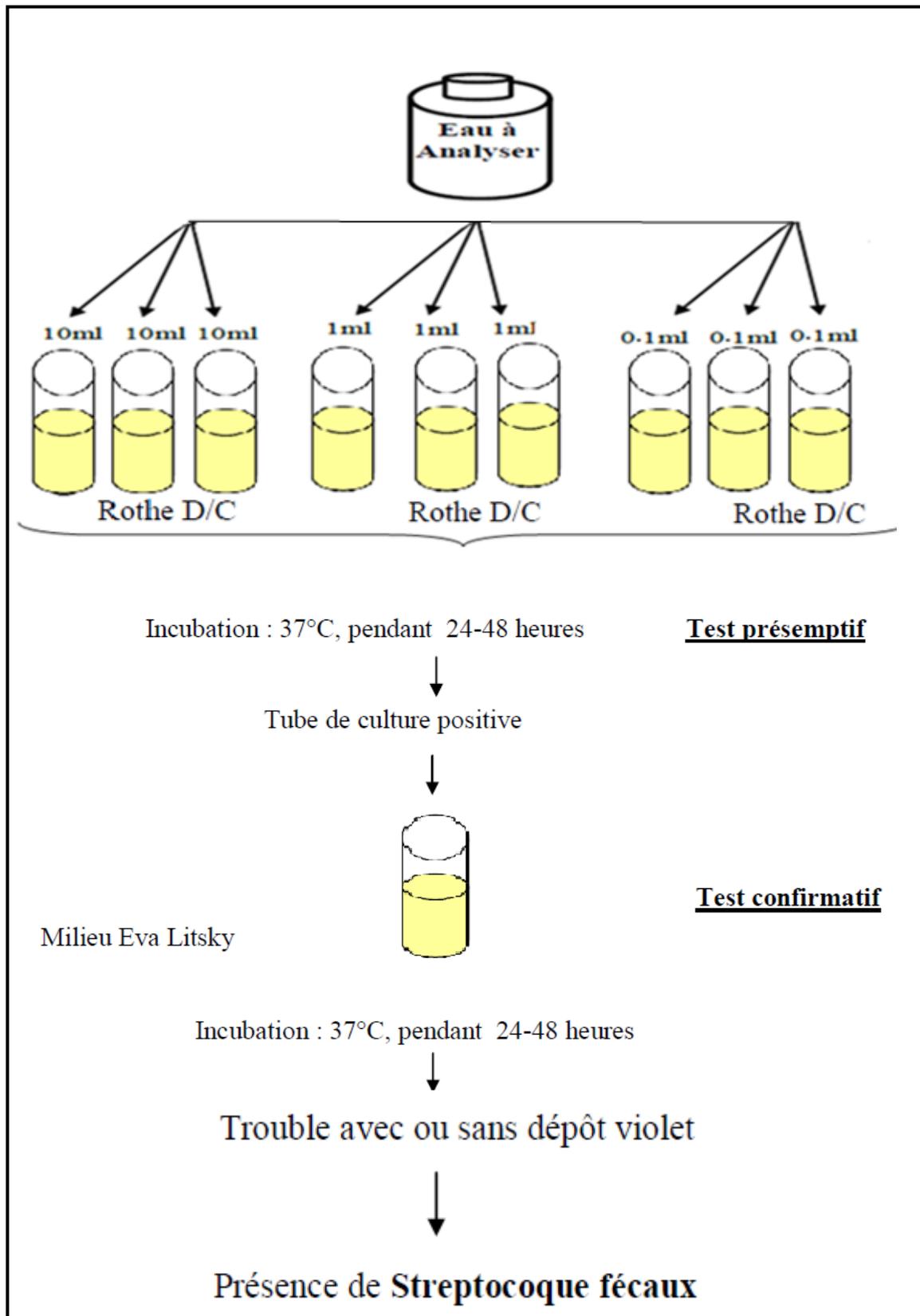
❖ 1ere étape : Test présomptif

D'après **Lebres *et al* (2008)**, On ensemece :

- 3 tubes de 10 ml bouillon de Rothe (D/C) avec 10 ml d'eau à analyser ;
- 3 tubes de 10 ml bouillon de Rothe (S/C) avec 1 ml d'eau à analyser ;
- 3 tubes de 10 ml de bouillon de Rothe (S/C) avec 0,1 ml d'eau à analyser ;
- On incube à 37 °C à 48 heures ;
- Les tubes présentant un trouble microbien sont considérés comme positifs et sont soumis au test confirmatif.

❖ 2ème étape : Test confirmatif

- On agite les tubes puis on prélève de chacun d'eux successivement quelques gouttes avec pipette pasteur pour les reporter dans des tubes de milieu Eva Litsky;
- On incube à 37 °C pendant 24 heures ;
- L'apparition d'un trouble microbien confirme la présence d'un streptocoque Fécale, parfois la culture s'agglomère au fond du tube en fixant le colorant et en formant une pastille violette de signification identique à celle du trouble.
- Les résultats de dénombrement sont exprimés comme ceux *d'E. Coli* en nombre de germes par 100 ml d'échantillon. En se référant à la table Mac Grady.



Figure(23): Recherche des Streptocoques fécaux.

II.3.2.3. Recherche et dénombrement des germes totaux(GAMT)

II.3.2.3.1. Mode opératoire

D'après **Labres et al (2008)**, a partir de l'eau à analyser (solution mère), porter aseptiquement 1 ml dans le fond de la boîte de Pétri vide, numérotée et préparée à cet usage. Compléter en suite avec environ 15 a 20 ml de gélose TGEA fondue, maintenue a 45°C (la même méthode pour les dilution décimales $10^{-1},10^{-2}$).

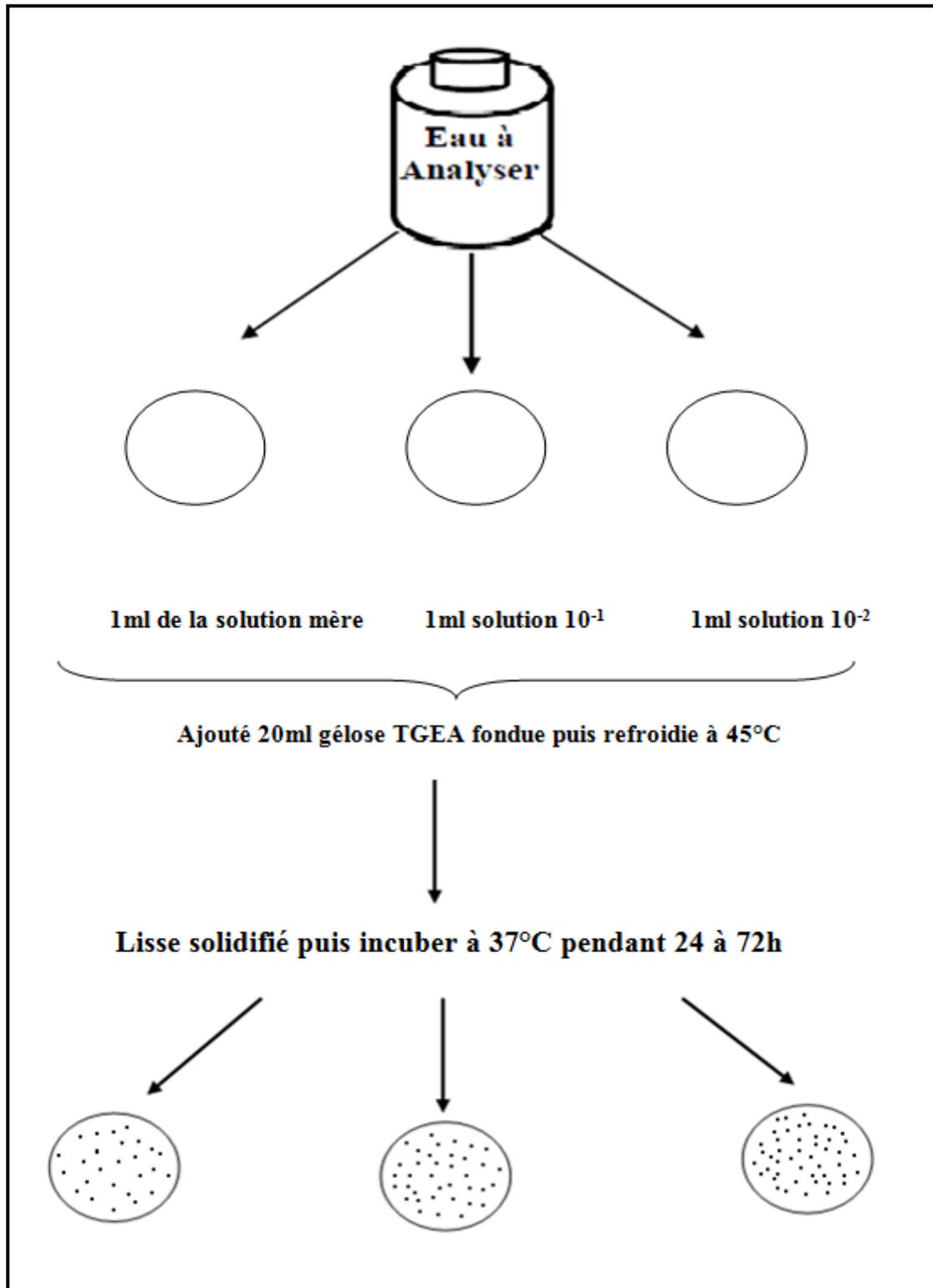
Agiter doucement par un mouvement circulaire et de va-et-vient en forme "8" pour assurer un mélange homogène de l'eau et de la gélose, sans faire de bulles d'air et sans mouiller les bords de la boîte. Le milieu doit être coule 10 minutes au plus tard après dépôt de l'eau à analyser, laisser solidifier sur la pailasse, puis rajouter une deuxième couche d'environ 5 ml de la même gélose, on incube à 37°C pendant 72h.

Les GAMT se présentent sous formes de colonies lenticulaires poussant en masse.

II.3.2.3.2. Dénombrement

Il s'agit de dénombrer toutes les colonies, en tenant compte des deux remarques suivantes:

- Dénombrer les boîtes contenant entre 30 et 300 colonies.
- Les résultats sont exprimés en nombre de micro-organismes revivifiables par ml d'eau à analyser à 37°C.
- Si à la dilution 1/10, le nombre de colonies est de 35, ce nombre sera multiplié par l'inverse de la dilution correspondante à savoir 10 ; on obtiendra alors 350 UFC/ml à la dilution 1/10 ,200 UFC/ml à 1/100 et 50 UFC/ml à 1/1000 ; le nombre de GAMT est donc $:(350+200+50)/3=200$ colonie par ml (**Rouaiguia, 2010**).



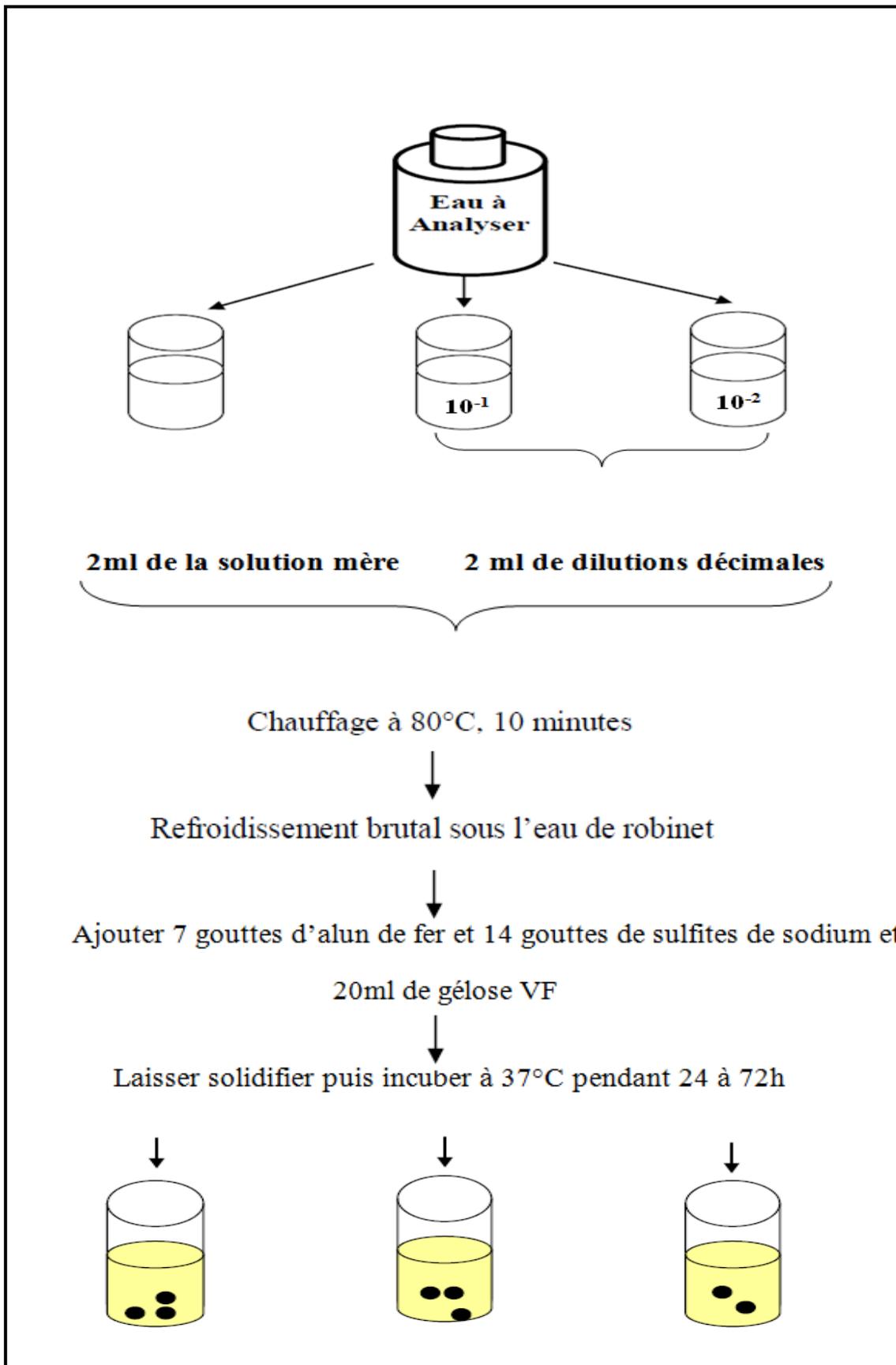
Figure(24) : Recherche des germes totaux.

