

Université 20 Août 1955-Skikda
Faculté des Sciences
Département : Sciences de la
nature et de la vie
Ref : D042114011M



جامعة 20 أوت 1955 سكيكدة
كلية العلوم
قسم: علوم الطبيعة و الحياة
المرجع: D042114011M

Mémoire

Présentée en vue de l'obtention Du diplôme de Magistère en sciences de la mer

Option : Protection et valorisation des écosystèmes littoraux

Thème

**Contribution à l'étude bactériologique et physico-
chimique de l'eau de Oued El-Kebir
(Wilaya de Skikda)**

Présentée par :

Mr. Bougouzi Mohamed Lamine

Soutenue publiquement le

Devant le jury composé de :

Mr. Tahar Ali	Professeur	Président	Université d'Annaba
Mr. Houhamdi Moussa	Professeur	Encadreur	Université de Guelma
Mr. Mezedjri Lyamine	M.C.A	Co-encadreur	Université de Skikda
Mme Bouslama Zihad	Professeur	Examinatrice	Université d'Annaba
Mr. Saheb Menouar	M.C.A	Examineur	Université d'Oum El-Bouaghi
Mme. Chekroud Fatma-Zohra	M.C.B	Membre invité	Université de Skikda

Remerciement

Je remercie le bon Dieu qui m'a donné la force et le courage pour mener à terme ce travail.

Je remercie également mes chers parents pour leurs prières, leurs encouragements et leur soutien.

*Je tiens aussi à remercier **Mr Houhamdi M.**, mon encadreur et professeur à l'université de Guelma qui a suivi de près les diverses étapes de ce travail et par ses conseils constructifs m'a aidé à surmonter mes difficultés.*

*J'exprime mes plus vifs remerciements aux membres du jury, à Monsieur **Tahar A.**, Professeur au département de biologie à l'université de Annaba, pour m'avoir fait l'honneur de présider ce jury. qu'il trouve ici le témoignage de ma très haute considération.*

*Je tiens à remercier aussi **Mr Saheb M.**, Maître de conférences à l'université de Om El-Bouaghi, pour avoir exprimé son entière disponibilité à participer à ce jury.*

*Je remercie également **Mme Bouslama Z.**, Professeur à l'université de Annaba, d'avoir accepté aussi à participer à ce jury.*

*Je tiens aussi à remercier **Mme Chekroud F. Z.**, Maître de conférences à l'université de Skikda, d'avoir accepté l'invitation à participer à ce jury.*

*Ma reconnaissance et ma vive gratitude vont particulièrement à **Mr Mezedjri L.**, qui par son savoir et ses conseils précieux a veillé au bon déroulement de notre formation.*

*J'exprime aussi mes sincères remerciements à l'ensemble du personnel du département de biologie, à **Mr Chebel T.**, **Melle Bouaoukel C.**, à la faculté des sciences université de skikda.*

*Mes remerciements vont également à **Melle Hadded S.**, **Melle Meryem.**, collègues et étudiantes de **Mr Houhamdi** à l'université de Guelma pour leur accueil, et **Melle Abdelmalek A.**, collègue à l'université de skikda pour son aide précieuse ainsi que sa famille pour leurs prières et encouragements.*

*Je ne saurais oublier mon ami **Mouslem** (U. Guelma), pour son aide et ses conseils qui m'ont été très utiles sur le terrain.*

*Je tiens aussi à remercier **Mr Bouhouch S.**, **Mme Boughaiout**, **Mme Saliha**, et tous ceux qui m'ont aidé au sein du laboratoire à la direction de l'environnement de skikda.*

Mes sincères remerciements vont à toute ma promotion de post-graduation.

Enfin, je remercie profondément tous ceux que j'ai oublié de citer et qui de près ou de loin se sont associés à l'élaboration de ce modeste travail.

Dédicaces

Louange à Dieu le Miséricordieux qui m'a éclairé la voix de la science et de la connaissance et par sa grâce j'ai réussi à achever ce travail.

Je dédie cet humble ouvrage, fruit de recherche et d'étude :

A celle qui a veillé à mon chevet et à mon bien être et m'a entouré de tout son amour et son affection, l'être le plus cher au monde et à mon cœur ma mère.

A mon père, que Dieu le protège et le garde pour m'avoir orienté et appris à être un homme respectable et responsable.

« Papa et maman merci du fond du cœur »

A mon adorable sœur et frère : qui ont fait preuve de compréhension et de générosité envers leur frère, et pour leur soutien moral, leur affection et leurs encouragements.

A la mémoire de ma grand-mère

A mes tantes et mes oncles

A tous ceux qui m'ont aidé

Merci à tous

Bougouízi Mohamed Lamíne

Sommaire

Sommaire

Introduction

Chapitre 01 : Description du site :

• Situation géographique du site d'étude :	4
1. Présentation de la wilaya de Skikda	4
2. Généralités sur la Numidie occidentale	5
2.1. La plaine alluviale de Benazzouz	6
2.2. La vallée de l'Oued El Kebir Ouest	6
2.3. Les formations géologiques dominantes	7
2.4. Caractéristiques hydrologiques de la région	8
3. Mode de mise en place des formations alluviales	8
3.1. La plaine de Guerbes	8
3.1.1. La plaine sableuse	8
3.1.2. La plaine argileuse	9
4. Etagement et répartition de la végétation dans l'extrême Nord -Est algérien	9
4.1. Tapis végétal	9
4.1.1. Le domaine agricole	9
4.1.2. Les terrains arboricoles	10
4.1.3. L'olivier	10
4.2. La végétation naturelle	10
4.2.1. Les forêts et les maquis	10
4.2.1.1. Les forêts	10
4.2.1.2. Les maquis	10
4.3. Le reboisement	11
4.4. Terrains nus	11

4.5. Autres occupations	11
4.5.1. Le tissu urbain	11
4.5.2. Les lacs et les marais	11
5. Le complexe de Guerbes -Sanhadja (wilaya de Skikda)	12
6. Présentation de la commune de Ben Azzouz	13
7. Présentation du site d'étude « Oued El Kebir Ouest »	15
7.1. Coordonnées géographiques	16
7.2. Situation administrative	16
7.3. Hydrographie de la région d'étude	20
• Les Oueds les plus importants sont	20
7.4. Caractéristiques des oueds de la wilaya de Skikda	20
7.5. Caractéristique de l'embouchure de l'oued el kebir	21
7.6. L'Ichtyo faune de l'Oued	21
7.7. Etude climatique	25
7.7.1. La température	26
7.7.2. Les précipitations (Pluviométrie)	27
7.7.3. L'humidité	27
7.7.4. Les vents	27
7.7.5. L'évaporation	28
7.7.6. L'insolation	28
7.7.7. Synthèse climatique	28
• L'indice pluviométrique d'Emberger	29
7.8. Exploitation de site	31
7.8.1. L'agriculture et l'irrigation	31
7.8.2. Le pâturage	33
7.8.3. L'aquaculture	34
7.8.4. L'industrie	34
7.8.5. Loisirs et tourisme	36
8. La pollution des eaux superficielles	37
8.1. La pollution urbaine	37
8.2. La pollution industrielle	38
8.2.1. Pollution thermique	38
8.2.2. Pollution chimique	38
8.2.3. Pollution mécanique	38
8.2.4. Pollution organique	39
8.3. La pollution agricole	39

8.4. Impact de la pollution	39
8.4.1. Sur le milieu naturel	39
8.4.2. Sur l'économie	40
8.4.3. Sur la santé	40

Chapitre 2: Matériel et méthodes

1. Échantillonnage	42
1.1 Matériel d'échantillonnage	42
1.2 Mode de prélèvement	43
1.3 Enregistrement et étiquetage des échantillons	43
1.4 Transport et conservation de l'échantillon avant l'analyse	43
2. Caractéristiques des points de prélèvement	44
3. Nature et période du prélèvement	45
4. Etude physicochimique	48
• les matières minérales	49
• les matières organiques	49
• les matières dissoutes	49
• les matières colloïdales	49
• les matières en suspension	50
4.1. Mesure <i>in situ</i>	50
4.1.1. La température	50
4.1.2. Le potentiel d'hydrogène (pH)	51
4.1.3. La conductivité électrique (EC)	52
4.1.4. L'oxygène dissous (OD) et % de saturation en oxygène	54
4.1.5. La salinité (S)	55
4.1.6. Le taux des sels dissous (TDS)	56
4.2. Matières en suspension (MES)	56
4.3. Les nitrates	59
4.4. Les nitrites	61
4.5. Charge en matières organiques : demande biochimique en oxygène (DBO) et demande chimique en oxygène (DCO)	62
4.5.1. Détermination de la DBO	63
4.5.2. Détermination de la DCO	64

5. L'analyse bactériologique	66
• Les coliformes	66
• Les coliformes fécaux	66
• Les streptocoques fécaux	67
5.1. Matériel	67
5.1.1. Méthodes d'analyse bactériologiques de l'eau	67
5.1.2. Evaluation des germes totaux (GT)	67
5.1.3. Recherche et dénombrement des coliformes totaux, fécaux avec identification d' <i>Escherichia coli</i> en milieu liquide	69
5.1.4. Recherche et dénombrement des Streptocoques : méthode générale par ensemencement en milieu liquide	73
5.1.5. Recherche et dénombrement des spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices et de <i>Clostridium</i> sulfito-réducteurs: Méthode par incorporation en gélose en tubes profonds	76
5.1.6. Recherche des germes pathogènes	77
5.1.7. Tests complémentaires	91
Chapitre III : Résultats et discussion	
1. Paramètres physico-chimiques	101
1.1. La température	101
1.2. Le PH	103
1.3. La conductivité électrique	104
1.4. L'oxygène dissous	105
1.5. La salinité	107
1.6. Les TDS	107
1.7. Matières en suspension (MES)	108
1.8. Nitrates (NO ₃ ⁻)	109
1.9. Nitrites (NO ₂ ⁻)	111
1.10. DBO ₅	113
1.11. DCO	114

2. Paramètres bactériologiques	115
2.1. Les germes totaux	115
2.2. Les coliformes totaux	116
2.3. Les coliformes fécaux	117
2.4. Les streptocoques fécaux	119
❖ Recherche et identification des bactéries pathogène	120

Conclusion

Résumé

Abstract

تلخيص

Références bibliographiques

Annexes

Liste des tableaux

N° de tableau	Titre du tableau	N° de page
01	Apports moyens annuels par bassin versant. (ADE de Skikda, 2012)	22
02	Données climatiques de la station météorologique de la wilaya de Skikda (1997 - 2011).	26
03	Superficie irriguée au bassin versant de l'Oued El Kebir Ouest. (DSA Skikda, 2012)	32
04	Sites aquacoles de la wilaya de Skikda dans les Oueds. (CNERU, 2010)	34
05	Les industries polluantes l'Oued El Kebir Ouest à la commune de Ben Azzouz. (CNERU, 2010)	35
06	Les coordonnées géographiques des points de prélèvements et les caractéristiques des sites	44
07	Nature et période du prélèvement.	45
08	Classifications des eaux d'après leur pH. (Agrigon, 2000; Hakmi, 2002).	51
09	Classifications des eaux d'après leur conductivité. (Agrigon, 2000; Hakmi, 2002).	52

10	Solubilité de l'oxygène dans l'eau en fonction de la température	55
11	Les principaux staphylocoques isolés en microbiologie. (Sayad, 2008).	80
12	Caractéristiques d'identification des principales espèces de <i>Pseudomonas</i>. (Sayad, 2008).	82
13	Différences majeures entre les <i>Vibrio</i>, <i>Pleisiomonas</i> et <i>Aeromonas</i>. (Labres <i>et al.</i>, 2008).	84
14	Caractères d'identification biochimique de <i>Shigella</i>. (Sayad, 2008).	90
15	Grille d'appréciation de la qualité de l'eau en fonction de la température. (Monod, 1989).	102
16	Qualité des eaux en fonction de la conductivité électrique	105
17	Qualité de l'eau de Oued el kebir, en fonction du pourcentage de saturation en oxygène dissous. (Masson, 1988).	106
18	Grille de qualité des eaux en nitrates. (ANRH, 2001)	111
19	Grille de la qualité des eaux en nitrite. (ANRH, 2001).	112
20	Résultats de recherche et identification des bactéries pathogènes en mois de décembre	120
21	Résultats de recherche et identification des bactéries pathogènes en mois de janvier	121
22	Résultats de recherche et identification des bactéries pathogènes en mois de février	122
23	Résultats de recherche et identification des bactéries pathogènes en mois de mars	123

24	Les espèces bactériennes identifiées et les maladies qu'elles peuvent engendrées	124
25	Résultats des mesures de la température de l'eau de Oued el Kebir dans les trois stations de prélèvement durant la période allant de décembre jusqu'à mars	Annexe
26	Résultats des mesures du PH de l'eau de Oued el Kebir dans les trois stations de prélèvement durant la période allant de décembre jusqu'à mars	Annexe
27	Résultats des mesures de la conductivité électrique de l'eau de Oued el Kebir dans les trois stations de prélèvement durant la période allant de décembre jusqu'à mars	Annexe
28	Résultats des mesures de l'oxygène dissous dans l'eau de Oued el Kebir dans les trois stations de prélèvement durant la période allant de décembre jusqu'à mars	Annexe
29	Résultats des mesures des TDS dans l'eau de Oued el Kebir dans les trois stations de prélèvement durant la période allant de décembre jusqu'à mars	Annexe
30	Résultats des mesures des MES dans l'eau de Oued el Kebir dans les trois stations de prélèvement durant la période allant de décembre jusqu'à mars	Annexe
31	Résultats des mesures des Nitrates (NO3) dans l'eau de Oued el Kebir dans les trois stations de prélèvement durant la période allant de décembre jusqu'à mars	Annexe
32	Résultats des mesures des Nitrites (NO2) dans l'eau de Oued el Kebir dans les trois stations de prélèvement durant la période allant de décembre jusqu'à mars	Annexe
33	Résultats des mesures de la DBO5 dans l'eau de Oued el Kebir dans les trois stations de prélèvement durant la période allant de décembre jusqu'à mars	Annexe
34	Résultats des mesures de la DCO dans l'eau de Oued el Kebir dans les trois stations de prélèvement durant la période allant de décembre jusqu'à mars	Annexe

35	Résultats analytiques des germes totaux (GT) de l'eau de oued el kebir	Annexe
36	Résultats analytiques des coliformes totaux (CT) de l'eau de oued el kebir	Annexe
37	Résultats analytiques des coliformes fécaux (CF) de l'eau de oued el kebir	Annexe
38	Résultats analytiques des streptocoques fécaux (CF) de l'eau de oued el kebir	Annexe

Liste des figures

Nº de figure	Titre de figure	Nº de page
01	Image satellite de la wilaya de Skikda	4
02	Délimitation du complexe de Guerbes-Sanhadja et localisation de la commune de Ben Azzouz et l'Oued El Kebir au sein du complexe. (CNERU, 2010)	14
03	Vallée de l'Oued El Kebir Ouest	15
04	Inondation et débordement de l'Oued El Kebir Ouest en Février 2012 (Photo prise par Merzoug Seyf Eddine)	16
05	Pont de l'Oued El Kebir Ouest à l'entrée de la commune de Ben Azzouz.	16
06	première station de prélèvement Ain nechma (photos prises en mars 2013).	17
07	premier site Ain nechma (février 2013).	17
08	deuxième station de prélèvement le pont de Ben azzouz (mars 2013).	18
09	site 2, Ben azzouz (février 2013).	18
10	troisième station de prélèvement Bni mhamed (février 2013).	19
11	site 3, Bni mhamed (mars 2013).	19
12	Les sous bassins versants hydrographiques de la wilaya de Skikda. (ABH-CSM, 2012)	23

13	Carte du réseau hydrographique de l'Oued El Kebir Ouest. (CNERU, 2010)	25
14	Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausсен de la région de Skikda.	29
15	Situation de la station météorologique de la wilaya de Skikda dans le climagramme d'Emberger.	30
16	Occupation du sol dans la commune de Ben Azzouz. (CNERU, 2010)	31
17	L'utilisation des eaux de l'Oued El Kebir dans l'irrigation (Station 03).	32
18	Les types d'élevage au niveau de la commune de Ben Azzouz. (CNERU, 2010)	33
19	Société des abattoirs de l'Est à la commune de Ben Azzouz.	35
20	Les pêcheurs au niveau du pont de l'Oued El Kebir Ouest	36
21	Les pêcheurs au niveau de l'Oued El Kebir Ouest	36
22	Les Stations de pompage et le rejet des eaux usées à la commune de Ben Azzouz.	38
23	la localisation des points de prélèvements S1 et S2 (source : Google Earth, 2013).	45
24	la localisation du point de prélèvements S1 (Ain Nechma) (source : Google Earth, 2013).	46
25	la localisation du point de prélèvement S2 (Ben Azzouz) (source : Google Earth, 2013).	46

26	la localisation du point de prélèvement S3 (Bni Mhammed) (source : Google Earth, 2013).	47
27	Multiparamètre mesurant la conductivité électrique (conductivimètre) , ($\mu\text{s/cm}$)	53
28	Multi paramètre mesurant le taux de l'oxygène dissous dans l'eau (oxymètre) (mg/l)	55
29	Etuve	58
30	Lampe à vide	58
31	Dessiccateur	58
32	Spectrophotomètre	60
33	Des fioles jaugées contenant un liquide à couleur pourpre montrant la présence des nitrites, prêtes à faire passer sur le spectrophotomètre	62
34	Matériels pour la réalisation de la DBO₅	64
35	Matériels nécessaire à la réalisation de la DCO	65
36	Recherche et dénombrement des micro-organismes revivifiables à 22 et à 37°C dans les eaux. (Labres <i>et al.</i>, 2008)	68
37	Organigramme de la NPP (Labres <i>et al.</i>, 2008).	72
38	Organigramme de dénombrement des streptocoques fécaux (ensemencement en milieu liquide). (Labres <i>et al.</i>, 2008).	75
39	Lecture de la catalase	80

40	Lecture de la staphylocoagulase	80
41	Schéma d'une agglutination des vibrio	85
42	Organigramme de recherche et d'identification des vibrio. (Labres <i>et al.</i>, 2008).	86
43	Test d'oxydase	93
44	Test de citrate	94
45	Réaction d'indole négative	95
46	Réaction d'indole positive	95
47	Préparation de l'inoculum	97
48	Galerie APi20E	97
49	Fiches des résultats de l'APi20E	98
50	Variations de la température de l'eau de Oued el kebir	101
51	Variations du pH de l'eau de Oued el kebir.	103
52	Variations de la conductivité électrique de l'eau de Oued el kebir.	104
53	Variations du % de saturation en oxygène dissous de l'eau de Oued el kebir.	105
54	Variations de la salinité de l'eau de Oued el kebir	107

55	Variations de la TDS de l'eau de Oued el kebir	108
56	Variations de la MES de l'eau de Oued el kebir.	109
57	Variations des teneurs des nitrates dans l'eau de Oued el kebir	110
58	Variations des teneurs des nitrites dans l'eau de Oued el kebir	112
59	Variations de la DBO5 dans l'eau de Oued el kebir	113
60	Variations de la DCO dans l'eau de Oued el kebir	114
61	Evaluation de la flore mésophile totale à 37°C de l'eau de oued el kebir.	116
62	Estimation des coliformes totaux /ml dans l'eau de oued el kebir	117
63	Estimation des coliformes fécaux /ml dans l'eau de oued el kebir	118
64	Estimations des streptocoques fécaux / ml dans l'eau de oued el kebir	119

Liste des signes et abréviations

(-) : Majoritairement négatif

(+) : Majoritairement positif

ISO : l'Organisation internationale de standardisation

°C : Degré Celsius

µm : Micromètre

A.N.R.H : l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques

ASR : Anaérobies sulfitoréducteurs

BNEF : Bureau national d'études forestières

BCPL : Bouillon lactose au pourpre de bromocrésol

BGN : Bacilles Gram Négatifs

CE : Conduc

CF : Coliforme fécaux

CIT : Citrat

Cl₂ : Chlore

cm : Centimètre

CO₂ : Dioxyde de carbone

CT : Coliforme totaux

DDS : Direction De Santé

E. coli : *Escherichia coli*

EPA : Eau peptonée alcaline

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

Fe₂⁺ : Fer ferreux

GEL : Gélatinase

GLU : Glucose

H₂O₂ : Eau oxygénée

H₂S : Hydrogène sulfuré

Hm³ : Hectomètre cube

IND : Indol

ISO : Organisation internationale de standardisation

LDC : Lysine Décarboxylase

mg/l : Milligramme par litre

m/s : Mètre par seconde

Mg⁺ : Magnésium

mg/l : Milligramme par litre

ml : Millilitre

mm : Millimètre

mn : Minute

n° : Numéro

NaCl : Chlorure de Sodium

NPP : Nombre le plus probable

ODC : Ornithine Décarboxylase

OMS : Organisation mondiale de santé

ONEDD : Observation National de l'Environnement et de Développement Durable

ONPG: Ortho-Nitrophénol-B-D-Galactosidase

P : Prélèvement

pH : potentiel Hydrogène

Q₂ : Quotient pluviométrique d'Emberger

RM : Rouge de méthyle

Rothe : Bouillon à l'azide de sodium

S : Station

S. aureus : *Staphylococcus aureus*

S/C : Simple concentration

SFB : Bouillon Sélénite Cystéine

S.I.F.C.O : Société Industrielle de Fabrication de Carton Ondulé

sp : Espèce

SS : Salmonella-Shigella

T : Température

Tab : Tableau

TCBS : milieu Thiosulfate – Citrate – Bile – Saccharose

TDA : Tryptophane décarboxylase

TGEA : Tryptone – Glucose – Extrait de levure – Agar

TSI : Triple Sugar Iron

UFC : Unité formant colonie

URE : Urée

VF : Viande foie

VP : Voges-Proskauer

CF : Coliformes fécaux

CT : Coliformes totaux

ECEH : E.coli entérohémorragiques

ECEI : E.coli entéroinvasives

ECEP : E.coli entéropathogènes

ECET : E.coli entérotoxiques

D/C : Double concentration

°F : Degré Française

I : Infiltration

IND : Indole

Md : Mégadaltons

m/s : Mètre par second

MTH : Maladies à transmission hydrique

n.m : Nanomètre

N.P.P : Nombre le plus probable

OMS : Organisation mondiale de santé

Q2 : Quotient pluviométrique d'Emberger

S/C : Simple concentration

SF : Streptocoque fécaux

TDA : Tryptophane Désaminase

μS : Micro siemens

VP : Voges Proskauer

Introduction

Introduction :

L'eau est indéniablement un élément vital et indispensable pour une vie normale . Dans la nature, cette matière existe sous différentes formes " vapeur , liquide et solide " et joue un rôle important dans tous les cycles des éléments biologiques. Son importance pour l'économie ne cesse de croître, sa demande et son approvisionnement deviennent de plus en plus difficile. Ainsi, l'accroissement des populations, des niveaux de vie et les développements accélérés des industries octroient des quantités importantes et l'homme l'a épuisé même dans ces sources les plus difficiles " nappe, barrage... " . (Aouissi.et al, 2007).

La pollution permanente est liée aux rejets industriels, aux eaux usées d'origine urbaine, à l'emploi dans l'agriculture des pesticides et des engrais; il s'y ajoute la pollution exceptionnelle liée aux déversements intempestifs ou aux accidents de transport. Pratiquement, plus la qualité de l'eau diminue, plus la nécessité de procéder à des contrôles fréquents et étendus ne devient impérieuse.

Le contrôle de la qualité de l'eau joue un rôle important dans la santé publique car celle-ci est susceptible d'engendrer des altérations catastrophiques sur le sol, sur l'organisme humain et même de toucher à la santé de toute une population (Aouissi,2010).

Vue cette importance majeure, nous avons essayé d'étudier et de déterminer la qualité microbiologique et physico-chimique de l'eau de l'Oued el-kebir de la région de Ben Azzouz , skikda (Nord-Est de l'Algérie) et ceci dans le but d'apprécier l'évolution de sa qualité et son impact sur l'environnement et sur la santé publique. (Aouissi,2010).

L'objectif de notre travail est de déterminer et de quantifier la pollution physico-chimique et bactérienne de Oued El-Kebir, accessible à partir de la région de Ain Nechma commune de Ben Azzouz jusqu'à la station Beni M'hamed entrée de la Marsa. Cette étude a envisagé d'effectuer des analyses physicochimiques et bactériologiques en vue de caractériser le milieu et mettre en évidence les paramètres qui déterminent la

qualité de l'eau à savoir :La conductivité ; la température ; le pH ; la salinité ; DBO5 ; Nitrate ; ...etc

Cependant l'eau peut aussi être contaminée et peut véhiculer de nombreux micro-organismes, qui des fois sont considérés comme une source de nuisance intense pour l'homme en causant d'innombrables maladies épidémiques. Le contrôle biologique de ces eaux est cependant devenu impératif car il peut dans certains cas éviter de grandes catastrophes. Ce contrôle est basé principalement sur le dénombrement microbien des différents écosystèmes aquatiques avec la recherche de bactéries pathogènes et des indicateurs de la pollution fécale. (Aouissi et al, 2007). Sur ce, des analyses bactériologiques ont été réalisées à partir des prélèvements effectués dans des flacons stériles dans trois sites différents le long de l'Oued el-kebir et qui ont pour but le dénombrement des bactéries indicatrices de la contamination fécale : coliformes totaux (CT), coliformes fécaux (CF), streptocoques fécaux (SF) ...etc.

La présente étude, prend comme terrain le bassin versant de l'Oued Kebir Ouest à Ain Charchar, l'un des sous bassins du constantinois centre, situé au Nord-Est algérien, s'étend sur une superficie totale de l'ordre de 1827,26 km² et potentialité d'eau de l'ordre de 90 Hm³. (**Direction d'hydraulique de Skikda, 2012**), vise à donner une introduction à ce mode de gestion.

L'Oued Kébir Ouest est formé de la confluence des deux oueds El Hammam et Mechekel, en passant par Boumaiza et Ben Azzouz pour rencontrer la mer Méditerranée à la Marsa après un parcours d'environ 100 km, est une région d'importance économique primordiale. En effet, on y trouve 45 % de terre agricole, un principal réservoir d'eau superficielle, le barrage de Zit Emba. On y trouve également la nappe aquifère de la vallée de l'oued El Kebir ouest. (**Direction d'hydraulique de Skikda, 2012**).

Par ailleurs, au cours de ces dernières années, du fait de l'explosion

démographique et d'un développement économique généralisé, ce bassin a connu un processus rapide et global de mobilisation de l'ensemble de ses ressources en eau. Dans le contexte de pénurie en eau caractérisant le bassin, l'agriculture, qui s'est construite au cours de cette période pour devenir essentiellement une agriculture irriguée, orientée vers le marché, dont l'objectif principal est la rentabilité économique et non plus l'alimentation des populations, consomme aujourd'hui plus de 80% des ressources totales du bassin ce qui pose diverses questions quant à son évolution future. **(Daifallah, 2008).**

Nous avons structurés notre démarche en trois chapitres interdépendants :

- Le premier est purement théorique il est réservé à la description du site, il rassemble des généralités sur la région, une synthèse bibliographique du site concernant la climatologie, géologie, hydrologie et une contribution à l'étude de son cadre biotique.
- Le deuxième chapitre est consacré aux méthodes et aux techniques employées pour la réalisation de ce travail : Analyses microbiologiques (recherche et dénombrement des microorganismes) et physico-chimiques de l'eau de l'oued el-kebir.
- Le troisième et le dernier chapitre mentionne, sous formes de graphes, les différents résultats obtenus au cours de notre étude pratique. Il est achevé par une conclusion finale.

Chapitre 1

DESCRIPTION DU SITE

Situation géographique du site d'étude :

1. Présentation de la wilaya de Skikda :

La wilaya de Skikda (de l'Antique Russicada à Philippeville) issue du découpage territorial de 1974, est située au Nord – Est Algérien à des latitudes 36° 20' et 37° 00' au Nord, les longitudes 6° 15' et 7° 30' à l'Est.

Elle comprend 13 daïras regroupant 38 communes. Elle regroupe une population de 898 680 habitants en 2008 et s'étend sur une superficie de 413 768 km² soit près de 6% de la superficie totale du pays. Elle dispose de 140 km de côtes (soit 12 % de la côte algérienne) qui s'étalent de El Marsa à l'Est jusqu'à Oued Z'hour aux fins fonds du massif de Collo à l'Ouest.

Elle est limitée au Nord par la mer Méditerranée ; au Sud par les wilayas de Mila, Constantine et Guelma ; à l'Est par la wilaya d'Annaba et à l'Ouest par la wilaya de Jijel.(CNERU, 2010)

Skikda présente la caractéristique d'être une ville en plus d'économique, une ville culturelle, artistique et touristique. (ONEDD de Skikda, 2012)



Figure 1 : situation géographique de la wilaya de Skikda

2. Généralités sur la Numidie occidentale

Les zones humides de la Numidie algérienne sont d'une grande valeur pour la biodiversité (Samraoui et DE Belair, 1997). La Numidie située dans le Nord -Est algérien, est divisée en deux grands complexes séparés par l'Oued Seybouse : la Numidie orientale composée des complexes d'Annaba et d'El Kala et la Numidie occidentale représentée par le complexe de zones humides de la plaine de Guerbes-Sanhadja (Houhamdi, 2002). Le complexe est une grande plaine littorale bordée à l'ouest par les collines côtières de Skikda et à l'Est par le massif forestier côtier de Chetaïbi. Les composantes topographiques du cordon dunaire de Guerbes, la plaine de Ben Azzouz et la plage d'El Marsa montre un relief très compartimenté qui ne dépend pas uniquement de la géologie de la région, mais aussi des agents atmosphériques qui peuvent lui changer son paysage. Dans le secteur sud -ouest, les altitudes sont les plus accentuées, la pente ne dépasse pas 25% sur les crêtes sommitales. Ce retombé jusqu'à la plaine de Guerbes présente des pentes moyennes et faibles qui s'annulent au niveau des vallées.

Dans le secteur sud -est (région de Treat et Tobeïga) , les altitudes ne dépassent pas les 130 m en moyenne. Au Nord Est, les pentes demeurent toujours faibles (8% en moyenne) le relief garde la même topographie avec des altitudes relativement modérées ne dépassant pas les 280m.

Les altitudes diminuent au fur et à mesure que l'on s'approche de la plaine de Guerbes et deviennent nulles au niveau des vallées d'Oued El Kebir Ouest, Oued Magroun et les dépressions hydromorphes .

Les monts de Sanhadja forment la terminaison orientale de Djebel Filfila et la limite Sud-Ouest du cordon dunaire. L'orientation de la ligne de crête est Nord-Ouest et Sud-Est.

L'allure des courbes de niveaux sur les sommets est tantôt arrondie tantôt allongé (cas du Djebel Laharata 561m et koudiat Bourbis 312m). Cette même ligne de partage des eaux entre le sous bassin de l'Oued El Kebir embouchure et le sous bassin de l'Oued Bou El Hadjar qui font partie du bassin versant de l'Oued El Kebir Ouest.

Bien que ces montagnes ne soient pas trop élevées, le réseau hydrographique prend naissance au niveau des lignes de crêtes et profite des terrains tendres pour creuser des petits ravins et par conséquent, constitue des drains qui vont alimenter en aval les oueds et les dépressions.

Les versants nord et sud des monts de Sanhadja font leur jonction avec la plaine de Benazzouz en pente faible allant de 1 à 15% où s'établit graduellement un maquis relativement clair.

Le cordon dunaire de Guerbes couvre la partie ouest et constitue le siège d'une érosion

éolienne intense Du fait de sa situation entre les monts de Sanhadja au Sud -Ouest et les monts de Ras Lahdid au Nord-Est; cet ensemble prend une direction Nord-est –Sud-est (Benderradji, 1988, 2000). Les sommets des dunes peuvent atteindre 104 -105m d'altitude entre Boukout Sisig et Merabet Ali. Les pentes varient entre 1 à 6 % sur l'ensemble dunaire.

Le contact entre les dunes et la mer se fait par une rupture de pente moyenne au nord de Koudiat Safra et sur presque toute la frange du cordon dunaire de Guerbes. Les dunes situées plus à l'est (dunes d'El Marsa) se raccordent en pentes très douces avec la mer .

Dans le secteur Nord, les altitudes peuvent atteindre 110m avec des pentes abruptes, tandis qu'au sud, le relief se singularise par sa douceur, ses altitudes ne dépassent pas les 60m et les pentes sont faibles. Les dépressions situées au Nord (ex: Demnet At oua) sont plus basses que celles situées au sud (ex: Sidi Fritis).

