

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة 8 ماي 1945 قالمة
Université 8 Mai 1945 Guelma
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Sciences de la terre et de l'Univers



Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Domaine : Science de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité/ Option: Santé, eau et environnement/ Hydro-écologie.

Département: Ecologie et Génie de l'Environnement

Etude physico-chimique et bactériologique des eaux du barrage de Hammam Debagh (Guelma)

Présenté par :

DJEDADOUA Nadjat.

Devant le jury composé de :

Président : Messiad R.	(MCB)	Université de Guelma
Examineur : Guettaf M.	(MCB)	Université de Guelma
Encadreur : Ramdani K.	(MAA)	Université de Guelma
Membre : Aissaoui R.	(MCB)	Université de Guelma
Membre : Benchrif H.	(MCB)	Université de Guelma
Membre : Djemaa F.	(MCB)	Université de Guelma

Juin 2017

*« Goutte ou vapeur, Glace ou rosée, Cascade ou lac,
Fleuve ou océan, Douce ou salée, Transparente ou trouble,
Fraîche ou tiède, Chantante ou grondante,
Abondante ou rare, Potable ou polluée,
L'eau est une beauté fragile »*

Jean MATRICON

Remerciements

Avant tout, nous remercions Allah tout puissant de nous avoir guidés tout au long de nous vie, Il nous a donné courage et patience pour outrepasser tous les moments difficiles, Il nous a permis d'achever ce travail et de pouvoir le mettre entre vos mains, aujourd'hui.

J'adresse mes remerciements les plus chaleureux à mes parents, pour tous les soutiens et l'encouragement qu'ils m'avaient donnés,

Je remercie très particulièrement mon marie, mes sœurs et mon frère pour leur soutien et encouragement.

Je remercie particulièrement Mr RAMDANI Kamel, Maitre assistant au niveau du département d'écologie de l'université de Guelma pour avoir accepté d'encadrer ce travail et pour ses compétences qui m'ont permis de mener à bien cette étude.

Je tiens à remercier spécialement Mr ROUABHIA, Maitre assistant au niveau du département de biologie de l'université de Guelma qui a apporté une aide efficace et une part active à l'élaboration de cette étude.

Je remercie par ailleurs vivement les membres du jury de m'avoir fait l'honneur de juger mon travail et d'assister à la soutenance. Je voudrais remercier Madame Messiad R (MCB) qui m'a honoré d'avoir accepté de présider le jury. Je remercie également Monsieur Guettaf M (MCB) qui est d'avoir accepté d'examiner ce travail, Je remercie également les membres de la commission : Monsieur Aissaoui R(MCB), Madame Benchrif H(MCB), Madame Djemaa F(MCB).

Je tiens particulièrement à remercier les membres du laboratoire d'ADE de Hammam Debagh.

Finalement, je remercie également toutes les personnes qui ont contribué directement ou indirectement à ce travail. C'est l'expression de ma gratitude.

Dédicace

Je dédie ce travail

A mes parents : Mouloud et Chama

Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il Faut...

Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour

Le respect, la reconnaissance...

Aussi, c'est tout simplement que

Je souhaite que Dieu vous préserve une longue vie.

A l'homme de ma vie ; mon époux : Mohamed.

A ma belle fille : Noursine.

A mon frère, Khaled.

A mes chères sœurs : Amel, Hanane, Charifa

Ainsi que leurs enfants : Allaa Arrahmane, Louay, Quosay, Rihame.

A mon petit neveu: Mohamed Amine.

A toutes mes amies : Sassia, Safia, Amina, Hanane, Samiha, Habiba.

A eux tous, je souhaite un avenir plein de joie et de bonheur.

DJEDADOUA Nadjat.