II.3.2.4. Recherche et dénombrement des *Clostridium sulfito-réducteurs*

II.3.2.4.1. Mode opératoire

Selon **Pechere et al (1982)**:

- On met dans 3 tubes à essai 2 ml d'eau à analysée (1er tube contient 2 ml de la solution mère, les autres tubes contiennent des dilutions décimales $10^{-1}, 10^{-2}$);
- On place les tubes au bain marie à 80 °C pendant 10 mn ; dans le but de détruire toutes les formes végétatives ;
- On refroidit à 45 °C, on ajoute 7 gouttes d'alun de fer et 14 gouttes de sulfites de sodium puis on remplit les 4 tubes par la gélose viande foie;
- On mélange doucement, en évitant d'introduire les bulles d'air et on incube à 37°C.
- Les *Clostridium sulfito-réducteurs* réduisent le sulfite de sodium, en produisant des colonies entourées d'un halo noir dû à la formation de sulfure de sodium.
- On compte toute colonie noire de 0,5 mm de diamètre dans chaque tube et on rapporte le nombre total des colonies dans les 3 tubes.
- On exprime les résultats en nombre de germes par 20 ml (**Lebres et al., 2008**).

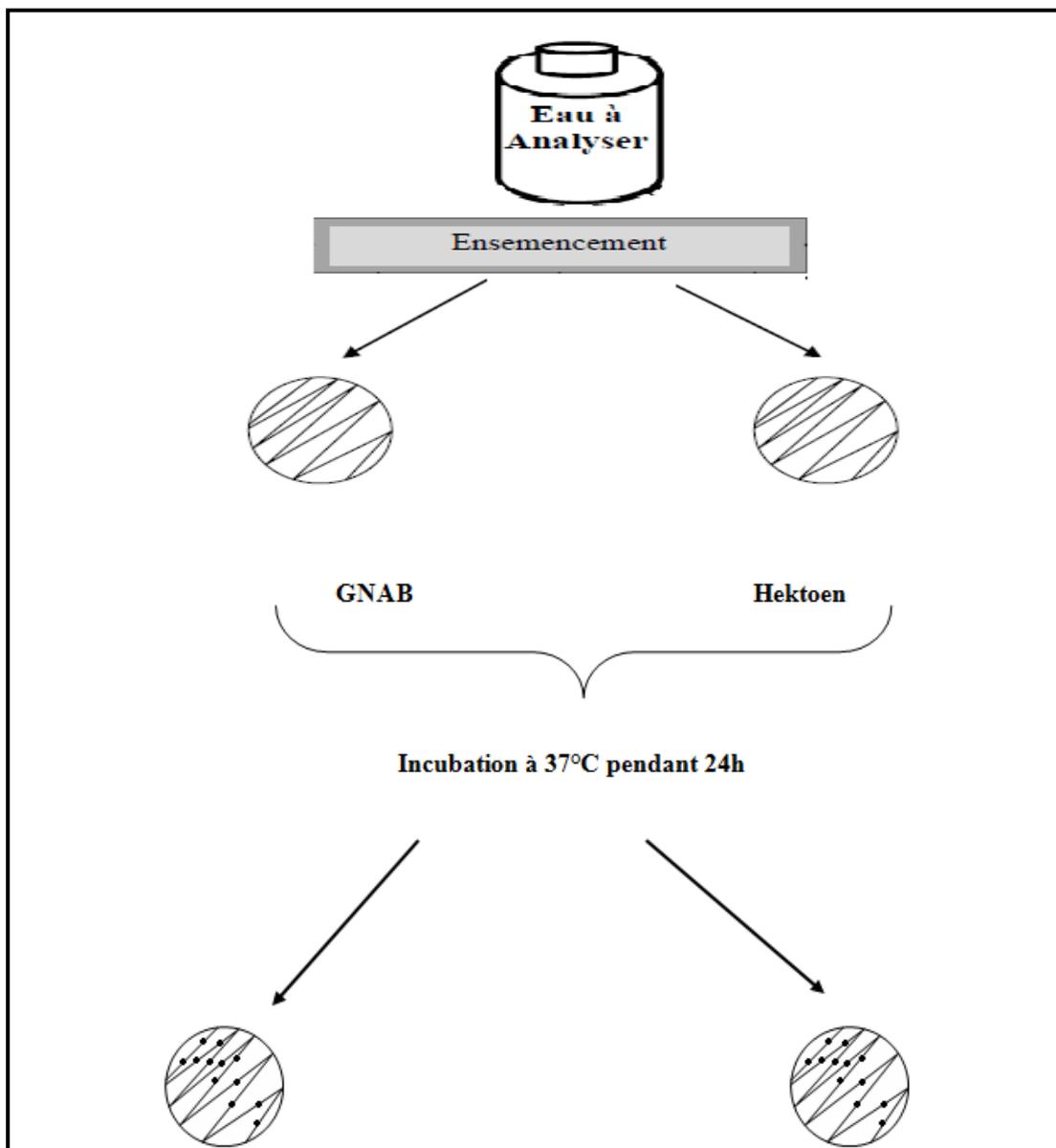


Figure(25) : Recherche des Spores d'Anaérobies Sulfito-réducteurs.

II.3.2.5. Recherche de salmonelle (*Salmonella*) et de *vibrion cholera*

II.3.2.5.1. Méthode d'ensemencement sur gélose

Les géloses employées sont : Hektoen pour salmonelle, GNAB pour *vibrion cholera*. 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 (**Pechere et al., 1982**). Les boîtes sont codées, puis incubées à 37°C pendant 24 à 48 heures.



Figure(26) : Recherche des salmonelles et *vibrion cholera*.

II.4. Analyse phytoplanctonique

II.4.1. Matériel utilisé

Tableau(10) : Le matériel utilisé sur terrain et au laboratoire

Sur terrain	Au laboratoire
<ul style="list-style-type: none"> • Des flacons en verre ; • Agent de conservation (lugol) ; • Une glacière ; • Appareil photos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Microscope Optique ; • Caméra (Optica) ; • Ordinateur ; • Cellule de Thoma ; • Lames et lamelles ; • Badge benzène ; • Micropipette ; • Huile d'immersion.

II.4.2. Prélèvement

Les prélèvements ont été effectués en mars et avril 2017, au niveau des mêmes points ayant été échantillonnés auparavant pour la partie physicochimique et microbiologique.

La détermination des algues à été réalisée au niveau du laboratoire universitaire de Mila.

L'échantillon est fixé sur le terrain à l'aide d'une solution de lugol afin d'obtenir une concentration finale d'environ 0,5 % dans l'échantillon, soit environ 8 gouttes pour 100 ml. Cette concentration finale peut s'apprécier à la couleur brun clair, orangée (couleur de thé).

Les échantillons ainsi fixés sont transportés dans une glacière assure le maintien de la température 4 à 10°C à l'obscurité.

II.4.3. Observation et identification des espèces

Dans un premier temps les échantillons destinés à la détermination des espèces ont été analysés comme suit :

➤ Après le dépôt des espèces phytoplanctonique au fond du flacon, une goutte d'eau est prélevée au fond à l'aide d'une pipette après homogénéisation. Cette goutte est déposée entre lame et lamelle, puis observée au microscope optique à l'objectif 40x et 100x à l'aide d'huile d'émersion. Suivant la morphologie générale des taxons observés et à partir des clés d'identification. Des photos sont prises pour chaque taxon grâce à une caméra numérique de type (Optica).

II.4.4. Estimation de la biomasse

L'estimation de la biomasse algale est faite au laboratoire avec une cellule de comptage (Thoma), en suivant les étapes suivantes :

- 1ml de l'eau contenant du phytoplancton est posé entre chambre de Thoma et lamelle;
- Une observation microscope est faite au grossissement ($\times 40$) ;
- Comptage de l'ensemble des cellules observées ;
- Calcule du nombre de cellule selon la Méthode suivante :

[C] = nombres de cellules \times facteur de dilution $\times 10^6$ /nombres de carrés (16×16) \times Volume d'une carre ($0,0025 \text{ m}^2$) ;

- On calcule les espèces observé dans chaque cellule et on note.

***Chapitre III : Résultats et
discussion***

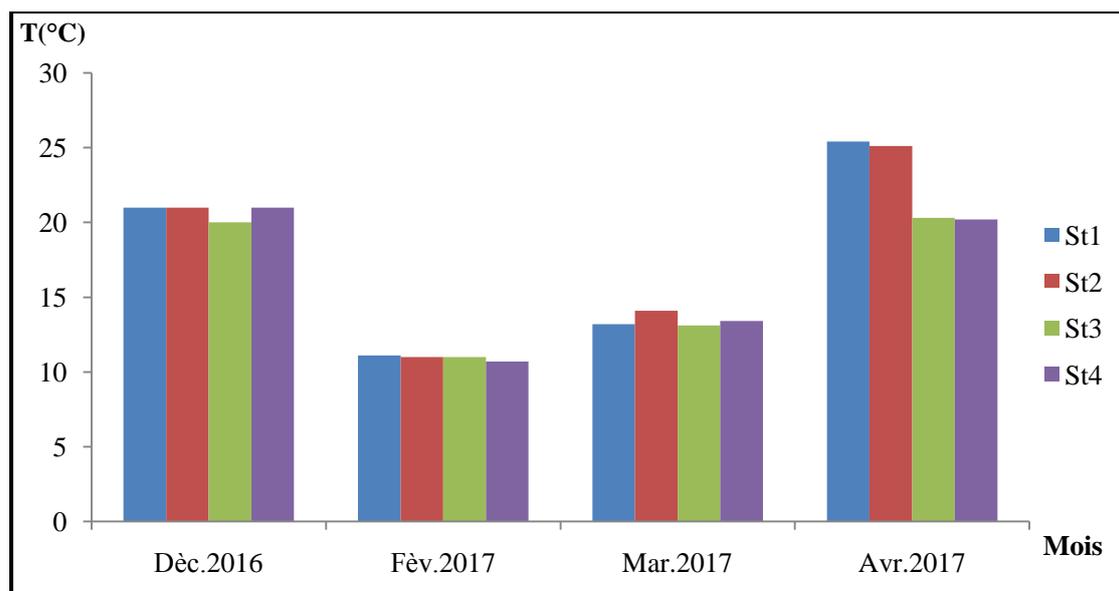
Le milieu aquatique d'eau douce est soumis à une série de paramètres dont les plus importants sont sa composition chimique et son contenu biologique. A ces paramètres, s'ajoute le climat, la nature géologique du terrain, et les activités anthropiques (utilisation de l'eau et de sol et apports des composés chimiques par des sources ponctuelles et/ou diffuses), facteurs dont l'influence sur les caractéristiques du milieu aquatique est loin d'être négligeable.

III.1. Analyse physico-chimique

III.1.1. Température (T°C)

La température est un facteur écologique de première importance qui a une grande influence sur les propriétés physico-chimiques et le contenu biologique des écosystèmes aquatiques (**Ramade, 1993**). Elle dépend essentiellement de celle du milieu ambiant. En effet, la température conditionne les possibilités de développement et la durée du cycle biologique des espèces aquatiques, ainsi que les réactions de dégradation et minéralisation (**Kherici, 1993**).

L'élévation de la température s'accompagne toujours par une modification des propriétés de l'eau. Une température élevée favorise la croissance des micro-organismes ; par contre une température inférieure à 10°C, ralentit les réactions chimiques pendant les différents traitements des eaux (**OMS, 1994**).