Les points culminants de l'ensemble dunaire situés au Nord sont à des altitudes oscillant entre 50 et 110 m. Le contact dunes dépressions est vigoureux. L'aspect déprimé est apparent et où s'installe Garaet Beni M'hamed . Cette partie est drainée par Oued El Kebir Ouest.

2.1. La plaine alluviale de Benazzouz :

Située entre le massif dunaire au nord -ouest, les monts de Sanhadja et les monts de Tobeïga respectivement au sud -est et sud et Ras Lahdid au nord et nord -est, donnent à celle –ci une orientation Nord-est – Sud-Est. Cette ensemble est drainé par un réseau hydrographique représenté par l'Oued El Kebir Ouest qui prend naissance dans la partie dite intérieure, de forme trapézoïdale; drainée par deux oueds importants qui, par leur confluence (quelques kilomètres à l'amont de la route N° 44, Constantine - Annaba) constitue l'Oued El Kebir Ouest. Sur sa rive droite, les Oueds Megroun, Enkouche et El -Aneb prennent leur source aux monts des caps de fer, de l'Edough et forment les principaux confluent. L'ensemble des vallées et des dépressions est un espace à pente nulle. La platitude du terrain empêche l'écoulement. La faiblesse de la pente ne permet en aucun cas la formation des oueds. Seul Oued El Kebir Ouest et Oued Magroun au Nord-Est font l'essentiel du réseau hydrographique qui draine en permanence la plaine, tout en servant de collecteur principal aux apports latéraux qui descendent des monts de Ras Lahdid, Sanhadja et Tobeïga. La topographie plane (0-4%) favorise la formation des auréoles et de mini cuvettes fermées, appelées Garaet , telles que Garaet Moussissi au Sud-Est et Garaet Beni M'hamed au Nord dont l'extrémité est séparée de la mer par un cordon de sable .

2.2. La vallée de l'Oued El Kebir Ouest :

L'Oued El Kebir Ouest prend naissance à partir des monts du tell Constantinois. Il descend en forme étroite et rectiligne en raison de la raideur que lui imprime la gravité.

Plusieurs Oueds constituent des drains importants et convergent en aval du bassin versant en formant une zone de confluence où les oueds sont drainés par la vallée de l'Oued El Kebir

Ouest ; tels que l'oued Emchekel dans la région de Azzaba et Oued El Aneb dans la région de Guerbes. L'Oued El Kebir Ouest coule difficilement sur la plaine et le massif dunaire de Guerbes en formant des zones marécageuses avant de rejoindre la mer. L'hydrographie du secteur est conditionnée par le climat sub-humide dont, la quantité de précipitations favorise l'écoulement pérenne des Châabats et des Oueds.

Le système hydrographique appartient au grand bassin côtier constantinois. Le réseau hydrographique est composé d'un drain principal l'Oued El Kebir Ouest qui traverse la plaine alluviale de Benazzouz sur une longueur de plus de 20 km. Il forme tout le long de son trajet jusqu'à la mer des petites dépressions (Garaet Beni M'hamed et Garaet Moussissi) Ses principaux affluents sont : Oued El Maboun, Oued Magroun, Oued El Aneb, Oued Siada, Oued Bougsaïba ; oued Fedj -el fhoul, Oued Derouaka et Oued Moulay Djorf. Ces derniers alimentent en permanence les différents Garaets. La partie ouest dominée par les Djebels Laharata et Fedj el fhoul (culminant respectivement à 501m et 472m) présente un chevelu hydrographique très dense.

2.3. Les formations géologiques dominantes

Les travaux géologiques sur le Nord-Est algérien de (Joleaud, 1912, Hilly, 1957, Villa, 1980), ainsi que la carte géologique de la Tunisie dressée en 1951 par Gastany affirment que les systèmes géologiques représentés dans l'extrême Nord-Est algérien sont constitués par des terrains du secondaire (le Crétacé), du Tertiaire (le Nummulitique et le Néogène), le Quaternaire est représenté par le Pliocène et l'Holocène. Le quaternaire marin contient surtout les formations dunaires. Toutefois les formations quaternaires continentales dominent les plaines et les vallées dressées par l'Oued El Kebir Est, l'Oued El Kebir Ouest et la Seybouse.

A l'ouest du bassin de Guerbes, la série stratigraphique du Djebel Safia présente des séries telliennes Jurassiques et Crétacés avec des calcaires massifs. Plus au Nord, la région de Dem El Bagrat est composée de flyschs massyliens peu métamorphosés qui avaient primitivement été assimilés à la série de Djebel Safia (Villa, 1980). Le centre de la zone de Guerbes est constitué par des dépôts quaternaires.

Au Sud, le massif de Boumaïza, Berrahal est le prolongement du socle de l'Edough, que (Villa, 1980) interprète comme un massif cristallin externe et un substratum des séries telliennes de Djebel Safia. On retrouve successivement du Sud-Est SE au Nord-Ouest, le massif cristallin de l'Edough, les grès Numidiens et les flyschs Mauritaniens.

2.4. Caractéristiques hydrologiques de la région

La région de Guerbes est caractérisée par un couvert végétal très dense. L'abondance des marécages et la nature géologique des formations lithostratigraphiques caractérisées par une forte perméabilité due au sable font que cette région recèle un important gisement d'eau souterraine.

Le système aquifère de Guerbes est la principale ressource pour la population de la région. Ce système est constitué de plusieurs nappes. Une nappe libre localisée au niveau des formations sableuses, surmontant une nappe profonde contenue dans les alluvions. Les deux nappes se confondent vers l'Ouest. Le principal réservoir se trouve dans les dunes qui reçoivent des précipitations très importantes. Les sources et la majorité des puits se trouvent à la périphérie. Ce massif dunaire est caractérisé par une forte infiltration, elle atteint les 300 mm (Khemmar, 1981). D'une manière générale, l'écoulement se répartit en 3 zones principales :

- A l'Ouest, l'alimentation se fait à partir du massif de bordure (Djebel Safia et Sanhadja) et convergent vers Garaet et Oued Dissia qui s'écoulent vers la mer au Nord.
- A l'Est, l'écoulement se fait au centre du massif dunaire de bordure vers Garaet Moussissi et l'Oued El Kebir à l'Ouest.
- Dans la région de Dem El Begret l'écoulement se fait à partir du massif de bordure Djebel Safia vers Garaet Seberka.
- Dans la région de Ben Azzouz , les eaux viennent du massif de Boumaiza et le centre du massif dunaire, il se dirige vers l'Oued El Kebir

3. Mode de mise en place des formations alluviales

3.1. La plaine de Guerbes

Elle est formée de deux parties l'une sableuse et l'autre argileuse.

3.1.1. La plaine sableuse

Elle est développée dans la partie Nord et Nord - Est et forme une barrière qui sépare les dunes de la vallée de Oued el Kebir Ouest. Elle établit le contact entre la vaste Garaet de Beni M'Hammed et Moussissi, les dunes de Douar Cherka et Mechtat Ezzouara, les piémonts de Ras Lahdid ; notamment au centre et au Nord -Est. Le revêtement de la plaine demeure simple puisque partout de bas en haut, on distingue des dépôts superposés. Des sables rouges peu argileux présentant des caractères d'hydromorphie fréquente , liés à la présence d'une couche d'argile qui empêche l'infiltration de l'eau et favorise ainsi une hydromorphie remontante.

3.1.2. La plaine argileuse

Allongée du Sud Ouest au Sud Est, la plaine argileuse de Benazzouz renferme une topographie plane, presque comme toutes les plaines côtières du bassin méditerranéen . Elle est drainée par l'Oued Kebir Ouest qui coule difficilement dans sa vallée. Les failles principales de direction Nord-Ouest et Nord-Est–Sud-Ouest caractérisent les monts de Filfila et Safia à l'ouest et Sud Ouest et les monts de l'Edough au Nord et Nord-Est, les djebels entourent presque la plaine du Sud-Ouest au Nord-Est. Le Djebel Boumaïza forme une ceinture avec un couloir permettant le contact de la plaine de Benazzouz avec celle d'Annaba. Les formations de la plaine sont composées essentiellement d'alluvions actuelles, à l'exception de la partie de Ain Nechma où l'on rencontre de basses terrasses rharbiennes. (Benderradji, 2000).

4. Etagement et répartition de la végétation dans l'extrême Nord -Est algérien

Dans son cadre biogéographique, la région appartient au domaine méditerranéen, appelé aussi domaine méditerranéen Nord -Africain (Quezel, 1978) et plus particulièrement au secteur numidien (Maire, 1926). Sa vocation est agro -sylvo pastorale, mais le type de végétation forestière et la flore y varient beaucoup suivant les conditions climatiques et édaphiques.

Ce secteur est bien arrosé ; la lame d'eau annuelle varie de 600 à 1500 mm. Les sols siliceux, engéogènes, frais et profonds (dont les prototypes sont les grès de Numidie) dominant. La zone est caractérisée par le développement du Quercetum suberis.

4.1. Tapis végétal

Le couvert végétal a un rôle prépondérant, par son abondance, il joue un rôle important d'atténuation des crues, et contrairement par son absence ou sa discontinuité, il favorise l'érosion hydrique (Boulkenafet, 2008). Les différentes catégories de végétation occupant le sol sont :

4.1.1. Le domaine agricole

Ce sont les terrains occupés par les cultures englobant les céréalicultures, la jachère, les cultures industrielles surtout maraîchère. Ils occupent une superficie de 172,89 Km² soit 43,66% de la superficie totale du sous bassin versant. Ceci indique que la zone est à vocation agricole.

4.1.2. Les terrains arboricoles

La part réservée à ce type de culture est faible soit 2,27% du total du bassin versant. Cette culture est localisée au Sud du sous bassin.

4.1.3. L'olivier

Les oliviers occupent une superficie réduite de 0 ,67 Km², on les trouve sur les piedmonts et les terrains à pente faible.

4.2. La végétation naturelle

Ce domaine regroupe toute la végétation naturelle à ses divers états d'évolution, il représente 48,68% de la totalité du sous bassin.

4.2.1. Les forêts et les maquis

Elles se situent sur des terrains de moyennes à fortes pentes et jouent un rôle important dans la protection du sol notamment contre l'érosion.

4.2.1.1. Les forêts

Elles couvrent 7,14% de la superficie totale dont la forêt dense occupe 0 ,48% tandis que la forêt claire occupe 6,66%. Elles se trouvent au centre et au Sud Ouest du sous bassin versant. Elle est composée essentiellement de *Populus alba*, *Alnus glutinosa* . Localisée aussi dans la région limitrophe de la Messaoussa limitrophe à l'Oued El Kebir où l'on rencontre du *Quercus suber* . Cette formation se limite à une forêt marécageuse (**BENDERRADJI, 2000**).

4.2.1.2. Les maquis

Ils occupent un territoire de 127,63 Km² de la superficie totale du sous bassin versant. Dans cet ensemble, on distingue les maquis clairs et les maquis denses. Ils se localisent au Nord et à l'Ouest du sous bassin versant.

Les maquis denses sont les plus dominants de l'occupation forestière, ils sont situés dans la partie juxta littoral (dunes fixées et consolidées). Ils couvrent 85,34% de la superficie composés dans sa quasi -totalité de *Quercus coccifera*, *Pistachia lentiscus*, *Phillyrea latifolia*,

Myrtus communis, Chamaerops humilis, Retama monosperma, Juniperus phoenicea , etc.... par contre les maquis clairs occupent 42,29 Km² de la superficie. Ils sont localisés dans le bas fond, vallées humides, Garaets, on peut noter certaines espèces comme : Halium halmifolium, Cistus salvifolius, Erica arborea, Lavendula stoechas, etc ...

4.3. Le reboisement

La superficie concernant le reboisement s'élève à 19, 72 Km² de la superficie totale, elle se localise au Nord Ouest et au Sud du bassin versant ce qui correspond aux forêts de Sanhadja.

4.4. Terrains nus

Ces terrains représentent une superficie de 16,75 Km² soit 4,23% de la superficie totale du sous bassin.

4.5. Autres occupations

4.5.1. Le tissu urbain

Il occupe une petite étendue de 0,71 Km² soit 0,18% de la superficie totale du bassin, ce tissu urbain correspond au chef lieu de la commune de Ben Azzouz, village de Ain Nechma, Dem El Bagret et de Guerbes.

4.5.2. Les lacs et les marais

Ils occupent une superficie de 20,35% Km² soit 5,14% de la superficie, les plus importantes sont localisées le long de l'Oued El Kebir (Garaet Moussissi, Garaet Beni M'hammed et Garaet Hadj Tahar). L'existence de ces Garaets est liée à la surface topographique plane du relief.

5. Le complexe de Guerbes -Sanhadja (wilaya de Skikda) :

Complexe de zones humides de la plaine Guerbes -Sanhadja (7° 8' E à 7° 25' E, 36° 46' à 37° N). Il s'étend sur une superficie de 42 100 ha. C'est une grande plaine littorale bordée à l'Ouest par les collines côtières de Skikda et à l'Est par le massif forestier côtier de Chetaïbi. Le caractère remarquable de la flore et de la faune de cette région a pour origine au moins 3 éléments sa diversité géomorphologique, son rôle de carrefour bioclimatique et son rôle de réservoir hydrique qui génère une multitude de dépressions et de vallées formant lacs et Garaet (marais) de quelques hectares de superficie à quelques dizaines d'hectares. A l'Est et au Sud de ce massif, l'Oued El Kébir et ses affluents, alimentent une série de collections d'eau naturelles ou artificielles. Le contact dunes plaines alluviales a formé des forêts humides (aulnaies) pouvant atteindre 180 ha. La région de Guerbes -Sanhadja est la seule au niveau national, avec le lac Tonga d'El -Tarf, à avoir répondu à cinq des huit critères fixés par la convention en question. La plaine de Guerbes contient des «sites» d'importance internationale qui fournissent des exemples représentatifs, rares et ou uniques de type de zone humide naturelle que ce soit pour le Maghreb, l'Afrique du Nord, la sous -région Afrique du Nord, Afrique centrale ou bien même 234 espèces végétales recensées au niveau du lac dont 145 taxons inféodés aux zones humides. Cela représente plus de 14% de la flore du Nord de l'Algérie (1800 espèces). Les espèces méditerranéennes représentent le 1/3 des plantes observées, les espèces cosmopolites ne représentent que 14,4% alors que les Euro méditerranéennes occupent 9,2%. Parmi les 234 espèces recensées, 19 sont rares et 23 rarissimes (DGF, 2001). La plaine de Guerbes est le site de nidification de 2 espèces d'Anatidés et une espèce de Rallidés très rares qui sont respectivement l'Erismature à tête blanche (*Oxyura leucocephala*) et le Fuligule nyroca (*Aythya nyroca*) et la poule sultane *Porphyrio porphyrio* sans oublier la foulque macroule, le grèbe huppé, le grèbe castagneux.

Chapitre I. Principales zones humides algériennes Le complexe de zones humides de la plaine de Guerbes Sanhadja est un lieu de migration et d'hivernage pour les oiseaux d'eau et source d'alimentation de l'anguille et d'autres espèces marines comme le mulot, le barbeau...etc . (DGF, 2001).

En 2004, grâce à un troisième projet financé par le Programme "eaux vivantes" du Fonds Mondial pour la nature (WWF -International), la Direction Générale des Forêts a lancé une troisième campagne visant l'inscription de 16 nouvelles zones humides d'une superficie de plus de 167.632 hectares. Parmi ces 10 sites figureront, entre autres, les complexes de Garâas, chotts et sebkha des Hauts Plateaux (8 sites entre Sétif et Oum El Bouaghi) dont l'importance pour les oiseaux n'est plus à démontrer et d'Ouragla. Deux dayas, la première à Tlemcen, et la deuxième à Nâama. Deux sites à Oran, le Chott d'El Goléa à Ghardaïa et les lacs Mellah et Bleu à El Kala. De par la superficie classée, 2,8 millions d'hectares, l'Algérie, est le troisième pays en Afrique, après le Botswana et son fameux Delta de l'Okavango qui fait 6.8 millions d'hectares et la Tanzanie avec 3.5 millions d'hectares, et la huitième dans le monde après le Canada (13 millions d'ha), la Russie (10,3 millions d'ha), l'Australie (5.2

millions d'ha), le Brésil (4,5 millions), le Pérou (2,9 millions) et les deux pays africains précédents.

6. Présentation de la commune de Ben Azzouz :

La commune de Ben Azzouz chef lieu de daïra est située au Nord – Est de la wilaya de Skikda sur l'axe Skikda – Annaba. Elle est distante de 56 km de son chef lieu de la wilaya de Skikda et regroupe une population de 45 139 habitants en 2008 et s'étend sur une superficie de 50 419 km².

Elle est limitée au Nord par les eaux territoriales, et la commune de El Marsa ; au Sud par la commune de Bekkouche Lakhdar et la commune de Ain Kercha ; à l'Est par la commune El Marsa, la commune de Treat et la commune de Berrahal (wilaya de Annaba) et à l'Ouest par la commune de Djendel Saâdi Mohamed. **(ONEDD de Skikda, 2012)**

Le territoire entier de la commune est inclus dans le complexe des zones humides de la plaine de Guerbes-Sanhadja ; par conséquent Ben Azzouz obéira à La loi n° 02-02 du 5 Février 2002 relative à la protection et à la valorisation du littoral, un instrument privilégié demise en œuvre de la stratégie nationale de protection du littoral et de valorisation de ses ressources. **(Fig. 02) (CNERU, 2010)**

La zone côtière de la commune de Ben Azzouz s'étend sur un linéaire de 26.2 km elle est limitée à l'Est par l'Oued El Kebir et la plage Kef Fatma. **(CNERU, 2010)**

La commune de Ben Azzouz est traversée par l'Oued El Kebir Ouest qui joue un rôle très important dans l'irrigation. **(ONEDD de Skikda, 2012)**



Figure 02: Délimitation du complexe de Guerbès-Sanhadja et localisation de la commune de Ben Azzouj et l'Oued El Kebir. (CNERU, 2010)

7. Présentation du site d'étude « Oued El Kebir Ouest »

La région d'étude se situe dans le Nord – Est de l'Algérie, entre le massif de Filfila au Nord, et les monts de Constantine au Sud.

Les deux sous bassins de Oued Hammam et le Côtiers Magroun forment le bassin versant de l'Oued El Kebir Ouest. **(Fig. 03)**

L'origine de cet Oued se situe à l'aval de Bekkouche Lakhdar à la confluence de Oued Hammam et Oued Mechekel en passant par Boumaiza et Ben Azzouz pour rencontrer la mer Méditerranée à la Marsa après un parcours d'environ 100 km, son bassin versant est d'une superficie de 1130.2 km^2 , potentialité d'eau de l'ordre est de 90 Hm^3 , son écoulement annuel moyen est de 300 m^3 , sa largeur varie entre 10 et 50 m et sa profondeur est de plus de 10 m, l'affluent le plus important est Oued Fendek qui passe par Azzaba, Essebt et Djendel. **(ADE de Skikda, 2012)**

Le bassin versant de l'Oued El Kebir Ouest reçoit, pour une année pluviométrique moyenne, un apport d'eau naturelle qui dépasse les 717 Hm^3 , plus de deux tiers absorbée par l'évapotranspiration, et seulement 214.727 Hm^3 retrouvée dans le bassin partagée entre ruissellement et infiltration. En Hiver, des inondations et des débordements sont marquées surtout dans les zones proches de l'embouchure. **(Fig. 04) (Daifallah, 2008)**



Figure 03 : Vallée de l'Oued El Kebir Ouest



Figure 04 : Inondation et débordement de l'Oued El Kebir Ouest en Février 2012
(Photo prise par Merzoug Seyf Eddine)

7.1. Coordonnées géographiques :

Le bassin versant de l'Oued El Kebir Ouest est limité entre les latitudes $36^{\circ} 30'$ et $37^{\circ} 00'$ Nord et les longitudes 7° et $7^{\circ} 30'$ Est. (Daifallah, 2008)

7.2. Situation administrative :

Sur le plan administratif, le bassin versant de l'Oued El Kebir Ouest à Ain Charchar s'étend sur la wilaya de Skikda. (Fig. 05). Il regroupe la commune de Bekkouche Lakhdar, Boumaiza, Ben Azzouz, El Marsa et Ain Charchar. (ABH d'Ain Charchar, 2012)



Figure 05 : Pont de l'Oued El Kebir Ouest à l'entrée de la commune de Ben Azzouz.



**Figure 06 : première station de prélèvement Ain nechma
(photos prises par Bougouizi Mohamed Lamine en mars 2013).**



**Figure 07 : premier site Ain nechma
(photo prise par Bougouizi Mohamed Lamine en février 2013).**



**Figure 08 : deuxième station de prélèvement le pont de Ben azzouz
(photos prises par Bougouizi Mohamed Lamine en mars 2013).**



**Figure 09 : site 2, Ben azzouz (photos prises par Bougouizi Mohamed Lamine en
février 2013).**



Figure 10 : troisième station de prélèvement Bni mhamed (Photos prises par Bouguizi Mohamed Lamine en février 2013).



Figure 11 : site 3, Bni mhamed (Photos prises par Bouguizi Mohamed Lamine en mars 2013).

7.3. Hydrographie de la région d'étude :

Les principaux Oueds de la wilaya de Skikda sont permanents et prennent leur source à quelques kilomètres de la mer. L'importante pluviométrie et le relief montagneux de la wilaya de Skikda sont autant d'apports à l'hydrologie. En effet, disposant de plusieurs bassins versants, le réseau hydrologique, assez dense, de la wilaya voit chaque année une quantité très importante d'eau se perdre en mer faute de moyens de mobilisation. **(Monographie de la Wilaya de Skikda, 2007)**

La détermination de l'apport moyen annuel par bassin versant dans la wilaya de Skikda a permis d'estimer les écoulements superficiels à environ 1600 Hm³/An. **(Monographie de la Wilaya de Skikda, 2007)**

Les Oueds les plus importants sont :

- Oued El Kebir à l'Est ;
- Oued Saf-Saf au Centre ;
- Oued Guebli à l'Ouest ;
- Oued Z'hour à l'extrême Ouest. **(ONEDD de Skikda, 2012)**

La wilaya de Skikda se caractérise par 07 sous bassins versants hydrographiques :

- Côtiers Cape Bougaroune (nappe de Oued Z'hour) ;
- Oued Guebli (nappe du Guebli) ;
- Oued Bibi (nappe de Oued Bibi) ;
- Oued Saf-Saf (Oued Saf-Saf) ;
- Côtiers Filfila (nappe de Filfila) ;
- Oued Hammam et le Côtiers Magroun (nappe du El Kebir). **(Fig.12)**
(Tab. 01) (ADE de Skikda, 2012)

7.4. Caractéristiques des oueds de la wilaya de Skikda :

parmi les Oueds existants au niveau de la wilaya de Skikda, deux (02) Oueds (**Oued El-Kebir et Oued Zhor**) présentent des opportunités favorables, au niveau de leur embouchure en vue de l'initiation à l'émergence des activités aquacoles.

a)- En ce qui concerne l'Oued Zhor, celui-ci présente les particularités suivantes :

- Situé au piémont du massif de Collo (**Wilaya de Skikda**), la qualité des eaux pures et fraîches, favorable et justifiant la préexistence de la Truite d'une part et d'autre part sa position géographique en tant que Z.E.T.

(**Zone d'Extension Touristique**) milite en faveur d'une valorisation de ce site par :

-Un ensemencement de la Truite devant servir beaucoup plus à une pêche récréative le long de l'Oued.

- le captage au niveau de l'embouchure de l'Anguille et de la Civelle.

A ce sujet, une ébauche d'étude est nécessaire.

b)- Pour l'Oued El kebir dont les potentialités au niveau de son embouchure sont importantes, la valorisation nécessite une étude d'ensemble.

7.5. CARACTERISTIQUE DE L'EMBOUCHURE DE L'OUED EL KEBIR :

- Le régime des eaux est permanent et navigable sur une longueur de 10 à 12 kms en amont de l'embouchure.
- La profondeur varie de 2 à 5 mètres.
- La largeur est de 5 à 20 mètres.
- Existence de drains naturels de longueur variable entre 100 et 500 mètres.
- Terre marécageuses délimitant l'embouchure, évaluées à 500 HA.
- Salinité variable d'amont en aval.
- En Eté, le régime des eaux est régulé par la formation des dunes de sables marins et la dépression du lit de l'Oued, favorisant l'infiltration des eaux de mer.
- En Hiver, l'importance des houles de mer d'un côté et les apports fluviaux de l'autre, rompent les dunes et créent un brassage des deux milieux.

7.6. L'Ichtyo faune de l'Oued :

Poissons : Le loup de mer, la dorade, le Barbeau, l'Alose, l'Anguille.

Crustacés : Les crevettes.

Mollusques bivalves : La palourde, la moule.

Tableau 01: Apports moyens annuels par bassin versant. (ADE de Skikda, 2012) :

Bassin versant		Apport moyen (Hm ³ /an)
Côtier Cap Bougaroun		477
Oued Guebli		390
Oued Bibi		75,5
Oued safsaf		150
Oued filfila		37
Oued El Kebir		282
Autres	Cap de fer	37
	Oued Boussiaba	148
Total		1596,5

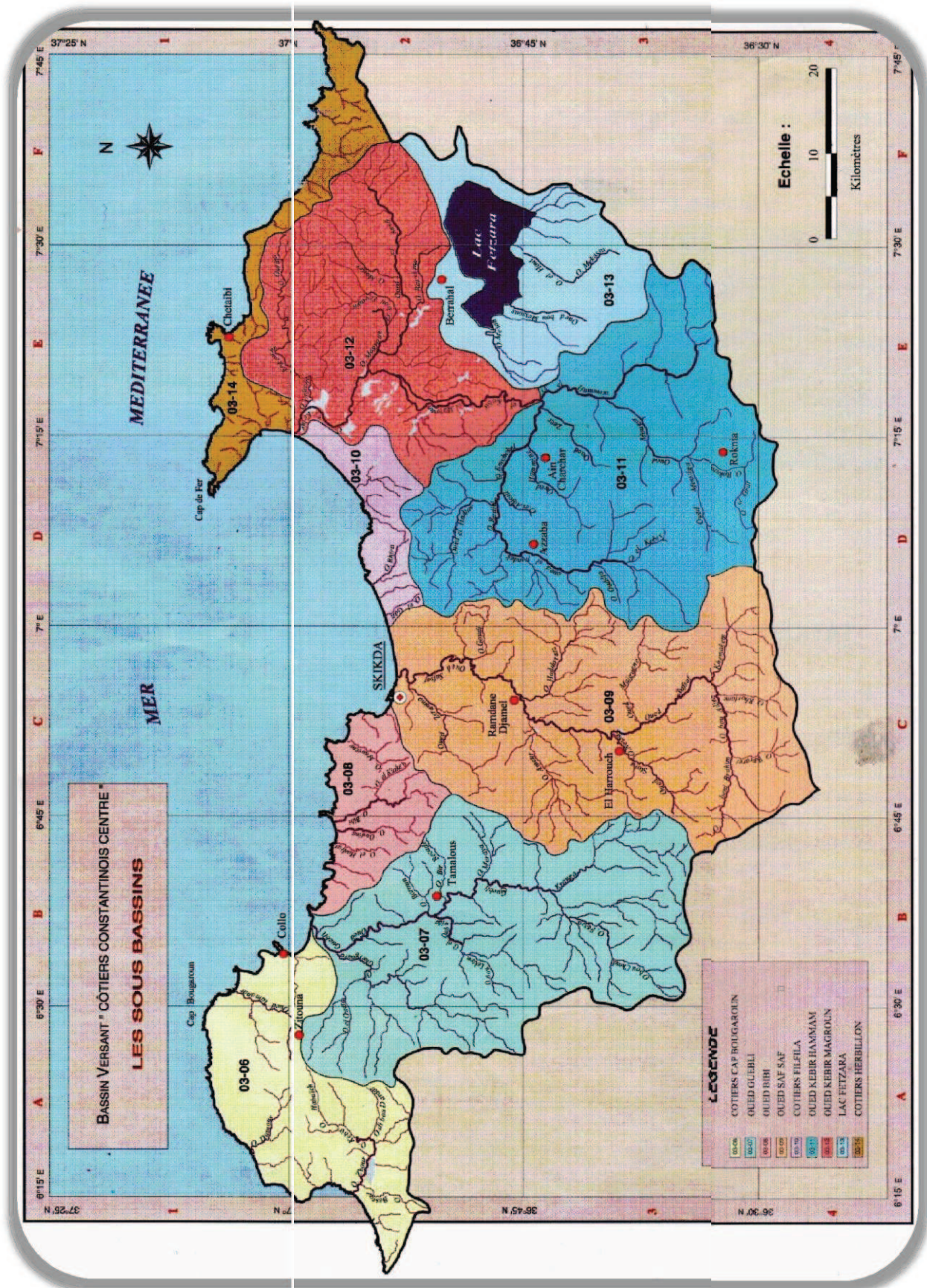


Figure 12 : Les sous bassins versants hydrographiques de la wilaya de Skikda.
(ABH- CSM, 2012)

La nappe de l'Oued El Kebir Ouest se trouve au sein du bassin des Côtiers Constantinois Centre pour cela, nous avons jugé utile de procéder d'abord à l'étude hydrologique de ce bassin.

La wilaya de Skikda est la principale ville du bassin des Côtiers Constantinois Centre qui a une superficie de 5582 km². Sur ce bassin les précipitations moyennes sont de 650 mm.

Pour l'ensemble du bassin, il existe 17 stations pluviométriques et 05 stations hydrométriques suivies par l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (A.N.R.H). Le bassin des Côtiers Constantinois Centre présente un chevelu hydrographique dense totalisant un réseau de plus de 4200 km. **(ABH- CSM, 2012)**

La vallée de l'Oued El Kebir Ouest est constituée par quatre unités hydrogéologiques bien distinctes :

- La plaine alluviale ;
- Les calcaires de Djebel Safia – Si Messaoud ;
- Le massif dunaire de Guerbes ;
- Les cipolins de Berrahal - Oued El Aneb. **(Hannouche, 2010)**

Le schéma général du système aquifère de la vallée de l'Oued El Kebir Ouest fait distinguer deux types de nappes :

- Une nappe phréatique .
- Une nappe captive.

Ces nappes sont exploitées à divers usages, alimentation en eau potable, industrielle, irrigation et élevage. **(Hannouche, 2010)**

Il apparaît que l'essentiel des apports provient d'une part, de l'infiltration directe des pluies surtout dans les zones perméables de l'inféro-flux de l'Oued El Kebir Ouest, et d'autre part, des formations encaissantes (argiles, grès numidiens à l'Est, marno-calcaires et calcaires liasiques à l'Ouest). **(Hannouche, 2010)**. L'Oued El Kebir Ouest et ses affluents, alimentent des réservoirs d'eaux naturelles ou artificielles. **(Fig.13) (ADE de Skikda, 2012)**



Figure 13 : Carte du réseau hydrographique de l'Oued El Kebir Ouest. (CNERU, 2010)

7.7. Etude climatique :

Les facteurs climatiques jouent un rôle déterminant dans le régime des cours d'eau, et dans l'alimentation éventuelle des nappes souterraines. (Solter, 1999)

Il n'existe pas une station météorologique au niveau de la commune de Ben Azzouz, d'où la nécessité de faire recours à la station la plus proche, celle de la commune de Skikda. Notre zone d'étude est caractérisée par un climat de type méditerranéen avec un Hiver pluvieux et un Eté chaud et sec.

Les données météorologiques de 14 ans (1997 - 2011) récoltées de la station météorologique de la ville de Skikda sont résumées dans le tableau 02.

Tableau 02 : Données climatiques de la station météorologique de la wilaya de Skikda (1997 - 2011).

Mois	moyenne (c°)			précipitation (mm)	Vent(m/sec)		Insolation (h)	Evaporation (mm)
	Min	Max	Moy		Vitesse moyenne minimale	Vitesse max		
Jan	7,37	19,10	13,22		3,53	19,42	140,83	53,1
Fév	7,39	19,71	13,28		3,45	18,58	161,17	129,92
Mar	8,52	22,71	15,58		3,36	19,86	206,58	133,47
Avr	11,35	25,05	17,83		3,15	19,31	220,27	142,48
Mai	14,82	27,7	20,64		2,78	15,69	270	68,1
Juin	17,67	31,11	25,30		2,74	15,15	294	101,52
Juil	20,57	32,83	26,13		2,83	14,36	351,85	91,2
Août	21,09	33,2	27,14		2,77	15,4	324,25	88,2
Sep	18,63	30,73	24,1		2,79	15,2	223,48	102,2
Oct	15,45	28,54	21,74		2,94	16,42	216,5	75,82
Nov	11,5	23,15	16,97		3,52	18,92	157,65	168,57
Déc	8,07	20,32	14,12		3,99	20,58	123,83	58,92

7.7.1. La température :

La température est un facteur climatique très important qui réagit directement, en interaction avec les autres facteurs météorologiques (précipitation, humidité, etc.), le développement de la végétation et le phénomène de l'évapotranspiration. (Belabed, 2010).