Sommaire

SOMMAIRE

Liste des abréviations

Listes des figures

Liste des tableaux

Introduction

	Introduction	1
Chapitre I	Synthèse bibliographiques	3
1.	Généralité sur les eaux	3
1.1.	Cycle de l'eau	3
1.2.	Ressource des eaux	4
1.3.	Eaux superficielles	4
1.4.	Eaux souterraines	5
1.5.	Généralité sur la pollution des eaux superficielles	5
1.5.1.	Pollution urbaine	5
1.5.2.	Pollution industrielle	5
1.5.3.	Pollution agricole	6
1.6.	Maladies à transmission hydrique d'origine bactérienne	6
2.	Description de la zone d'étude	7
2.1.	Situation géographique	7
2.2.	Situation géomorphologique	8
2.3.	Cadre géographique du bassin versant de l'Oued Bouhamdane	8
2.4.	Cadre géologique et lithologique du barrage	9
2.5.	Réseau hydrographique	10
2.6.	Caractéristiques du barrage de Hammam Debagh	10
2.7.	Etude climatique	11
2.7.1.	Pluviométrie	11
2.7.2.	Températures	11
2.7.3.	Humidité	11
2.8.	Synthèse Climatique	12
2.8.1.	Indice d'aridité DE MARTONNE	12
2.8.2.	Diagramme Ombrothermique de Gaussen	12
2.8.3.	Climagramme d'Emberger	13
Chapitre II	Matériel et méthodes	15
1.	Objectif de la recherche	15

2.	Échantillonnage	15
3.	Prélèvement	15
3.1.	Matériels de prélèvement	16
3.2.	Mode de prélèvement	17
3.3.	Transport et conservation au laboratoire	17
4.	Analyses effectués	17
4.1.	Analyses organoleptiques	17
4.1.1.	La turbidité	17
4.1.2.	L'odeur	19
4.2.	Analyse des paramètres physiques	20
4.2.1.	La température	20
4.2.2.	Conductivité électrique	21
4.2.3.	Salinité	22
4.2.4.	L'oxygène dissous	23
4.3.	Paramètres chimique	23
4.3.1.	Potentiel d'hydrogène	23
4.4.	Paramètres de minéralisation globale	24
4.4.1.	Dosage de la dureté totale (titre hydrométrique TH)	24
4.4.2.	Dosage du Calcium (Ca^{2+})	26
4.4.3.	Dosage du l'ion de Magnésium (Mg^{+2})	27
4.4.4.	Dosage des ions de Sulfates (SO_4^{-2})	28
4.4.5.	Détermination des résidus secs	28
4.5.	Paramètres de pollution	30
4.5.1.	Dosage des nitrates (NO_3^-)	30
4.5.2.	Dosage des nitrites (NO_2^-)	32
4.5.3.	Dosage de l'Ammonium (NH_4^+)	33

4.5.4.	Dosage de phosphate (PO_4^{3-})	33
4.5.5.	Dosage des ions de Fer (Fe^{2+})	34
4.6.	Analyse bactériologique	36
4.6.1.	Recherche et dénombrement des germes revivifiables	36
4.6.2.	Recherche et dénombrement des germes indicateurs de contamination fécale	38
4.6.3.	Les streptocoques fécaux	41
4.6.4.	Anaérobies sulfito-réductrices	43
4.6.5.	Recherche et isolement des germes pathogènes	45
Chapitre III	Résultats et discussion	
1.	Analyses effectués	53
1.1.	Analyses organoleptiques	53
1.1.1.	La turbidité	53
1.1.2.	L'odeur et la saveur	53
1.2.	Analyse des paramètres physiques	54
1.2.1.	La température	54
1.2.2.	Conductivité électrique	55
1.2.3.	Salinité	56
1.2.4.	L'oxygène dissous	56
1.3.	Paramètres chimique	57
1.3.1.	Potentiel d'hydrogène	57
1.3.2.	La dureté totale (titre hydrométrique)	58
1.3.3.	Calcium (Ca^{2+})	59
1.3.4.	Magnésium (Mg^{+2})	60
1.3.5.	Sulfates (SO_4^{-2})	61
1.3.6.	Résidus secs	62

1.4.	Paramètres de pollution	63
1.4.1.	Nitrates (NO_3^-)	63
1.4.2.	Nitrites (NO_2^-)	64
1.4.3.	L'Ammonium (NH_4^+)	65
1.4.4.	Dosage de phosphate (PO_4^{3-})	66
1.4.5.	Dosage des ions de Fer (Fe^{2+})	67
1.5.	Analyse bactériologique	68
1.5.1.	Recherche et dénombrement des germes revivifiables	68
1.5.2.	Recherche et dénombrement des coliformes totaux	69
1.5.3.	Recherche et dénombrement des coliformes fécaux thermo-tolérants (<i>E.coli</i>)	70
1.5.4.	Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux	72
1.5.5.	Anaérobies sulfito-réductrices	73
1.5.6.	Recherche et isolement des germes pathogènes	75
	Conclusion	77
	Références bibliographiques	79
	Résumés	
	Annexes	