Figure(27): Variations spatio-temporelles des températures des eaux des stations d'étude.

Les valeurs de température de l'eau, présentent des variations spatio-temporelles. La température moyenne varie entre 10.95°C et 22.75°C. Les valeurs les plus élevées sont enregistrées au mois d'avril à la (St1) et (St2) respectivement avec les valeurs 25,1 et 25,4 °C. Les valeurs les plus basses sont enregistrées au mois de février à la (St2) et (St3) avec une valeur de 11°C.

Selon la grille d'appréciation de la qualité de l'eau en fonction de la température (Tab11), les quatre stations sont de qualité normale à bonne.

Tableau(11): Grille d'appréciation de la qualité de l'eau en fonction de la température (Masson, 1988).

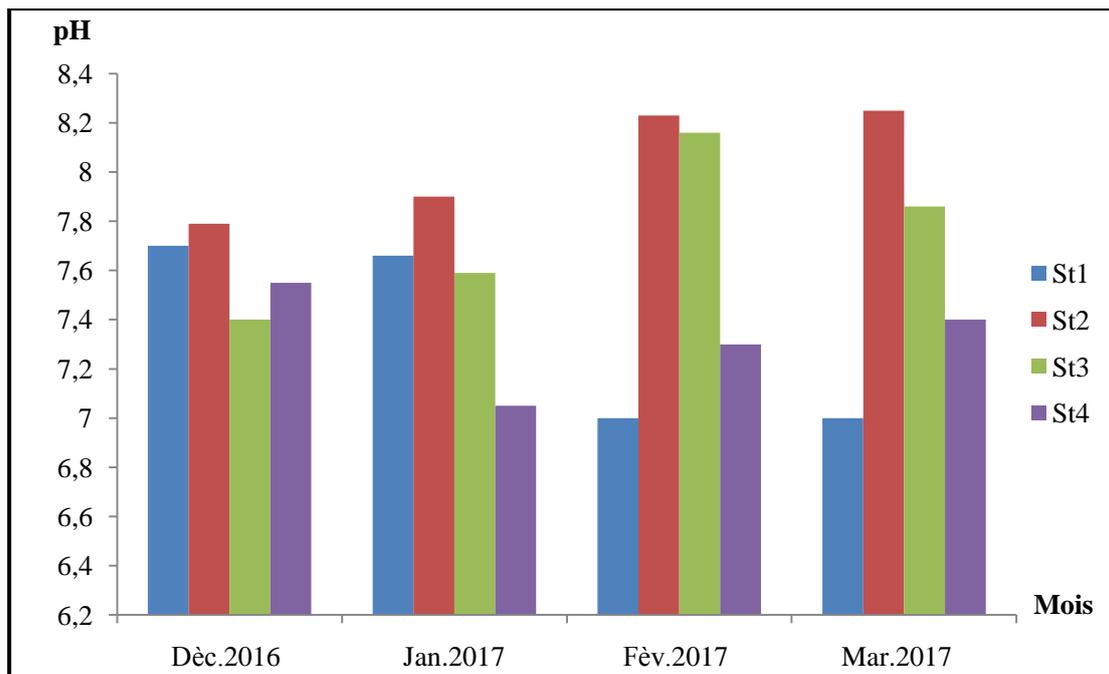
Température	Qualité	Classe
$\leq 20^{\circ}\text{C}$	Normale	1A
20 -22°C	Bonne	1B
22 -25°C	Moyenne	2
25 -30°C	Médiocre	3
$\geq 30^{\circ}\text{C}$	Mauvaise	4

III.1.2. Potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH est un paramètre qui mesure le degré d'acidité ou d'alcalinité des écosystèmes aquatiques. Un pH compris entre 6 et 9 permet un développement à peu près correct de la faune et de la flore aquatique (Sahli, 2002).

Il intervient dans des phénomènes complexes avec d'autres paramètres comme la dureté, le dioxyde de carbone, l'alcalinité et la température (Rodier, 2005).

D'après Bremond et Vuichard (1973), les eaux alcalines présentent généralement une faune plus riche et plus diversifiée que les eaux acides.



Figure(28): Variations spatio-temporelle du pH des eaux de stations d'étude.

Le pH obtenu pour notre eau étudiée est entre 7 à 8,25, ceci se conforme avec les normes algériennes qui fixent des valeurs de pH de 6,5 à 8,5 permettre un développement normal de la faune et de la flore.

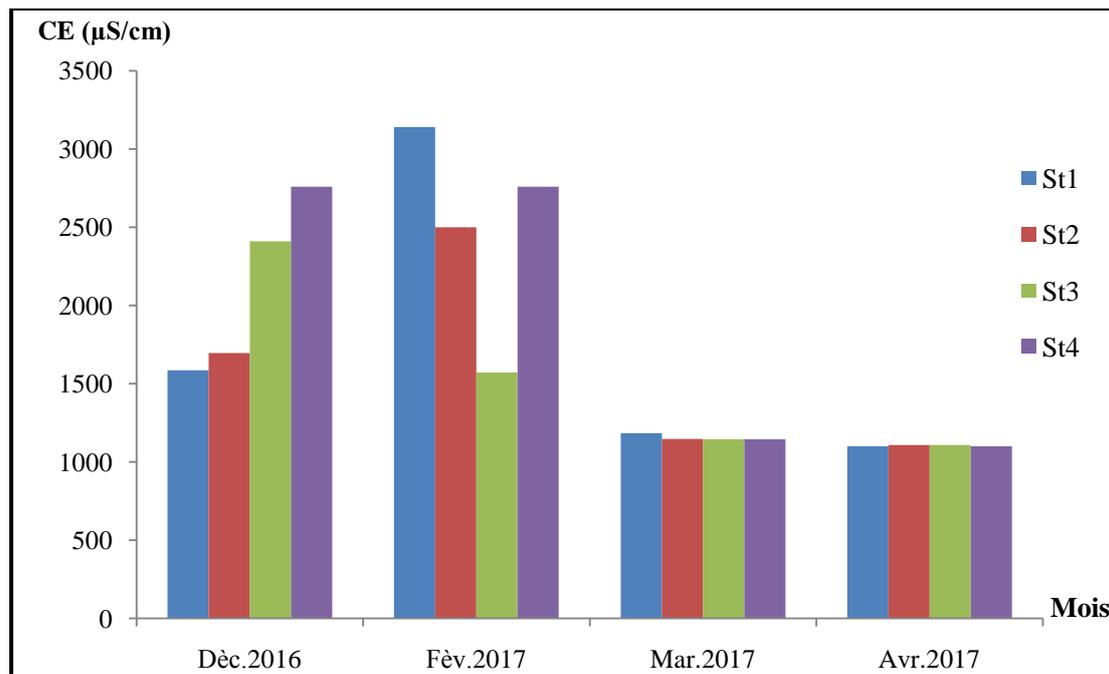
Tableau(12): Aptitude à la biologie en fonction du pH (SEQ-Eau, 1999)

Qualité	Très bonne	Bonne	Passable	Mauvaise	Très mauvaise
pH	8	8,5	9	9,5	>9,5

III.1.3. Conductivité électrique

Bremond et Vuichard (1973), ont défini la conductivité électrique d'une eau comme étant la conductance d'une colonne d'eau, comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm², elle s'exprime en µs/cm.

La conductivité des eaux naturelles fournit une information globale sur la quantité des sels dissous qu'elles renferment.



Figure(29): Variations spatio-temporelles de la conductivité électrique dans les eaux des stations d'étude.

Selon **Rodier (2005)**, une valeur supérieure à 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, indique une forte minéralisation.

L'eau étudiée présente des valeurs proches comprises entre 1099 et 3140. Ces valeurs élevées affichant une forte minéralisation, et cela laisse penser que cette minéralisation ne peut donc être due qu'à un apport extérieur, provoqué par le charriage et le lessivage des terres agricoles avoisinantes. Ainsi cette variation est en relation directe avec la température et la pluviométrie.

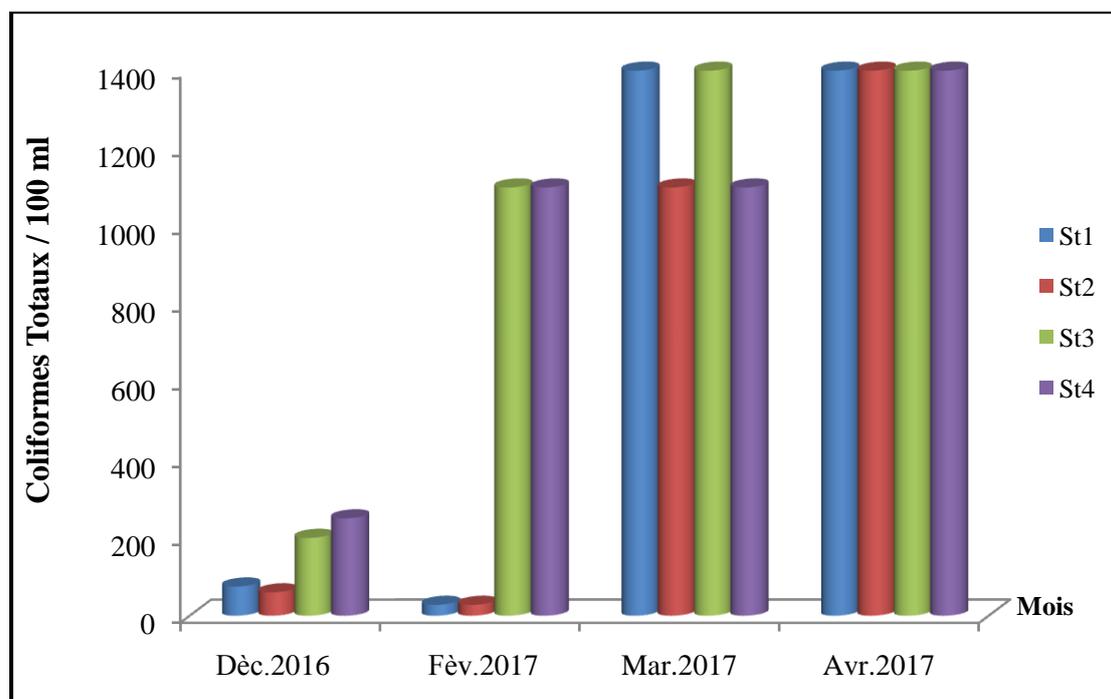
III.2. Analyse microbiologique

Les analyses bactériologiques de l'eau de barrage de Béni Haroun, sont ouverts à la quantification des germes de contamination fécale (Coliformes totaux (CT) et fécaux (CF); streptocoques fécaux (SF) et les anaérobies sulfito-réductrices (ASR) ; ainsi que la recherche et la qualification des germes pathogène (*salmonella* et *vibrio cholérique*). Les résultats sont comparés avec la norme française (NF 95-363) admissibles aux eaux brutes.

III.2.1. Résultats de dénombrement des bactéries de l'eau

III.2.1.1. Coliformes totaux

La recherche des coliformes est primordiale, du fait qu'un grand nombre d'entre eux vivent en abondance sur les matières fécales des animaux à sang chaud et de ce fait constituent des indicateurs de première importance (Duffour, 1977).



Figure(30) : Evolution spatio-temporelle des coliformes totaux.

L'examen des graphes illustrés dans la figure (30), nous montrons une variation temporelle plus que spatiale dans le nombre des coliformes totaux.

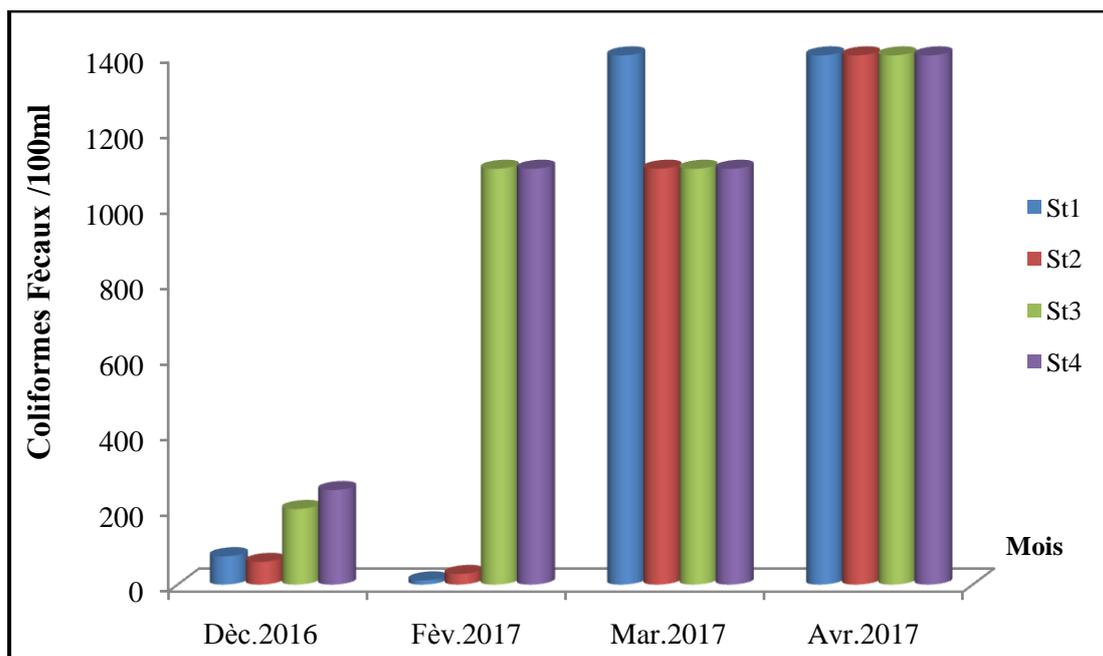
La concentration des coliformes totaux sont élevées à la (St3), au cours de toute la période d'étude, avec un maximum de 1400 CT/100 ml pour le prélèvement du mois de mars et avril. Ceci est peut-être dû à sa présence près des agglomérations (activités d'élevage, d'agriculture et rejets domestiques ... etc).