L'évolution et le changement permanent de la température atmosphérique au cours des saisons de l'année agissent directement sur la température de l'eau superficielle et donc sur sa qualité et ses habitats. Le paramètre température est en fonction de l'altitude, de la distance de la mer, et de la position topographique. (Toubal, 1986)

A partir des données présentées dans le tableau 02, nous constatons que les moyennes mensuelles les plus élevées sont observées essentiellement pendant la période estivale (Juin à Septembre) dont le mois le plus chaud est le mois d’Août avec une température maximale de 33,2 °C. Par contre les températures les plus basses sont observées pendant la période d’hiver (Décembre à Mars) dont le mois de Janvier est le mois le plus froid avec une température minimale de 7,37 °C.

7.7.2. Les précipitations (Pluviométrie) :

Le terme de précipitation désigne tout type d'eau qui tombe du ciel, sous forme liquide ou solide. Cela inclut la pluie, la neige, la grêle. **(Dajoz, 2000)**. Djebaïli (1978) définit la pluviosité comme étant le facteur primordial qui permet de déterminer le type de climat.

La région de l'extrême Nord - Est de l'Algérie compte parmi les plus abondamment arrosées (1300 mm/an). **(BNEF, 1985)**. La précipitation annuelle dans la région de Skikda équivaut à 780 mm/an. Ainsi le mois de Décembre est le mois le plus pluvieux avec une pluviométrie moyenne de 127,56 mm, et le mois d’Août est le mois le plus sec avec une précipitation moyenne de 14,17 mm. **(Tab. 02)**

Les précipitations sont donc très importantes et la wilaya est la plus arrosée d'Algérie. Les précipitations sont marquées par leurs aspects torrentiel, leurs mauvaises répartition dans le temps et dans l'espace et ruissellent avec une capacité d'infiltration presque nulle. **(ONEDD de Skikda, 2012)**

7.7.3. L’humidité :

La mer, les nombreux plans d'eau ainsi que la richesse de la région en écosystèmes forestiers (zones montagneuses), contribuent au maintien d'une humidité élevée pendant toute l'année. Les valeurs de ce paramètre sont relativement élevées et atteignent presque 86 % dans le mois d’Avril.

7.7.4. Les vents :

La région de Skikda est très exposée aux vents. Ils sont caractérisés par leurs fréquences, direction et vitesse. Les vents dominants sont d’Ouest en Est, chargés d’humidité au Sud - Ouest. Au niveau des piémonts, on note la présence d’un vent chaud et sec : le Sirocco. **(ONEDD de Skikda, 2012)**. La vitesse maximale des vents qui soufflent sur cette dernière est enregistrée durant le mois de Décembre avec une valeur de 20,58 m/s.

7.7.5. L'évaporation :

L'évaporation est un phénomène très important puisqu'il concerne environ la moitié de l'eau issue des précipitations. Mesurée par unité de temps, elle varie bien sûr d'une époque de l'année à l'autre en fonction de la radiation nette, la vitesse du vent et l'humidité de l'air. **(Vilaginès, 2010)**. La valeur maximale de l'évaporation a été enregistrée pendant le mois de Novembre (168,57 mm) tandis que la valeur minimale a été enregistrée pendant le mois de Janvier (53,1 mm).

7.7.6. L'insolation :

L'insolation correspondant au nombre d'heures par mois pendant les quelles le soleil a brillé et n'a donc pas été occulté par un nuage. Les valeurs de l'insolation sont élevées toute l'année avec une valeur maximale de 351,85 heures/mois enregistrée pendant le mois de Juillet et une valeur minimale de 123,83 heures pendant le mois de Décembre.

7.7.7. Synthèse climatique :

Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen :

Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen est une méthode graphique qui permet de définir les périodes sèche et humide de l'année, où sont portés en abscisses les mois, et en ordonnées les précipitations moyennes (P) exprimées en millimètres et les températures (T) en degrés Celsius, avec $P = 2T$. Une période peut être considérer sèche si $P < 2T$, c'est-à-dire si le total des précipitations est inférieur ou égal au double de la température moyenne. Quand la courbe ombrique (de ombros = pluie) passe sous la courbe thermique on est précisément dans cette situation où $P < 2T$. **(Bagnouls et Gaussen, 1957)**

La figure 14 représente le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen de la région de Skikda établit à partir des données pluviométriques et thermiques moyennes mensuelles calculées sur une période de 14 ans (1997 – 2011).

L'analyse du diagramme **(Fig.14)** montre que la période sèche est d'environ 05 mois. Elle s'étend du mois de Mai jusqu'à le mois de Septembre, tandis que la période humide est d'environ 7 mois, s'étend du mois d'Octobre jusqu'au mois d'Avril.

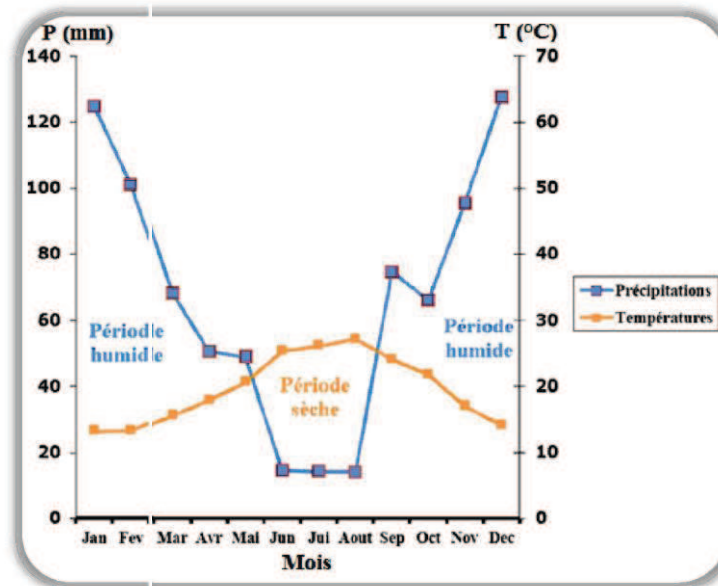


Figure 14 : Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausсен de la région de Skikda.

❖ L'indice pluviométrique d'Emberger :

L'indice pluviométrique d'Emberger nous aide à définir les cinq étages de climat méditerranéen du plus aride jusqu'à celui de haut montage. (Emberger, 1955)

Son principe se base sur le régime des précipitations et des températures qui s'exprime selon la formule suivante:

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

Q_2 = Quotient pluviométrique d'Emberger.

P = Précipitation annuelle moyenne (mm).

M = Température des maxima du mois le plus chaud (°K).

m = Température des minima du mois le plus froid (°K).

Pour déterminer l'étage bioclimatique de la région d'étude, il faut procéder au calcul du quotient pluviométrique d'Emberger (Q_2).

$P = 800,48$ mm : Précipitations annuelles en mm ;

$M = 33,2$ °C = 306,35 °K : Moyenne des maxima du mois le plus chaud ;

$m = 7,37$ °C = 280,52 °K : Moyenne des minima du mois le plus froid.

Pour la région de Skikda, le Q_2 calculé est de 105,61. En rapportant les valeurs de Q_2 sur le climagramme d'Emberger, nous trouvons que notre région est sous l'influence d'un climat subhumide à hiver tempéré. (Fig.15)

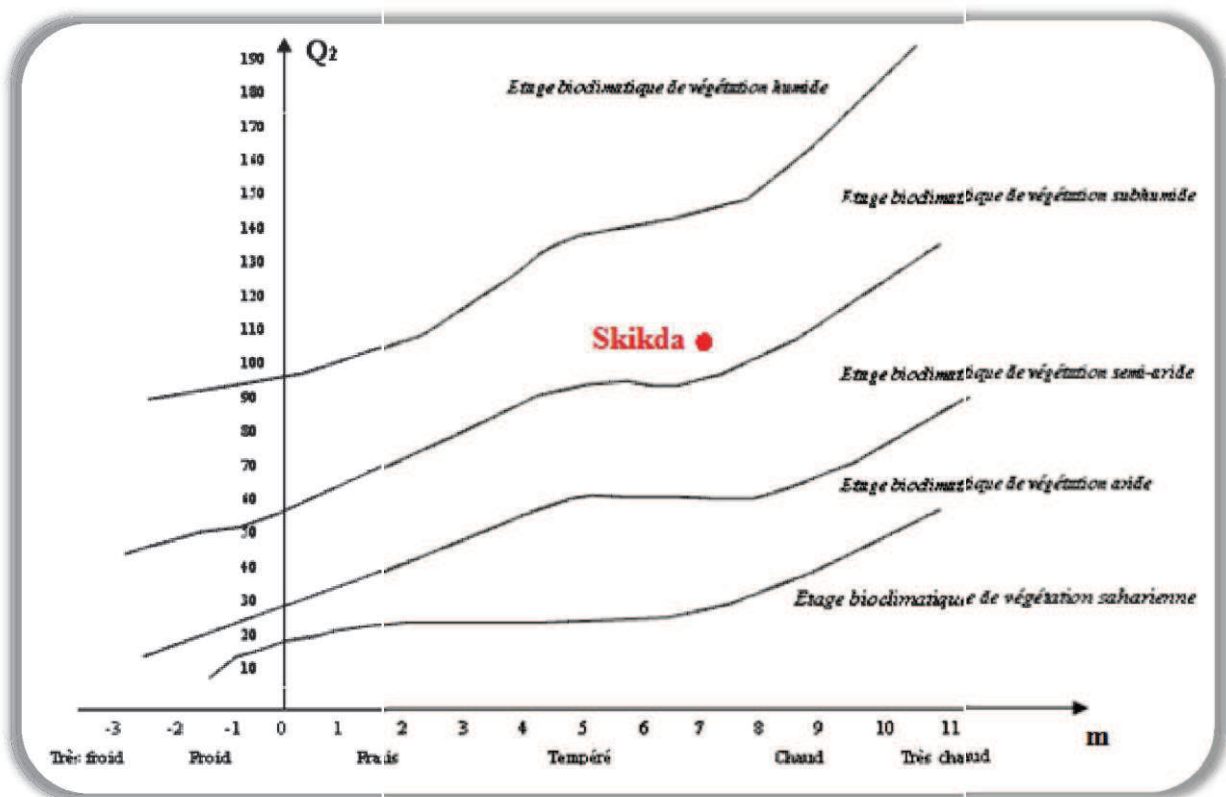


Figure 15 : Situation de la station météorologique de la wilaya de Skikda dans le climagramme d'Emberger.

7.8. Exploitation de site :

7.8.1. L'agriculture et l'irrigation :

Le bassin versant de l'Oued El Kebir Ouest est un bassin à vocation agricole, à cause de la superficie importante des terres agricoles. (Fig.16). Qu'elle est de l'ordre de 51 516 ha.

Les terrains agricoles sont occupés par des cultures englobant la céréaliculture, la jachère, culture industrielle et maraichère. Ils se concentrent au niveau des pentes faibles à moyennes et s'étendent sur 42.58 % de la superficie total du bassin.

Les terrains arboricoles s'étendent sur une superficie plus ou moins faibles qui est de 2.13 % du bassin versant. Le vignoble est cultivé sur une superficie de 10.59 km², soit 0.86% de la superficie total du bassin. (Tab. 03) (Direction des forêts Skikda, 2012)

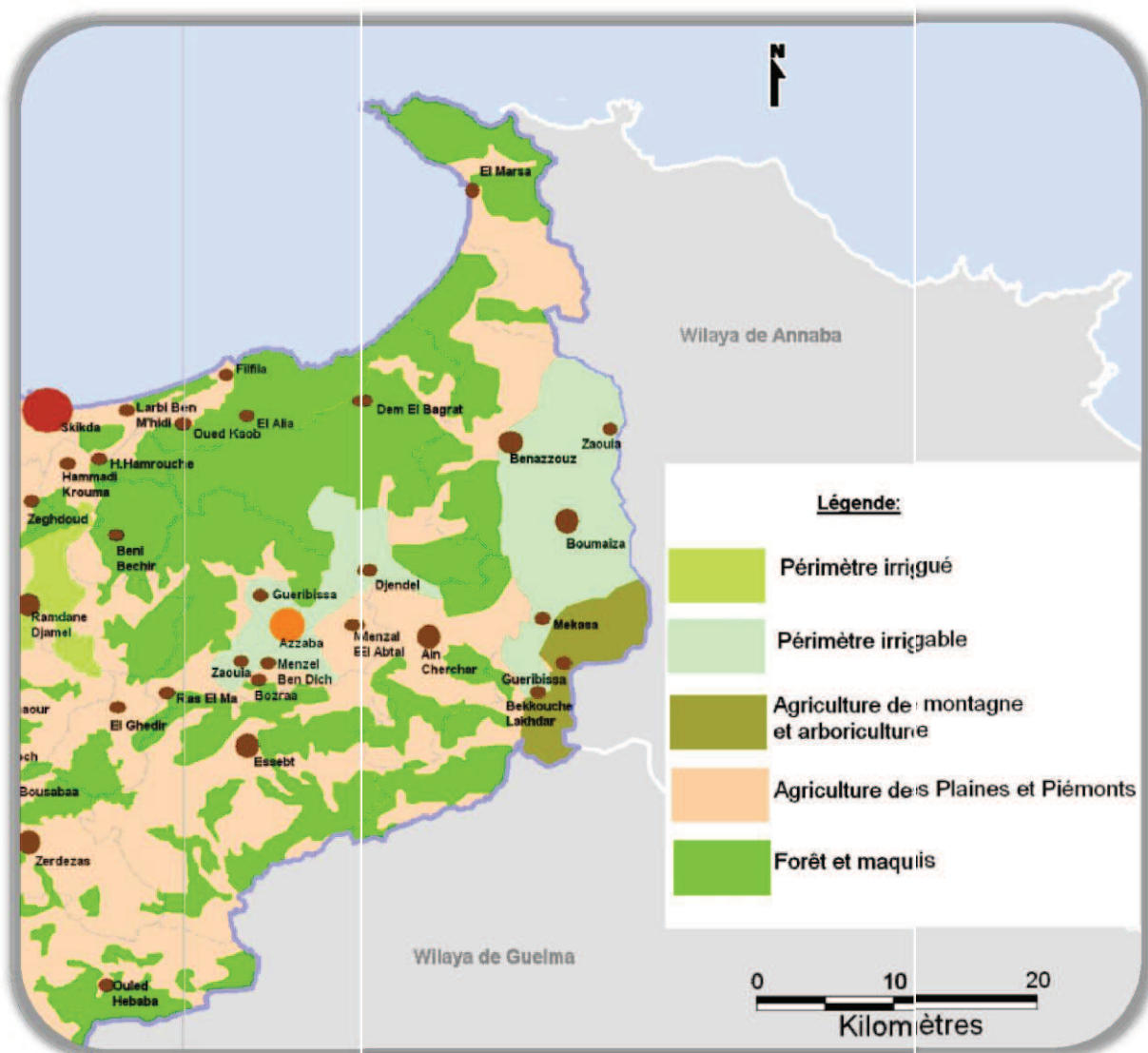


Figure 16 : Occupation du sol dans la commune de Ben Azzouz. (CNERU, 2010)

L'irrigation est le premier consommateur d'eau dans le bassin versant, avec plus de 80 % des demandes, vu la grande superficie agricole et le type des cultures irriguées et le sol. (Tab. 03) (DSA Skikda, 2012). Le potentiel en terres irriguées du bassin versant de l'Oued El Kebir Ouest est estimé de 4421 ha (selon les données de la DSA de Skikda). (Daiflah, 2008).

Elle est moderne (par canaux d'aspersion) et traditionnelle (par séguia) selon le type de culture. (Fig.17) (ABH- CSM, 2012)



Figure 17 : L'utilisation des eaux de l'Oued El Kebir dans l'irrigation .

Tableau 03 : Superficie irriguée au bassin versant de l'Oued El Kebir Ouest.
(DSA Skikda, 2012)

	Superficie agricole totale (ha)	Superficie agricole utile (ha)	Superficie irriguée (ha)
Bassin versant Oued El Kebir Ouest	51 516	35 638	4421

L'évolution des besoins en eau pour l'agriculture est liée directement à l'augmentation des terres agricoles irrigables. En projetant une augmentation de 1000 ha toute les cinq années à venir, alors, les besoins en eau augmentent jusqu'à 70.05 Hm³/an en 2030. (CNERU, 2010)

7.8.2. Le pâturage :

La commune de Ben Azzouz est bien connue par l'activité de pâturage. (Fig. 18). L'Oued El Kebir Ouest est utilisé massivement pour le pâturage notamment en période sèche lorsque les niveaux d'eau baissent et tous les points de site deviennent accessibles.

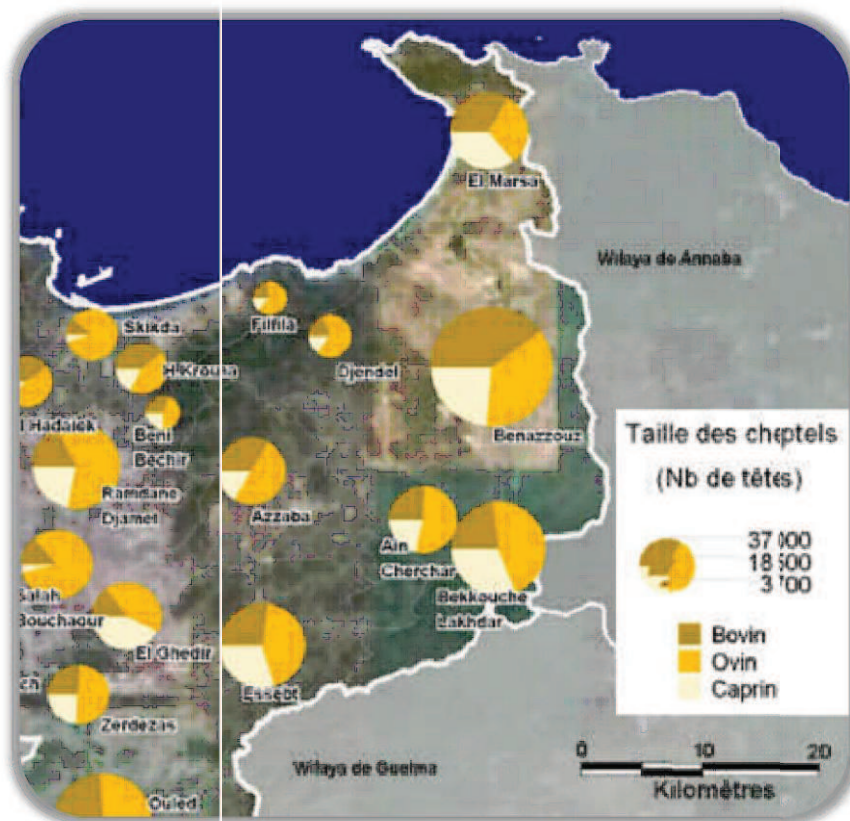


Figure 18 : Les types d'élevage au niveau de la commune de Ben Azzouz.(CNERU, 2010)

7.8.3. L'aquaculture :

L'aquaculture qui devait ouvrir de larges perspectives pour l'accroissement des productions, vu les différents plans d'eau (naturels et artificiels) et les cours d'eau à écoulement permanent recensés à travers le territoire de la wilaya, demeure peu ou pas connue alors qu'en termes de production, 2000 tonnes/an lui était assignée. Actuellement l'aquaculture se limite à l'ensemencement et à l'exploitation des barrages. La production de la pêche continentale a quant à elle, en 2006 concerné 300 Kg d'anguilles obtenus exclusivement au niveau de l'Oued El Kebir Ouest. **(Tab. 04) (CNERU, 2010)**

Tableau 04 : Sites aquacoles de la wilaya de Skikda dans les Oueds. (CNERU, 2010)

Oued	Longueur (Km)	Ressources aquacoles Existantes
Oued El Kebir	100	Anguilles loup, mullet Palourde, crevette et autres
Oued Z'hour	60	Barbeau, mullet, loup, anguilles et autres

7.8.4. L'industrie :

L'industrie est jugée un utilisateur faible en matière d'eau, qui pompe des quantités d'eau négligeable (11.76 %) par rapport aux autres usagers. **(Fig. 19) (Tab.5) (Daifallah, 2008)**

L'activité industrielle est à ne pas négliger. Plusieurs unités industrielles ont été implantées et qui déversent leurs rejets dans les eaux de l'Oued El Kebir Ouest.



Figure 19 : Société des abattoirs de l'Est à la commune de Ben Azzouz.

Tableau 05: Les industries polluantes l'Oued El Kebir Ouest à la commune de Ben Azzouz. (CNERU, 2010)

Dénomination du complexe	Localisation	Types de produits
Briqueterie de Ben Azzouz	Boumaiza Ben Azzouz	Briques
Conserverie EZDIHAR	Ain Nechma Ben Azzouz	Double concentré de tomate, Jus fruits, Harissa, Sauce tomate, Ketchup, Mayonnaise
Conserverie (CBA)	Boumaiza Ben Azzouz	Double concentré de tomate, Jus fruits, Harissa, Confitures
S.I.F.C.O.	Boumaiza Ben Azzouz	Carton ondulé
Société des abattoirs de l'Est	Ben Azzouz	Poulets et dindes abattus
61 Poulailleurs	Ben Azzouz Chikh Lakhdar, la Marsa	Poulets et dindes

7.8.5. Loisirs et tourisme :

L'Oued El Kebir Ouest ne jouit pas un afflux touristique important. Seule la station balnéaire de la plage de la Marsa, située au bout de la plaine, jouit un fort afflux touristique durant la saison estivale. Cependant, l'Oued est fréquenté surtout par les pêcheurs. C'est un lieu de pêche important en raison de leur productivité élevée. (Fig. 20 et 21)



Figure 20 : Les pêcheurs au niveau du pont de l'Oued El Kebir Ouest



Figure 21 : Les pêcheurs au niveau de l'Oued El Kebir Ouest

8. La pollution des eaux superficielles :

La pollution ou la contamination de l'eau peut être définie comme une altération qui rend son utilisation dangereuse et entraîne une perturbation de l'écosystème aquatique. Elle peut concerner les eaux superficielles et/ou les eaux souterraines. **(Rejsek, 2002)**

La dégradation de l'eau est une modification de ses propriétés physiques, chimiques et biologiques ; par des déversements, rejets, dépôts directs ou indirects de corps étrangers ou de matières indésirables telles que les microorganismes, les produits toxiques, les déchets industriels.

❖ Ces substances polluantes peuvent avoir différentes origines:

- Urbaine (activités domestiques; eaux d'égout, eaux de cuisine...)
;
 - Agricole (engrais, pesticides) ;
 - Industrielle (chimie-pharmacie, pétrochimie, raffinage...).
- (Koller, 2004)**

8.1. La pollution urbaine :

La pollution urbaine est représentée par toutes les eaux usées chargées de détergents, de graisses, de solvant, de débris organiques, de produits chimiques et de matières fécales ce qui ont un impact néfaste sur la qualité des eaux. **(Rejsek, 2002)**.

A ceux-ci s'ajoutent les eaux pluviales qui lessivent les toits et le bitume et sont chargées en produits minéraux et organiques.

Dans le cas du bassin versant de l'Oued El Kebir Ouest ce dernier est l'exutoire des rejets d'eau usées de la daïra de Ben Azzouz et des villages situés en amont ce qui constitue un menace que ce soit pour le site lui même ou à sa proximité. **(Fig.22) (ONEDD de Skikda, 2012)**



Figure 22 : Les Stations de pompage et le rejet des eaux usées à la commune de Ben Azzouz.

8.2. La pollution industrielle :

Le domaine de l'industrie est lui aussi très nocif pour l'eau, par des eaux résiduares industrielles, qui sont des eaux en principe rejetées par l'usine dans le milieu extérieur, et qui sont responsable de plusieurs types de pollution :

8.2.1. Pollution thermique :

Les eaux rejetées par les usines utilisant un circuit de refroidissement de certaines installations (centrales thermiques, nucléaires, raffineries, aciéries..) ; ont une température de l'ordre de 70 °C à 80 °C. Elle diminue jusqu'à 40 °C à 45 °C lorsqu'elle contacte les eaux des milieux aquatiques entraînant un réchauffement de l'eau, qui influe sur la solubilité de l'oxygène. **(Koller, 2004)**

8.2.2. Pollution chimique :

Elle résulte des rejets chimiques, essentiellement d'origine industrielle. La pollution chimique des eaux est regroupée dans deux catégories : organiques (hydrocarbures, pesticides, détergents, phénols...) et minérales (métaux lourds, cyanure, azote, phosphore...). **(Koller, 2004)**

8.2.3. Pollution mécanique :

Elle résulte des décharges de déchets et de particules solides apportés

par les eaux résiduaires industrielles, ainsi que les eaux de ruissellement. Ces polluants sont soit les éléments grossiers soit du sable ou bien les matières en suspension. **(Mekhalfa, 2009)**

8.2.4. Pollution organique :

C'est les effluents chargés de matières organiques fermentescibles (biodégradables), fournis par les industries alimentaires et agroalimentaires (laiteries, abattoirs, sucreries...). Ils provoquent une consommation d'oxygène dissous de ces eaux, entraînant la mort des poissons par asphyxie et le développement (dépôts de matières organiques au fonds des rivières) de fermentation anaérobie (putréfaction) génératrices de nuisances olfactives. **(Donnier, 2007)**

8.3. La pollution agricole :

L'agriculture est le plus grand utilisateur d'eau et la principale source de pollution des terres et des eaux de surface par les nitrates, le phosphore et aussi l'activité qui pollue le plus par les apports en ammoniacque. **(Koller, 2004)**

L'agriculture utilise de plus en plus des engrais chimiques dont l'excès non absorbé par les plantes devient polluant.

Les causes des différentes formes de pollution agricole sont : les engrais, les produits phytosanitaires (herbicides et pesticides), les déjections animales qui accompagnent les élevages intensifs et les accumulations de métaux (Cu, Zn) provenant des compléments alimentaires des animaux d'élevage et des résidus d'antibiotiques utilisés contre les infections animales ou pour favoriser leur croissance. **(Genin, 2003)**

8.4. Impact de la pollution :

8.4.1. Sur le milieu naturel :

Les modifications de température et de pH, perturbent le développement normal de la faune et de la flore. Le rejet de matière organique entraîne une surconsommation d'oxygène par les

microorganismes et en prive d'autant les poissons. Les matières en suspension conduisent aussi au colmatage des branchies des poissons, les rejets d'azote et de phosphore favorisent l'eutrophisation des lacs. Ceci conduit à la modification de l'équilibre des écosystèmes.

(Moletta, 2002)

8.4.2. Sur l'économie :

Il faut se rendre compte que dépolluer reste encore actuellement une activité de riches.

Personne ne peut nier la nécessité de prendre en compte notre environnement.

En certaines périodes de l'année, la prolifération d'algues qui viennent s'échouer et pourrir sur les côtes conduit à des nuisances qui perturbent fortement l'activité touristique de ces régions... Cette prolifération est attribuée aux rejets de polluants azotés et phosphorés locaux ou d'ailleurs. Le maintien de l'activité touristique implique l'élimination de ces nuisances. Ceci représente un coût et un manque à gagner important. **(Moletta, 2002)**

8.4.3. Sur la santé :

Les maladies liées à la présence d'éléments pathogènes ou de molécules toxiques sont très répandues :

- ✓ Paludisme (un million de décès par an, 100 à 150 millions de cas annuels dont 90 % en Afrique, et 300 millions de porteurs de parasites) ;
- ✓ Filaires (maladie due à un vers injecté par des moustiques sous les climats chauds et humides) ;
- ✓ Le choléra, dû aux vibrions cholériques présent dans les eaux souillées ;
- ✓ L'hépatite A (due à un virus présent aussi dans les eaux polluées) ;
- ✓ Et les autres comme les dysenteries d'origines parasitaires, bactériennes et virales aux conséquences qui peuvent être très grave chez le jeune enfant.

- ✓ Les métaux lourds comme le mercure, le plomb, le cadmium, le cuivre ... présentent la particularité de se concentrer dans la chaîne biologique. Ils ne sont pas dégradables, leur présence est donc rémanente. Ils conduisent à des pathologies diverses en fonction de leurs natures, pathologies qui peuvent être très graves, voir mortelles. **(Moletta, 2002)**

Chapitre 2

MATERIEL ET METHODES

L'eau douce est un élément plutôt rare à la surface terrestre puisqu'elle ne représente que 3% du volume totale de l'hydrosphère.

Les réserves d'eau douce les plus importantes se trouvent donc à l'état solide (environ 80%) et sont techniquement inexploitable. L'eau douce exploitable représente seulement 20% des réserves d'eau douce elle a deux origines: eaux souterraines et eaux de surface (superficielle). Ces eaux quelque soit leur nature, contiennent une multitude de micro-organismes et de produits chimiques, dont l'estimation globale fournit une information utile pour l'évaluation et la surveillance de la qualité de l'eau. (Merzoug, 2009).

1. Échantillonnage

La qualité du rapport final rédigé par un laboratoire sera influencée par la qualité de l'échantillon prélevé et soumis à l'analyse. La distribution des micro-organismes et des éléments chimiques dans les eaux superficielles n'est pas homogène. Elle a été décrite comme étant aléatoire ou propagative (distribution en amas ou en agrégats). (Merzoug, 2009).

1.1 Matériel d'échantillonnage :

Pour faciliter les prélèvements et éviter tout type de contamination, il est souhaitable d'utiliser des flacons en verre d'une contenance égale à 250ml.

La verrerie destinée aux prélèvements d'eau doit être munis d'un nettoyage avec un détergent puis rinçage avec l'eau propre (eau douce), puis un rinçage final avec l'eau distillée.

La verrerie lavée est ensuite stérilisé soit :

- A la chaleur sèche (four Pasteur) à une température comprise entre 170 et 175°C, pendant au moins 1h.
- A la chaleur humide (autoclave) en le maintenant à une température de 121°C, pendant au moins 20'.

Les flacons d'échantillonnage ne doivent être ouverts qu'au moment du prélèvement de l'échantillon. Une fois l'échantillon est prélevé, les flacons doivent être fermés hermétiquement jusqu'au moment de l'analyse.

1.2 Mode de prélèvement:

L'échantillonnage n'est pas simplement une procédure de prélèvement d'une petite portion pour l'analysé. Il vise à fournir une information sur les caractéristiques microbiennes et physico-chimiques de cette eau prélevée. Une étude précise sur les courants, les marais; les volumes, les types et les emplacements des rejets ainsi que sur les vents dominants aideront à déterminer les lieux d'échantillonnage.

Les lieux de prélèvement d'échantillons sont généralement choisis aux endroits où la profondeur de l'eau se situe entre 1 et 1.5m. Le flacon peut être plongé dans l'eau. Le haut vers le bas sous la surface de l'eau et puis retourné de telle sorte à le remplir à la profondeur voulue (généralement 30cm). (Merzoug, 2009).

Le flacon ne doit pas être rempli entièrement. En effet, il convient de laisser un petit vide d'air, permettant un mélange correct en secouant le flacon. (**Lightfoot, 2002; Chaouch, 2007**).

1.3 Enregistrement et étiquetage des échantillons:

Il est essentiel que les échantillons soient clairement étiquetés immédiatement avant les prélèvements et que les étiquètes soient lisibles et indétachables. Dans ces derniers, on doit noter avec précision; la date, l'heure, les conditions météorologique, un numéro et toutes circonstances anormales. (**Lightfoot, 2002**).

1.4 Transport et conservation de l'échantillon avant l'analyse:

Pendant le transport, il faut éviter surtout la destruction de l'échantillon, ou, inversement la surcroissance de micro-organismes à l'intérieur de l'échantillon. Ceci peut être obtenu en mettant l'échantillon à l'abri de la lumière visible ainsi que dans des températures ambiantes. Habituellement, cette protection est obtenue grâce à l'utilisation d'une glacière contenant des poches de glace. On conserve généralement les échantillons à une température inférieure ou égale à +4°C. (**Raymond, 1977; Mayat, 1994**).