Liste des figures

N° de figure	Titre de figure	Page
1	Cycle général de l'eau (Sari, 2014).	4
2	Carte de localisation du barrage Hammam Debagh. (Source: Google Maps - ©2013 Google).	7
3	Carte de situation géographique du bassin versant de l'oued Bouhamdane (Source : A.N.R.H).	9
4	Diagramme Ombrothermique de Gaussen pour la région d'étude.	13
5	Situation de Guelma dans le Climagramme d'Emberger (1955).	14
6	Carte de localisation satellitaire des stations de prélèvements (Source : GOOGLE EARTH, 2017).	15
7	Turbidimètre (Fast Tracker, HI 98713) (Photo prise par DJEDADOUA, 2017)	18
8	Thermomètre (Photo prise par DJEDADOUA, 2017).	20
9	Multi-paramètre (WTW multi 197i) (Photo prise par DJEDADOUA, 2017).	24
10	Dessiccateur (Photo prise par DJEDADOUA, 2017).	30
11	Balance de précision mettler (Toledo-AB204) (Photo prise par DJEDADOUA, 2017).	30
12	Bain marie (STABITHERM) (Photo prise par DJEDADOUA, 2017).	31
13	Spectrophotomètre (HACH ODYSSEY) (Photo prise par DJEDADOUA, 2017).	35
14	Recherche et dénombrement des micro-organismes revivifiables à 22 et à 37°C dans les eaux (Labres et al., 2008).	37
15	Schéma montrant la procédure d'identification de la boîte de Pétri (Tourab ,2013).	37
16	Recherche et dénombrement des coliformes (Gueroui ,2015).	40
17	Recherche et dénombrement des Streptocoque fécaux (Gueroui, 2015).	42
18	Recherche et dénombrement des anaérobies sulfito-réductrices (Hamed et al., 2012).	44
19	Recherche des Salmonelles et de Shigelles.	48
20	Recherche et identification Staphylocoques pathogènes (<i>Staphylococcus aureus</i>).	50
21	Recherche de <i>Pseudomonas aeruginosa</i> .	52
22	Variation spatio-temporelle de la turbidité dans les eaux du Barrage de Hammam Debagh.	53

23	Variation spatio-temporelle de la température dans les eaux du Barrage de Hammam Debagh.	54
24	Variation spatio-temporelle de la conductivité dans les eaux du Barrage de Hammam Debagh.	55
25	Variation spatio-temporelle de la salinité dans les eaux du Barrage de Hammam Debagh.	56
26	Variation spatio-temporelle de l'oxygène dissous dans les eaux du Barrage de Hammam Debagh.	57
27	Variation spatio-temporelle du Potentiel d'hydrogène dans les eaux du Barrage de Hammam Debagh.	58
28	Variation spatio-temporelle de la dureté totale dans les eaux du Barrage de Hammam Debagh.	59
29	Variation spatio-temporelle du Calcium dans les eaux du Barrage de Hammam Debagh.	60
30	Variation spatio-temporelle du Magnésium dans les eaux du Barrage de Hammam Debagh.	61
31	Variation spatio-temporelle du Sulfate dans les eaux du Barrage de Hammam Debagh.	62
32	Variation spatio-temporelle des Résidus secs dans les eaux du Barrage de Hammam Debagh.	63
33	Variation spatio-temporelle des Nitrates dans les eaux du Barrage de Hammam Debagh.	64
34	Variation spatio-temporelle des Nitrites dans les eaux du Barrage de Hammam Debagh.	65
35	Variation spatio-temporelle des Ammonium dans les eaux du Barrage de Hammam Debagh.	66
36	Variation spatio-temporelle des Phosphates dans les eaux du Barrage de Hammam Debagh.	67
37	Variation spatio-temporelle du Fer dans les eaux du Barrage de Hammam Debagh.	68
38	Variation spatio-temporelle des germes revivifiables à 22 et 37 °C dans les eaux du Barrage de Hammam Debagh.	69
39	Photos des résultats des germes revivifiables dans les eaux du Barrage de Hammam Debagh (Photos prise par DJEDADOUA, 2017).	69
40	Variation spatio-temporelle du nombre de coliformes totaux dans les eaux du Barrage de Hammam Debagh.	70
41	Photos des résultats des coliformes totaux dans les eaux du Barrage de Hammam Debagh (Photos prise par DJEDADOUA, 2017).	70
42	Variation spatio-temporelle du nombre de coliformes fécaux dans les eaux du Barrage de Hammam Debagh.	71
43	Photos des résultats des coliformes fécaux dans les eaux du Barrage de Hammam Debagh (Photos prise par DJEDADOUA, 2017).	71
44	Variation spatio-temporelle du nombre de streptocoques fécaux dans les eaux du Barrage de Hammam Debagh.	72
45	Photos des résultats des streptocoques fécaux dans les eaux du Barrage de Hammam Debagh (Photos prise par DJEDADOUA, 2017).	73
46	Variation spatio-temporelle du nombre des ASR dans les eaux du Barrage de Hammam Debagh.	74
47	Photos des résultats des ASR dans les eaux du Barrage de Hammam Debagh (Photos prise par DJEDADOUA, 2017).	74