La (St1) et (St2) exhibent des variations plus ou moins similaires où le nombre diminue à partir du mois de décembre jusqu'au mois de février (28 CT/100 ml), ce phénomène est lié à la dilution des coliformes à cause de chute de pluie et de la température (début de saison froide), puis elle croit pendant les mois de mars et avril (1400 CT/100 ml).

Nous avons enregistré des concentrations croissantes en coliformes totaux à la (St4) au cours de toute la période d'étude, avec un maximum de 1400 CT/100 ml pendant le mois d'avril résultante de l'effet de la température (début de saison sèche).

Cependant ces valeurs ne dépassent pas la norme française (NF 95-363) des eaux brutes (5×10^3 Germe/100ml).

III.2.1.2. Coliformes fécaux



Figure(31) : Evolution spatio-temporelle des nombres des coliformes fécaux.

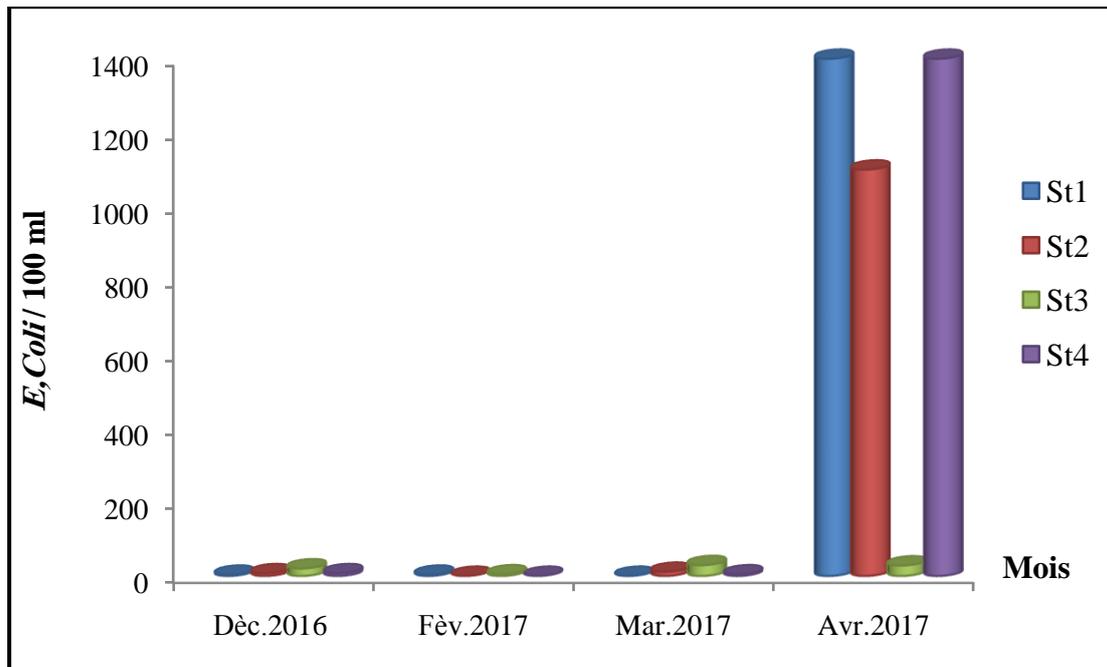
L'examen des graphes illustrés dans la figure (31) nous montre que les résultats obtenus sont similaires de celles des coliformes totaux.

Le nombre de coliformes fécaux varie au cours de la période d'étude de 11 CF/100 ml à 1400 CF/10 ml, ce nombre ne dépasse pas la norme française (NF 95-363) des eaux brutes (2×10^3 Germe/100ml).

La présence des coliformes d'origine fécale avec des effectifs dépassant les normes admises pour l'eau de consommation atteste, une pollution ou une contamination fécale des eaux. Cette contamination fécale est tributaire à l'environnement (agglomérations, activités d'élevage, d'agriculture, rejets domestiques ...etc).

III.2.1.3. *Escherichia coli*

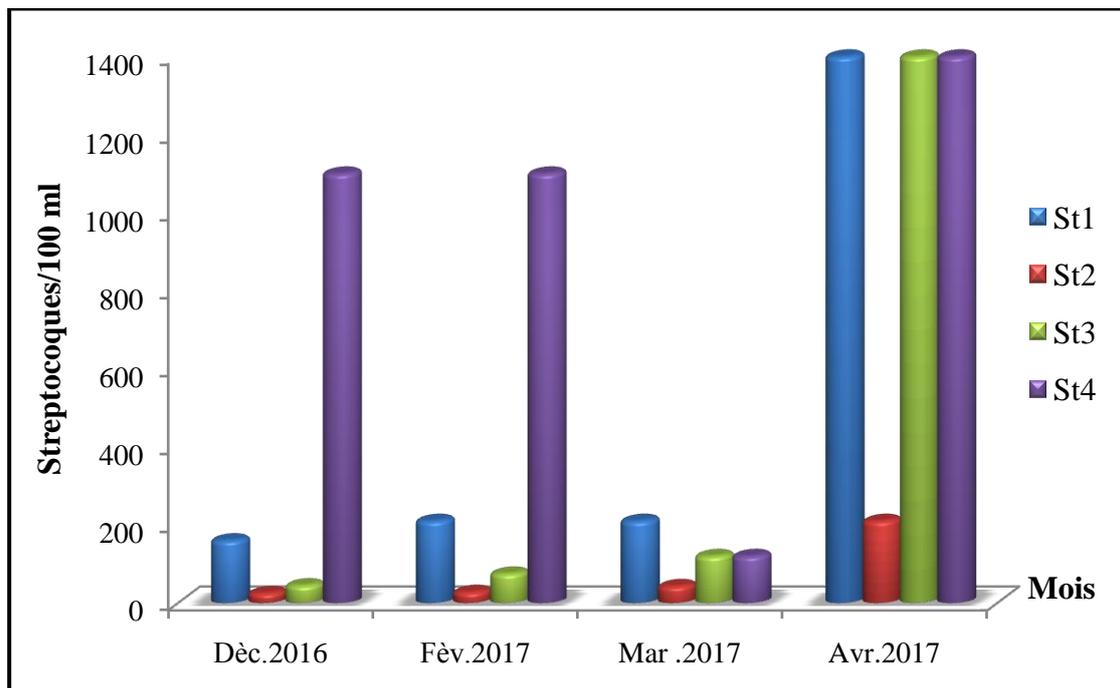
E. coli est une bactérie qui fait partie du groupe des coliformes thermotolérants et constitue le seul membre de ce groupe que l'on trouve exclusivement dans les matières fécales des humains et des animaux. Sa présence dans l'eau indique une contamination récente par des matières fécales (Leminor et Veron, 1989).



Figure(32) : Evolution spatiotemporelle de nombre d'*E.coli*.

D'après la figure (32), nous avons remarqué que le taux d'*E. Coli* est très élevé le mois d'avril dans les stations (St1, St2 et St4), atteignant un maximum de 1400 Germe/100 ml), ce ci est peut être attribué au début de la saison chaude, dont la température est un facteur écologique très important pour la multiplication des bactéries, aux excréments des animaux d'élevage et les fientes des oiseaux qui colonisent la région. Cependant ce nombre ne dépasse pas la norme (NF 95-363) des eaux brutes (2×10^3 Germe/100ml).

III.2.1.4. Streptocoques fécaux



Figure(33) : Evolution spatio-temporelle de nombre des Streptocoques fécaux.

Le nombre de streptocoques fécaux est directement lié à la quantité de matières fécales animale trouvant dans l'eau.

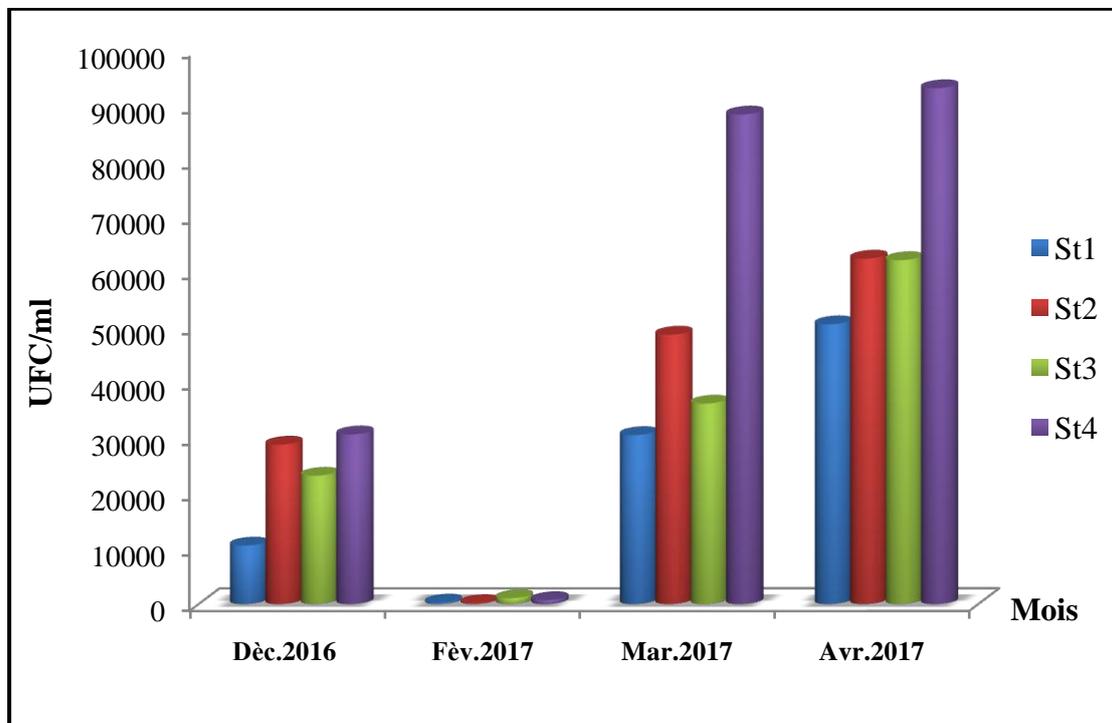
L'examen des graphes illustrés dans la figure (33), nous montre que les concentrations de ces bactéries fécales sont extrêmement variables dans l'espace et dans le temps. Le dénombrement des streptocoques fécaux, montre des variations remarquables le mois d'avril début de la saison chaude dans toutes les stations.

La (St4), présente des valeurs dépassant le 1000 Germe/100ml. Un tel résultat peut être expliqué par les déjections fécales des oiseaux d'eau qui fréquente ce barrage pendant la saison printanière et sa proximité de la forêt.

Les concentrations les plus faibles sont enregistrées dans la station(St2), ce ci est dû peut être à sa proximité de la zone urbaine ce qui gêne la vie avifaune aussi, nous pouvons attribuer ça à la présence de la station d'épuration Sidi Marouane qui a pour objectif l'élimination de la matière organique des effluents (source principale de nourriture des ces bactéries).

Dans l'ensemble, le résultat est inférieur à la norme française (NF 95-363) des eaux brutes (10^3 Germe/100ml).

III.2.1.5. Germes totaux



Figure(34) : Evolution spatio-temporelle de nombre des germes totaux.

La flore totale est importante, la concentration de germes totaux fluctue au niveau des quatre stations au cours de toute la période de l'étude. Elle atteint son maximum au niveau de (St4) (93042 UFC/ml), dépassant avec ça la norme (NF 95-363) des eaux brutes (3×10^3 Germe/ml). Le minimum est enregistré au niveau de (St2) (175 UFC/ml). Ces variations sont dues en fait aux variations des sites qui sont exposés à diverses sources de pollution.

Les concentrations les plus faibles sont enregistrées le mois de février dans toutes les stations. Cet abaissement est dû à la chute des pluies et à la baisse de température pendant ce mois.