2. Caractéristiques des points de prélèvement :

Tableau 06 : Les coordonnées géographiques des points de prélèvements et les caractéristiques des sites :

Point de prélèvement	X	Y	Z	Caractéristiques
SITE 1 Ain nechma	36° 50' 20.15" N	7° 17' 18.69" E		-Zone agricole. -Eau stagnante. -Elevage du bétail (pâturage). -près de la route.
SITE 2 Ben azzouz	36° 51' 38.41" N	7° 17' 53.13" E		-Situé dans la zone urbaine. -L'existence des stations de pompage. -Rejet des eaux usées domestique de la commune de Ben Azzouz. -pâturage.
SITE 3 Bni mhammed	36° 57' 8.50" N	7° 15' 38.10" E		-Loin de la zone urbaine. -Utilisation dans l'irrigation des champs agricole. -lieu de pâturage. -fréquenté par les pêcheurs. -ne reçoit aucun rejet urbain ou industriel. -Près de la route. -A quelque kilomètre de L'embouchure a la plage El Marsa.

3. Nature et période du prélèvement :

Tableau 07 : Nature et période du prélèvement.

Nature du prélèvement	Périodes des prélèvements	Type d'analyses effectuées
Eau	Décembre 2012 Janvier 2013 Février 2013 Mars 2013	Physico-chimique et Bactériologique



Figure 23 : la localisation des points de prélèvements S1 et S2

(source : Google Earth, 2013).



**Figure 24 : la localisation du point de prélèvements S1 (Ain Nechma)
(source : Google Earth, 2013).**



**Figure 25 : la localisation du point de prélèvement S2 (Ben Azzouz)
(source : Google Earth, 2013).**



**Figure 26 : la localisation du point de prélèvement S3 (Bni Mhammed)
(source : Google Earth, 2013).**

Pour contribuer à l'évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de L'Oued el Kebir nous avons choisi trois points de prélèvement.

Nous nous sommes intéressés à la détermination de la qualité microbiologique et physico- chimiques de l'eau de cet écosystème.

La totalité de nos analyses bactériologiques ont été réalisées au niveau du laboratoire de microbiologie du département de biologie de l'université du 08 mai 1945 de Guelma.

Les analyses physico-chimiques, ont été réalisées a niveau du laboratoire de la direction de l'environnement de skikda.

L'eau est un élément essentiel de la vie et intervient dans les différentes activités humaines. Elle participe à toutes les activités quotidiennes notamment, domestique, industrielles et agricoles ce qui la rend un élément récepteur exposé à tous les genres de pollution. Elle est aussi considérée comme un transporteur potentiel de nombreuses maladies appelées << Les maladies à transmission hydriques >>.

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

Notre étude concerne essentiellement l'exposition de ces points d'eau aux pollutions liées à l'activité humaine, ainsi l'influence de la nature lithologique sur la composition chimique de ces eaux.

Pour contribuer à l'étude de l'évolution de la qualité bactériologique et physico-chimique des eaux de Oued el kebir quatre prélèvements ont été effectués dans une période allant du mois de décembre 2012 jusqu'au mois de mars 2013 , chaque prélèvement comporte trois échantillons :le premier s'est fait dans la région de Ain nechma commune de Ben azzouz , le deuxième a été effectué sous le pont de Ben azzouz just a la sortie du village et le troisième dans la région de Bni M'hammed (entrée de la marsa) .

Cependant, la chaine prélèvement – échantillonnage – conservation – analyse doit être cohérente afin de maintenir l'intégrité de l'eau à étudier. **(Alain et Rodier, 2005)**

L'étude expérimentale a été séparer en deux types d'étude: physicochimique et bactériologique :

4 . Etude physicochimique :

Les substances présentes dans l'eau peuvent être classées selon deux modes différents:

- suivant leur nature chimique : organique ou minérale;
- suivant leur état physique : matières dissoutes, colloïdales ou en suspension.

Ces distinctions sont arbitraires dans la mesure où, d'une part une substance peut se trouver soit à l'état dissous, soit en suspension selon les conditions du milieu, et, d'autre part, l'eau est le siège de phénomènes de dégradation biologique qui peuvent transformer des substances organiques en substances minérales.

- **les matières minérales:**

Ce sont essentiellement des composées ioniques, anions et cations qui proviennent de la dissolution des roches dans l'eau qui circule a leur contacte.

L'eau contient également des gaz dissous ayant une grande importance dans les phénomènes biologiques ainsi que chimique.

- **les matières organiques:**

Ce sont, par définition, des composés du carbone, de l'hydrogène, de l'oxygène et de l'azote.

Ces matières proviennent soit de l'érosion des sols, soit de la décomposition de matières animales ou végétales qui se retrouvent dans l'eau. Elles se décomposent du fait de leur instabilité chimique et par l'action des microorganismes de l'eau en formant des composés de plus en plus simples.

- **les matières dissoutes:**

Ce sont des matières dispersées de façon homogènes dans l'eau, facilement polarisées ou ionisées.

Elles obéissent à des équilibres de la dissolution qui sont fonction de la température et de la pression. Ce dernier facteur étant important pour les gaz.

- **les matières colloïdales:**

L'état colloïdal est un état intermédiaire entre l'état dissous et la suspension. Les matières colloïdales sont constituées d'éléments de petite taille chargés négativement, ce qui explique qu'ils se repoussent et se répartissent de façon dispersée et désordonnée dans la masse liquide.

- **Les matières en suspension:**

Ce sont des particules solides dont la taille est supérieure à 10 μm , dispersées dans l'eau sans être chimiquement liées avec elle. (Rejsek, 2002).

Les caractéristiques physicochimiques des eaux souterraines dépendant d'un certain nombre de facteurs tels que la composition chimique et minéralogique des terrains traversés, la structure géologique, les conditions d'écoulement, les conditions physicochimiques locales. D'éventuelles pollutions peuvent modifier les caractéristiques naturelles de l'eau. Nous déterminons ces caractéristiques à l'aide de mesures et d'analyses différentes.

4.1. Mesure *in situ*:

Pour chaque prélèvement d'échantillons, des mesures *in situ* sont effectuées afin de déterminer certaines caractéristiques de l'environnement des prélèvements comme la température, le pH, la conductivité et l' O_2 dissous. Ces paramètres sont très sensibles aux conditions du milieu, elles peuvent disparaître ou se modifier au cours du stockage et transport de l'échantillon au laboratoire. (Rodier, 2005).

4.1.1. La température:

La température de l'eau joue un rôle important par exemple en ce qui concerne la solubilité des sels et des gaz dont, entre autres, l'oxygène nécessaire à l'équilibre de la vie aquatique. Par ailleurs, la température accroît les vitesses des réactions chimiques et biochimiques d'un facteur 2 à 3 pour une augmentation de température de 10 degrés Celsius ($^{\circ}\text{C}$). L'activité métabolique des organismes aquatiques est donc également accélérée lorsque la température de l'eau s'accroît.

La valeur de ce paramètre est influencée par la température ambiante mais également par d'éventuels rejets d'eaux résiduaires chaudes. Des changements brusques de température de plus de 3°C s'avèrent souvent néfastes.

4.1.2. Le potentiel d'hydrogène (pH):

Le pH est une mesure de l'acidité de l'eau c'est-à-dire de la concentration en ions d'hydrogène (H⁺).

L'échelle des pH s'étend en pratique de 0 (très acide) à 14 (très alcalin) ; la valeur médiane 7 correspond à une solution neutre à 25°C. Le pH d'une eau naturelle peut varier de 4 à 10 en fonction de la nature acide ou basique des terrains traversés. Des pH faibles (eaux acides) augmentent notamment le risque de présence de métaux sous une forme ionique plus toxique. Des pH élevés augmentent les concentrations d'ammoniac, toxique pour les poissons.

En région bruxelloise, on admet généralement qu'un pH naturel situé entre 6,5 et 8,5 caractérise des eaux où la vie se développe de manière optimale.

Tableau 08 : Classifications des eaux d'après leur pH. (Agrigon, 2000; Hakmi, 2002).

pH<5	Acidité forte: présence d'acides minéraux ou organiques dans les eaux naturelles
pH=7	pH neutre
7<pH<8	Neutralité approchée: majorité des eaux de surface.
5.5<pH<8	Majorité des eaux souterraines
pH>8	Alcalinité forte, évaporation intense

La mesure du pH a été réalisée in situ avec le papier pH c'est-à-dire la méthode colorimétrique .

Principe

L'eau à analyser est additionnée d'un indicateur (papier pH) et la coloration obtenue comparée à une échelle de teintes préparées à partir de solutions de pH connues.

4.1.3. La conductivité électrique (EC) :

La conductivité électrique (EC) est une expression numérique de la capacité d'une solution à conduire le courant électrique. La plupart des sels minéraux en solution sont de bons conducteurs. Par contre, les composés organiques sont de mauvais conducteurs. La conductivité électrique standard s'exprime généralement en millisiemens par mètre (mS/m) à 20 °C. La conductivité d'une eau naturelle est comprise entre 50 et 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

L'estimation de la quantité totale de matières dissoutes peut être obtenue par la multiplication de la valeur de la conductivité par un facteur empirique dépendant de la nature des sels dissous et de la température de l'eau. La connaissance du contenu en sels dissous est importante dans la mesure où chaque organisme aquatique a des exigences propres en ce qui concerne ce paramètre. Les espèces aquatiques ne supportent généralement pas des variations importantes en sels dissous qui peuvent être observées par exemple en cas de déversements d'eaux usées.

Tableau 09 : Classifications des eaux d'après leur conductivité.

(Agrigon, 2000; Hakmi, 2002).

X ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Types d'eaux
0.005	Eau déminéralisée
10<X<80	Eau de pluie
30<X<100	Eau peu minéralisée, domaine granitique
300<X<500	Eau moyennement minéralisée, domaine des roches carbonatées (karst)
500<X<1000	Eau très minéralisée
1000<X<3000	Eau très minéralisée, saumâtre ou saline
X>3000	Eau de mer

La conductivité électrique a été mesurée au laboratoire grâce à un multiparamètre mesurant la température et la conductivité.



Figure 27 : Multiparamètre mesurant la conductivité électrique (conductivimètre) , ($\mu\text{s} \backslash \text{cm}$)

4.1.4. L'oxygène dissous (OD) et % de saturation en oxygène :

Les concentrations en oxygène dissous constituent, avec les valeurs de pH, l'un des plus importants paramètres de qualité des eaux pour la vie aquatique.

L'oxygène dissous dans les eaux de surface provient essentiellement de l'atmosphère et de l'activité photosynthétique des algues et des plantes aquatiques. La concentration en oxygène dissous varie de manière journalière et saisonnière car elle dépend de nombreux facteurs tels que la pression partielle en oxygène de l'atmosphère, la température de l'eau, la salinité, la pénétration de la lumière, l'agitation de l'eau et la disponibilité en nutriments. Cette concentration en oxygène dissous est également fonction de la vitesse d'appauvrissement du milieu en oxygène par l'activité des organismes aquatiques et les processus d'oxydation et de décomposition de la matière organique présente dans l'eau.

Globalement, plus la concentration en oxygène dissous (OD) est proche de la saturation, plus l'aptitude de la rivière à absorber la pollution est grande :

- une valeur inférieure à 1 mg d'O₂ par litre indique un état proche de l'anaérobie. Cet état se produit lorsque les processus d'oxydation des déchets minéraux, de la matière organique et des nutriments consomment plus d'oxygène que celui disponible. Une faible teneur en oxygène dissous provoque une augmentation de la solubilité des éléments toxiques qui se libèrent des sédiments.
- une valeur de 1 à 2 mg d'O₂ par litre indique une rivière fortement polluée mais de manière réversible ;
- une teneur de 4 à 6 mg d'O₂ par litre caractérise une eau de bonne qualité ;
- des teneurs supérieures à la teneur naturelle de saturation en oxygène indiquent une eutrophisation du milieu se traduisant par une activité photosynthétique intense.

Les espèces de poissons sensibles peuvent être perturbées par une teneur en oxygène inférieure à 4 mg/l.

La concentration en oxygène dissous peut être exprimée en mg d'O₂ par litre ou en % de saturation en oxygène. Comme l'illustre le tableau ci-dessous, la relation entre ces 2 valeurs est fonction de la température.

Tableau 10 : Solubilité de l’oxygène dans l’eau en fonction de la température :

Température (c°)	Solubilité (mg O ₂ /l)
0	14,16
5	12,37
10	10,92
15	9,76
20	8,84
25	8,11

L’oxygène dissous a été mesurée au laboratoire grâce à un multiparamètre (oxymètre) .



Figure 28 :Multi paramètre mesurant le taux de l’oxygène dissous dans l’eau (oxymètre) (mg\l)

4.1.5. La salinité (S):

La présence de sel dans l'eau modifie certaines propriétés (densité, compressibilité, point de congélation, température du maximum de densité). D'autres (viscosité, absorption de

la lumière) ne sont pas influencées de manière significative. Enfin certaines sont essentiellement déterminées par la quantité de sel dans l'eau (conductivité, pression osmotique).

Le chlorure de sodium (Na Cl) n'est qu'un des très nombreux sels composant l'eau, pour la mesure de la salinité en utilise un multi-paramètre.

4.1.6. Le taux des sels dissous (TDS):

La quantité des sels minéraux dissous influence la conductivité, la mesure qui permet de déterminer la quantité totale de sels minéraux dissous dans l'eau qu'est appelée le TDS.

La mesure de la TDS ce fait dans le laboratoire a l'aide d'un TDS mètre en mettant une quantité de l'eau a analysé dans une cuve stérile et la introduire dans cette appareil. **(Rodier, 2005).**

4.2. Matières en suspension (MES) :

Les matières en suspension comprennent toutes les matières minérales ou organiques qui ne se solubilisent pas dans l'eau.

Elles incluent les argiles, les sables, les limons, les matières organiques et minérales de faible dimension, le plancton et autres micro-organismes de l'eau.

La quantité de matières en suspension varie notamment selon les saisons et le régime d'écoulement des eaux. Ces matières affectent la transparence de l'eau et diminuent la pénétration de la lumière et, par suite, la photosynthèse. Elles peuvent également gêner la respiration des poissons. Par ailleurs, les matières en suspension peuvent accumuler des quantités élevées de matières toxiques (métaux, pesticides, huiles minérales, hydrocarbures aromatiques polycycliques...). Les matières en suspensions sont exprimées en mg/l.

➤ Principe :

L'eau est filtrée et le poids de matières retenues par le filtre est déterminé par pesée différentielle.

➤ **Matériel spécial :**

-Dispositif de filtration sous vide ou sous pression (rampe).

-Membranes de filtration.

➤ **Mode opératoire :**

-Mettre les membranes filtrantes dans une étuve à 105°C pendant 20minutes.

-Laisser refroidir dans le dessiccateur.

-Ensuite les pesée : soit p_1 =poids des membranes avant filtration.

-Placer les membranes dans la rampe à filtration et faire passer 200ml d'eau à analyser a travers.

-Rendre les membranes à l'étuve (à105°C) a fin de sécher pendant 20minutes.

-Les laisser refroidir au dessiccateur puis les peser une deuxième fois soit p_2 = poids des membranes après filtration. **(Rodier, 2005; Hakmi, 2002).**

Expression des résultats

La teneur de l'eau en matières en suspension (mg/l) est donnée par l'expression

$$(p_2 - p_1) \times 1000$$



Figure 29 : Etuve



Figure 30 : Lampe à vide



Figure 31 : Dessiccateur

4.3. Les nitrates:

Ils jouent un rôle important comme engrais, car ils constituent le principal aliment azoté des plantes, dont ils favorisent la croissance. Toutes les eaux naturelles contiennent normalement des nitrates à des doses variant selon les saisons. Les ions nitrates se forment naturellement dans le cycle de l'azote. Les concentrations de nitrates d'origine naturelle dans les eaux de surface sont généralement de quelques milligrammes par litre.

Le dosage des nitrates fait appel à des méthodes relativement complexes avec une grande probabilité de présence de constituants interférents; de ce fait, la détermination des nitrates est délicate. Pour chaque type d'échantillon, le choix de la méthode est déterminé par la concentration à doser et les interférences probables.

Les méthodes proposées sont la chromatographie ionique, applicable aux teneurs supérieures à 1mg/L, la réduction au cadmium de 0,01 à 1mg/L en N, avec une adaptation en automatique de 0,05 à 20 mg/L. Les méthodes spectrophotométriques exigent un échantillon limpide : les échantillons turbides doivent être filtrés sur membrane 0,45µm après avoir vérifié qu'elle ne contient pas de nitrates. De plus, les colorations développées sont très sensibles aux interférences.

Prélever les échantillons en flacons de verre ou de polyéthylène.

Les refroidir à 4°C sur le lieu de prélèvement. Effectuer le dosage dans les meilleurs délais pour éviter l'évolution rapide des nitrates et des nitrites.

Méthode par spectrophotométrie d'absorption moléculaire :

➤ Principe

En présence des alicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosalicylate de sodium, coloré en jaune et susceptible d'un dosage spectrophotométrique.

➤ Matériel spécial

- Capsule de 60 ml environ.
- Bain-marie

➤ **Mode opératoire**

Introduire 10ml d'eau dans une capsule de 60ml (pour des teneurs en azote nitrique supérieures à 10 mg/l, opérer une dilution. Alcaliniser faiblement avec la solution d'hydroxyde de sodium. Poursuivre le dosage comme pour la courbe d'étalonnage. Préparer de la même façon un témoin avec 10ml d'eau permutée. Effectuer les lectures au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 415 nm et tenir compte de la valeur lue pour le témoin. Se reporter à la courbe d'étalonnage.

➤ **Expression des résultats**

Pour une prise d'essai de 10ml, la courbe donne directement la teneur en azote nitrique exprimée en milligrammes par litre d'eau. Pour obtenir la teneur en nitrate (N03), multiplier ce résultat par 4,43.



Figure 32 : Spectrophotomètre

4.4. Les nitrites:

Les nitrites sont des composés azotés solubles dans l'eau qui se forment lorsque la dégradation microbiologique des nutriments (résidus de nourriture) est incomplète. Leur présence peut aussi être due à un apport d'eaux chargées en nitrites ou d'eaux pluviales (surtout après les orages). Lorsque l'écosystème est intact, l'analyse de l'eau ne doit détecter aucun nitrite. Même à très faible concentration (0,2 mg/l), les nitrites peuvent avoir des incidences extrêmement négatives sur un bassin et intoxiquer tous les poissons qu'il contient. Cette toxicité est due principalement à ce qu'en se fixant dans le sang, les nitrites empêchent le transport de l'oxygène. **(Amino, 1983).**

Suivant l'origine des eaux, la teneur en nitrites est assez variable. La méthode à la sulfanilamide a une sensibilité de l'ordre de quelques microgrammes par litre. Il sera nécessaire d'en tenir compte pour l'interprétation des résultats et de prendre toutes précautions utiles pour la pureté des réactifs et la propreté de la verrerie.

Sous l'action des phénomènes biologiques, l'équilibre entre l'ammoniaque, les nitrites et les nitrates peut évoluer rapidement. Il convient donc de procéder au dosage des nitrites le plus tôt possible après le prélèvement en le conservant à 4°C. **(Rodier, 2005).**

Méthode par spectrophotométrie d'absorption moléculaire :

➤ **Principe**

la diazotation de l'amino-4-benzènesulfonamide par les nitrites en milieu acide et sa copulation avec le dichlorure de N-(naphtyl-1) diamino-1,2 éthane donne un complexe coloré pourpre susceptible d'un dosage spectrophotométrique.

➤ **Mode opératoire**

Introduire 50ml d'eau à analyser dans une fiole jaugée puis pour suivre le dosage comme pour la courbe d'étalonnage. Tenir compte de la valeur lue pour le témoin. Se reporter à la courbe d'étalonnage.

➤ **Expression des résultats**

Pour une prise d'essai de 50ml, la courbe donne directement la teneur en azote nitreux (N02), exprimée en milligrammes par litre d'eau.



Figure 33 : Des fioles jaugées contenant un liquide à couleur pourpre montrant la présence des nitrites, prêtes à faire passer sur le spectrophotomètre.

4.5. Charge en matières organiques : demande biochimique en oxygène (DBO) et demande chimique en oxygène (DCO) :

Deux méthodes permettant d'évaluer la quantité en matière organique présente dans l'eau sont généralement utilisées : la demande biochimique en oxygène (DBO) et la demande chimique en oxygène (DCO). Ces deux méthodes se basent sur la différence entre la teneur en oxygène dissous initiale et la teneur en oxygène dissous finale après oxydation de la matière organique présente dans un échantillon d'eau.

La demande biochimique en oxygène (DBO) représente la quantité d'oxygène utilisée par les bactéries pour décomposer partiellement ou pour oxyder totalement les matières biochimiques oxydables présentes dans l'eau et qui constituent leur source de carbone (graisses, hydrates de carbone, tensioactifs, etc.). Ce prélèvement d'oxygène se fait au détriment des autres organismes vivants du milieu aquatique. En ce qui concerne les eaux domestiques, environ 70% des composés organiques sont généralement dégradés après 5 jours et la dégradation est pratiquement complète au bout de 20 jours. L'indicateur utilisé est généralement la DBO_5 qui correspond à la quantité d'oxygène (exprimée en mg/l) nécessaire aux microorganismes décomposeurs pour dégrader et minéraliser en 5 jours la matière organique présente dans un litre d'eau polluée. Plus la DBO_5 est élevée, plus la quantité de matières organiques présentes dans l'échantillon est élevée.

La demande chimique en oxygène (DCO) correspond à la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation par voie chimique, effectuée à l'aide d'un oxydant puissant, des composés organiques présents dans l'eau.

Elle permet de mesurer la teneur en matières organiques totales (exceptés quelques composés qui ne sont pas dégradés), y compris celles qui ne sont pas dégradables par les bactéries. Il s'agit donc d'un paramètre important permettant de caractériser la pollution globale d'une eau par des composés organiques.

La différence entre la DCO et la DBO est due aux substances qui ne peuvent pas être décomposées biologiquement. Le rapport entre la DBO et la DCO constitue une mesure indicative de la « dégradabilité » biochimique des composés présents dans l'eau. Le rapport DCO/DBO évolue d'environ 2,5 (eau résiduaire récemment déversée) à 10-20 après décomposition totale (Lisec 2004). Dans ce dernier cas, on parle d'une eau bien minéralisée. Cependant, lorsque des composés toxiques sont présents, l'activité biologique est ralentie et, de ce fait, la quantité d'oxygène consommée après 5 jours est moindre. Ceci se traduit également par un rapport DCO/DBO élevé. La DBO et la DCO se mesurent en mg d'O₂ par litre.

4.5.1. Détermination de la DBO :

Méthode instrumentale :

➤ Principe :

Plusieurs types d'appareillages sont commercialisés pour la mesure de la DBO. Certains permettent d'enregistrer une dépression, c'est le système de Warburg; d'autres enregistrent la quantité d'oxygène fournie pour rétablir au fur et à mesure des besoins la pression initiale d'oxygène: c'est le système respirométrique de Sierp.

L'échantillon d'eau introduit dans une enceinte thermostatée est mis à incuber en présence d'air. Les micro-organismes présents consomment l'oxygène dissous qui est remplacé en permanence par de l'oxygène en provenance du volume d'air situé au-dessus de l'échantillon. L'anhydride carbonique formé est piégé par de l'hydroxyde de potassium.

➤ **Mode opératoire**

Pour la mise en œuvre de la technique, l'opérateur se reportera au mode opératoire correspondant au matériel utilisé.



Figure 34 : Matériels pour la réalisation de la DBO5.

4.5.2. Détermination de la DCO :

- **Méthode par le dichromate de potassium :**

➤ **Principe**

Dans des conditions définies, certaines matières contenues dans l'eau sont oxydées par un excès de dichromate de potassium, en milieu acide et en présence de sulfate d'argent et de sulfate de mercure. L'excès de dichromate de potassium est dosé par le sulfate de fer et d'ammonium.

➤ **Mode opératoire :**

Introduire 50 ml d'eau à analyser (ou de dilution) soigneusement homogénéisée dans un ballon de 500 ml contenant quelques billes pour régulariser l'ébullition. Ajouter 1gde sulfate mercurique cristallisé et 5ml de solution sulfurique de sulfate d'argent. Ajouter 25 ml de solution de dichromate de potassium 0,04 mol/l puis avec précaution 70 ml de solution

sulfurique de sulfate d'argent en agitant par un mouvement circulaire du ballon et en refroidissant sous un courant d'eau froide. Porter à ébullition pendant deux heures sous réfrigérant à reflux adapté au ballon. laisser refroidir. Diluer à environ 350 ml avec de l'eau permutée. Ajouter quelques gouttes de solution de ferroïne. Déterminer la quantité nécessaire de solution de sulfate de fer et d'ammonium pour obtenir le virage au rouge violacé. Procéder aux mêmes opérations sur 50 ml d'eau permutée.



Réchauffement des solutions du DCO



Refroidissement



Titration

Figure 35 : Matériels nécessaires à la réalisation de la DCO.

5. L'analyse bactériologique :

Introduction

Les bactéries dans l'eau peuvent avoir trois origines différentes:

- Origine purement aquatique.
- Origine terrestre.
- Origine animale ou humaine: ce sont des germes de contamination; le plus souvent fécale, parfois rhino-pharyngée dont la température de développement est au voisinage de 37°C et qui sont accoutumés à un milieu nutritif (matière fécale) riche en matière organique. **(Sayad, 2008).**

- **Les coliformes:**

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

- **Les coliformes fécaux:**

Les coliformes fécaux, ou coliformes thermo-tolérants, sont un sous-groupe des coliformes totaux capable de fermenter le lactose à une température de 44°C. L'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est *Escherichia coli* (*E. coli*), dans une moindre mesure, certaines espèces des genres *Citrobacter*, *Enterobacter* et *Klebsiella*. **(Roux, 2003).** La bactérie *E coli* représente toute fois 80 à 90% des coliformes fécaux détectés bien que la présence de coliformes fécaux témoigne habituellement d'une contamination d'origine fécale. **(Camille, 2003; Carbonnelle et al., 1998 et Archibald et al., 2003).**

Les *Escherichia coli* sont des coliformes thermo-tolérants ayant la particularité de produire de l'indole à partir du tryptophane présent dans le milieu à une température comprise entre $42 \pm 2^\circ\text{C}$. (**Bourgeois et Leveau, 1980; Denis *et al.*, 1983**).

- **Les streptocoques fécaux:**

Les streptocoques fécaux ou streptocoques du groupe «D» de la classification de Lancefield, ou encore les entérocoques intestinaux, sont des bactéries qui se présentent sous forme de cocci à Gram positive, sphériques ou ovoïdes formant des chainettes, (**Bourgeois et Leveau, 1980**) ne possédant pas de catalase mais possédant l'antigène du groupe D. Ils sont capables de se développer en 24 à 48 heures à 37°C sur un milieu sélectif à l'azoture de sodium en donnant des colonies caractéristiques réduisant le TTC et qui de plus hydrolysent l'esculine en 2heures à 44°C . (**Labres *et al.*, 2008**).

5.1. Matériel:

Nous avons utilisé pour le prélèvement des flacons en verre stériles. Au laboratoire, le matériel classique d'un laboratoire de bactériologie: des étuves à 37° , à 44° et à 22°C , un bain Marie, des boîtes de Pétri, anse de platine, pipette Pasteur, bec Bunsen et des milieux de culture liquides et solides, ainsi que plusieurs réactifs.

5.1.1. Méthodes d'analyse bactériologiques de l'eau:

L'étude de la variation de la population bactérienne globale, le dénombrement et la recherche des bactéries d'origine fécale et la recherche des bactéries pathogènes sont les grandes lignes des analyses bactériologiques des eaux. (**Guiraud, 1998**).

5.1.2. Evaluation des germes totaux (GT):

Cette méthode consiste à la recherche et le dénombrement des microorganismes revivifiables dans les eaux par comptage des colonies à 22° et à 37°C .

Mode Opérateur

A partir de l'eau à analyser (Solution mère = 1) et/ou des dilutions décimales 10^{-1} et 10^{-2} , porter aseptiquement 1 ml en double dans deux boîtes de Pétri vides, numérotées et préparées à cet usage comme l'indique le schéma ci-après.(fig.36).

Compléter ensuite avec environ 19 ml de gélose TGEA fondue puis refroidie à $45 \pm 2^\circ\text{C}$. Le temps qui s'écoule entre le moment où l'on a distribué l'inoculum dans la boîte et celui où le milieu est coulé ne doit pas excéder 15 minutes.

Faire ensuite des mouvements circulaires et de va-et-vient en forme de « 8 » sur une surface horizontale pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose.

Laisser solidifier les boîtes sur la pailleasse.

Les boites seront partagées en deux séries distinctes :

- La première série sera incubée à $22 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 68 ± 4 heures,
- La seconde série sera incubée à $36 \pm 2^\circ\text{C}$, pendant 44 ± 4 heures.

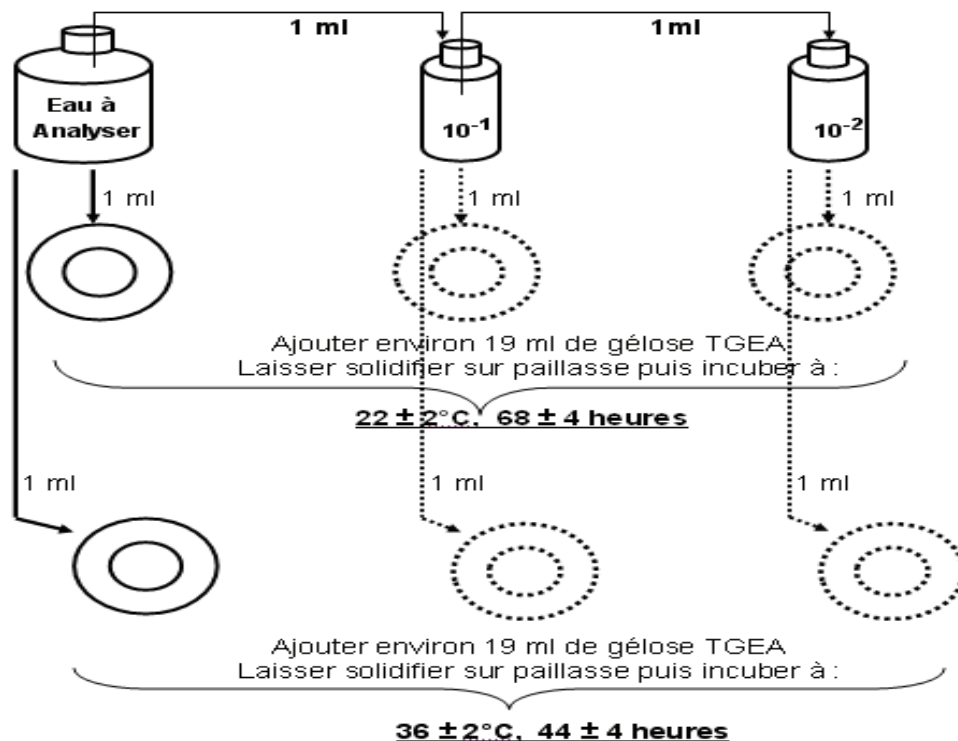


Figure 36 : Recherche et dénombrement des micro-organismes revivifiants à 22 et à 37°C dans les eaux. (Labres *et al.*, 2008).

Lecture et interprétation :

Les colonies de microorganismes revivifiants apparaissent en masse sous formes lenticulaires et bien distinctes. Retenir les boites contenant moins de 300 colonies, au niveau de deux dilutions successives. Il faut qu'une boîte renferme au moins 15 colonies.

Calculer ensuite la valeur du nombre \underline{N} , de microorganismes revivifiables à $22 \pm 2^\circ\text{C}$ à part et celle du nombre \underline{N} de microorganismes revivifiables à $36 \pm 2^\circ\text{C}$ à part, en tant que moyenne pondérée, à l'aide de l'équation suivante :

$$N = \frac{\Sigma c}{1,1 \times d}$$

Où :

Σc : est la somme des colonies dénombrées sur deux boîtes de dilutions successives retenues.

d : est le taux de dilution correspondant à la première dilution.

Arrondir les résultats calculés à deux chiffres significatifs après la virgule.

Le résultat final de microorganismes revivifiables dénombrés à 22°C et à 37°C par ml d'eau est noté par un nombre compris entre 1,0 et 9,9 multiplié par 10^x où x est la puissance appropriée de 10. (Labres *et al.*, 2008).

5.1.3. Recherche et dénombrement des coliformes totaux, fécaux avec identification d'*Escherichia coli* en milieu liquide:

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 la colimétrie.

➤ Mode opératoire

La recherche et le dénombrement des bactéries coliformes, coliformes thermo-tolérants et des *Escherichia coli* dans les eaux, en milieu liquide par la technique du NPP, se fait en deux étapes consécutives :

- Le test de présomption: réservé à la recherche des coliformes.
- Le test de confirmation : réservé à la recherche des coliformes thermo-tolérants et d'*Escherichia coli*. (Labres *et al.*, 2008; Chaouch, 2007).