III.2.1.6. Les anaérobies Sulfito-réducteurs (ASR), salmonelle, *vibrion cholera*

Les résultats déduisent l'absence totale des genres *Clostridium* sulfito-réducteurs, *Salmonelle*, et *vibrion cholera* dans toutes les stations et durant toute la période d'étude, ce ci peut être attribué à l'efficacité du rôle de la station d'épuration Sidi Merouane.

III.3. Résultat d'analyse phytoplanctonique

III.3.1. Inventaire phytoplanctonique des eaux de barrage Béni Haroun

Cette partie présente les résultats d'identification des communautés algales au niveau des mêmes stations le mois mars et avril de l'année 2017.

Tableau (13) : Inventaire d'algues par famille des eaux du barrage.

Famille	Genre et espèce
Achnanthaceae	<i>Achnanthes flexella</i>
Amphipleuraceae	<i>Amphiprora alata</i>
Bacillariaceae	<i>Bacillaria paxillifera</i>
	<i>Nitzschia dissipata</i>
	<i>Gomphonitzschia ungeri</i>
Botryochloridaceae	<i>Ducelliera chodatii</i>
Ceratiaceae	<i>Ceratium brachyceros</i>
Chaetopeltidaceae	<i>Chaetopeltis orbicularis</i>
Chatonellaceae	<i>Heterosigma akashiwo</i>
Chlamydomonadaceae	<i>Chlamydomonas</i>
Chloramoebaceae	<i>Chlorokardion pleurochloron</i>
Chlorococcaceae	<i>Coleochlamys apoda</i>
Chromulinaceae	<i>Didymochrysis paradoxa</i>
	<i>Chromulina grande</i>
Chrysocapsaceae	<i>Phaeaster pascheri</i>
	<i>Tetrasporopsis perforata</i>
Cocconeidaceae	<i>Cocconeis placentula</i>
Coscinodiscaceae	<i>Coscinodiscus lacustris</i>

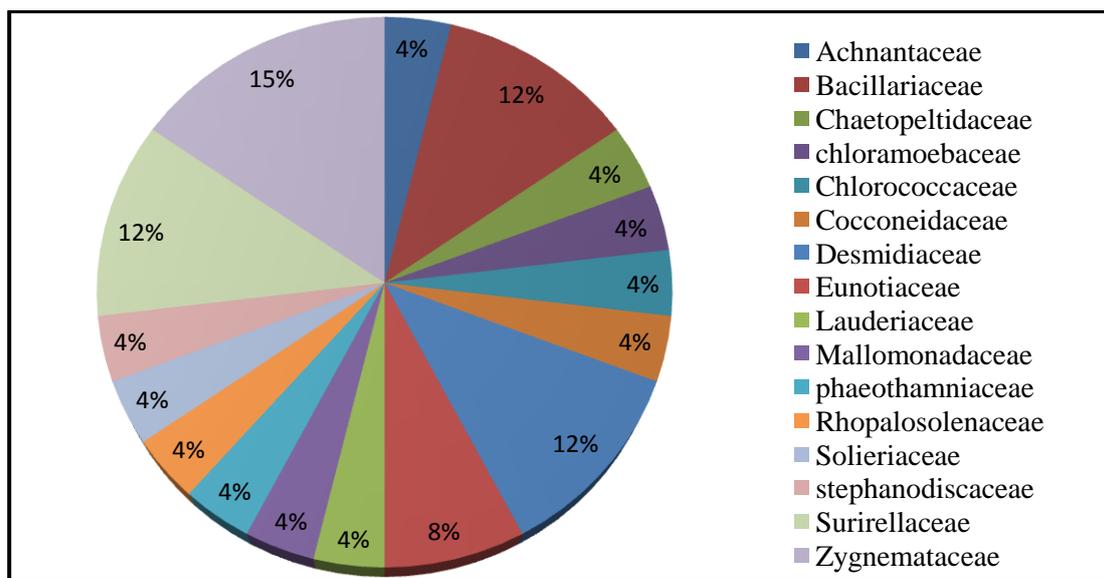
Cymbellaceae	<i>Didymosphenia geminata</i>
Desmidiaceae	<i>Actinotaenium capax varminus</i>
	<i>Pleurotaenium verrucosum</i>
	<i>Staurastrum capitulum</i>
	<i>Cosmarium nasutum</i>
	<i>Staurastrum zahlbruckner</i>
Diplopsalidaceae	<i>Diplopsalopsis orbicularis</i>
	<i>Oblea rotunda</i>
Dunaliellaceae	<i>Dunaliella salina</i>
Euglenaceae	<i>Euglena ehrenbergii</i>
Eunotiaceae	<i>Eunotia bilunaris</i>
	<i>Eunotia mondon</i>
	<i>Actinella brasiliensis</i>
Gomphonemataceae	<i>Gomphonema constrictum</i>
Gymnodiniaceae	<i>Akashiwo sanguinea</i>
Jakobidae	<i>Histiona velifera</i>
Lauderiaceae	<i>Lauderia annulata</i>
Mallomonadaceae	<i>Mallomonas fastigata</i>
Oxytoxaceae	<i>Oxytoxum sp</i>
Phacotaceae	<i>Wislouchiella planctonica</i>
	<i>Pedinoperopsis gracilis</i>
Phaeothamniaceae	<i>Chrysapion rhigophilos</i>
Pseudanabaenaceae	<i>Helicodictyon planctonicum</i>
Rhopalodiaceae	<i>Epithemia zebra</i>
Rhopalosolenaceae	<i>Rhopalocystis oleifera</i>
Solieriaceae	<i>Robusta sp</i>
Stephanodiscaceae	<i>Cyclotella bodanica</i>
Surirellaceae	<i>Campylodiscus noricus</i>
	<i>Surirella fastuosa</i>
	<i>Stenopterobia intermedia</i>
	<i>Spiralis sp</i>

Thalassiosiraceae	<i>Thalassiosira fluviatilis</i>
Zygnemataceae	<i>Pleurodiscus africanus</i>
	<i>Spirogyra grevilliana</i>
	<i>Zygnemopsis decussata</i>
	<i>Zygogonium ericetorum</i>

Les observations au microscope optique ont permis d’identifier dans les quatre stations 55 espèces réparties en 36 familles. La famille des Desmidiaceae comprend le plus grand nombre de taxons; avec 5 espèces identifiées, suivit par Zygnemataceae et Surirellaceae avec 4 espèces, Bacillariaceae, Eunotiaceae avec 3 espèces et les Diplopsalidaceae, Phacotaceae, et Chrysocapsaceae avec 2 espèces , et finalement Achnanthaceae ,Botryochloridaceae, Ceratiaceae, Chaetopeltidaceae, Chatonellaceae, Chlamydomonadaceae, Chloramoebaceae, Chromulinaceae , Coscinodiscaceae ,Cocconeidaceae, Cymbellaceae, Dunaliellaceae , Euglenaceae, , Gymnodiniaceae, Jakobidae, Lauderiaceae, Mallomonadaceae, Oxytoxaceae, Phaeothamniaceae, Pseudanabaenaceae, Rhopalodiaceae, Rhopalosolenaceae, Solieriaceae, Stephanodiscaceae, Thalassiosiraceae, Chlorococcaceae , Amphipleuraceae , Gomphonemataceae avec 1 seule espèce.

➤ Inventaire taxonomique des algues

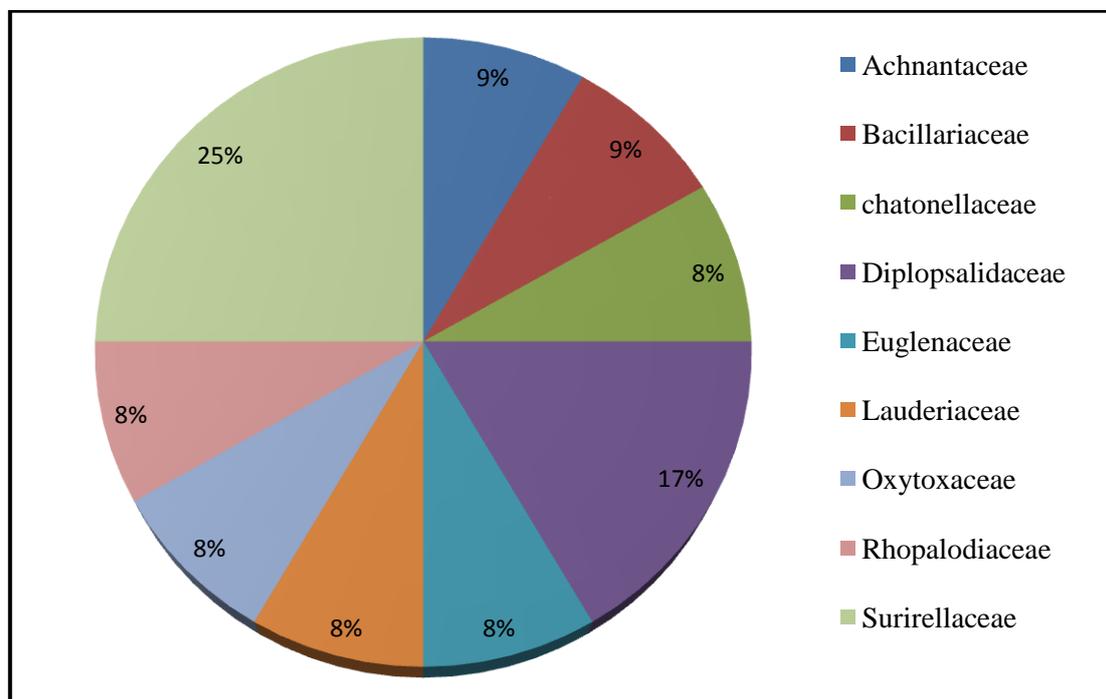
St 1 : Médius



Figure(35) : Richesse phytoplanctonique de la station Médius.

Au niveau de cette station nous remarquons la présence de 16 familles: la famille dominante est celle des Zygnemataceae avec un pourcentage de 15% suivie par les familles , Surirellaceae, Desmidiaceae, et Bacillariaceae, avec un pourcentage de 12%, ensuite 8% pour Eunotiaceae, et au dernier avec 4% vient les Achnanthaceae , Chaetopeltidaceae, Cocconeidaceae, Mallomonadaceae, Chlorococcaceae , Rhopalosolenaceae, Lauderiaceae, Solieriaceae, Phaeothamniaceae, Stephanodiscaceae, Chloramoebaceae .

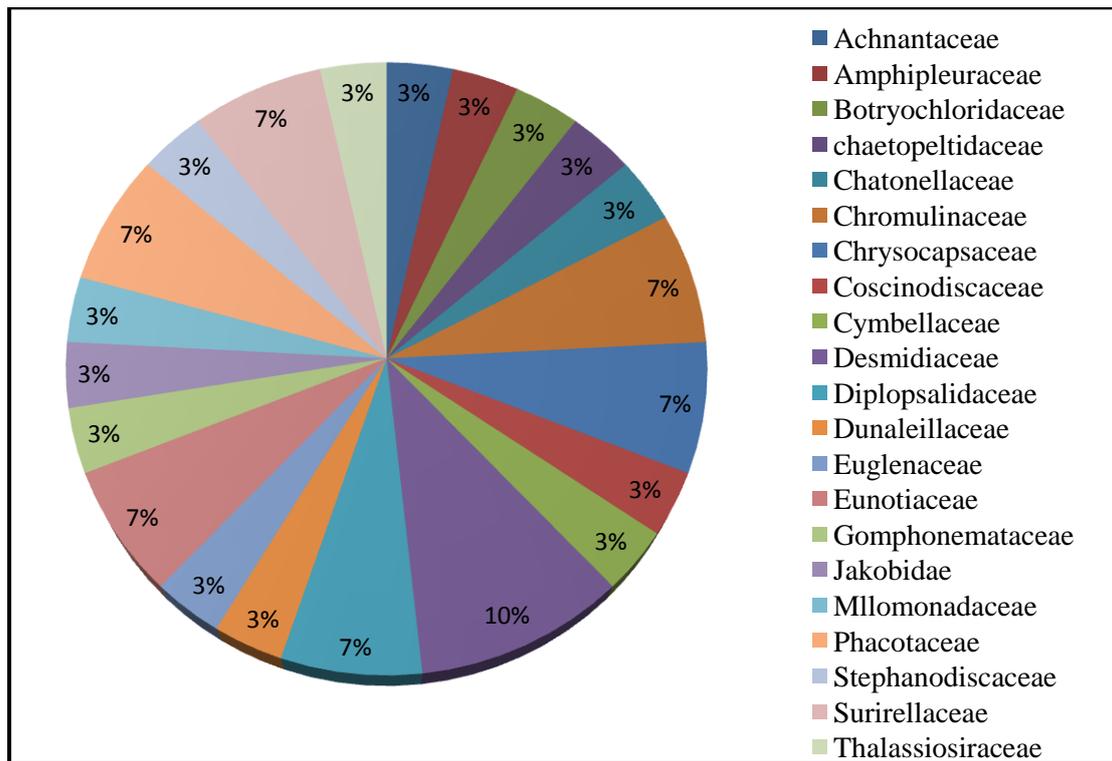
St 2 : Helloufa



Figure(36) : Richesse phytoplanctonique de la station de Helloufa.

Cette station caractérisée par la présence de 9 familles : La famille la plus dominante est celle des Surirellaceae avec un pourcentage de 25%, 17% est présenté par les Diplopsalidaceae suivie par 8% pour les Achnanthaceae, , Rhopalodiaceae, Euglenaceae, Bacillariaceae, Chatonellaceae, Lauderiaceae, , Oxytoxaceae.

St 3 : Anouch Ali

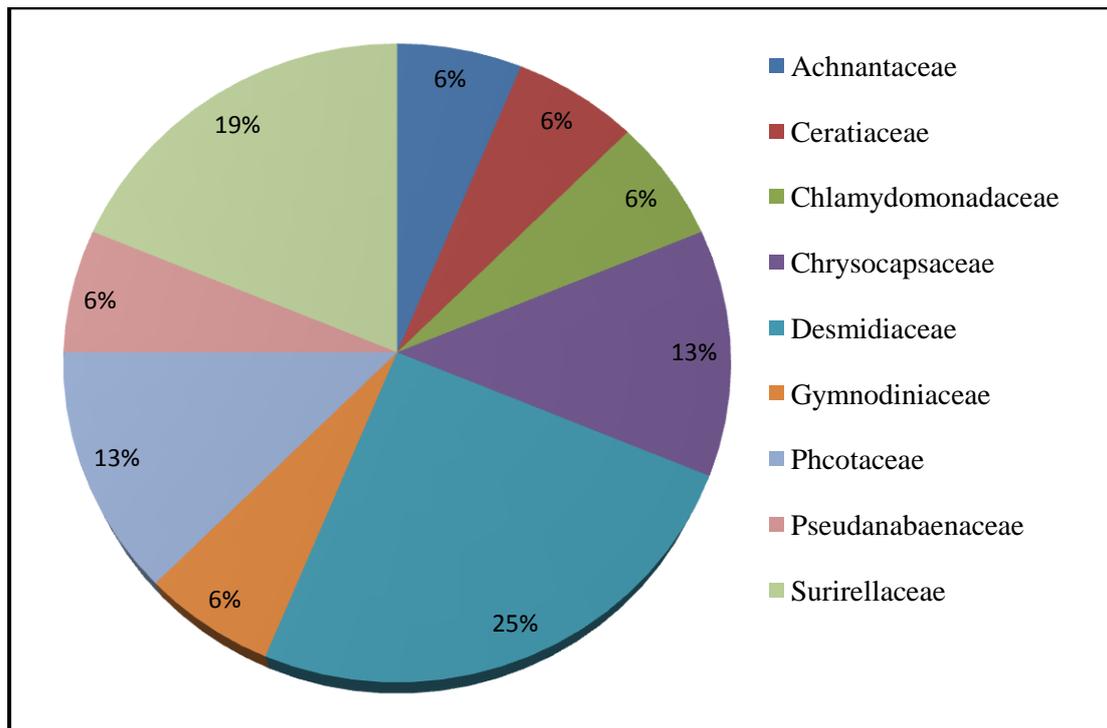


Figure(37) : Richesse phytoplanktonique de la station Anouch Ali.

L’inventaire réalisé au niveau de cette station, indique une diversité algale importante 21 familles en comparaison avec les autres stations d’étude.

Elle est caractérisée par un ensemble des familles ; La famille la plus dominante est celle des Desmidiaceae avec un pourcentage de 10%, 7% pour les Surirellaceae, Phacotaceae, Eunotiaceae, Diplopsalidaceae, Chrysocapsaceae. Chromulinaceae, et en fin les Achnanthaceae, Thalassiosiraceae, Coscinodiscaceae , Gomphonemataceae, Amphipleuraceae , Cymbellaceae, Botryochloridaceae, Dunaliellaceae , Chatonellaceae, Jakobidae, Mallomonadaceae, Stephanodiscaceae, Euglenaceae, Chaetopeltidaceae avec un pourcentage de 3%.

St 4 : La digue



Figure(38): Richesse phytoplanctonique de la station la digue.

Dans cette station, 9 familles ont été identifiées : les Desmidiaceae viennent en première position avec le plus grand pourcentage 25% ,suivi par les Surirellaceae 19% , ensuite les Phcotaceae et Chrysocapsaceae 13%, enfin Ceratiaceae, Chlamydomonadaceae, Pseudanabaenaceae, Gymnodiniaceae ,Achnanthaceae 6%.

III.3.2.Estimation de la biomasse algale

Le comptage du nombre d'algues exprimé par le nombre de cellule dans un volume de 0,1ml d'eau échantillonné a révélé le résultat suivant :

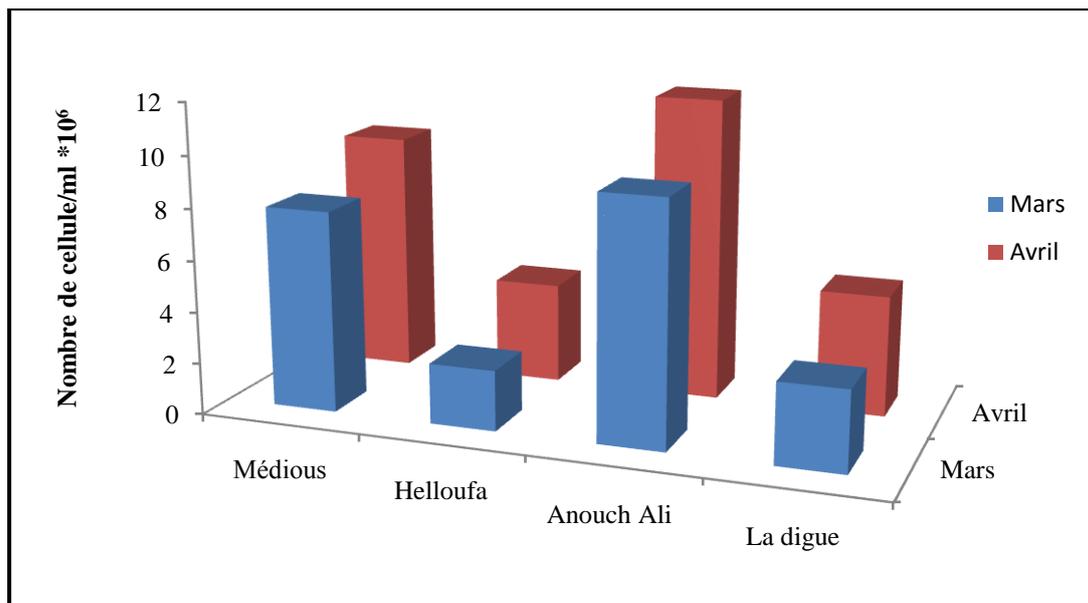


Figure (39): Concentration de la biomasse algale dans chaque station d'étude.

Selon la figure(39), la quantité du phytoplancton est élevée le mois de mars et avril ($11,718750 \text{ cellule/ml} \cdot 10^6$) dans toutes les stations. Ce ci est due également au démarrage du cycle de développement et des fonctions physiologiques qui débutera en générale au printemps et avec l'augmentation de la température influencée soit par celle de l'air ou dû au déversement d'eaux riches en composés organiques et minéraux, plus chaudes, plus troubles ou caractérisées par une présence bactérienne importante.

D'après ce résultat on peut dire que la station Anouche Ali et Mediou présentent la richesse du phytoplancton la plus élevée. Cette richesse est sans aucun doute tributaire aux activités humaines qui peuvent influencer l'évolution des processus naturels.

Les communautés phytoplanctonique se ressentent de cette influence, avec des altérations importantes ce traduira par une diminution des espèces moins tolérantes et une prolifération des espèces qui mieux s'adaptent aux conditions écologiques contingentes. Alors que Helloufa présente les valeurs les plus faibles et ce ci se conforme bien avec les résultats bactériologiques.

Conclusion

Pour conclure ce travail, il convient de rappeler que le Barrage de Béni Haroun l'une des ressources en eau les plus importantes en Algérie.

L'étude écologique des eaux de ce dernier, met en évidence le danger des rejets diffus d'origine domestique, industrielle et agricole sur la qualité physico-chimique et biologique des eaux.

Du point de vue physico-chimique, une différence notable des valeurs de chaque paramètre mesuré. Dans la majorité des cas elles répondent aux normes des eaux naturelles.

Du point de vue microbiologique, les résultats que nous avons obtenus à travers le dénombrement réalisé le long de la période d'étude pour les différentes stations, nous montrent une bonne qualité microbiologique des eaux de barrage Beni Haroun, où on a enregistré une absence total de trois bactéries les plus dangereuses tel que : clostridium sulfito-réducteurs, salmonelle et vibrion choléra.

La présence des bactéries indicatrices de contamination fécale tel que les coliformes fécaux et streptocoques fécaux mais avec des concentrations ne dépassent pas la norme française (NF 95-363) des eaux brutes.

La présence des germes aérobies avec des concentrations dépassent la norme, cette pollution engendrée par le développement urbain et agricole, notamment, les eaux usées des agglomérations avoisinantes qui ne disposent pas de système d'assainissement, des ordures ménagères, du réseau routier et des activités agricoles.

De même l'appréciation de la qualité de l'eau, grâce aux bio-indicateurs des milieux aquatiques, telle que le phytoplancton, de par leur sensibilité aux nutriments (surtout le phosphore et l'azote) et à la matière organique est de même importance. La quantité du phytoplancton est élevée dans les mois de mars et avril dans toutes les stations.

L'observation microscopique des algues des différents échantillons prélevés à permis la détermination d'un ensemble d'espèces d'algues, 55 espèces appartenant à 36 familles. Les familles, les plus abondantes sont : les Desmidiaceae,

Zygnemataceae, Surirellaceae, Bacillariaceae. La station Anouche Ali et Medious présentent la richesse du phytoplancton la plus élevée.

Par ailleurs, il est vivement recommandé une surveillance accrue ponctuée par un contrôle rigoureux et régulier de cette matière sensible, tout au long de l'année, ceci permet de préserver la qualité de l'eau de barrage et de se prémunir contre toutes formes de pollution.

Références Bibliographique

- Aissaoui, A. 2013.** Evaluation du niveau de contamination des eaux de barrage Hmnam Aménagement du territoire. Université Mentouri– Constantine. 7, 22, 55,57p.
- Aminot, A. 2001.** L'eutrophisation des eaux marines et saumâtres en Europe, en particulier en France. Rapport IFREMER, Ed. Direction de l'Environnement et de l'Aménagement Littoral. 64p.
- Amrouche, M., Doucet, L –Populaire, F., Ghnassia, J.C. 2003.** Escherichia coli entèro-pathogène . Feuilles de biologie, XXXXIV, 251 :15-27 p.
- ANDI. 2013.** Agence Nationale de Développement de l'Investissement.
- Armand, L. 1996.** Mémento technique de l'eau. Edition : Tec et Doc. P : 37.
- Arrignon, J. 1989., in Frank. 2002.** arrignon J. Amenagement piscicole des eaux douces.
- Athmania, D., Benaissa, A., et Bouassida, M. 2009.** Colloque International Sols Non Saturés et Environnement « UNSA Tlemcen 09 »,Tlemcen. attidelconvegnointerazione. Palazzo dei Congressi. 99-100 p.
- Austruy, E. 2012.** *Apports de phosphore et proliférations de cyanobactéries dans le lac au Duc (Morbihan) : Diagnostic et propositions d'actions préventives et curatives potentielles.* Mémoire de Master 2, Génie de l'environnement. 191 p.
- Bakroune, M-CH. 2011.** Analyse dynamique d'un barrage en béton compacté au rouleau (B.C.R) sous charge sismique. Mémoire de Magister en Hydraulique. Université Hadj Lakhdar-Batna. P 48.
- Behets, J., Declerck,P., Delaedt,. Verelst,L., and Ollevier, F. 2007.** Survey for the presence of specific Free-living amoebae in cooling waters from Belgian power plants.Parasitol Res 100 :1249-5 p.
- Benaziza, A et Aneur, N. 2007.** Etude spatiotemporelle de la qualité physico-chimique des eaux de l'oued Djenjen. Mémoire de fin d'étude. Université de Jijel facultés. P 50.
- Benmansour, B. 2001.** Inventaire floristique du jardin d'El-Hartoun wilaya de Tlemcen. Mémoire de fin d'étude. P 90.
- Berche, P. 1999.** Choléra Et Environnement. Méd. Mal. Infect N°29 : 301 – 307.

Berche, P., Gaillard, J-L., et Simouet, M., 1988. Bactériologie, Les Bactéries Des Infections Humaines. Flammarion Médecine Sciences. 660p.

Bioret, F., Estève, R. et Sturbois, A. 2010. Dictionnaire de la protection de la nature. Presses Universitaires de Rennes. 357p.

Bonnard, R., Laffont, M et Pimpec, P. 2003. Notion d'hydro-écologie et de qualité biologique des eaux courants. Ingénierie n°33.13p.