➤ **Test de présomption**

A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement :

- 50 ml dans un flacon contenant 50 ml de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham
- 5 fois 10 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham
- 5 fois 1 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham, (Fig.37).

Chassez l'air éventuellement présent dans les cloches de Durham et bien mélangé le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures.

➤ **Lecture**

Seront considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :

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

Ces deux caractères étant témoins de la fermentation du lactose dans les conditions opératoires décrites. (**Labres *et al.*, 2008**).

La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table du NPP.

➤ **Test de confirmation**

Le test de confirmation est basé sur la recherche de coliformes thermo tolérants parmi lesquels on redoute surtout la présence d'*Escherichia coli*.

Les coliformes thermo-tolérants ont les mêmes propriétés de fermentation que les coliformes mais à 44°C.

Escherichia coli est un coliforme thermo-tolérant qui entre autre :

- produit de l'indole à partir du tryptophane présent dans le milieu à 44°C,

- donne un résultat positif à l'essai au rouge de méthyl.
- ne produit pas de l'acétyl méthyl carbinol,
- n'utilise pas le citrate comme source unique de carbone.

Les tubes de BCPL trouvés positifs lors du dénombrement des coliformes feront l'objet d'un repiquage à l'aide d'une anse bouclée dans tube contenant le milieu Schubert muni d'une cloche de Durham, (Fig.37).

Chasser l'air éventuellement présent dans les cloches de Durham et bien mélanger le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait cette fois-ci au bain Marie à 44°C pendant 24 heures. (Labres *et al.*, 2008).

Lecture

Seront considérés comme positifs, les tubes présentant **à la fois** :

- Un dégagement gazeux, et
- Un anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole par *Escherichia coli* après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kowacs.

La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table du NPP en tenant compte du fait qu'*Escherichia coli* est à la fois producteur de gaz et d'indole à 44°C, pendant 24heures. (Labres *et al.*, 2008).

- **Remarque** : Etant donné que les coliformes fécaux font partie des coliformes totaux, il est pratiquement impossible de trouver plus de coliformes fécaux que de coliformes totaux.

Les résultats sont exprimés en germes par 100ml d'eau analysé. (Labres *et al.*, 2008).

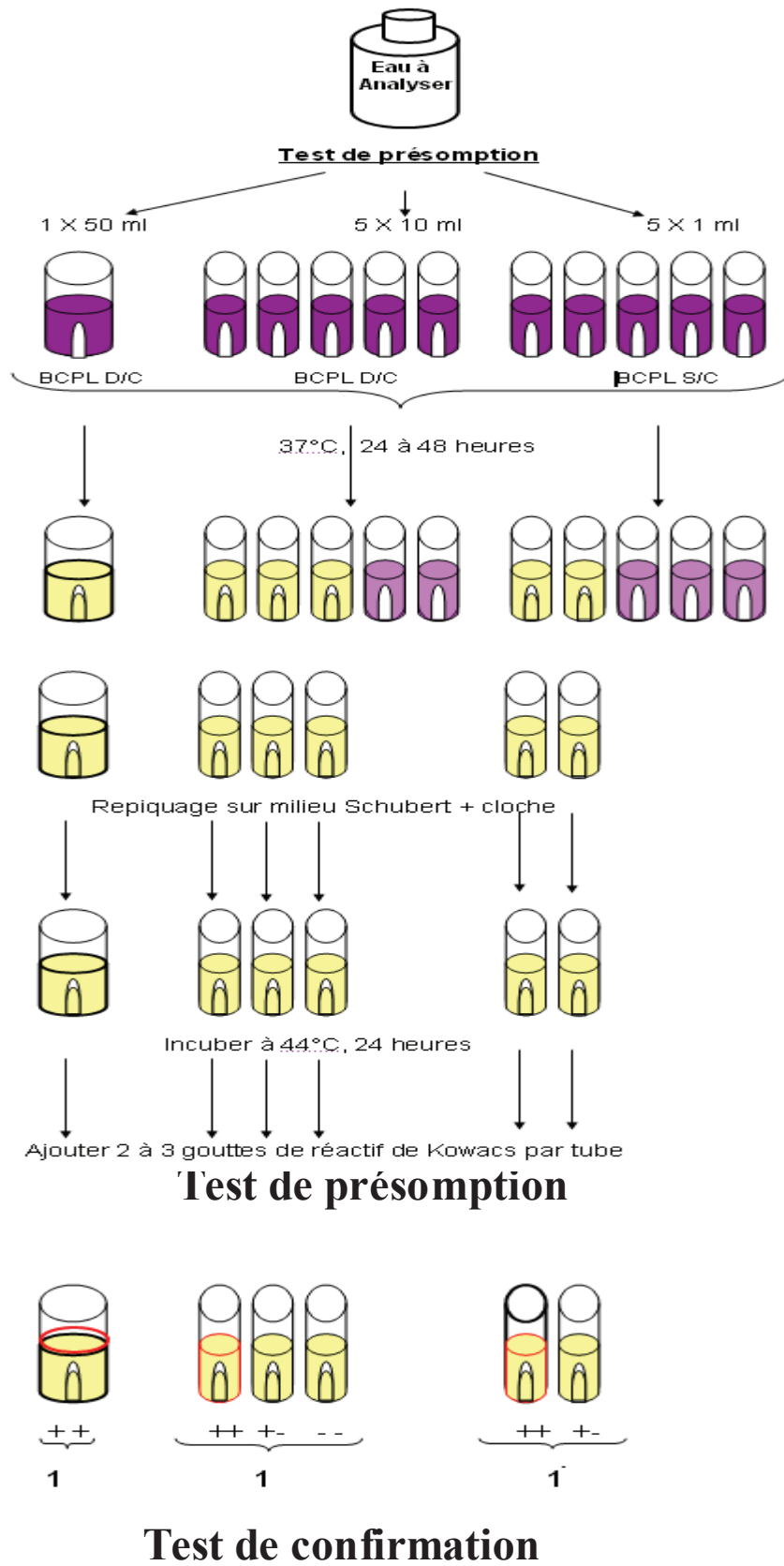


Figure 37 : Organigramme de la NPP (Labres *et al.*, 2008).

5.1.4. Recherche et dénombrement des Streptocoques: méthode générale par ensemencement en milieu liquide :

Cette méthode de référence, consiste en la recherche et le dénombrement des entérocoques intestinaux ou streptocoques du groupe « D » de la classification de Lancefield, nommés aussi streptocoques fécaux dans les eaux.

➤ Mode opératoire

La recherche et le dénombrement des streptocoques du groupe « D » dans les eaux, en milieu liquide, se fait en deux étapes consécutives :

- Le test de présomption: réservé à la recherche présomptive des Streptocoques.
- Le test de confirmation : réservé à la confirmation réelle des Streptocoques du groupe « D ». (Chaouch, 2007).
- **Test de présomption**

A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement :

- 50 ml dans un flacon contenant 50 ml de milieu Rothe D/C.
- 5 fois 10 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu Rothe D/C
- 5 fois 1 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu Rothe S/C. (Fig.38).

Bien mélanger le milieu et l'inoculum.

L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures. (Labres *et al.*, 2008).

Lecture

Seront considérés comme présomptifs les tubes présentant un trouble microbien ; seulement ces derniers :

- ne doivent en aucun cas faire l'objet de dénombrement
- doivent par contre, absolument faire l'objet d'un repiquage sur milieu Eva-Litsky dans le but d'être justement confirmés.

➤ **Test de confirmation :**

Le test de confirmation est basé sur la confirmation des streptocoques du groupe « D » éventuellement présents dans le test de présomption.

Les tubes de Rothe trouvés positifs feront donc l'objet d'un repiquage à l'aide d'une anse bouclée dans un tube contenant le milieu Eva litsky.

Bien mélanger le milieu et l'inoculum.

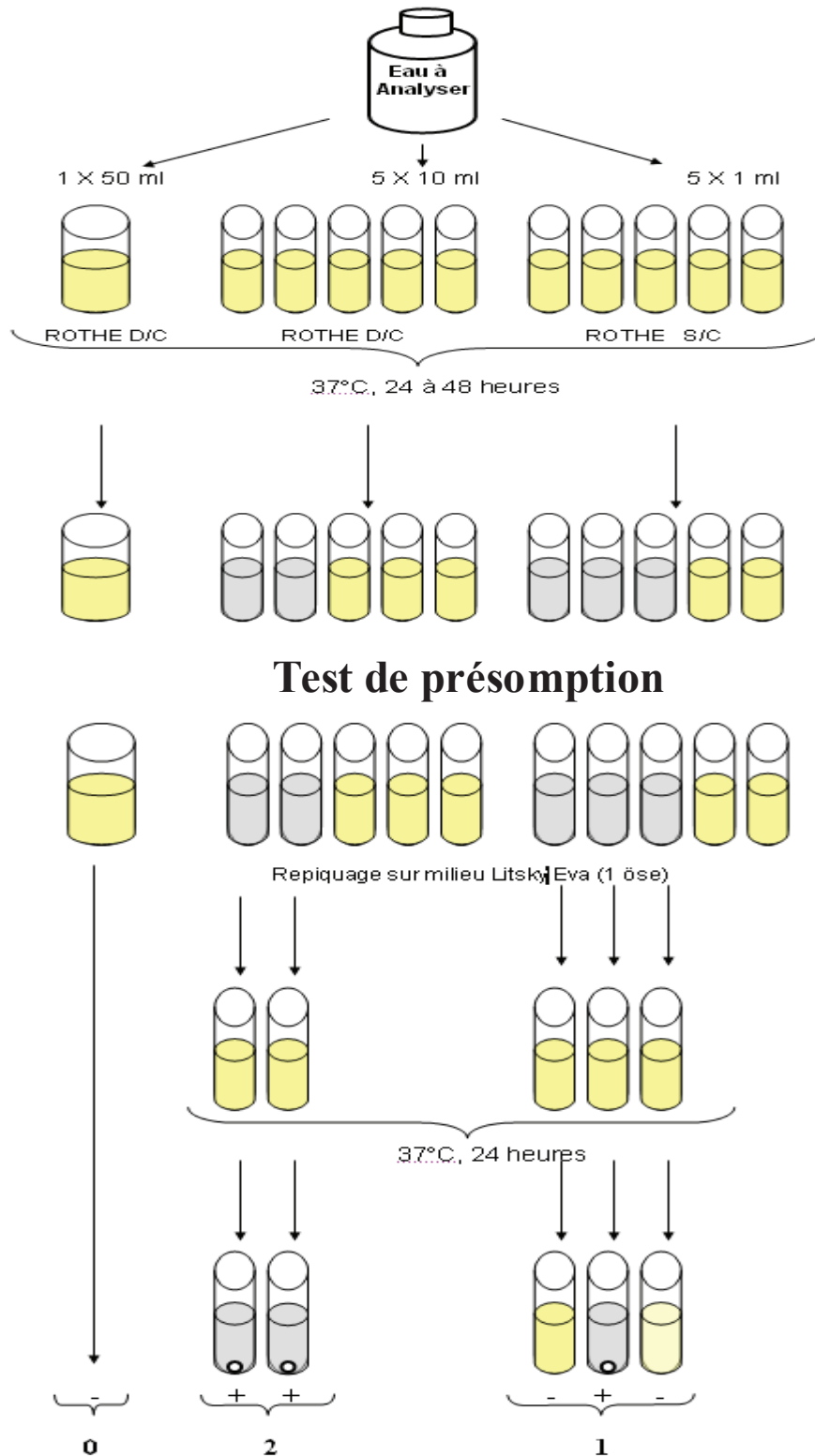
L'incubation se fait cette fois-ci à 37°C, pendant 24 heures. (**Labres *et al.*, 2008**).

Lecture :

Seront considérés comme positifs, les tubes présentant **à la fois** :

- Un trouble microbien, et
- Une pastille violette (blanchâtre) au fond des tubes.

La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table du NPP. (**Labres *et al.*, 2008**).



Test de confirmation

Figure 38 : Organigramme de dénombrement des streptocoques fécaux (ensemencement en milieu liquide). (Labres *et al.*, 2008).

5.1.5. Recherche et dénombrement des spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices et de *Clostridium* sulfito-réducteurs: Méthode par incorporation en gélose en tubes profonds :

Cette méthode consiste à rechercher, et dénombrer les spores des bactéries anaérobies sulfito-réductrices et de clostridium sulfito-réducteurs dans les eaux, par incorporation en gélose en tubes profonds.

Définition :

On entend par bactéries anaérobies sulfito-réductrices des bactéries qui se présentent sous forme de bacilles à Gram positif et qui en se développant à une température de $36 \pm 2^\circ\text{C}$ en 24 à 48 heures en gélose profonde de type gélose Tryptose Sulfite Cyclosérine ou Tryptose Sulfite Néomycine ou encore gélose Viande Foie, donnent des colonies caractéristiques qui sont de couleur blanche entourées d'une auréole noire. Cette dernière est le témoin de la réduction du sulfite de sodium (Na_2SO_3) qui se trouve dans le milieu, en sulfure qui en présence de Fe^{2+} donne FeS (sulfure de fer) de couleur noire. (Labres *et al.*, 2008; Pechère, 1982).

La présence de spores de bactéries ASR dans les eaux, sans flore d'accompagnement, constitue généralement un véritable indice de contamination ancienne.

➤ Mode opératoire

A partir de l'eau à analyser :

- Transférer environ 25 ml dans un tube stérile, qui sera par la suite soumis à un chauffage de l'ordre de 75°C pendant 15 minutes, dans le but de détruire toutes les formes végétatives des bactéries anaérobies sulfito-réductrices éventuellement présentes. Un autre flacon rempli d'une autre eau servira de témoin de température.
- Après chauffage, refroidir immédiatement le flacon destiné à l'analyse, sous l'eau de robinet.

- Répartir ensuite le contenu de ce tube, dans 4 tubes différents et stériles, à raison de 5 ml par tube.
- Ajouter environ 18 à 20 ml de gélose Tryptose Sulfite Cyclosérine ou Tryptose Sulfite Néomycine ou encore gélose Viande Foie, fondue puis refroidie à $47 \pm 1^\circ\text{C}$, additionnée de leurs additifs spécifiques.
- Mélanger doucement le milieu et l'inoculum en évitant d'introduire des bulles d'air et de l'oxygène.

Laisser solidifier sur paillasse pendant 30 minutes environ, puis incubé à $36 \pm 2^\circ\text{C}$, pendant 44 ± 4 heures, dans le cas de la gélose Viande Foie. (Labres *et al.*, 2008).

Lecture et interprétation :

La première lecture doit être absolument faite à 16 heures car très souvent les spores des bactéries anaérobies sulfito-réductrices sont envahissantes sinon on se trouvera en face d'un tube complètement noir rendant ainsi l'interprétation difficile voire impossible et l'analyse sera à refaire en utilisant des dilutions décimales de 10^{-1} voire 10^{-2} . La deuxième lecture se fera à 24 heures.

Dénombrer toutes colonies noires de 0,5 mm de diamètre, ayant poussé en masse et rapporter le nombre total des colonies dans les quatre tubes à 20 ml d'eau à analyser. (Labres *et al.*, 2008).

5.1.6. Recherche des germes pathogènes:

- **Recherche de Staphylocoques à coagulase positive dans les eaux**

On entend par staphylocoques à coagulase positive, les bactéries qui se présentent sous forme de cocci à Gram positive, sphériques, isolées ou regroupées formant ainsi des grappes de raisin, possédant l'enzyme catalase et la coagulase. Ils sont capables de se développer en 24 à 48 heures à $36 \pm 2^\circ\text{C}$ sur un milieu sélectif Chapman au mannitol. (Labres *et al.*, 2008; Carbonnelle, 1988 et Pechère *et al.*, 1982).

L'espèce type du genre est *Staphylococcus aureus*. Elle est pathogène et la plus redoutée.

Mode opératoire :

La recherche des Staphylocoques à coagulase positive ou plus particulièrement *Staphylococcus aureus*, par filtration sur membrane nécessite une préparation au préalable, qui se déroule selon les étapes suivantes :

- Tout d'abord, il faudrait stériliser l'entonnoir gradué en acier inoxydable ainsi que la membrane poreuse à l'aide d'un bec Bunsen.
- Les refroidir tout de suite après, avec l'eau à analyser si on en dispose en quantité suffisante ou bien avec de l'eau distillée stérile.
- Mettre en place de façon aseptique une membrane de porosité nominale de 0,45 μ entre la membrane poreuse et l'entonnoir à l'aide d'une pince stérile.
- Fixer ce dispositif avec la pince correspondante.
- Déposer ensuite aseptiquement 100 ml d'eau à analyser, Actionner ensuite la pompe à vide pour absorber l'eau à travers la membrane.
- Retirer l'entonnoir puis transférer immédiatement et aseptiquement la membrane à l'aide d'une pince à bouts arrondis stérile, à la surface d'une plaque de gélose Chapman au mannitol préalablement préparée.

Cette dernière sera incubée couvercle en bas à $36 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 44 ± 4 heures.

Lecture et interprétation :

Après la période d'incubation spécifiée, les Staphylocoques à coagulase positive ou plus particulièrement *Staphylococcus aureus*, apparaissent sous forme de petites colonies lisses légèrement bombées à contours réguliers et pigmentées en jaune (fermentation du mannitol) ou en blanc.

Staphylococcus aureus, possède ces deux enzymes. (Labres *et al.*, 2008; Pechère *et al.*, 1982).

- **Test à la catalase :**

Placer séparément deux gouttes d'une solution de peroxyde d'hydrogène H₂O₂ sur une lame de microscope. Prélever une demi-colonie avec une tige de verre (pipette Pasteur) et l'émulsionner doucement dans une des deux gouttes.

Observer immédiatement et après 5 minutes s'il y a apparition (catalase positive) ou absence (catalase négative) de bulles d'oxygène. Dans le cas où il y a doute, recouvrir chacune des gouttes avec lamelle de microscope et comparer l'apparition des bulles sous les deux lamelles. Les observations peuvent se faire macroscopiquement ou à l'aide d'un microscope à faible grossissement.

- **Test à la coagulase libre**

Après incubation, prendre aseptiquement une demi-colonie dans un tube stérile à hémolyse contenu 0,3 ml de plasma de lapin (ou de l'homme), et incuber de nouveau à 36 ± 2°C pendant 2 à 6 h.

Examiner la coagulation du plasma de lapin sinon ré-incuber et examiner de nouveau à 20 ± 4 heures.

Considérer que la réaction à la coagulase est positive quand le coagulum occupe plus des trois quart du volume initialement occupé par le liquide. (**Labres *et al.*, 2008; Pechère *et al.*, 1982**).

Le tableau suivant résume quelques caractères biochimiques de différentes espèces de Staphylocoques.

Tableau 11 : Les principaux staphylocoques isolés en microbiologie. (Sayad, 2008).

Staphylocoque	<i>aureus</i>	<i>Intermedius</i>	<i>saprophyticus</i>	<i>epidermitis</i>
Catalase	+	+	+	+
Coagulase	+	+	-	-
Mannitol en anaérobie	+	-	-	-
Résistance à la Novobiocine (5 Micro-gr)	S	S	R	S



Figure 39 : Lecture de la catalase.

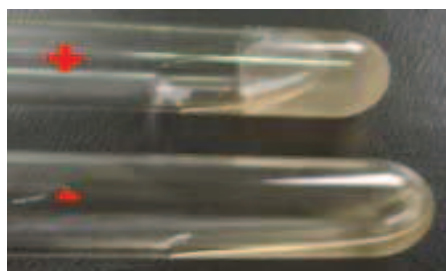


Figure 40 : Lecture de la staphylocoagulase.

- **Recherche de *Pseudomonas aeruginosa***

On entend par *Pseudomonas aeruginosa*, une bactérie qui se présente sous forme de bacille à Gram négatif possédant l'enzyme oxydase et capable de produire de l'ammoniac à partir de l'acétamide.

Pseudomonas aeruginosa, est également une bactérie hautement pathogène et résistante à plusieurs antibiotiques.

C'est une bactérie lactose négative, autrement dit dépourvue d'enzymes dégradant le lactose, pourvue d'une odeur de seringia (fleur de la famille des Philadelphacées encore appelée "jasmin des poètes"). (Labres *et al.*, 2008; Pechère *et al.*, 1982 ; Pilet, 1987).

Culture :

Une reconnaissance préliminaire en laboratoire identifie ses colonies sur les géloses de type MacConkey (géloses contenant entre autres du lactose) à leur apparence de perles beiges, alors que les colonies de bactéries lactose positives sont roses. Pour une identification assurée on recherche la présence des enzymes de type oxydase.

La production des deux pigments pyocyanine et fluorescéine, et la température de croissance optimale de 42°C confirme l'identification. (Labres *et al.*, 2008), (1).

Confirmation :

- Coloration de Gram.
- Examen directe entre lame et lamelle (état frais), il permet d'observer la mobilité des germes.
- Recherche de la pyocyanine, pigment bleu caractéristique de *Pseudomonas aeruginosa*
- Nous ensemençons à partir des colonies développées, l'eau peptonée.
- Nous incubant à 37°C jusqu'à apparition de couleur verdâtre, ajouté 2 ml de chloroforme, après agitation, la pyocyanine donne au chloroforme une teinte bleu. (Labres *et al.*, 2008).

Tableau 12 : Caractéristiques d'identification des principales espèces de *Pseudomonas*.
(Sayad, 2008).

Espèce	<i>P. aeruginosa</i>	<i>P. fluoresces</i>	<i>P. putida</i>	<i>P. stutzeri</i>	<i>P. pseudomallei</i>	<i>P. mallei</i>	<i>P. cepacia</i>	<i>P. diminuta</i>
caractère								
Oxydase	+	+	+	+	+	+	+	+
Oxydation du glucose	+	+	+	+	+	+	+	-
pyocyanine	+	-	-	-	-	-	-	-
pyoverdine	+	+	+	-	-	-	-	-
Culture à 4°C	-	+	d	-	-	+	-	-
Culture à 42°C	+	-	-	+	+	d	d	d
Nitrate	+	D	-	+	+	+	+	-
Gélatinase	+	+	-	-	+	+	d	-
Citrate de Simmons	+	+	+	+	++	-	+	-

d : variable suivant les souches.

- **Recherche de *Vibrio cholérique* :**

On entend par Vibrionaceae, des bactéries qui se présentent sous forme de Bacilles à Gram Négatifs droits ou incurvés (BGN), très mobiles, possédant une oxydase, aéro-anaérobies facultatifs, fermentant le glucose sans production de gaz ni d'H₂S, hautement pathogènes. (Labres *et al.*, 2008 ; Pechère *et al.*, 1982, Pilet, 1987).

Il est responsable d'une maladie pestilentielle à tropisme digestif, qui se développe par pandémies. (Berche *et al.*, 1988).

Mode opératoire :

Premier jour : Enrichissement primaire

L'enrichissement primaire s'effectue sur le milieu Eau Peptonée Alcaline (EPA) 10 fois contenant au préalable 50 ml de milieu, auquel on ajoute aseptiquement 450 ml d'eau à analyser au moment du prélèvement.

Ce dernier sera par la suite incubé à $36 \pm 2^{\circ}\text{C}$ pendant 20 ± 4 heures.

Deuxième jour : Enrichissement secondaire et isolement

Après incubation, le flacon constituant l'enrichissement primaire fera l'objet :

- d'un isolement sur gélose GNAB 1, l'incubation se fait à $36 \pm 2^{\circ}\text{C}$ pendant 20 ± 4 heures.

Troisième jour : Lecture des boîtes et identification

- D'autre part, la boîte de gélose GNAB 1 subira une lecture en tenant compte du fait que les Vibrions se présentent le plus souvent sous forme de grosses colonies lisses, transparentes et très caractéristiques. (Fig.42).

Identification morphologique et biochimique

Les colonies sont très fines sur la gélose nutritive, jaunâtre sur la gélose hyperalcaline. (Patrick *et al.*, 1988).

Une identification morphologique et biochimique basée essentiellement sur :

- Etat frais (bacilles, mobilité),
- Coloration de Gram (bacilles Gram négatifs),
- Oxydase (+),
- Ensemencement d'un tube de TSI qui sera incubé à 37°C, 24 h (Saccharose, Glucose, Gaz et H₂S),
- Ensemencement d'un tube de gélose nutritive inclinée qui sera incubé à 36 ± 2°C pendant 20 ± 4 heures. qui servira à l'agglutination sur lame, comme suit

Faire une mini-galerie biochimique basée sur l'étude des acides aminés en vue de différencier les *Vibrions*, des *Pleisiomonas* et des *Aéromonas* selon le tableau suivant : (Tab.13). (Labres *et al.*, 2008).

Tableau 13 : Différences majeures entre les *Vibrio*, *Pleisiomonas* et *Aeromonas*. (Labres *et al.*, 2008).

	LDC	ODC	ADH
<i>Vibrio</i>	+	+	-
<i>Aéromonas</i>	-	-	+
<i>Pleisiomonas</i>	+	+	+

S'il s'agit du genre *Vibrio*, répondre : *Vibrio* NON Agglutinable (NAG).

- Si l'agglutination avec l'eau physiologique et au sérum polyvalent O1 est positive, il s'agit d'un *Vibrio* rough (auto agglutinable). (Fig.41).
- Si l'agglutination avec l'eau physiologique est négative et positive au sérum polyvalent O1, répondre : *Vibrio* cholérique, l'espèce la plus dangereuse.

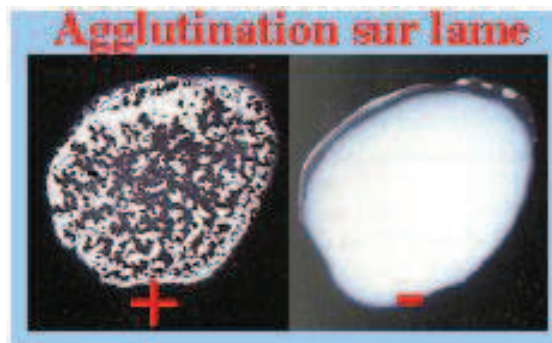


Figure 41 : Schéma d'une agglutination des vibrio.

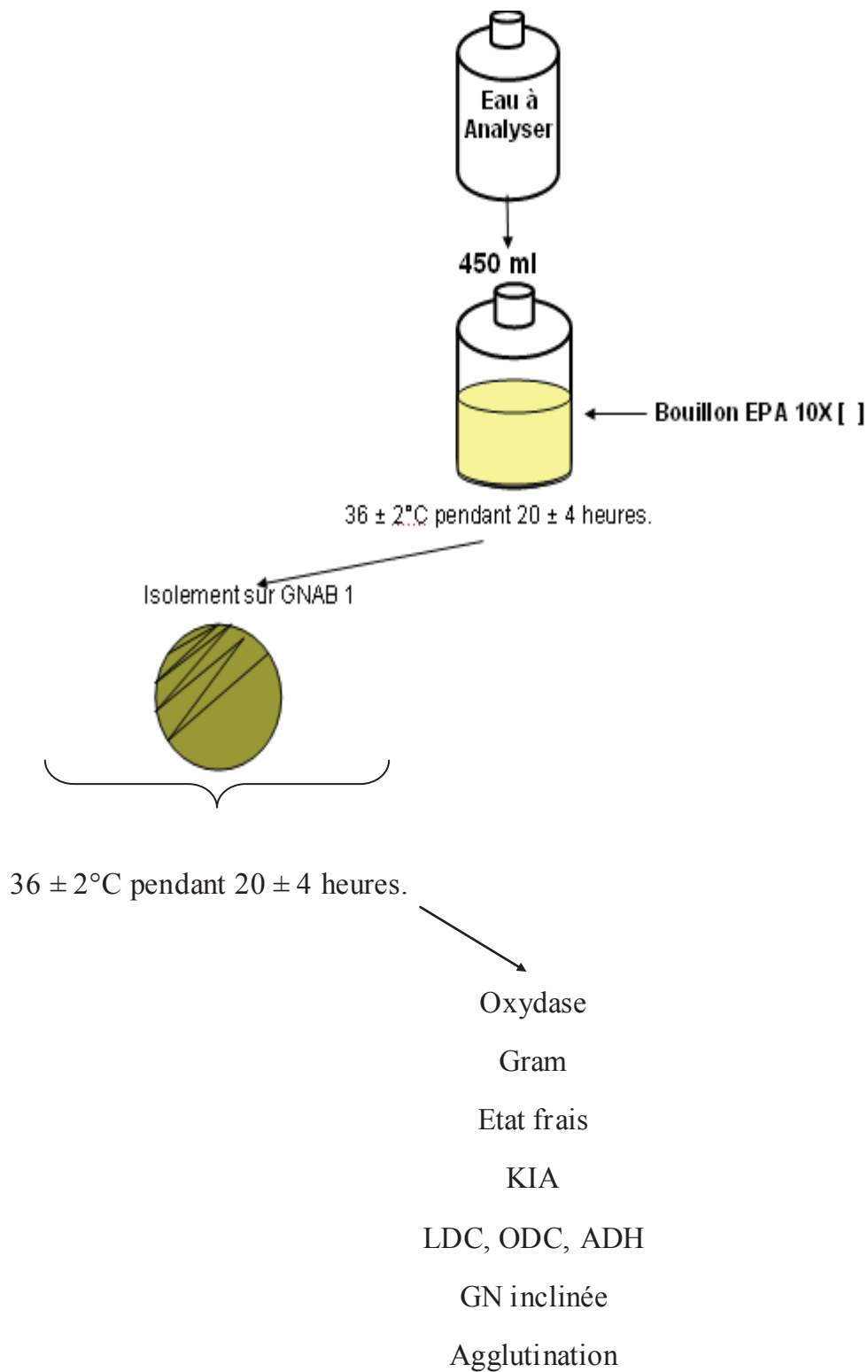


Figure 42 : Organigramme de recherche et d'identification des vibrio.

(Labres *et al.*, 2008).

- **Recherche de *Salmonella* et *Shigella***

- ***Salmonella***

On entend par *Salmonella*, des bactéries qui se présentent sous forme de bacilles à Gram négatif et qui en se développant à température de $36 \pm 2^\circ\text{C}$ en 24 à 48 heures, sur milieu Hektoen, forment de petites colonies, lisses à contours réguliers, pigmentées en vert ou en bleu vert à centre noir.

Les *Salmonella* se divisent en deux grands groupes : les mineures et les majeures qui sont hautement pathogènes. (Pechère *et al.*, 1982; Carbonnelle, 1988; Labres *et al.*, 2008).

Mode opératoire :

La recherche des *Salmonella* par filtration sur membrane nécessite une préparation au préalable, qui se déroule selon les étapes suivantes :

- Tout d'abord, il faudrait stériliser l'entonnoir gradué en acier inoxydable ainsi que la membrane poreuse à l'aide d'un bec bunsen.
- Les refroidir tout de suite après, avec l'eau à analyser si on en dispose en quantité suffisante ou bien avec de l'eau distillée stérile.
- Mettre en place de façon aseptique une membrane de $0,45 \mu$ entre la membrane poreuse et l'entonnoir à l'aide d'une pince stérile.
- Fixer ce dispositif avec la pince correspondante.
- Déposer ensuite 250 ml, 500 ml ou plus selon disponibilité jusqu'à 1 voire 5 litres d'eau à analyser, devant un bec Bunsen.
- Actionner ensuite la pompe à vide pour absorber l'eau à travers la membrane.
- Retirer la membrane à l'aide d'une pince stérile puis la placer dans un flacon contenant le milieu Eau Peptonée Tamponnée.
- Bien mélanger le filtre dans le milieu, puis incubé ce dernier à $36 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 20 ± 2 heures. Cette étape constitue l'enrichissement.

Après l'incubation, procéder à l'isolement sur milieu Hektoen à incuber à $36 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 20 ± 2 heures.

Lecture et interprétation :

- Repérer les colonies caractéristiques.
- Faire une identification biochimique basée essentiellement sur ONPG, TSI, Urée -Indole, LDC...
- Si nécessaire faire une identification antigénique basée essentiellement sur l'agglutination à l'aide des sérums de groupe OMA et OMB ou bien s'adresser à un laboratoire compétent en vue d'une confirmation.

Remarque :

Au cas où la quantité d'eau à analyser n'est pas très suffisante, transférer 10 ml directement sur Milieu Eau Peptonée Tamponnée à incuber à $36 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 20 ± 2 heures. Cette étape constitue l'enrichissement primaire.

Refaire les mêmes étapes. (**Labres *et al.*, 2008**).