Bouhmar, Y., Merah, N. 2006. Application de la méthode HEMPAUN système de traitement des eaux usées et NEUVES au niveau de SA-FIL-Co Ain-Djasser Batna. Mémoire de fin étude. P12 .18.

Bourdin, L. 2004. Polluants et Pollution. Caractérisation et suivi de l'eutrophisation des lacs des cours d'eau lenticques en France, une ouverture européenne. Les synthèses techniques de L'Office International de l'Eau.14p.

Bourgois, C.M., Mescle, J.F. 1996. Microbiologie alimentaire: aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments. Edition Lavoisier. 5- 6p.

Bremond, R., Vuichard, R., 1973. Paramètres de la qualité des eaux, OSPEPE, Paris.

CETIC. 2009. Centre des Techniques de l'Information et de la Communication.

CHAALAL, O.M. 2012. *Mila la wilaya* .Edition, Albayazin. Alger. 209p. compartiments Eau /Sédiments de l'oued Rhumel, et barrages Hammam Grouz et Beni Haroun.

Chebbah, N. 2015. *Eco-éthologie du Grand cormoran hivernant au niveau du barrage de Beni-Haroun*. Mémoire de fin d'étude (Master2).Centre universitaire de Mila.65p.

Conservation des forêts, 2017.

Crepp , E.E., Moukha S., 2009. Eléments pour localiser les zones d'efflorescences algales : prévoir et moduler leur ampleur en minimisant l'impact sur les populations. *AFSSET. Bulletin de veille scientifique*.84-125 p.

Davies-colley, R.J., Donnisson, A.M and speed,D.J. 1997. Sunlight wavelrngths inactivating faecal indicator microorganismes in waste stabilization pond s wat Scitechnol

35. 219-225 p. des écosystèmes aquatiques vis-à-vis des éléments traces métalliques par des bioessais.

Delarras, C., et Trebaol, B. 2003. Surveillance Sanitaire Et Microbiologique Des Eaux: Réglementation - Prélèvements - Analyses. *TEC & DOC*. 269p.

Devidal, S. 2007. Solutions curatives pour la restauration de lacs eutrophes présentant des signes d'eutrophisation. Mémoire Préparé En vue de l'Obtention du Diplôme de Master environnement, l'université de Rouen (France).7p.

Devillers, J. 2005 . Les paramètres physicochimiques Paris.1-2P.

Djennas ,N. 2003 .Contribution à l'étude de la pollution des eaux d'oued Mouttas par le chrome et le manganèse I ssue de la tannerie de Jijel. Mémoire d'ingénieur d'état en écologie. Université de Jijel. 4-6p.

Dreux, P. 1980. Précis d'écologie. *Edition. Presse Université.* France. Paris. P 231-229. *Edition, Paris.* P 1260.

Drira, Z. 2009.Contribution à la compréhension du fonctionnement du golfe de Gabés, 31p.

Duffour, A-P. 1977. *E.coli*: The Faecal Coliform. 4 8–58. In Hoadely A.W. and B.J.Dukta (*eds*). *Edition Tec et DOC. Analyse des eaux.* 56 p.

Emilian, K. 2004. Traitement des pollutions industrielles, France. 23, 24p.

Fewtrell, L., Bartram, J. 2001. Water quality : guidelines, standards and health.World Health Organization water Series.London (U.K.) :Iwa Publishing.52-61 p.

Fiels, B.S., Benson, R.F., Besser , R .E . 2002. legionella and Legionnaires disease :25 yers of investigastion clin Microbiol Rev 15 :506-526 p .

Fournier J-M. 1996. Choléra. *Encycl. Méd. Chir (Elsevier). Maladies Infectieuses* 8 - 026-F-10 : 1 – 5.

François, A.2008. L'eau et ses enjeux. *Edition de Boeck.* P:134.

Frank, R. 2002. Analyse des eaux. *Edition, Tec et DOC,* 18-188 p.

Galvez, R., Sylvaine, I et Arsenault, S. 2002. Dossier La détérioration des plans d'eau. Manifestations et moyens de lutte contre l'eutrophisation. 20p.

Gaujous, M. 1995. La pollution de milieu aquatique. 2ème Ed. TEC & DOC – Lavoisier. 220p.

George, I., Crop, P., and servais, P. 2002. Fecal coliforms removal in wastewater treatment plants studied by plate counts and enzymatic methods .Water Res 36 :2607-2617 p.

Gerba, C-P., Walis, G., et Melnick, J-L. 1975. Fafe Of Wasterwater Bacteria And Virus In Soil. Journal Of The Irrigation And Drainage. *Division Sept.* 174p.

Gregr, E.J., Bodtker, KM. 2007. Adaptive classification of marine ecosystems : Identifying biologically meaningful regions in the marine environment. Deep-Sea Research I 54 : 385-402 p.

Groga, N. 2012. Structure, fonctionnement et dynamique du phytoplancton dans le lac deGrouz de la région d'oued Athmania (Wilaya de Mila) par les activités agricoles. En vue d'obtention du diplôme de Magister en biologie. Université Mouloud Maameri de Tizi Ouzou. P30. haroun Université Mentouri de Constantine. Mémoire de Magistère en Ecologie. P 141.

Guiraud, J., et Galzy, P. 1980. L'analyse microbiologique dans les industries alimentaires. 533p.

Houli, S. 2014. Eutrophisation des barrages. Département de la Formation continue, Ecole hydrographiques des zones côtières et océaniques. Thèse présentée à la faculté des sciences de Sfax pour obtenir le grade de Docteur de l'université de Sfax. Docteur de l'université de France comite. pp14, 15.

Iseca, A . 2014. L'eutrophisation des eaux côtières des 2 mers (Belgique, Angleterre, France et Pays-Bas). Un projet interdisciplinaire et transfrontalier sur l'eutrophisation des eaux côtières offrant des informations, des ressources scientifiques et éducatives aux parties prenantes et au grand public dans la zone Interreg des 2 mers (Belgique, Angleterre, France et Pays-Bas).110-116 p.

Ivanoff, B., et Levine, M. 1997. Typhoid fever: Continuing Challenge From a Resilient Bacterial. 142p.

Kerdoud, S. 2006. Le bassin versant de Beni Haroune eau et pollution. Présenté pour l'obtention du Diplôme de magister ; Université Mentouri- Constantine. 7-31 p.

Khaled, A. 1995. La pollution, un phénomène Universel qui S'aggrave et nécessite une lutte soutenue .10/1995.base .d.p.h. info/fiches/premierd ph/fich-premierdph-2589.html.

Khellou, M. 2012. Flux de l'azote et du phosphore minéraux à l'embouchure d'oued Seybouse. Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Magister « Ecole Doctorale ».En biologie et écologie végétale. Université Badji Mokhtar. Annaba. 65 p .

Koelle, K., Oascual, M., Yunus, M. 2005. Pathogenadaptation to seasonal forcing and climate change .Proc Roy Soc London B 272 : 971 -977 p.

Koller, E. 2004. Traitement des pollutions industrielles: Eau. Air. Sols. Boues. Ed. Dunod, 424p.

Kreisel, W. 1991. Water Quality And Health. *Dunod*. 209p.

Krejci, V., Frutiger, A., Kreikenbaum, S et Rossi. L, 2005. Impact des rejets pluviaux l'environnement. Ed. Science Internatinal.Paris, 822 p.

Lacaze, J.C. 1996. L'eutrophisation des eaux marines et continentales. Ed. Ellipses. 192p.

Laevastu, T., Alverson, D.L., Marasco., R.J. 1996. Exploitable Marine Ecosystems : Etude des caractéristiques dynamiques et structurales des communautés phytozooplanctoniques en relation avec la variabilité environnementale et les caractéristiques exigence partielle de la maîtrise en mathématiques et informatique appliquées. 82-99 p.

Larpent, J.P. 1997. Mémento technique de microbiologie.Tec&Doc Lavoisier ,Paris.66 p.

Larpent, J.P. 2001. Introduction à la nouvelle classification bactérienne. Les principaux groupes bactériens. Tec & Doc Lavoisier, Paris. 24 p.

Laurentides, C.R.E. 2009. L'eutrophisation, 4p.

Lebres, E. 2006. Cours D'hygiène Et De Microbiologie Des Eaux (Manuel De Travaux Pratiques Des Eaux). *Institut Pasteur d'Algérie*. 60p.

Leminor, L., Veron, M. 1989. Bactériologie Médicale. *Flammarion Médecine Sciences*. 845p.

Lenntech, L. 2004. Faq-eau et écologie. Disponible sur le site Internet :

Lin, H., Chen,Y., Wang , W. 2009. Legionella pollution in cooling tower water of air-conditioning systems in Shanghai , China .J Appl Microbiol 106 :606-612 p.

Lindgren , E ., Gustaffson, R. 2001. Tick –borne encephaliis in Sweden and climate change .the lancet 358 :16-18 p.

Marchon, B. 1996. Fièvres Typhoïdes. *Flammarion Médecine Sciences*. Tome 4. 170p.

Marsalek, J., Rochfort, Q. 2004. Urban wet _weather flows : Sources of fecal contamination impacting on recreational waters an threatening drinking –waater Sources .J.Toxicol environ Health A67 :1765-1777. 113 p.

Masson J. P., (1988). Suivi de la qualité des eaux superficielles : l'expérience française. In :la qualita delle acquasuperficial, criteria per une metodologiaomogenea di valutazione,attidelconvegnointerazione. Palazzo dei Congressi. 99-100 p.

Mazzuoli L., (2012). La Gestion durable de l'eau. Ressources. Qualité. Organisation.DUNOD, Paris. 249p.

Mebarki, A. 2009. Ressources en eau et aménagement en Algérie : Les bassins hydrographiques de l'est. OPU Alger.

Melghit, M. 2009. Qualité physico-chimique, pollution organique et méthalique des *Paris*. 397p.

Melhaoui, M. 2009. Echantillonnage et étude des macro-invertébrés de la Moulouya, Projet UICN Med/ABHM Moulouya – Maroc. 17p.

Merabet, S. 2010. Évaluation de la qualité physico-chimique des eaux brutes et distribuées du barrage réservoir de Beni Haroun. Diplôme de Magister chimie analytique. Université mentouri de Constantine. Université Mentouri Constantine. 4, 5,9 ,89p.

Mihoubi, A. 2008. Fonctionnement et gestion hydrogéologique et hydrologique des ressources en eau du bassin de hammam grouz. Mémoire de Magister en hydrogéologie. Université Mentouri–Constantine. 50, 128p.

Ministère de l’Agriculture .2001. Note de service DGAL/SDHA/N2001-8090 du 27 juin 2001 relative aux critères microbiologiques applicables aux aliments (2 ème version) DGAL ,60 / 1-17p.

Moisan, J., Relletier, L., 2008. Guide de surveillance biologique basse sur les macroinvertébrés benthiques d’eau douce du Québec. 4.8.10p.

Nationale Supérieure de l’Hydraulique Abdellah Arbaoui.

Normand-Marleau, M. 2007. Application de la spectrophotométrie ultraviolette à la caractérisation d’eaux naturelles du Québec. Mémoire présenté à la Faculté des sciences en vue de l’obtention du grade de maître en environnement. Université de Sherbrooke, Québec, Canada.3p.

OMS (Organisation mondiale de santé), 1994. Protection et amélioration de la qualité de l’eau.2eme édition. Volume 1.Genève:18.

OMS :Organisation mondiale de santé. 1994. Protection et amélioration de la qualité de l’eau.2eme édition. Volume 1.Genève:18.

Paul, R. 1998. Eaux d’égout et eaux résiduaires industrielles: Épuration, utilisation, Société d’Éditions techniques. 192p.

Pelandakis, M., Pernin , P. 2002. Use of multiplex PCR and PCR restriction enzyme analysis for detection and exploration of the variability in the Free living amoeba *Naegleria* in the environment Appl , environ bMicrobiol 68 :2061-2065.

Ramade, F. 1993. Dictionnaire encyclopédique de l’écologie et des sciences de

Ramade, F. 2005. Elément d’écologie Belgique. 293p.

Ramade. F. 1984. Eléments d’écologie. Ecologie fondamentale. *Edition Mc Grew- Hill,*

Raven, P.H., Berg, L.R., Hassanzahl, D.M. 2009. Américaine par marie pascale la ceannehancock Guy lempriere, 6édition, 97-98P.

RGPH. 2008. Recensement général sur la population et l'habitat. Saturés et Environnement « UNSA Tlemcen 09 ».Tlemcen. Taabo (Côte d'Ivoire). Thèse de doctorat en Ecologie Fonctionnelle. Université de Toulouse. 35, 38, 89, 93p.

Rodier, J. 2009. L'analyse de l'eau 9ème ED 970-1012p.

RODIER, J.1999. L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 7eme édition: Dunod, Paris.

Rodier. J., Bazin. C ., Broutin. J. P., Champsaur. H et Rodi. L. 2005. L'analyse de l'eau. Eaux naturelles. Eaux résiduaires. Eau de mer. *8ème Edition. DUNOD.* Paris. P 1383.