- ***Shigella* :**

Les **Shigelles** (bactéries du genre ***Shigella***), sont des *Enterobacteriaceae*, rencontrées exclusivement chez l'homme, elles ne font partie d'aucune flore commensale chez l'homme, elles sont toutes pathogènes et spécifiques du tube digestif (**Berche *et al.*, 1988**) ; éliminées par les selles et dispersées dans les sols et les eaux où elles ne survivent que peu de temps. Morphologiquement ce sont des bacilles Gram négatifs, immobiles ; dépourvus de spores et de capsules très proches du *E coli*. (**Pechère *et al.*, 1982; Carbonnelle, 1988**), (2).

Conditions de culture :

Milieux de culture utilisés :

Sur gélose ordinaire en 24 heures à 37°C, *Shigella* produit des colonies de taille moyenne (2 à 3 mm de diamètre), rondes, régulières et brillantes.

- **Milieux ordinaire et électifs :**
 - Gélose ordinaire
 - Gélose BCP
 - Gélose CLED
- **Milieux sélectifs :**
 - Gélose Mac Conkey
 - Gélose lactosée au désoxycholate
 - Gélose Hynes
 - Gélose *Salmonella Shigella* ou *Gélose SS*
 - Gélose Hektoen

Caractère biochimique :

Il se détermine sur une galerie classique ou miniaturisée pour *Enterobacteriaceae* avec laquelle elles se différencient par un ensemble de caractères négatifs :

- Absence d'uréase, de désaminase et de Lysine décarboxylase.
- Absence de production de H₂S et d'acétoïne.
- Pas d'utilisation du Citrate comme seule source de carbone sur milieu citrate de Simmons.

Le caractère **ONPG**, mannitol, indole et **ODC** varient selon les biotypes. (Tab.14).

NB. L'identification de ces deux bactéries (*salmonella* et *Shigella*) se fait parfaitement par le système APi. (Sayad, 2008; Labres *et al.*, 2008).

Tableau 14 : Caractères d'identification biochimique de *Shigella*. (Sayad, 2008).

milieu	Tests	<i>Shigella</i>
TSI	Glucose	+
	Lactose	-
	H ₂ S	-
	Gaz	-
Mannitol-mobilité	Mobilité	-
Urée-indole	Uréase	-
	TDA	-
Citrate de Simmons	Citrate	-

- **Recherche des levures et des moisissures**

Les moisissures et les champignons sont des éléments naturels de l'environnement et jouent un rôle essentiel dans la décomposition des feuilles, des arbres et des débris végétaux.

L'humidité est l'élément vital de la croissance des champignons et des moisissures.

Milieux de culture :

N'importe quel milieu de culture glucosé convient. Cependant on utilise de façon préférentielle certains milieux et dans des conditions particulières (incubation à 28 °C pendant 24 à 48 heures) :

Milieux non-sélectifs :

Milieu ordinaire

Milieu BCP

Milieu à l'extrait de malt (Extrait de malt, agar-agar et eau)

Milieux sélectifs :

Gélose Sabouraud (sélectif par pH acide, auquel on peut ajouter du chloramphénicol ou gentamicine)

Gélose OGA (Guiraud, 1998).

Caractéristiques des colonies :

Les levures :

- Colonie de contour bien défini
- De couleur beige-rosé à bleu-vert
- Colonie pouvant apparaître en relief ("3D ")
- Normalement sans centre de couleur intense (5).

Les moisissures :

- Grandes colonies
- Thalle aux contours diffus
- Couleur variable (moisissures pouvant produire leur propre pigmentation)
- Thalles apparaissant plats
- Le centre du thalle présente normalement une coloration intense.

5.1.7. Tests complémentaires:

- **Coloration de Gram:**

La coloration de Gram permet une observation grossière des cellules. Elle est irremplaçable pour différencier les bactéries Gram positif et Gram négatif.

Elle se déroule en plusieurs étapes qui se succèdent et consiste à :

- 1- Fixer le frottis, s'il s'agit d'une culture en milieu liquide, une goutte de bouillon sera prélevée à l'aide d'une pipette Pasteur, déposée sur lame, et étalée soigneusement. S'il s'agit d'une culture en milieu solide, une colonie bien isolée sera prélevée et mise en suspension dans une goutte d'eau distillée stérile.
- 2- Recouvrir le frottis de la solution de cristal violet. Laisser agir 1 minute.
- 3- Rejeter le colorant. Laver à l'eau.
- 4- Recouvrir la préparation de Lugol. Laisser agir 1 minute.
- 5- Rejeter le Lugol. Laver à l'eau.
- 6- Décolorer à l'alcool 95°. La durée de décoloration doit être adaptée à l'épaisseur du frottis.
- 7- Rincer à l'eau courante et recouvrir la lame de la solution de Fuchsine diluée. Laisser agir quelques secondes.
- 8- Rejeter la Fuchsine. Laver abondamment à l'eau, égouttée, sécher entre deux feuilles de papier buvard très propres. **(Dégrément, 1998).**

Résultats: Les bactéries Gram positif sont bien colorées en violet, et les bactéries Gram sont colorées en rose. **(Boukrouma, 2008; Carbonnelle, 1988).**

- **Mise en évidence d'une catalase:**

C'est une enzyme qui décompose l'eau oxygénée en eau et en oxygène gazeux. La méthode consiste à prélever une colonie du germe à étudier sur l'extrémité d'une pipette Pasteur fermée que l'on plonge ensuite dans un millilitre d'eau oxygénée. Le dégagement de bulles gazeuses signe la présence de l'enzyme. **(Carbonnelle, 1988).**

- **Recherche de l'oxydase:**

Le terme d'oxydase désigne une enzyme recherchée en bactériologie systématique.

La présence d'oxydase serait liée à celle dans la chaîne respiratoire du complexe enzymatique IV: cytochrome-oxydase. Certains bactériologistes préfèrent parler de cytochrome-oxydase plutôt que d'oxydase. **(Carbonnelle, 1988).**

La recherche de l'oxydase s'effectue avec des disques prêts à l'emploi du commerce. Déposer le disque sur une lame porte-objet, l'humidifier avec deux gouttes d'eau distillée stérile et écraser la colonie testée sur le disque. La présence d'une oxydase se traduit par l'apparition d'une coloration violette. (Carbannelle, 1988).

- **Etude des produits terminaux de la glycolyse:**

L'hydrolyse de glucose peut aboutir à un grand nombre de métabolites, et selon la nature du métabolite final, on distingue plusieurs types fermentaires.

Ces produits sont recherchés en pratique courante à partir du milieu Clark et Lubs, par deux propriétés fermentaires qui vont être testées:

- La première vise à mettre en évidence la présence d'acides organiques: c'est la réaction du rouge de méthyle. Prélever 2 millilitres du milieu de Clark et Lubs ensemencé depuis au moins 24 heures. déposer ce volume dans un tube à hémolyse, ajouter 2 à 3 gouttes d'une solution de rouge de méthyle à 0.2%. Une coloration rouge indique que la réaction de rouge de méthyle est positive
- La seconde cherche à objectiver une étape intermédiaire de la transformation de l'acide pyruvique qui consiste en la production d'acétyl-méthyl-carbinol (acétoïne): c'est la réaction de Voges Prauskauer. transvaser dans un tube 1 millilitre de la culture de 24 heures sur milieu Clark et Lubs. ajouter 0.5 ml d'une solution d'alpha-naphtol et 0.5 ml d'une solution de potasse à 16%. agiter et laisser le tube en position inclinée. L'apparition d'une coloration violette signe la réaction positive (Fig.43). Cette réaction nécessite au moins 10 minutes pour se manifester. (Carbannelle, 1988).



Figure 43 : Test d'oxydase.

- **Utilisation de citrate**

Pour ce test, nous utilisons le milieu citrate de Simmons, celui-ci contient qu'une seule source de carbone: le citrate.

Seule les bactéries possèdent une perméase sont capable de se développer sur ce milieu. Il contient également du phosphore mono-ammoniac servant à la fois source d'azote et de phosphore.

L'utilisation du citrate par les bactéries peut se faire de façon très diverse, ce qui suivant le cas se traduit par alcalinisation du milieu. **(Carbannelle, 1988).**

Technique:

La pente du milieu estensemencée à partir d'une suspension bactérienne, ou une colonie bien isolée. Le tube est incubé à 37°C pendant 24h.

- Bactérie citrate positive: culture avec alcalinisation du milieu (virage de l'indicateur au bleu); (Fig.44).
- Bactérie citrate négative: pas de culture (coloration verte du milieu inchangée). **(Sayad, 2008).**



Figure 44 : Test de citrate.

- **Production de l'indole :**

L'indole est un métabolite de dégradation du tryptophane. Certaines bactéries sont capables d'amputer le tryptophane de sa chaîne latérale. L'indole ainsi formé est mis en évidence par la réaction d'Ehrlich Kowales. Pour réaliser cette épreuve, ensemencer un tube d'eau peptonée riche en tryptophane avec la bactérie à étudier. Après 24 heures de culture à 37°C. Ajouter quelques gouttes du réactif de Kowacs ; l'apparition d'un anneau rouge (Fig.46) à la surface du milieu est le fait d'une réaction positive. Si l'anneau reste jaune-brun, la réaction est négative. (Fig.45). (Carbonnelle, 1988).



Figure 45 : Réaction d'indole négative.



Figure 46 : Réaction d'indole positive.

- **Mise en évidence de l'uréase:**

Principe:

La recherche de l'uréase consiste à constater l'alcalinisation d'un milieu contenant de l'urée d'où l'utilisation de milieu urée-indole.

Technique:

Nous réalisons à partir d'une culture sur Hektoène une suspension aussi dense que possible des bactéries à étudier dans .05ml de milieu urée-indole. Nous incubons à 37°C pendant 12 à 18 heures.

Uréase positive: virage de l'indicateur du jaune au rouge violacé ou rose rouge;

Uréase négative: pas de changement de coloration ou virage. (Sayad, 2008; Carbonnelle, 1988).

- **Mode opératoire de l'API 20E:**

Le système **API 20 E** est une version miniaturisée et standardisée des techniques biochimiques conventionnelles pour l'identification d'une centaine de bacilles à Gram négatif dont les **Entérobactéries**, elles comparent **20** testes biochimiques.

Lorsqu'une suspension bactérienne de densité convenable est répartie dans les différents alvéoles (contenant les substrats déshydratés) qui composent la micro galerie, les métabolites produits durant la période d'incubation se traduisent par des changements de couleur spontanés ou révélés par addition de réactifs.

Technique :

Préparation de la galerie : réunir fond et couvercle d'une boîte d'incubation et répartir de l'eau dans les alvéoles de la boîte pour créer une atmosphère humide, puis déposer stérilement la galerie dans la boîte d'incubation. (Fig.47). (Aouissi *et al.*, 2007).

Préparation de l'inoculum : prélever une seule colonie bien isolée sur milieu gélosé et la mettre dans un tube d'eau distillée stérile, on réalisant une suspension bactérienne faible (opacité 0,5 sur l'échelle de Mc Ferland).

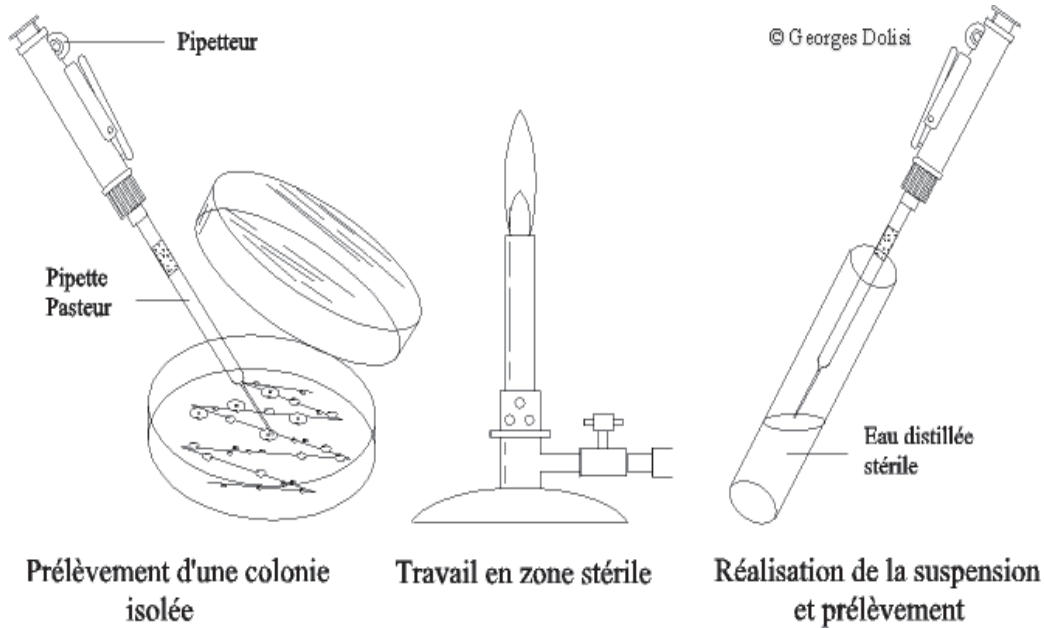


Figure 47 : Préparation de l'inoculum.

Incubation de la galerie :

Remplir en posant la pipette contre la paroi de la cupule. (Fig.48)

- Remplir les tubes et les cupules des tests du type **ICITI**.
- Remplir les tubules des tests du type **ADH** et remplir la cupule avec de l'huile de paraffine, pour créer l'**anaérobiose**.
- Remplir uniquement les tubules des tests restants.

Remarque : il est important de veiller à ne pas créer de bulles lors de l'inoculation qui pourraient fausser le résultat. De plus l'apparition de bulles après l'incubation apportera un caractère d'identification supplémentaire (GAZ +).

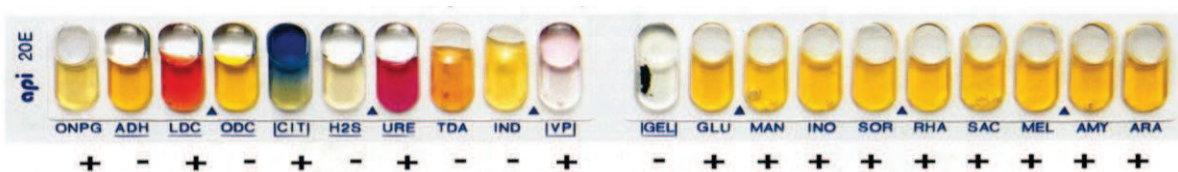


Figure 48 : Galerie APi20E

Résultats :

Noter sur la fiche de résultats toutes les réactions spontanées, ensuite réaliser les tests nécessitant l'addition de réactifs : test **VP, TDA, IND...**

Identification :

Avec le tableau d'identification comparer les résultats afficher sur la fiche des résultats avec celle du tableau ; chaque cellule de ce tableau contient le pourcentage de positivité.

Avec le catalogue analytique : les tests sont regroupés en groupe de 3, et une valeur (1ou2ou4) est positive suivant l'ordre de l'emplacement de la cupule dans le groupe, ensuite on obtient un nombre de 7chiffres qui sert de code d'identification avec un logiciel d'identification.

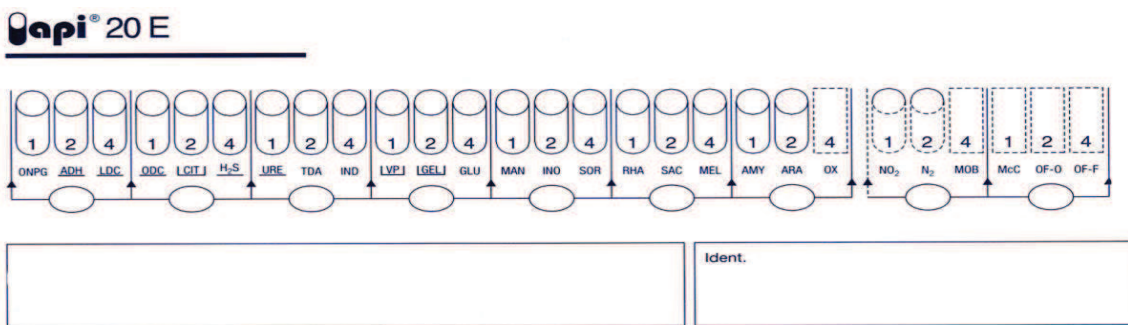


Figure 49 : Fiches des résultats de l'API20E

- **Etude de la mobilité:**

Principe:

Cette étude est faite sur un milieu mannitol-mobilité qui permet de rechercher simultanément la fermentation du mannitol et la mobilité.

Technique:

Nous ensemençons par piqûre centrale à l'aide d'une pipette Pasteur, chargé de culture en milieu solide. Nous incubons 24h à 37°C.

La fermentation du mannitol entraîne le virage au jaune du milieu:

- Si le germe est très mobile, elle se développe le long de la piqûre la masse microbienne envahit tout le tube;
- S'il est peu mobile, elle se développe le long de la piqûre et se réduit à de petites ramifications;

Enfin, s'il est immobile, il se développe seulement dans la trace de la piqûre qui demeure fine et nette. (Sayad, 2008; Carbone, 1988).

- **Recherche de la B-galactosidase :**

Principe:

La recherche de la B-galactosidase ou test ONPG (Ortho- intro phényle B-D-Galactosidase) permet de détecter l'enzyme capable de scinder la molécule de lactose positive, des bactéries lactose négatives.

Son principe repose sur le fait que comme le lactose, L'ONPG composé incolore, est scindé par l'enzyme en libérant de l'orthonitro- phénol, composé soluble jaune.

Technique:

Nous ajoutons un disque ONPG 0.5ml d'une suspension dense d'une culture de bactérie prélevée sur un milieu Hektoène.

Les tubes sont examinés après 15mn, 30mn, 1h, 6h et 24h d'incubation.

La majorité des réactions positives sont observées entre 15 et 30mn.

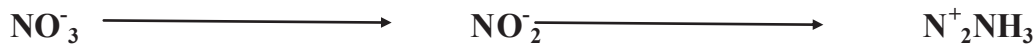
- Réaction ONPG + : coloration jaune.

Réaction ONPG - : pas de coloration. (Merzoug, 2009).

- **Le test de réduction du nitrate :**

Principe :

Ce test permet de détecter si un organisme possède le nitrate réductase qui est une enzyme capable de réduire le nitrate (NO_3^-) en nitrite (NO_2^-).



Technique :

Nous avons ensemencé le bouillon nitraté permettant de mettre en évidence, ce caractère par le germe étudié et incubé à 37°C pendant 24 heures.

Après incubation, nous avons ajouté deux gouttes du réactif nitrate réductase I (solution naphthol à 6% dans l'alcool à 60%) et deux gouttes du réactif nitrate réductase II.

Si le milieu devient rose ou rouge, la réaction est dite nitrate réductase positive.

Si le milieu reste incolore, ici on a deux éventualités :

- Ou bien les nitrates ont d'abord été réduits en nitrites mais la réduction s'est poursuivie.
- Ou bien les nitrates n'ont pas été réduits en nitrites et se trouvent donc dans le bouillon nitrate.

Dans ce dernier cas, nous provoquons la réduction chimique en ajoutant de la poudre de Zinc, et si la couleur apparaît, la bactérie est dite nitrate réductase négative. (Merzoug, 2009).

Chapitre 3

RESULTATS ET DISCUSSION

1. Paramètres physico-chimiques :

1.1. La température:

La température est une mesure momentanée, en fonction de l'heure et du lieu de prélèvement.

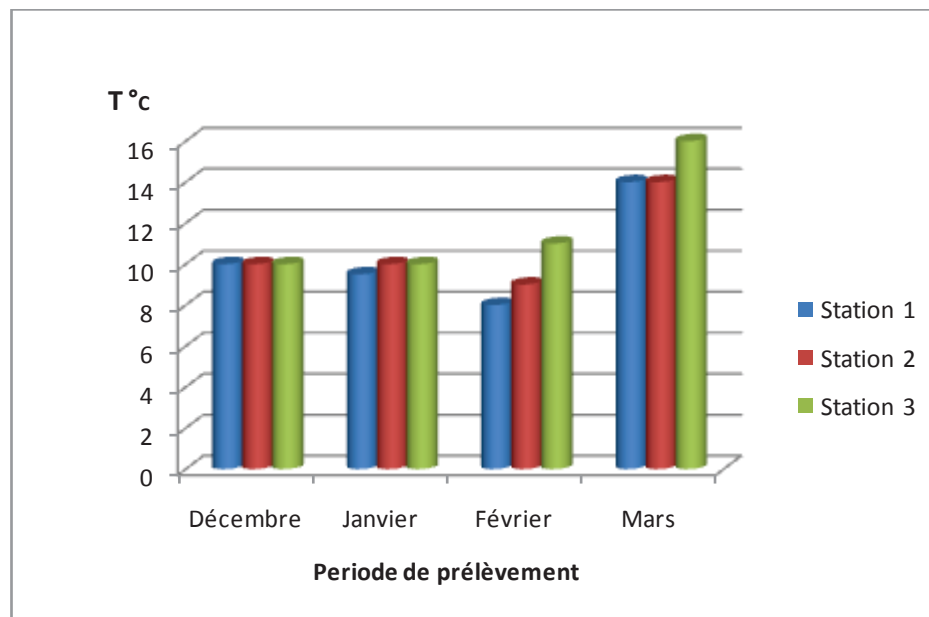


Figure 50 : Variations de la température de l'eau de Oued el kebir

D'après les résultats (Fig.50), la température minimale de l'eau de Oued el Kebir est 8°C enregistrée dans le mois de février à la station (S1). La température maximale est 16°C notée pendant le mois de mars à la station (S3).

Elle joue un rôle important dans l'augmentation de l'activité chimique des bactéries et dans l'évaporation des eaux. Elle varie en fonction de la température extérieure (l'air), des saisons, de la nature géologique et de la profondeur du niveau d'eau par rapport à la surface du sol. (Aouissi, 2010).

Pour l'ensemble des stations, la température a tendance à augmenter ou à diminuer avec les variations climatiques. La situation des stations influe légèrement sur ce paramètre.

L'élévation de la température s'accompagne toujours d'une modification de la densité, d'une réduction de la viscosité, d'une augmentation de la tension de vapeur saturante à la surface (évaporation) et d'une diminution de la solubilité de l'oxygène. **(Bremond et Vuichard, 1973).**

Par ailleurs, les basses températures affectent l'autoépuration des eaux. Encore les réactions de dénitrifications cessent à 3°C et elles reprennent à 5°C et sont cinq fois supérieurs à 20°C. **(Martin, 1979).**

Selon la grille d'appréciation de la qualité générale de l'eau de rivières **(Masson, 1988)**, l'eau de Oued el Kebir est normale durant les quatre mois de prélèvement (période hivernale).

Tableau 15 : Grille d'appréciation de la qualité de l'eau en fonction de la température. (Monod, 1989).

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

1.2. Le pH :

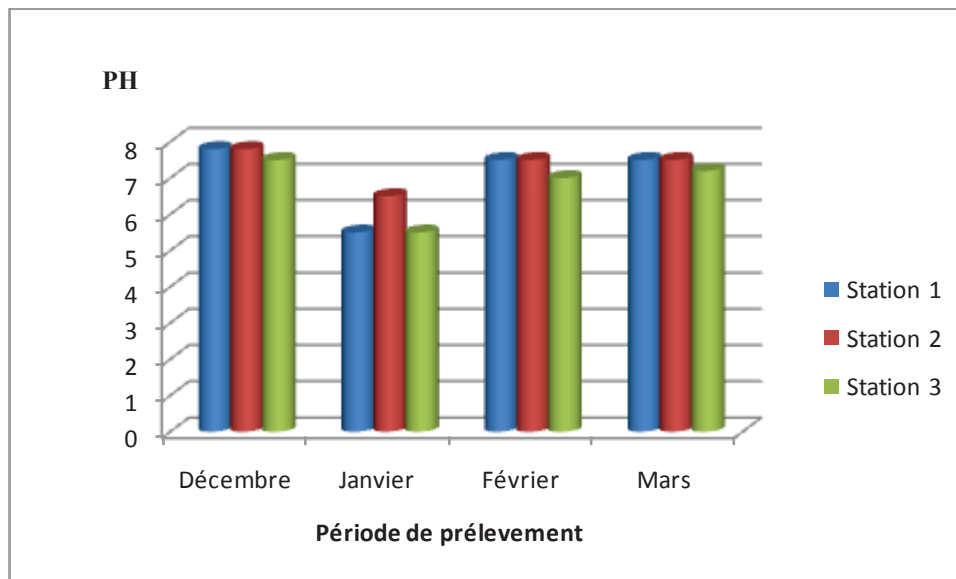


Figure 51 : Variations du pH de l'eau de Oued el kebir.

Le pH de l'eau de Oued el kebir est plus au moins neutre. Il oscille entre 5,5 et 7,8.

La valeur la plus faible est observée aux stations (S1 et S3) pendant le prélèvement de (Janvier), la plus élevée est relevée au prélèvement de (Décembre) aux stations (S1 et S2).

Le pH des eaux naturelles est lié à la nature des terrains traversés. Il donne une indication sur l'acidité ou l'alcalinité d'une eau. Du point de vue sanitaire, un pH élevé peut provoquer un problème de corrosion alors qu'un pH faible peut modifier le goût de l'eau. (Aouissi, 2010).

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

La grille d'appréciation de la qualité de l'eau (**Ministère algérien des ressources en eau**), nous permet de conclure que la qualité de l'eau de Oued el kebir est bonne.

1.3. La conductivité électrique:

La conductivité électrique présente des variations importantes s'observant essentiellement durant les périodes de pluie.

La valeur la plus faible est 445 $\mu\text{s}/\text{cm}$ enregistrée au niveau de la station (S3) au mois de décembre, la plus élevée est 1221 $\mu\text{s}/\text{cm}$ enregistrée au niveau de la station (S3) au mois de janvier.

La mesure de la conductivité électrique permet d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau. (Rodier, 2005).

Elle dépend de la qualité des sels ionisables. Elle constitue une bonne appréciation des concentrations globales des matières en solution dans l'eau.

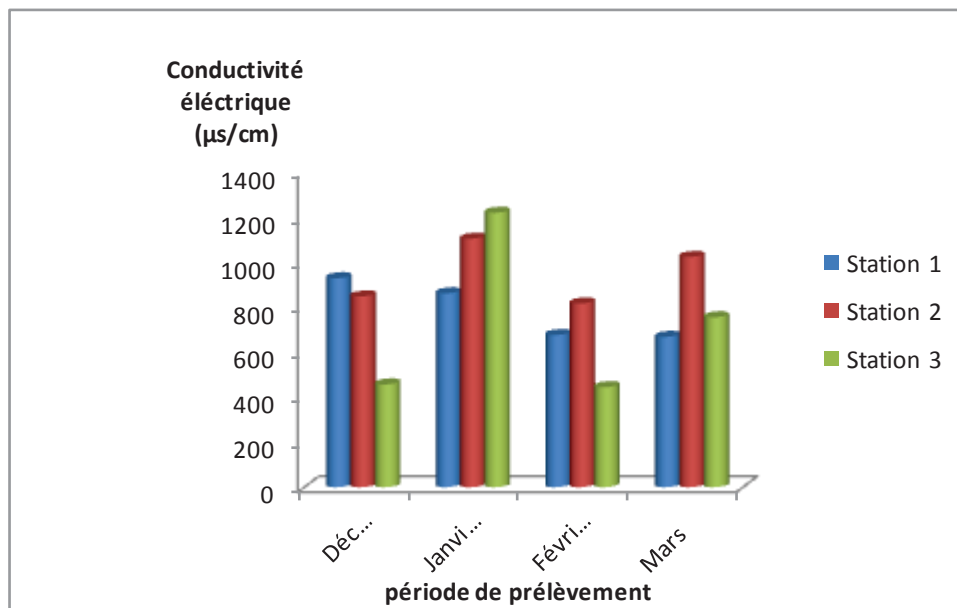


Figure 52 : Variations de la conductivité électrique de l'eau de Oued el kebir.

D'une manière générale, la diminution de la conductivité électrique dans les périodes pluviales peut être attribuée à un phénomène de dilution (Merzoug, 2009). Cependant, ce paramètre croît progressivement avec l'évaporation de l'eau (période estivale).

D'après la grille de la qualité des eaux de rivières (Monod, 1989). L'eau de Oued el-kebir est passable à bonne selon le mois de prélèvement.

Tableau 16 : Qualité des eaux en fonction de la conductivité électrique.

Conductivité électrique ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	Qualité des eaux	Classe
$\text{CE} < 400$	Bonne	1A
$400 < \text{CE} < 750$	Bonne	1B
$750 < \text{CE} < 1500$	Passable	2
$1500 < \text{CE} < 3000$	Médiocre	3

1.4. L'oxygène dissous:

L'oxygène dissous est un composé essentiel de l'eau car il conditionne la vie des microorganismes aquatiques et généralement le fonctionnement de cet écosystème. La diminution de sa teneur génère un milieu favorable à la fermentation et aux dégagements d'odeurs. Sa solubilité est en fonction de la température, la pression partielle dans l'atmosphère et de la salinité. (Aouissi, 2010).

Les teneurs en oxygène dissous sont variables d'une manière régulière dans l'espace et dans le temps pour les trois stations. Les variations sont essentiellement observées durant les périodes de pluie.

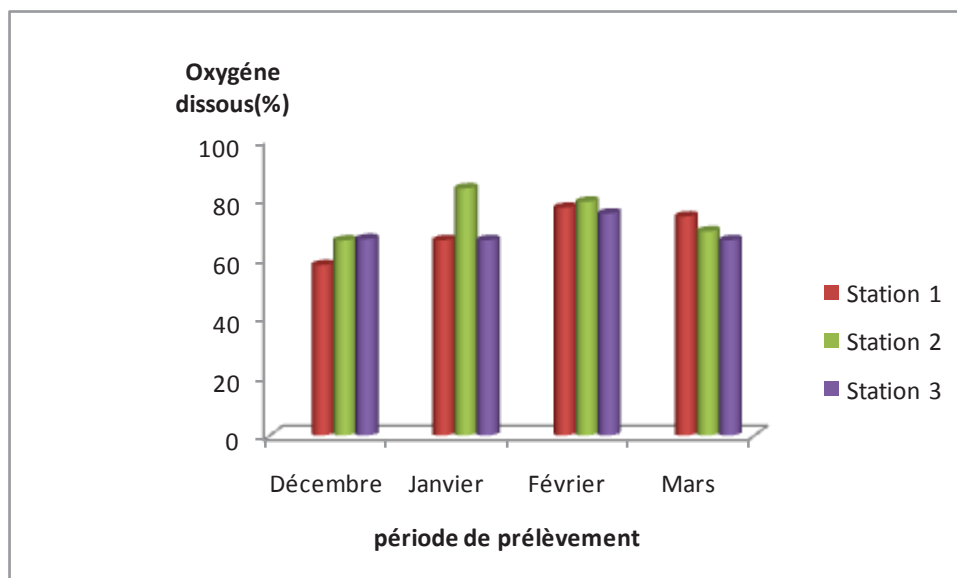


Figure 53 : Variations du % de saturation en oxygène dissous de l'eau de Oued el kebir.

D'après le graphe, nous avons enregistré un maximum de 83.5% au mois de janvier.

La valeur minimale est notée pendant le mois de décembre 57.6%.

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

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

Selon la grille d'appréciation de la qualité générale de l'eau utilisée en France **(Masson, 1988)**, les divers prélèvements peuvent être qualifiés comme suit.

Tableau 17 : Qualité de l'eau de Oued el kebir, en fonction du pourcentage de saturation en oxygène dissous. (Masson, 1988).

% de saturation	Qualité	Décembre	Janvier	Février	Mars
91 à 110	Excellente				
71 à 90	Bonne		S2	S1 S2 S3	S1
51 à 70	Passable	S1 S2 S3	S1 S3		S2 S3
31 à 50	Mauvaise				
<30 >130	Très mauvaise				

Selon cette grille l'eau de Oued el kebir est passable à bonne selon la période de prélèvement.

1.5. La salinité:

La salinité présente peu de variations, s'observant essentiellement durant les périodes de pluie.

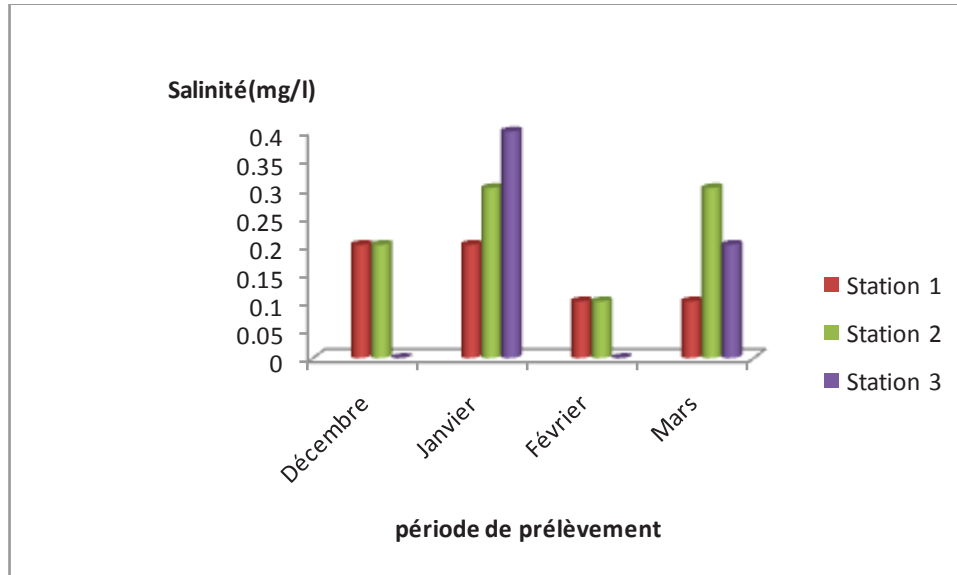


Figure 54 : Variations de la salinité de l'eau de Oued el kebir

La salinité moyenne mesurée est 0.1 . Elle arrive à un maximum de 0.3 pendant les périodes sèches, et à un minimum de 0.0 due probablement à l'effet de dilution pendant les périodes pluviales.

D'après les résultats, on constate que l'eau de oued el kebir est une eau purement douce (salinité de l'eau de la Méditerranée est de 36).

1.6. Les TDS:

Les teneurs en sels dissous de l'eau peuvent être mesurées et exprimées de différentes manières selon la période de prélèvement. (Rodier, 1996).

D'une manière générale, les teneurs de sels dissous varient en fonction des saisons de la même manière que la conductivité électrique.

La mesure de la TDS permet d'illustrer que la valeur 869mg/l enregistrée dans le mois de mars est la valeur maximale, tandis que la valeur 343mg/l enregistrée pendant le mois de février est la valeur minimale.

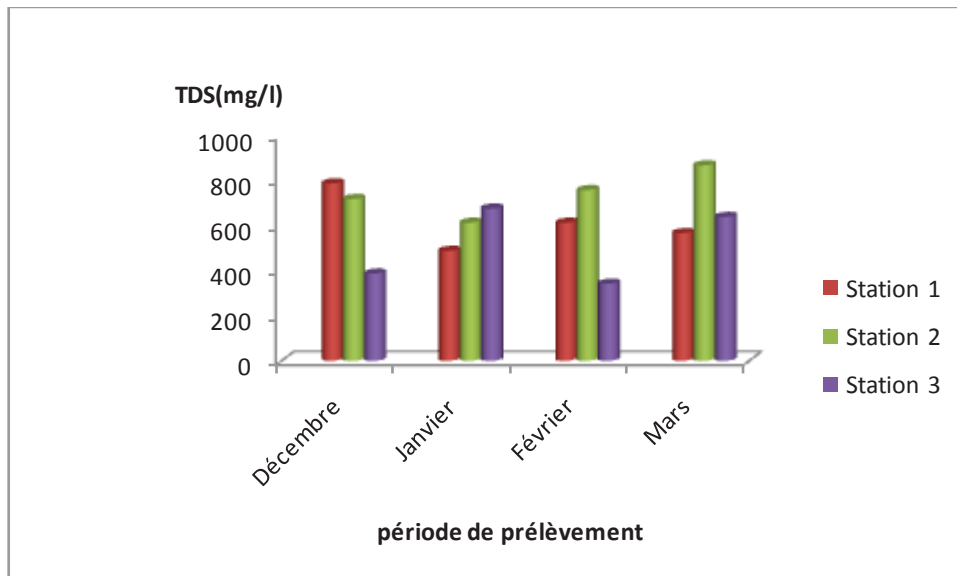


Figure 55 : Variations de la TDS de l'eau de Oued el kebir.

Le graphe expose des allures plus au moins similaires de celui de la conductivité et de la salinité, qui ont été influencés par les mêmes facteurs "la saison de prélèvement, température, pluie...". Durant les périodes pluvieuses les valeurs sont faibles suite à l'effet de dilution, cependant ils sont élevés en périodes sèches (évaporation).

Toutes nos analyses présentent une minéralisation inférieure à 2 g/l (norme de l'OMS)

1.7. Matières en suspension (MES):

Toutes les eaux superficielles contiennent des Matières en suspension et des teneurs de quelques mg/l ne posent pas de problèmes majeurs. Leurs teneurs et leurs compositions minérales et organiques sont très variables. (Merzoug, 2009).

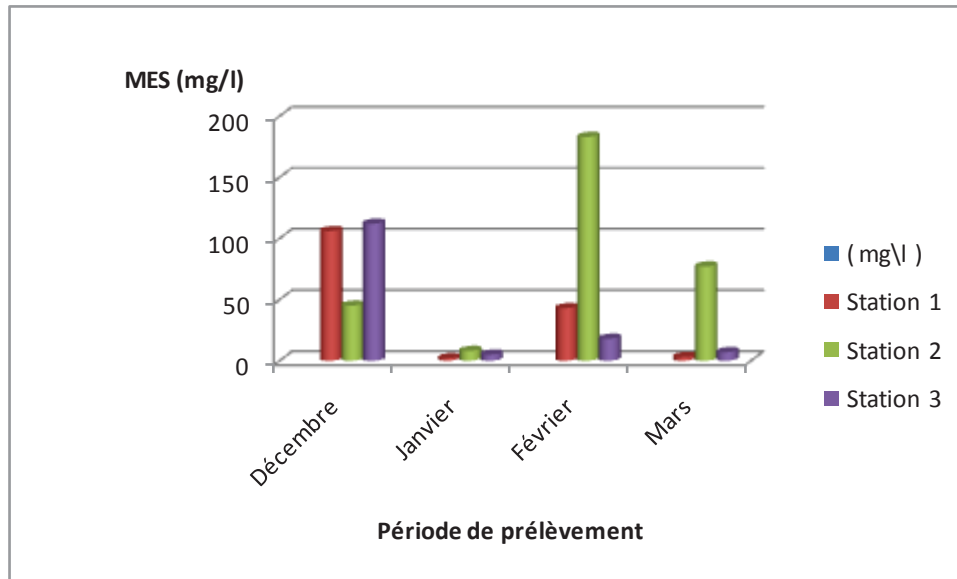


Figure 56 : Variations de la MES de l'eau de Oued el kebir.

Les valeurs des MES varient de manière régulière dans toutes les stations. Elles sont importantes durant les périodes pluvieuses.

Le taux de la matière en suspension varie de 183mg/l durant le mois de février à la station (S2), à 2 mg/l durant le mois de janvier à la station (S1).

Selon la grille de références des limites des classes de qualité des cours d'eau en France **1971**, les eaux de Oued el kebir sont normales la plupart du temps surtout en période sèche de qualité entre bonne, passable à médiocre selon le site de prélèvement mais on a enregistré des valeurs excessives (>70 mg/l) en mois de décembre dans les sites (S1 et S3) et le mois de février dans le site (S2) qui est la valeur la plus critique 183 mg/l, c'est valeurs sont classées hors catégorie elles présente une pollution excessive .

1.8. Nitrates (NO_3^-):

L'azote est présent dans les zones humides sous trois formes principales : nitrate, nitrite et ammonium. La transformation d'une forme en une autre est sous la dépendance des processus microbiologiques très sensibles pour la plus part, aux conditions d'oxydoréduction du milieu. **(Reddy et Patrick, 1984).**

Les nitrates existent à l'état naturel, dans les sols, les eaux et dans toutes les matières végétales. Ils proviennent de la décomposition naturelle par des micro-organismes, de matières organiques azotées telles que les protéines des végétaux, des animaux et des excréta d'animaux. Ils parviennent ainsi aux eaux superficielles par les nappes d'eau souterraines et par le ruissellement des terres agricoles en hiver.

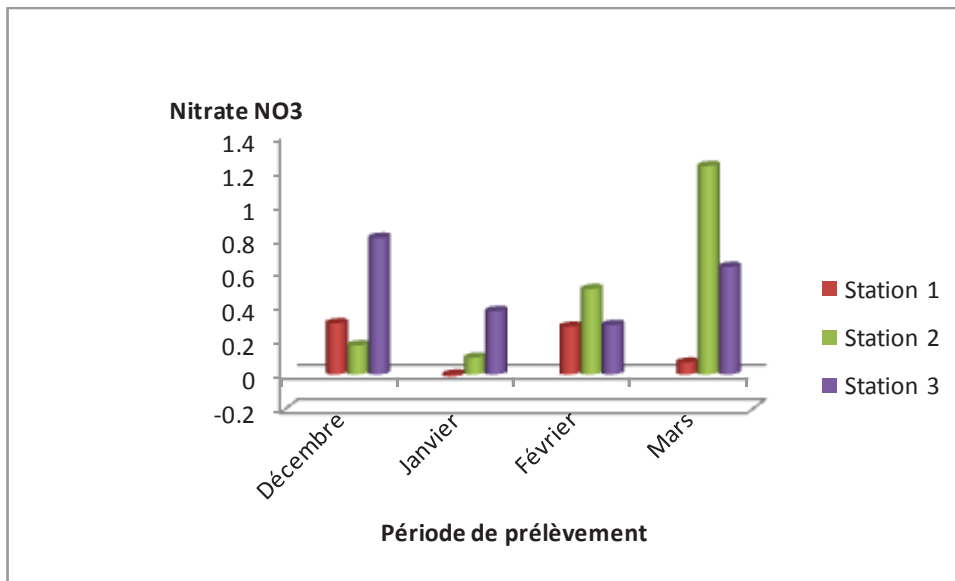


Figure 57 : Variations des teneurs des nitrates dans l'eau de Oued el kebir.

Au niveau de Oued el kebir, la concentration maximale en nitrates 1,22 mg/l a été enregistrée durant le mois de mars à la station (S2). La minimale (-0.0114 mg/l) est relevée pendant le mois de janvier à la station (S1).

En général, les eaux de surface ne sont pas chargées en nitrates à plus de 10 mg/l NO_3 . Nos valeurs sont largement inférieures à ces limites.

Selon la grille de la qualité des eaux en nitrates (ANRH, 2001), les eaux du Oued sont de bonne qualité.

Tableau 18 : Grille de qualité des eaux en nitrates. (ANRH, 2001)

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

Les concentrations de nitrates les plus élevées sont observées en période des hautes eaux (**Meybeck, 1998**), conséquence des activités humaines diverses (l'emploi des fertilisants et élevage intensif).

1.9. Nitrites (NO_2^-):

Considéré comme un élément toxique, le NO_2^- est la forme la moins stable dans le cycle de l'azote. Il est issu de la réduction de l'ammonium NH_4^+ . Son origine est liée à l'agriculture et aux rejets urbains et industriels. (**Aouissi, 2010**).

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

Les nitrites représentent toujours un stade fugace. Ils ne se maintiennent que lorsque le milieu n'est pas suffisamment oxydant et leur présence indique un état critique de pollution organique à partir déjà de 1 mg/l.

Les teneurs en nitrites montrent des variations importantes s'observant d'une station à une autre et d'un prélèvement à l'autre.

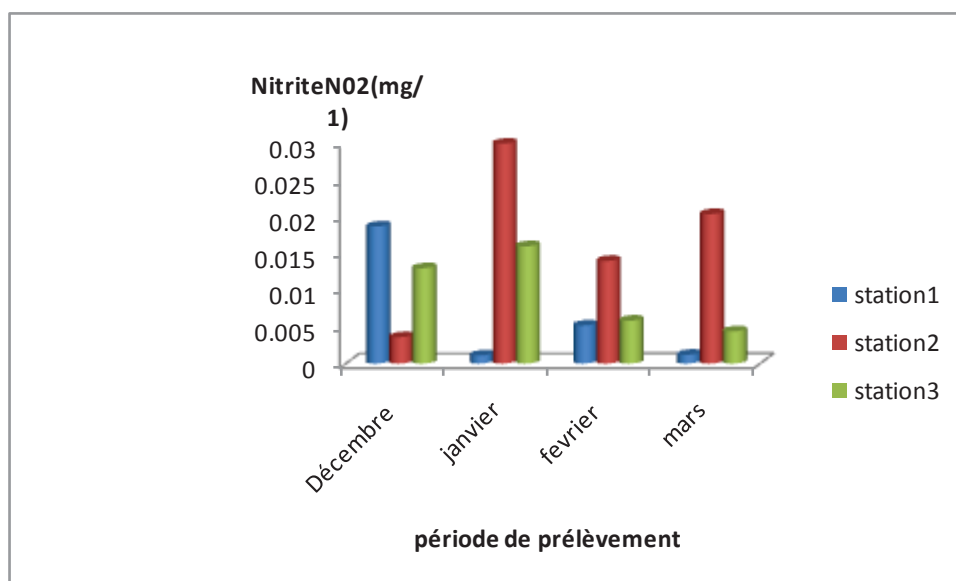


Figure 58 : Variations des teneurs des nitrites dans l'eau de Oued el kebir.

La teneur la plus faible est de 0.0011 mg/l mesurée pendant le mois de janvier à la station (S1), et la plus élevée est de 0.03 mg/l, elle est enregistrée pendant le mois de janvier à la station (S2).

Nous observons que les taux des nitrates sont généralement supérieurs à celles des nitrites ce qui explique l'état non stable des nitrites dans l'eau.

Selon la grille de la qualité des eaux naturelle appliquée par l'agence nationale des ressources hydriques (ANRH, 2001). L'eau de Oued el kebir est excellente.

Tableau 19 : Grille de la qualité des eaux en nitrite. (ANRH, 2001).

Teneurs en nitrites NO ₂ mg/1	Qualité des eaux	Classe
<0.1	Excellente	1A
0.1 < NO ₂ < 0.3	Bonne	1B
0.3 < NO ₂ < 1	Passable	2
1 < NO ₂ < 2	Médiocre	3
> 2	Excessive	4

1.10. DBO₅ :

La Demande Biochimique en Oxygène exprime la quantité d'oxygène nécessaire à la dégradation de la matière organique biodégradable d'une eau par le développement de micro-organismes, dans des conditions données. (5j à 20°C on parle alors de DBO₅). Elle donne une approximation de la charge en matières organiques.

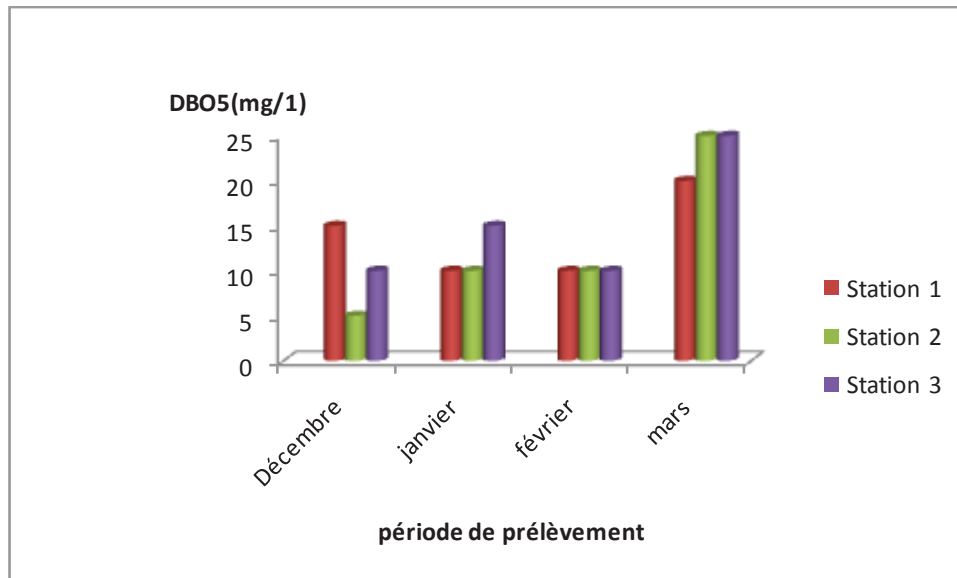


Figure 59 : Variations de la DBO₅ dans l'eau de Oued el kebir.

Eau naturelle pure et vive => >1

Rivière légèrement polluée >1 et <3

Rejet station d'épuration efficace >20 et <40

Egout >100 et <400

Le taux de la DBO₅ enregistré varie de 25mg/l comme valeur maximale durant le mois de mars aux stations (S2 et S3) à 5 mg/l comme valeur minimale durant le mois de décembre à la station (S2).

D'après le décret n° 2001-1220 du 20 décembre 2001 déterminant les limites de qualité des eaux destinées à la consommation humaine, on constate que l'eau de oued

el kebir présente une pollution surtout dans les période sèches dans notre cas au mois de mars.

Selon la grille de références des limites des classes de qualité des cours d'eau en France (1971), c'est une eau de qualité bonne à médiocre présentant une pollution excessive en mois de mars.

1.11. DCO :

Demande Chimique en Oxygène exprime la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder la matière organique d'une eau à l'aide d'un oxydant, le bichromate de potassium. Ce paramètre offre une représentation plus ou moins complète des matières oxydables présentes dans l'échantillon. En général la DCO vaut de 1,5 à 2 fois la DBO₅.

D'après les résultats obtenus la valeur maximale de la DCO enregistré est de 70,24 mg/l durant le mois de mars à la station (S3) et la valeur minimale est 10,56 mg/l durant les mois de Décembre et Février à la station (S3)

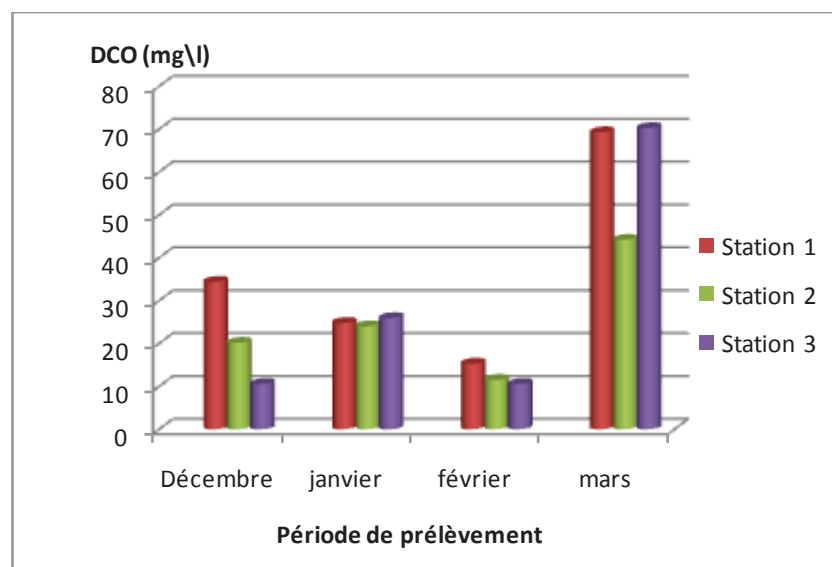


Figure 60 : Variations de la DCO dans l'eau de Oued el kebir.

Selon la grille de références des limites des classes de qualité des cours d'eau en France (1971), l'eau de Oued el kebir est de qualité passable à bonne et même excellente dans certains sites dans les trois premiers mois de prélèvement mais elle présente une pollution excessive en mois de mars.

2. Paramètres bactériologiques :

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

Nous avons effectué pendant notre travail un dénombrement et une recherche systématique des germes indicateurs de pollution qui sont :

- GT : Les germes totaux. (flore mésophile totale).
- CT : Les organismes coliformes (coliformes totaux).
- CF : Les coliformes fécaux (thermotolérants).
- SF : Les streptocoques fécaux.

2.1. Les germes totaux:

La flore totale isolée des trois points d'eau est importante; elle atteint son maximum au niveau de tous les sites (S1, S2, S3), aussi le minimum est dénombré au niveau de ces derniers. La concentration de germes totaux fluctue considérablement au niveau des trois points de prélèvements au cours de toute la période de l'étude. Ces variations sont dues au fait que les sites sont exposés à diverses sources de contamination qui diffèrent d'un endroit à l'autre.

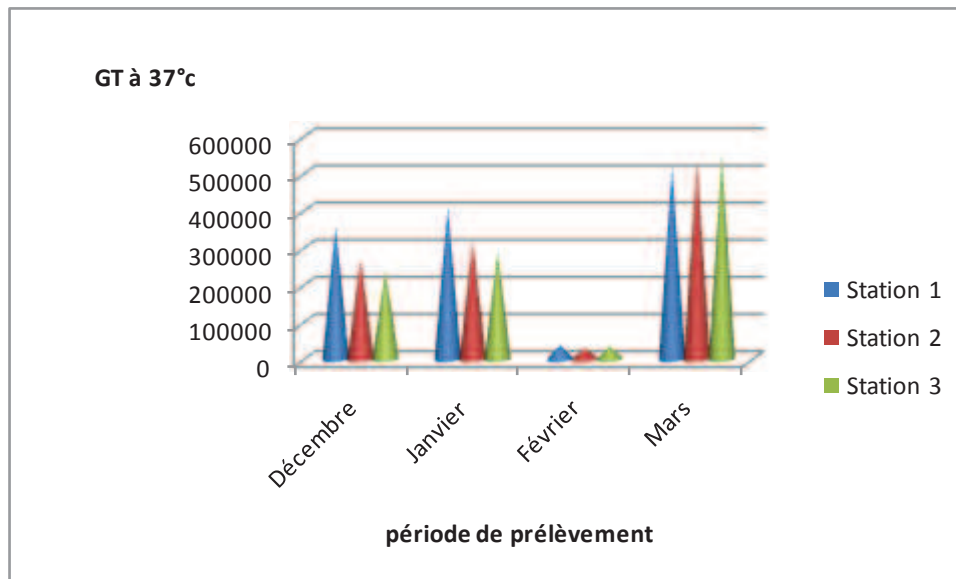


Figure 61 : Evaluation de la flore mésophile totale à 37°C de l'eau de Oued el kebir.

Les taux les plus faibles ont été obtenus durant le mois de février, au niveau des trois sites (S1, S2 et S3). Cet abaissement pourrait être le résultat du phénomène de dilution survenu après une chute de pluie et à une température de l'eau très basse. Les taux les plus élevés ont été observés durant le mois de mars au niveau de tous les sites. La température de l'eau est dans ce cas favorable pour la croissance de ces microorganismes.

2.2. Les coliformes totaux:

La présence de bactéries coliformes dans un milieu signifie forcément une contamination fécale. (Merzoug, 2009).

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. (Aouissi, 2010).

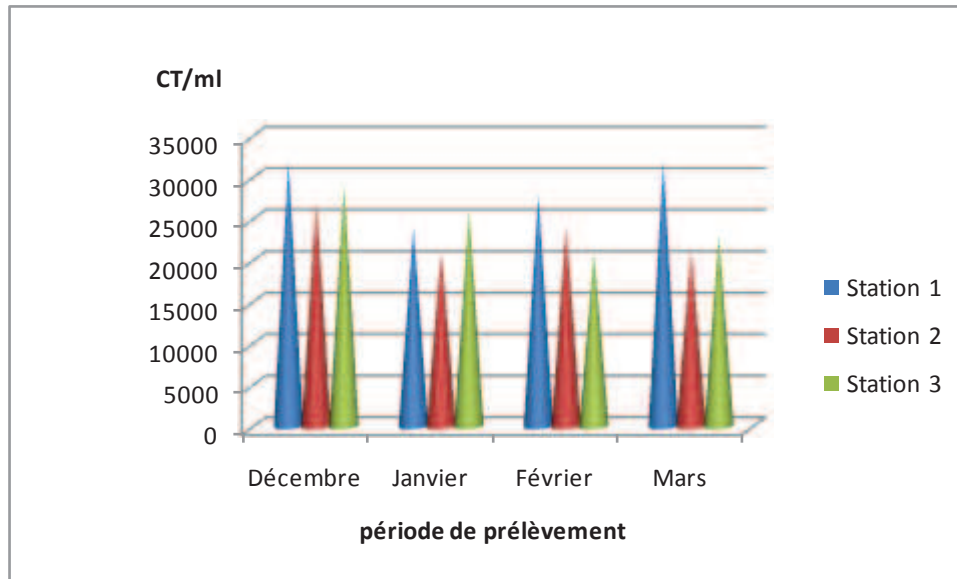


Figure 62 : Estimation des coliformes totaux /ml dans l'eau de oued el kebir.

L'eau de l'Oued el kebir est riche en ces micro-organismes durant toute la période de prélèvement.

Cette forte concentration des coliformes totaux durant dans les trois sites peut être expliquée par l'exposition directe de ces derniers aux eaux de ruissellement qui sont chargées d'une masse importante de germes d'origine terrestre ramenés des terrains agricoles avoisinants (période humide), ou peut être accumulée suite à l'augmentation de la température de l'eau.

On a enregistré des valeurs variant d'une manière plus ou moins régulière entre 21000 et 32000 CT/ml qui sont due aux conditions favorables pour la croissance et le développement de ces bactéries notamment la température.

Selon la grille de références de 1971 de la limite des classes de qualité des cours d'eau, l'eau de l'oued el kebir est de mauvaise qualité présentant une forte contamination du site par les coliformes totaux.

2.3. Les coliformes fécaux :

Les mêmes constatations sont notées pour les coliformes fécaux qui sont présent dans l'oued à des valeurs plus ou moins élevées pendant toute la période de prélèvement, un peut plus dans les périodes sèches que dans les périodes humides.

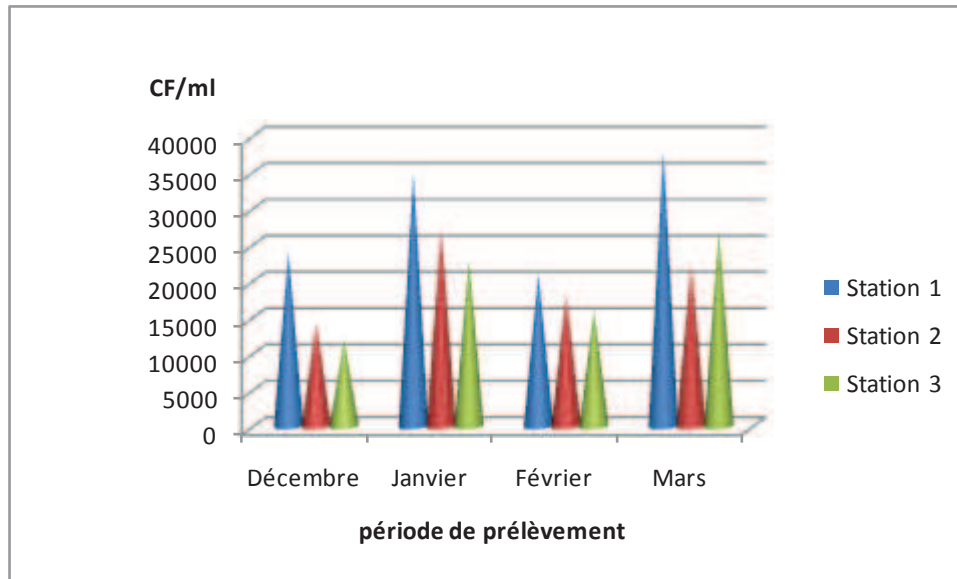


Figure 63 : Estimation des coliformes fécaux /ml dans l'eau de oued el kebir.

Les deux résultats des coliformes totaux et fécaux exposent des graphes plus au moins similaires.

La présence d'une contamination fécale à Oued el kebir, est synonyme principalement au lessivage des terres agricoles avoisinantes chargées d'énormes quantités de fumier, rejets domestiques des agglomérations rurales et à l'élevage d'ovin et bovin.

Des valeurs excessives ont été enregistrés s'élevant jusqu'à 35000 CF/ml en mois de Janvier et 38000 CF/ml en mois de Mars (Période sèche), et des valeurs minimales entre 12000 CF/ml en mois de Décembre et 16000 CF/ml en mois de Février (Période humide)

La présence des coliformes d'origine fécale avec des effectifs dépassant les normes admises pour les cours d'eaux atteste d'une pollution ou d'une contamination fécale des eaux de notre étude. Cette contamination fécale est tributaire de l'environnement du Oued el kebir (présence de fumier ou autres matières fécales, installation septique inadéquate,...).

Selon la grille de références de 1971 de la limite des classes de qualité des cours d'eau, l'eau de l'oued el kebir est de mauvaise qualité c-à-dire qu'elle présente une pollution excessive et une forte contamination en coliformes fécaux.

2.4. Les streptocoques fécaux :

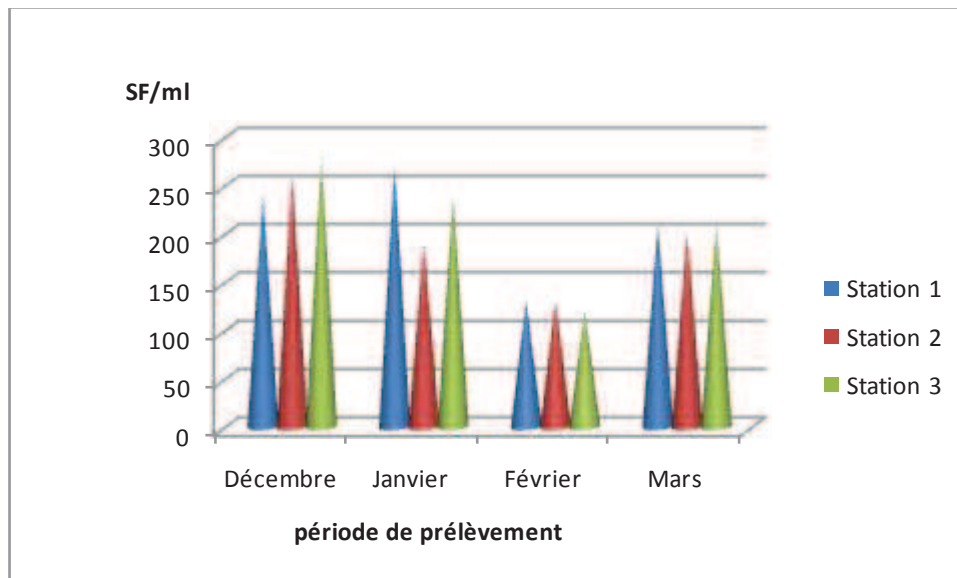


Figure 64 : Estimations des streptocoques fécaux / ml dans l'eau de oued el kebir.

Le nombre de streptocoques fécaux est directement lié à la quantité de matière fécale animale se trouvant dans l'eau.

L'examen du graphe illustrés dans la **figure 64** nous montre que les concentrations de ces bactéries fécales varient d'une manière plus ou moins régulière dans les trois points de prélèvement enregistrant un minimum de 120 SF/ml en mois de Février qui peut s'expliquer par une légère dilution de l'eau et une baisse de température (Période humide) et un maximum de 280 SF/ml en mois de Décembre tous deux à la station S3.

Selon la grille de références de 1971 de la limite des classes de qualité des cours d'eau, l'eau de l'oued el kebir est de qualité médiocre à mauvaise concernant les streptocoques fécaux.