Sahli, L. 2012. Etude du comportement de quelques espèces floristiques et faunistiques.

SEQ-Eau. 1999. Les outils d'évaluation de la qualité des cours d'eau. Les études des agences de l'Eau n°72.

Siddour, A. 2007. Classification automatique des diatomées : une approche basée sur le contour et la géométrie. Mémoire présenté à l'université du Québec à Trois-Rivières. Comme Taabo (Côte d'Ivoire). Thèse de doctorat Université de Toulouse.pp35-43.

Van Overmeiren, H. 2008. Mémoire de Master en science et gestion de l'environnement. Université Libre de Bruxelles. P 96-98.

Zouaidia, H. 2006. Bilan des incendies de forêts dans l'est algérien cas de Mila.

Résumé

La région de Mila est une zone à vocation agricole connue par ces ressources en eaux potables.

Afin de déterminer la qualité biologique et physico-chimique des eaux de barrage Beni Haroun , des analyses mensuelles ont été réalisées sur une période de quatre mois (de décembre 2016 à avril 2017) et qui ont portées principalement sur l'étude du milieu biotique à travers une identification algale, colonisant les eaux de barrage comme bio-indicateur pour contrôler la qualité de l'eau, et la quantification des bactéries indicatrices de contamination fécale ; d'autre part, la mesure in situ de 3 paramètres physiques à savoir, la température, le potentiel d'hydrogène, la conductivité électrique).

Les résultats des analyses physico-chimiques ont montrés que la variation des valeurs des paramètres mesurés est étroitement liée à l'interférence de plusieurs facteurs (La température de l'air, substrat géologique, ...etc).Alors que les résultats des analyses microbiologiques nous exposent une contamination fécale des eaux de barrage ; signalées par la présence des coliformes fécaux, streptocoques fécaux, et les germes aérobies. Cette pollution affecte l'environnement et constitue une menace majeure sur la santé des habitants.

L'identification du phytoplancton à révéler une diversité très importante présentée par 54 taxons au total réparties dans 36 familles. La station la plus riche en phytoplancton est celle de Anouch Ali.

Les polluants sont présents dans toutes les stations de prélèvement avec un taux de concentration relatif, la contamination est plus importante au niveau des stations de Médiouss , Anouch Ali et la digue .

Mots clés : qualité biologique, physico-chimique, coliformes, eau potable, Mila.

The region of Mila is an area for agricultural known by the drinking water resources.

To determine the biology and physico-chemical quality water of the barrage Beni Haroun, monthly analysis were carried out over a period of four months (december /2016-april/2017).This present work is based on the biotic through algal identification study, colonizing water of barrage Beni Haroun as bioindicators, the most suitable to control the quality of the water, quantification of indicator bacteria of contamination faecal; another part, measured in-situ 3 physical parameters namely, the temperature, the potential of hydrogen, electrical conductivity).

The results of physico-chemical analysis have shown that the variation of the the values of paramètres mesured is closely related to the interference of several factors (temperature, geological substrate...etc). While the results of microbiological analysis expose us faecal contamination of water the region marked by the presence of fecal coliforms, faecal streptococci, and aerobic germs.This pollution affects the environment and constitutes a major threat to the health of people.

The identification of phytoplankton to reveal a very important diversity presented by 54 taxa altogether divided in 36 families. The station richest in phytoplankton is that of Anouch Ali.

Pollutants are present at all sampling stations with a relative concentration rate, contamination is higher at Médious , Anouch Ali et la digue .

Key words : Biological quality, Physico-chemical, coliform, drinking water, Mila.

منطقة ميلة هي منطقة زراعية تعرف بموادها المائية العذبة . من أجل تحديد النوعية البيولوجية و الفيزيوكيميائية لمياه سد بني هارون , أجريت تحاليل شهرية لمدة أربعة أشهر (ديسمبر 2016 – أبريل 2017). ويستند هذا العمل على دراسة الوسط الحي من خلال تحديد أنواع الطحالب المستعمرة للسد كمؤشر حيوي لمراقبة جودة المياه, و التحديد الكمي للبكتريا المحددة للتلوث البرازي . من ناحية أخرى و في الموقع تم قياس ثلاثة معايير فيزيوكيميائية (درجة الحرارة , درجة الحموضة و الناقلية الكهربائية).

و قد أظهرت نتائج التحاليل الفيزيائية و الكيميائية أن التغير في القيم المقاسة يرتبط ارتباطا و وثيقا بتدخل عدة عوامل (درجة حرارة الهواء , الرطوبة البيولوجية الخ.....), في حين أن نتائج التحاليل الميكروبيولوجية كشفت لنا تلوث برازي بدليل وجود القولونيات البرازية، العقديات البرازية والبكتيريا الهوائية. هذا التلوث يؤثر على البيئة ويشكل تهديدا كبيرا على صحة هؤلاء الناس.

تحديد العوالق النباتية اثبت تنوع مهم جدا الذي قدر ب 54 صنف من أصل 36 عائلة, المحطات التي تضم اكبر عدد من العوالق النباتية هي محطة عنوش علي و مديوس. الملوثات موجودة في جميع محطات أخذ العينات مع نسب تراكيز قريبة , أكبر نسب التلوث سجلت على مستوى محطات عنوش علي و مديوس و السد .

الكلمات المفتاحية : النوعية البيولوجية , فيزيوكيميائية , القولونيات , الماء صالح للشرب , ميلة.

Annexe

Résultats d'analyse physicochimique

Tableau 22 : Résultats de mesure de la température

	Décembre	Février	Mars	Avril
St1	21	11,1	13,2	25,4
St2	21	11	14,1	25,1
St3	20	11	13,1	20,3
St4	21	10,7	13,4	20,2

Tableau 23 : Résultats de mesure de PH

	Décembre	Février	Mars	Avril
St1	7,7	7,66	7	7
St2	7,79	7,9	8,23	8,25
St3	7,4	7,59	8,16	7,86
St4	7,55	7,05	7,3	7,4

Tableau 24 : Résultats de mesure de la conductivité électrique

	Décembre	Février	Mars	Avril
St1	1585	3140	1183	1099
St2	1695	2500	1147	1109
St3	2410	1572	1144	1108
St4	2760	2760	1144	1100

Résultats d'analyse microbiologique

Tableau 25 : Résultats de dénombrement des coliformes totaux

	Décembre	Février	Mars	Avril
St1	75	28	1400	1400
St2	60	28	1100	1400
St3	200	1100	1400	1400
St4	250	1100	1100	1400

Les résultats sont exprimés par CT/100ml.

Tableau 26 : Résultats de dénombrement des coliformes fécaux

	Décembre	Février	Mars	Avril
St1	75	11	1400	1400
St2	60	28	1100	1400
St3	200	1100	1100	1400
St4	250	1100	1100	1400

Les résultats sont exprimés par CF/100ml.

Tableau 27 : Résultats de dénombrement d'E. coli

	Décembre	Février	Mars	Avril
St1	3	3	0	1400
St2	7	0	11	1100
St3	20	4	29	28
St4	7	0	4	1400

Tableau 28 : Résultats de dénombrement des Streptocoques fécaux

	Décembre	Février	Mars	Avril
St1	160	210	210	1400
St2	25	28	43	210
St3	45	75	120	1400
St4	1100	1100	120	1400

Les résultats sont exprimés par SF/100ml

Tableau 29 : Résultats de dénombrement des germes totaux

	Décembre	Février	Mars	Avril
St1	10548	275	30476,5	50462
St2	28750	175	48590	62300
St3	23150	1060	36160	62031
St4	30596	705	88300	93042

Les résultats sont exprimés en UFC/ml.

Tableau30 : Résultats de dénombrement des anaérobies sulfito – réducteurs(ASR)

	Décembre	Février	Mars	Avril
St1	0	0	0	0
St2	0	0	0	0
St3	0	0	0	0
St4	0	0	0	0

Tableau 31 : Résultats de dénombrement des Salmonelle.

	Décembre	Février	Mars	Avril
St1	0	0	0	0
St2	0	0	0	0
St3	0	0	0	0
St4	0	0	0	0

Tableau 32 : Résultats de dénombrement des Vibriion cholera

	Décembre	Février	Mars	Avril
St1	0	0	0	0
St2	0	0	0	0
St3	0	0	0	0
St4	0	0	0	0

Composition des milieux de culture

B.C.P.L (Bouillon Lactosé au Bromocrésol-Pourpre)

Il permet de rechercher et de dénombrer les coliformes, par la fermentation du lactose et la production de gaz.

Il y a deux types:

Double concentration

Peptone : 10 g / l ;

Extrait de viande : 6 g / l ;

Lactose : 10 g / l ;

Pourpre de bromocrésol : 0,05 g / l ;

Eau distillée : 1000 ml ;

PH final = 6 autoclavage = 20 mn a 120C°.

Simple concentration

Peptone : 5 g / l ;

Extrait de viande : 3 g / l ;

Lactose : 5 g / l ;
Pourpre de bromocrésol : 0,025 g / l ;
Eau distillée : 1000 ml ;
pH = 6,9 / autoclavage = 20 mn à 120C°.

Schubert (milieu indole mannitol)

Tryptone: 0,2 g ;
Acide glutamique : 0,2 g ;
Sulfate de magnésium: 0,7 g ;
Sulfate d'ammonium: 0,4 g ;
Citrates de sodium: 0,5 g ;
Chlorure de sodium: 2g ;
Tryptone oxid: 10 g ;
Mannitol: 7, 5 g ;
Eau distillée: 500 ml ;
Tamp phosphate: 500ml ;
pH = 7,6 / autoclavage = 10 mn 115C°.

Rothe (Bouillon Glucose l'acide de sodium)

Il y a deux types:

Double concentration

Tryptone: 40g ;
Glucose:10g ;
Chlorure de sodium: 10g ;
Phosphate bi potassique: 5,4 g ;
Phosphate mono potassique: 5,4 g ;
Acide de sodium: 0,4g ;
Eau distillée: 1000 ml autoclavage = 15mn 121C° ;
pH = 6,8.

Simple concentration

Tryptone: 20g ;
Glucose: 5g ;
Chlorure de sodium: 5g ;
Phosphate bi potassique: 2,7 g ;

Phosphate mono potassique: 2,7 g ;
Acide de sodium: 0,2g ;
Eau distillée: 1000 ml ;
pH = 6,8 autoclavage = 15mn 121C°.

Eva- Litsky

Peptone: 20g/l ;
Glucose: 5g/l ;
Chlorure de sodium: 5 g/l ;
Phosphate bi potassique: 2,7 g/l ;
Azothvate de sodium: 0,3 g/l ;
Ethyle- vliote: 5 g/l ;
pH = 7.

TGEA (gélose numération: gélostryptone- glucose- Extrait de levure)

Tryptone: 5g ;
Glucose: 1g ;
Extrait de levure: 2,5g ;
Gélose: 15g ;
Eau distillée: 1000ml ;
pH = 7.

Viande foie (VF)

Base viande foie: 30g ;
Glucose: 2g ;
Amidon: 2 g ;
Agar: 1g ;
Eau distillée: 1000 ml ;

Milieu d'Hektoen

Composition g/l :

Protéase popitone: 12, 0 g/l ;
Extrait de levure: 3,0 g/l ;
Saccharose: 12,0 g/l ;

Lactose: 2,0g/l ;

Solicine: 2,0 g/l ;

Chlorure de sodium: 5,0 g/l ;

Thio sulfate de sodium: 5 g/l ;

Citrate ferrique ammoniacal: 5 g/l ;

Sels biliaries: 9,0 g/l ;

Bleu de bromothynol: 0,064 g/l;

Fuchsine acide: 0,04 g/l.

Tableau 33: Table de Mac Grady

Nombre de tubes donnant une réaction positive			Indice NPP
3 tubes de 10ml	3 tubes de 1ml	3 tubes de 0.1ml	
0	0	1	3
0	1	0	3
1	0	0	4
1	0	1	7
1	1	0	7
1	1	1	11
1	2	0	11
2	0	0	9
2	0	1	14
2	1	0	15
2	1	1	20
2	2	0	21
2	2	1	28
3	0	0	29
3	0	1	39

3	0	2	64
3	1	0	75
3	1	1	120
3	2	0	93
3	2	1	150
3	2	2	210
3	3	0	240
3	3	1	260
3	3	2	1100
3	3	3	1400

Tableau 34 : Normes des eaux naturelle (OMS, RF).

Type de germe	Concentration
Germes aérobies à 37°C	3000 Germe/ml
Coliformes totaux	5000 Germe/100ml
Coliformes thermo-tolérantes	2000 Germe/100ml
<i>Escherichia coli</i>	2000 Germe/100ml
Streptocoques fécaux	1000 Germe/100ml
Clostridium sulfite-réducteurs	0 Germe/20ml

Matériel utilisé dans l'analyse physico-chimique.



Matériel utilisé dans l'analyse microbiologique







Matériel utilisé pour l'observation microscopique des algues.