❖ Recherche et identification des bactéries pathogènes :

Tableau 20 : Résultats de recherche et identification des bactéries pathogènes en mois de décembre :

Bactéries	Prélèvement 1	Prélèvement 2	Prélèvement 3
Proteus mirabilis	+	+	+
Proteus vulgaris	-	-	+
Pseudomonas aëroginosa	+	+	-
Pseudomonas fluorescens	-	-	-
Hafnia sp	+	+	-
Providencia sp	+	+	-
Morganella morgani	-	+	+
Klebsiella oxydea	-	+	+
Enterobacter cloacea	+	+	+
Enterobacter agglomerans	+	+	+
Serratia marcesans	-	-	+
Salmonella thyphirium	-	-	-
Staphylococcus aureus	+	-	+
Staphylococcus epidermidis	+	+	+
Aeromonas sp	+	+	-
E. edwardsii	-	+	+

(+) : la bactérie est présente dans le site

(-) : la bactérie est absente dans le site

Tableau 21 : Résultats de recherche et identification des bactéries pathogènes en mois de janvier :

Bactéries	Prélèvement 1	Prélèvement 2	Prélèvement 3
Proteus mirabilis	-	-	+
Proteus vulgaris	-	-	-
Pseudomonas aeruginosa	+	+	+
Hafnia sp	-	-	-
Providencia sp	+	+	-
Morganella morgani	-	-	+
Klebsiella oxytoca	-	+	-
Enterobacter cloacae	+	+	+
Serratia marcesens	-	-	-
Staphylococcus aureus	-	+	+
Staphylococcus epidermidis	+	-	+
E. coli	+	+	+
Enterobacter agglomerans	+	+	-

(+) : la bactérie est présente dans le site

(-) : la bactérie est absente dans le site

Tableau 22 : Résultats de recherche et identification des bactéries pathogènes en mois de février :

Bactéries	Prélèvement 1	Prélèvement 2	Prélèvement 3
E. coli	+	+	+
Proteus vulgaris	+	+	+
Pseudomonas aeruginosa	-	+	-
Providencia sp	+	+	-
Edwardseilla sp	+	-	+
Klebsiella oxytoca	-	+	-
Enterobacter cloacae	+	+	+
Staphylococcus aureus	+	+	+
Staphylococcus epidermidis	+	+	+
Staphylococcus intermedius	+	+	+
Serratia marcesens	-	-	-
Aeromonas sp.	+	-	-
Morganella morgani	+	+	+
Vibrio sp	+	+	-

(+) : la bactérie est présente dans le site

(-) : la bactérie est absente dans le site

Tableau 23 : Résultats de recherche et identification des bactéries pathogènes en mois de mars :

Bactéries	Prélèvement 1	Prélèvement 2	Prélèvement 3
Proteus mirabilis	+	+	+
Proteus vulgaris	+	+	+
Pseudomonas aeruginosa	-	+	+
Hafnia sp	-	+	+
Providencia sp	+	+	+
Morganella morgani	+	-	+
Klebsiella oxytoca	-	-	-
Enterobacter cloacae	+	+	+
Serratia marcesens	+	-	+
Staphylococcus aureus	-	-	-
Staphylococcus epidermidis	-	+	+
E. coli	+	+	+
Enterobacter agglomerans	+	+	-
Alteromonas sp	+	+	+
Pseudomonas sp	-	-	+
Edwardseilla sp	-	+	-

(+) : la bactérie est présente dans le site

(-) : la bactérie est absente dans le site

Tableau 24 : Les espèces bactériennes identifiées et les maladies qu'elles peuvent engendrées :

Bactéries	Pathologies
<i>Proteus mirabilis</i>	Dérangements digestifs souvent soulignés par des diarrhées et des douleurs abdominales, infections urinaires ou astéo-articulaires.
<i>Proteus vulgaris</i>	Infections urinaires et de plaies.
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Infections cutanées, suppuratives, ou éruptives, surinfections, pneumopathies, infection de l'œil, des plaies (surtout brûlures et plaies opératoires), gastro-intestinales, méningites, septicémies, endocardites.
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	infection cutanées de plaies chirurgical, infections urinaires ou vasculaires, bactériémies, endocardites
<i>Hafnia sp</i>	
<i>Providencia sp</i>	
<i>Morganella morgani</i>	
<i>Klebsiella oxytoca</i>	Septicémies
<i>Enterobacter cloacae</i>	
<i>Enterobacter agglomerans</i>	
<i>Serratia marcesus</i>	Septicémies
<i>Salmonella thyphirium</i>	Gastro-entérites, Infections systémiques, fièvres typhoïdes
<i>Staphylococcus aureus</i>	Infections cutanées suppuratives, furoncles, anthrax, folliculite, cellulite, otites, sinusites, pneumonies, endocardites, entérite, méningite, infection des os (ostéomyélites), septicémies.
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	Infections dermatologiques, infections nasales (sinusites), infections urinaires, septicémies, endocardites.
<i>Aeromonas sp</i>	Gastro-entérites et syndromes cholériformes, septicémies, infections urinaires
<i>E. edwardsii</i>	

E. coli	Gastro-entérites et syndromes cholériformes infections urinaires, méningites néo-natales.
Edwardseilla sp	
Staphylococcus intermedius	Chez l'animal (furonculose du chien).
Vibrio sp	Gastro-entérites, diarrhées, cholera, infections cutanées
Alteromonas sp	
Pseudomonas sp	
Edwardseilla sp	

Conclusion

En Algérie, la qualité des eaux est soumise à une forte pression exercée par l'accroissement de la population et par l'activité industrielle. Cette qualité est altérée notamment par l'utilisation des pesticides et des engrais dans l'agriculture, des rejets industriels, et des eaux usées d'origine urbaine.

Cette étude a été menée dans le but de déterminer la qualité microbiologique et physico-chimique de l'eau de Oued el kebir de la région de Skikda commune de Ben azouz (Nord -Est de l'Algérie). Elle a été basée sur le suivi de trois stations, sur une période de quatre mois (Décembre, Janvier, Février, Mars).

Du point de vue physico-chimique, une différence notable des taux et des teneurs mesurées de chaque paramètre étudié. Dans la majorité des cas elles répondent aux normes alors que des fois elles dépassent les normes, tel: la MES et certains paramètres présentent une pollution excessive surtout en période sèche tel : la DBO₅ et la DCO. Ces résultats sont souvent liés à la formation géologique et aux caractéristiques climatiques de la région. Les fluctuations de ces paramètres peuvent être aussi expliquées par l'effet de nombreux facteurs, à savoir les apports en eaux usées domestiques, la pratique agricole et par les effluents industriels.

Le risque de contamination des eaux de surface par des micro-organismes d'origine fécale existe depuis très longtemps, dès que l'eau a été utilisée comme vecteur d'élimination des déchets. Avec le développement de l'urbanisation, les problèmes d'hygiène et de santé publique liés à la contamination bactérienne de l'eau sont devenus de plus en plus critiques et constitue un problème environnemental croissant.

Les analyses microbiologiques obtenues dans les cinq stations de prélèvement à travers les dénombrements réalisés ont permis de confirmer la contamination d'origine fécale de ces eaux par la présence d'un nombre élevé d'organismes indicateurs ainsi qu'une grande variété de germe pathogènes (Salmonella, Shigella), des moisissures et des levures. Cette forte contamination fécale est due aux effluents urbains des

agglomérations de Ain Nemcha et de Ben Azzouz, lessivage des terres agricoles, l'élevage d'ovin et bovin et l'agriculture intensif.

L'étude microbiologique (dénombrement et recherche de coliformes, coliformes fécaux, streptocoques fécaux avec identification de la microflore existante) a révélée comme dans tous les écosystèmes lenticques la présence de germes test de contamination fécale. Le nombre de ces derniers est favorisé par les conditions abiotiques et biotiques adéquates du milieu récepteur pendant la période d'étude.

Ainsi, l'utilisation des engrais chimiques par les riverains et le pompage intensif influent négativement sur la qualité de l'eau de ce plan d'eau, fragilisant cet écosystème.

Du point de vue spécifique et quantités de microorganismes, nous pouvons conclure que l'eau de cet écosystème est impropre et de ce fait, il peut engendrer des conséquences néfastes, causant des nuisances importantes que se soit pour l'irrigation, les poissons pêchés, les pêcheurs, les baigneurs dans la plage d'El Marsa qui est très fréquentée.

Pour bien protéger la qualité des eaux de l'Oued El Kebir nous proposons de traiter les eaux usées déversées dans l'Oued afin de limiter la pollution par des petite stations d'épuration au niveau de chaque agglomération, canaliser les eaux urbaines et industrielles pour les acheminées vers les stations d'épuration de la wilaya, diminuer l'utilisation des polluants eutrophisants, utiliser rationnellement les engrais en agriculture et planter des végétaux adaptés aux rives pour créer un véritable bouclier anti-polluant.

Résumé

Pour évaluer la qualité de l'eau de Oued el kebir. Des analyses physico-chimiques et bactériologiques ont été réalisées pendant quatre mois Décembre (2012), Janvier, Février et Mars (2013) et qui ont portées principalement sur la quantification des bactéries indicatrices de contamination fécale et sur la détermination de la concentration de certains éléments physico-chimiques dans ces eaux.

Les paramétrés physico-chimiques, affichent des valeurs faibles qui augmentent pendant la période pluviale, grâce aux lessivages des terrains agricoles avoisinantes. Ces valeurs restent quand même faibles pour pouvoir causer une pollution organique ou minérale.

L'ensemble des paramètres déterminés a révélé que l'eau de Oued el kebir est exposée à une légère contamination d'origine fécale causée principalement par l'élevage intensif.

Mots clés:

Oued el kebir, physico-chimie, qualité de l'eau, microbiologie, pollution, contamination fécale.

Abstract

To estimate the quality of the water of Oued el kebir. Physico-chemical and bacteriological analyses were realized during four months December, January (2012), February and Mars (2013) which conceded mainly the quantification of the indicator bacteria of faecal contamination and the determination of the concentration of certain physico-chemical elements in these waters.

The set of the determined parameters revealed that the water of Oued el kebir is exposed to a light contamination of a faecal origin caused mainly by the intensive raising, as well as a very elevated number of birds sheltered by this swamp. For the physico - chemical parameters, there exist some weak values which increase during the pluvial period, due to lessivage of agricultural lands. These values remain nevertheless weak to be able to cause an organic or mineral pollution.

Key words:

Oued el kebir, physico- chemistry, quality of water, microbiology, pollution, faecal contamination.

تلخيص

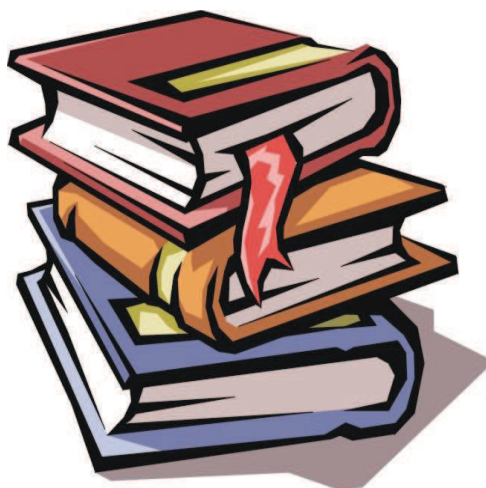
لتقييم نوعية مياه الواد الكبير قمنا بتحليل فيزيوكيميائية التي اجريت خلال أربعة أشهر ديسمبر (2012), جانفي, فيفري و مارس (2013), لمعرفة كمية الجراثيم المؤشرة للتلوث البرازي و تحديد تركيز العناصر الفيزيوكيميائية لهذه المياه .

مجموعة المقاييس المدروسة بينت أن مياه الواد الكبير معرضة إلى تلوث خفيف ذو مصدر برازي ناتج عن وجود عدد كبير من المواشي, المعايير الفيزيوكيميائية موجودة بقيم منخفضة وترتفع خلال الفترات الممطرة نتيجة غسل الأراضي الزراعية المجاورة, هذه القيم مهما يكن تبقى منخفضة لا يمكن لها أن تسبب تلوث عضوي أو معدني.

الكلمات المفتاحية:

الواد الكبير, الفيزيو كيميائية, نوعية المياه, ميكروبيولوجيا, التلوث, التلوث البرازي.

Références bibliographiques



Agence de bassin hydrographique Constantinois-Seyboussa-Mellegue, (Octobre 1999). Pollution des eaux superficielles. (pp.2-3).

Agence Nationale des Ressources hydrique, rapport 2001

Agrigon A., (2000). Annuaire de la qualité des eaux et des sédiments. DUNOD. 206p.

Amino A. et Chaussied M., (1983). Manuel des analyses chimiques en milieu marin. *C.N.E.X.O.FRANCE*. 395p.

Aouissi A., Fouzari A. et Meziane N., (2007). Qualité bactériologique de l'eau de Oued Seyboussa. Mémoire d'ingénieur. Université 8 mai 1945 de Guelma.8p.

Aouissi A. et al., (2007). Qualité bactériologique de l'eau de Oued Seyboussa. Mémoire d'ingénieur. Université 8 mai 1945 Guelma.52p.

Aouissi A., (2010). Microbiologie et physico-chimie de l'eau des puits et des sources de la région de Guelma (Nord-Est de l'Algérie). UNIVERSITE du 08 Mai 1945 de GUELMA. (pp. 87-91).

Archibald F., (2003). Coliformes fécaux. Institut national de santé publique de Québec. 3p.

Bagnoules et Gausson H., (1957). Les climats biologiques et leurs classifications. *Ann. Géogr. Fr.* 355: 193-220.

Benderradji M. L., (2000). Les milieux humides de l'extrême Nord-est algérien de Guerbes aux confins Algéro-Tunisiens: Ecogéographie et aménagement. Thèse de doctorat d'état. Univ. Mentouri-Constantine. 497p

Boumezbeur A., (2001). **Fiche Descriptive sur les Zones Humides Ramsar**, Complexe de zones humides de la plaine de Guerbes-Sanhadja, Direction de la Protection de la Flore et de la Faune. Direction Générale des Forêts, Chemin Doudou Mokhtar, Ben Aknoun, Alger. Algérie. (pp.1-6).

Bourgeois C. M. et Leveau J. Y., (1980). Techniques d'analyse et de contrôle dans les industries agro-alimentaire. T3. *Apria*, 331p.

Camille D., (2003). Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux. Réglementation, prélèvements, analyses. *Tec et Doc* 156 p.

Carbonnelle D. Kouyoumdjian S., (1988). Bactériologie médicale techniques usuelles. *Méd. Mal. Inf.* 251 p.

Chaouch R., (2007). Identification et quantification des déchets solides encombrant les plages d'Annaba: aspect physico-chimique et bactériologique des eaux. Mémoire de Magister. Université Badji-Mokhtar Annaba. 105p.

Chaoui W. (2007). Impact De La Pollution Organique Et Chimique Des Eaux De l'Oued Seyboussa Et De l'Oued Mellah Sur Les Eaux Souterraines De La Nappe Alluviale De Bouchegouf (Guelma). Mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar, Annaba. 101p.

Conservation des forêts de la Wilaya de Skikda, 2004.

CNERU, 2010

Denis F., (2007). Bactériologie médicale techniques usuelles. Masson. 384p.

Dégrément, (1998). Mémento technique de l'eau 8ème édition *Tec et Doc*. Paris 986p.

Direction d'hydrologie de skikda, 2012.

Direction des forêts Skikda, 2012.

Evolution de la Qualité des Eaux Superficielles dans le Bassin Hydrographique C-S-M, (1998-2003), Classes de qualité, Recommandations de l'OMS (1994).

Emberger L., (1955). Une classification biogéographique des climats. *Rev. Trac. Bot. Géol. Zool. Fase. Sci.* Montpellier, série botanique: 343p.

Ferdes H. et Merchela W., (2012). Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de Garaet Guellif d'Oum el Bouaghi. Université 8 mai 1945 de Guelma. 43p.

Ghazali, D., et Zaid, A., (2013). Etude de la Qualité Physico-chimique et Bactériologique des Eaux de la source Ain Salama-Jerri (Région de Meknès –Maroc). *Larhyss Journal*, ISSN 1112-3680, n° 12, Janvier 2013, pp. (27-33).

Guiraud J. P., (1998). Microbiologie alimentaire. *Dunod*. France. 652p.

Hakmi A., (2002). Traitement des eaux " analyse de l'eau de source bousfer ORAN, Mémoire de magister. Université des sciences et de la technologie Oran.71p.

La pollution des milieux aquatiques, limite des classes de qualité des cours d'eau (la grille de référence de 1971). (pp.181-182).

Labres et Mouffok F., (2008). Le cours national d'hygiène et de microbiologie des eaux de boisson. Manuel des travaux pratique des eaux. *Institut Pasteur d'Algérie*. 53p.

Les données de l'IBGE « L'eau à Bruxelles ». Novembre 2005. (pp.1-6).

Lightfoot N. F., (2002). Analyses microbiologiques des aliments et de l'eau. *Directives pour l'assurance qualité*. 387 p.

Louennas, A., (2009). Amélioration des procédés de clarification des eaux de la station de Hamadi-Krouma de Skikda. (pp.4-6).

Louennas, A., (2009). Amélioration des procédés de clarification des eaux de la station de Hamadi-Krouma de Skikda. (pp.19-20).

Mayat S., (1994). Techniques de traitement: aliments et eaux, *1ère édition*, *Edisem*, 195p.

Merzoug S., (2009). Etude de la qualité microbiologique et physico-chimique de l'eau de l'écosystème lacustre Garaet Hadj-Taher (Benazzouz, wilaya de Skikda). UNIVERSITE 08 Mai 1945 de GUELMA.(pp.29-63).

Makhoukh, M., Sbaa, M., Berrahou, A., & Van. Clooster, M., (2011). Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 09, Décembre 2011, (pp. 153-162).

ONEDD de Skikda, 2012

Patrick B. et al., (1988). Bactériologie, collection de la biologie à la clinique, *Flammarion*, France.

Pechère J. C., Acar J., Grenier B. et Nihoul E., (1982). Reconnaître, comprendre et traiter les infections. 4^{ème} édition. *Edisem ST-Hyacinthe. Québec.* 509p.

Pilet C. et col., (1987). Bactériologie médicale et vétérinaire. Systématique bactérienne. 371p.

Raymond., (1977). Le traitement des eaux. 2^{ème} édition. *Dunod*, France. 387p.

Rejsek F., (2002). Analyse des eaux. *Tec et Doc.*

Rodier J., (2005). Analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires. 8^{ème} édition, *Dunod*, Paris 1130p.

Rodier J., (2005). L'analyse De L'eau ; Eaux Naturelles, Eaux Résiduelles, Eaux De Mer. 8^{ème} édition. *Dunod.* 163 p.

Rodier J., (2005). L'analyse De L'eau ; Eaux Naturelles, Eaux Résiduelles, Eaux De Mer. 8^{ème} édition. *Dunod.* 194 p.

Rodier J., (2005). L'analyse De L'eau ; Eaux Naturelles, Eaux Résiduelles, Eaux De Mer. 8^{ème} édition. *Dunod.* 557 p.

Rodier J., (2005). L'analyse De L'eau ; Eaux Naturelles, Eaux Résiduelles, Eaux De Mer. 8^{ème} édition. *Dunod.* (pp. 606–607).

Rodier J., (2005). L'analyse De L'eau ; Eaux Naturelles, Eaux Résiduelles, Eaux De Mer. 8^{ème} édition. *Dunod.* 1383 p.

Roux, (2003). TP de microbiologie : Analyses de l'eau. *NOVELLO Célia. IUP SIAL*, Université Paris 12p.

Samraoui B. et De Belair G., (1997). The Guerbes-Sanhadja wetlands: part I. Overview. *Ecologie* 28: 233-250.

Sayad L., (2008). Qualité physico-chimique et bactériologie des eaux de l'écosystème lacustre Lac des Oiseaux (wilaya de Taraf). Mémoire de Magister. Université Badji Mokhtar Annaba. 125p.

Annexe

1. Méthodes d'analyses :

❖ Nitrate :

➤ Réactifs

- Solution de salicylate de sodium à 1% à renouveler toutes les 24 heures.

- Acide sulfurique concentré (d = 1,84).

- Solution d'hydroxyde de sodium :

Hydroxyde de sodium 200g

Sel disodique de l'acide éthylène diaminetétracétique 50g

Eau permutée q.s.p. 1l

Dissoudre avec précaution l'hydroxyde de sodium dans 800ml d'eau permutée; ajouter le sel sodique EDTA. Après dissolution et refroidissement, transvaser la solution dans une fiole jaugée, ajuster le volume à 1 litre. Conserver cette solution dans un flacon de polyéthylène.

- Solution d'azoture de sodium:

Azoture de sodium 50mg

Eau permutée q.s.p. 100ml

- Solution mère étalon d'azote nitrique à 100mg/l :

Nitrate de potassium anhydre 722 mg

Eau permutée q.s.p. 1000ml

À renouveler tous les deux mois.

- Solution fille étalon d'azote nitrique à 5mg/l.

Amener 50ml de la solution mère à 1000ml avec de l'eau permutée.

❖ Nitrite :

➤ Réactifs

- Acide orthophosphorique (d = 1,70).

- Réactif de diazotation :

- amino-4-benzène sulfonamide 40g

- dichlorure de N-(naphtyl-1) diamino-1,2 éthane 2g

- acide orthophosphorique (d=1,7) 100mL
- eau permutée q.sp. 1000mL

Mélanger dans un bécher 800mL d'eau permutée et 100mL d'acide phosphorique, Ajouter l' amino-4-benzènesulfonamide puis après dissolution, ajouter le dichlorure de N-(naphtyl-1)diamino-1,2 éthane. Agiter jusqu'à complète dissolution. Transvaser la solution dans une fiole jaugée de 1000mL, ajuster le volume avec de l'eau permutée, mélanger.

Conservée au réfrigérateur, cette solution est stable un mois.

- Solution mère étalon d'azote nitreux(NO₂) à100mg/L:

Nitrite de sodium 492,8mg

Eau permutée q.s.p. 1000m

Conservée en flacon de verre inactinique, cette solution est stable un mois.

- Solution fille étalon d'azote nitreux(NO₂) à1 mg/L:

Diluer au 1/100 la solution précédente avec de l'eau permutée. À préparer extemporanément.

2. Résultats des analyses physico-chimiques et bactériologiques :

Tableau 25 : Résultats des mesures de la température de l'eau de Oued el Kebir dans les trois stations de prélèvement durant la période allant de décembre jusqu'à mars :

T ° c	Décembre	Janvier	Février	Mars
Station 1	10	9,5	8	14
Station 2	10	10	9	14
Station 3	10	10	11	16

Tableau 26: Résultats des mesures du PH de l'eau de Oued el Kebir dans les trois stations de prélèvement durant la période allant de décembre jusqu'à mars :

PH	Décembre	Janvier	Février	Mars
Station 1	7,8	5,5	7,5	7,5
Station 2	7,8	6,5	7,5	7,5
Station 3	7,5	5,5	7	7,2

Tableau 27 : Résultats des mesures de la conductivité électrique de l'eau de Oued el Kebir dans les trois stations de prélèvement durant la période allant de décembre jusqu'à mars :

Conductivité électrique ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	Décembre	Janvier	Février	Mars
Station 1	930	863	677	669
Station 2	849	1106	818	1025
Station 3	457	1221	445	756

Tableau 28 : Résultats des mesures de l'oxygène dissous dans l'eau de Oued el Kebir dans les trois stations de prélèvement durant la période allant de décembre jusqu'à mars :

Oxygène dissous (%)	Décembre	Janvier	Février	Mars
Station 1	57,6	66	77	74
Station 2	65,9	83,5	79	69
Station 3	66,4	66	75	66

Tableau 29 : Résultats des mesures de la salinité dans l'eau de Oued el Kebir dans les trois stations de prélèvement durant la période allant de décembre jusqu'à mars :

Salinité (mg/l)	Décembre	Janvier	Février	Mars
Station 1	0,2	0,2	0,1	0,1
Station 2	0,2	0,3	0,1	0,3
Station 3	0,0	0,4	0,0	0,2

Tableau 30 : Résultats des mesures des TDS dans l'eau de Oued el Kebir dans les trois stations de prélèvement durant la période allant de décembre jusqu'à mars :

TDS (mg/l)	Décembre	Janvier	Février	Mars
Station 1	789	489	614	568
Station 2	720	614	759	869
Station 3	388	677	343	640

Tableau 31 : Résultats des mesures des MES dans l'eau de Oued el Kebir dans les trois stations de prélèvement durant la période allant de décembre jusqu'à mars :

MES (mg/l)	Décembre	Janvier	Février	Mars
Station 1	106	2	43	3
Station 2	45	8	183	77
Station 3	112	5	18	7

Tableau 32 : Résultats des mesures des Nitrates (NO₃) dans l'eau de Oued el Kebir dans les trois stations de prélèvement durant la période allant de décembre jusqu'à mars :

Nitrate NO ₃ (mg/l)	Décembre	Janvier	Février	Mars
Station 1	0,3	-0,0114	0,28	0,07
Station 2	0,17	0,0980	0,5	1,22
Station 3	0,8	0,3718	0,29	0,63

Tableau 33 : Résultats des mesures des Nitrites (NO₂) dans l'eau de Oued el Kebir dans les trois stations de prélèvement durant la période allant de décembre jusqu'à mars :

Nitrite NO ₂ (mg/l)	Décembre	Janvier	Février	Mars
Station 1	18,7 x 10 ⁻³ (0,0187)	1,1 x 10 ⁻³ (0,0011)	5,2 x 10 ⁻³ (0,0052)	1,2 x 10 ⁻³ (0,0012)
Station 2	3,6 x 10 ⁻³ (0,0036)	30 x 10 ⁻³ (0,03)	14 x 10 ⁻³ (0,014)	20,4 x 10 ⁻³ (0,0204)
Station 3	13 x 10 ⁻³ (0,013)	16 x 10 ⁻³ (0,016)	5,85 x 10 ⁻³ (0,00585)	4,4 x 10 ⁻³ (0,0044)

Tableau 34 : Résultats des mesures de la DBO₅ dans l'eau de Oued el Kebir dans les trois stations de prélèvement durant la période allant de décembre jusqu'à mars :

DBO ₅ (mg/l)	Décembre	janvier	février	mars
Station 1	15	10	10	20
Station 2	5	10	10	25
Station 3	10	15	10	25

Tableau 30 : Résultats des mesures de la DCO dans l'eau de Oued el Kebir dans les trois stations de prélèvement durant la période allant de décembre jusqu'à mars :

DCO (mg/l)	Décembre	janvier	février	mars
Station 1	34,4	24,8	15,30	69,28
Station 2	20,16	24	11,52	44,16
Station 3	10,56	25,92	10,56	70,24

Tableau 35 : Résultats analytiques des germes totaux (GT) de l'eau de oued el kebir :

Les germes totaux (GT)	Décembre	Janvier	Février	Mars
Station 1	3.6 X 10 ⁵ (360000)	4.1 X 10 ⁵ (410000)	3.8 X 10 ⁴ (38000)	5.2 X 10 ⁵ (520000)
Station 2	2.7 X 10 ⁵ (270000)	3.2 X 10 ⁵ (320000)	2.9 X 10 ⁴ (29000)	5.3 X 10 ⁵ (530000)
Station 3	2.4 X 10 ⁵ (240000)	2.9 X 10 ⁵ (290000)	3.5 X 10 ⁴ (35000)	5.5 X 10 ⁵ (550000)

Tableau 36 : Résultats analytiques des coliformes totaux (CT) de l'eau de oued el kebir :

Les coliformes totaux (CT)	Décembre	Janvier	Février	Mars
Station 1	$3,2 \times 10^4$ (32000)	$2,4 \times 10^4$ (24000)	$2,8 \times 10^4$ (28000)	$3,2 \times 10^4$ (32000)
Station 2	$2,7 \times 10^4$ (27000)	$2,1 \times 10^4$ (21000)	$2,4 \times 10^4$ (24000)	$2,1 \times 10^4$ (21000)
Station 3	$2,9 \times 10^4$ (29000)	$2,6 \times 10^4$ (26000)	$2,1 \times 10^4$ (21000)	$2,3 \times 10^4$ (23000)

Tableau 37 : Résultats analytiques des coliformes fécaux (CF) de l'eau de oued el kebir :

Les coliformes fécaux (CF)	Décembre	Janvier	Février	Mars
Station 1	$2,4 \times 10^4$ (24000)	$3,5 \times 10^4$ (35000)	$2,1 \times 10^4$ (21000)	$3,8 \times 10^4$ (38000)
Station 2	$1,4 \times 10^4$ (14000)	$2,7 \times 10^4$ (27000)	$1,8 \times 10^4$ (18000)	$2,2 \times 10^4$ (22000)
Station 3	$1,2 \times 10^4$ (12000)	$2,3 \times 10^4$ (23000)	$1,6 \times 10^4$ (16000)	$2,7 \times 10^4$ (27000)

Tableau 38 : Résultats analytiques des streptocoques fécaux (SF) de l'eau de oued el kebir :

Les streptocoques fécaux (SF)	Décembre	Janvier	Février	Mars
Station 1	$2,4 \times 10^2$ (240)	$2,7 \times 10^2$ (270)	$1,3 \times 10^2$ (130)	$2,1 \times 10^2$ (210)
Station 2	$2,6 \times 10^2$ (260)	$1,9 \times 10^2$ (190)	$1,3 \times 10^2$ (130)	2×10^2 (200)
Station 3	$2,8 \times 10^2$ (280)	$2,4 \times 10^2$ (240)	$1,2 \times 10^2$ (120)	$2,1 \times 10^2$ (210)

3. Composition des milieux de culture et des réactifs :

➤ Milieux de culture :

- **Eau peptonée exempte d'indole** : Elle est surtout utilisée pour la recherche de la production d'indole Formule (en grammes par litre d'eau distillée) :

Peptone exempte d'indole : 10 g / l

Chlorure de sodium : 5 g / l

pH final : 7,2

Préparation :

Mettre 15 g de milieu déshydraté dans un litre d'eau distillée. Mélanger soigneusement jusqu'à complète dissolution. Ajuster, si nécessaire, le pH à 7,2 .Répartir puis stériliser à l'autoclave à 120° C pendant 15 minutes.

- **B.C.P. (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 a 120C°

- **Milieu de Chapman :** Le milieu de Chapman mannité est un milieu sélectif pour la culture des

staphylocoques

Formule (en gramme par litre d'eau distillée) :

Peptone bactériologique : 10 g / l.

Extrait de viande de bœuf : 1 g / l.

Chlorure de sodium : 75 g / l.

Mannitol : 10 g / l.

Rouge de phénol : 0,025 g / l.

Agar : 15 g / l.

pH : 7,5 (environ).

Préparation :

Verser 111 g de poudre dans un litre d'eau distillée. Porter à ébullition jusqu'à dissolution

complète. Stériliser à l'autoclave à 121° C pendant 15 minutes.

- **Milieu de Mac Conkey :** L'utilisation de ce milieu est recommandée pour isoler et numérer les entérobactéries dans les eaux, le lait, les matières alimentaires, les urines. Il peut aussi être utilisé pour la recherche, dans les matières fécales, des Salmonella, Shigella et des E. coli entéropathogènes pour le nourrisson.

Formule (en gramme par litre d'eau distillée) :

Peptone bactériologique : 20 g / l.

Sels biliaires : 1,5 g / l.

Chlorure de sodium : 5 g / l.

Lactose: 10 g / l.

Rouge neutre : 0,03 g / l.

Cristal violet : 0,001 g / l.

Agar : 15 g / l.

pH : 7,1 (environ).

Préparation :

Verser 51,5 g de poudre dans un litre d'eau distillée. Faire bouillir jusqu'à dissolution complète.

Stériliser à l'autoclave à 121° C pendant 15 minutes. Liquéfier au bain-marie bouillant et couler

en boîtes de Pétri. Après solidification, laisser sécher à l'étuve à 37°C (couvercle entrouvert).

- Milieu de Hektoén:

Composition g/l :

Protéase poptone: 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/

Préparation:

- Dissoudre 75 g/l, ne pas autoclave

- Après refroidissement aux environs de 50C°, 15 mg/l Novobiocine peuvent être mélangés sous

forme de solution aqueuse filtrée stérilement. Couler en boites pH = 7,7+ 0,1.

- Viande foie (VF):

Préparé en deux étapes sont:

- Milieu de base:

- Base viande foie: 30g

- Glucose: 2g

- Amidon: 2 g

- Agar: 1g

- Eau distillée: 1000 ml

- - Au moment de l'emploi:

Ajouter a 20ml de milieu de base fondé

0,5 ml d'une solution de sulfate de sodium a 5%

4 gouttes d'alun de fer commoniacol

- Gélose nutritive :

La gélose nutritive est un milieu qui convient à la culture des germes ne présentant pas d'exigences particulières.

Formule (en grammes par litre d'eau distillée) :

Peptone : 5 g / l

Extrait de viande : 1 g / l

Extrait de levure : 2g/l

Chlorure de sodium : 5g / l

Agar : 15g , pH : 7,4 (environ)

Préparation :

Verser 28 g dans un litre d'eau distillée. Porter à ébullition jusqu'à dissolution complète.

Stériliser à l'autoclave à 121°C pendant 15 minutes

- 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

autoclavage = 15mn 121C° pH = 6,8

- Shubert (milieu indole mannitol):

Tryptone: 0,2 g

Acide glutamique : 0,2 g

Sulfate de magnésium: 0,7 g

Sulfate d'ammonium: 0,4 g

Citrate 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°

- **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

4. Réactifs :

- **Réactif TDA : (#7040)** pour la recherche de la tryptophane désaminase :

Perchlorure de fer.....3.4 g

Eau distillée.....100 ml

- **Réactif IND : (#7041)** pour la recherche de l'indole :

Paradiméthylaminobenzaldéhyde.....5.0 g

Alcool isoamylique.....75.0 ml

HCL 37%.....25.0 ml

- **Réactifs de Voges Proskauer (VP) :** pour la recherche de l'acétoïne :

VP 1 (#7042) :

Hydroxyde de potassium.....40 g

Eau distillée.....100 ml

VP 2 (#7043):

Alpha naphтол.....6 g

Ethanol.....100 ml

- **Réactif kowax :** pour la recherche de l'indole