48	Photos des résultats des germes pathogènes dans les eaux du Barrage de Hammam Debagh. (Photos prise par DJEDADOUA, 2017).	75
----	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Liste des tableaux

N° de tableau	Titre de tableau	Page
1	Les principaux caractéristiques du barrage de Hammam Debagh (Source: ANBT).	10
2	Valeurs moyennes mensuelles de la T°, P et H' de l'air, enregistrées à Guelma en 2002-2015 (Station météorologique de Guelma).	11
3	Présentation des stations de prélèvement.	16
4	Classes de turbidité usuelles (NTU) (Hakmi, 2002).	18
5	Normes algériennes de potabilité des eaux de consommation (NA 6360-1992).	19
6	Grille d'appréciation de la qualité de l'eau en fonction de la température. (Monod, 1989).	20
7	Classification des eaux fonction de la conductivité d'après Potelon et Zysman (1993).	21
8	Classification des eaux selon la salinité (Chevallier, 2007).	22
9	Classification des eaux en fonction de l'oxygène dissous (Rodier, 1976).	22
10	La variation du pH de l'eau (Zerluth, 2004).	23
11	Qualité de l'eau en fonction de la dureté (Chevallier, 2007).	24
12	Qualité des eaux en fonction de la quantité de Magnésium (Merzoug, 2009).	27
13	La potabilité en fonction des résidus secs (Rodier, 2005).	29
14	Grille de la qualité des eaux en Nitrates (ANRH, 2001).	30
15	Grille de la qualité des eaux en Nitrite (ANRH, 2001).	32
16	Grille de la qualité des eaux en Ammonium (ANRH, 2001).	33
17	Grille de la qualité des eaux de surface en Phosphate (D'APRES ABH-CSM, 2004).	34
18	Norme et recommandation algérienne pour la qualité bactériologique de l'eau brute (NA 63 60-1992).	45
19	Lecture sur la gélose S-S (Mechai, 2005).	47
20	Détermination de la source de pollution à partir du rapport Coliformes fécaux/Streptocoques fécaux (Borrego et Romero 1982).	76

Introduction

L'eau, H₂O, molécule inodore, incolore et sans saveur, présente dans la nature sous différentes formes et elle est indispensable pour la vie des différents êtres vivants.

Pour l'homme l'eau présente environ 92 % du plasma, 80 % du tissu musculaire, 60 % des globules rouges et aussi c'est le composant majeur de la plus part des autres tissus. Elle est le milieu de dispersion pour plusieurs réactions chimiques et biochimiques, et avec une valeur nutritionnel nulle. Elle est classée comme un corps chimique complexe dans ces constantes physiques et physico-chimiques.

Longtemps considérée comme une ressource inépuisable, pure et gratuite. L'eau potable est aujourd'hui de plus en plus rare, polluée et chère. Comment peut-on gérer au mieux les ressources disponibles sans gaspillage ? Celle que l'on nomme " l'or bleu " est en passe de devenir un enjeu stratégique dans certaines parties du monde.

Les besoins en eau de bonne qualité et en quantité abondante ont augmenté avec La croissance démographique et le développement industriel, particulièrement en Algérie, ce qui pousse les gouvernements à trouver des solutions durables. **(Hachemaoui, 2014)**

A l'instar des pays bordant la mer méditerranée, l'Algérie essaye de préserver ses ressources hydriques en optant pour la construction des barrages. Ces ouvrages sont très importants pour mener à bien la politique de l'eau que les responsables du secteur essayent de mettre en place. **(Mouchara, 2009)**

L'eau n'est pas uniquement une matière première renouvelée, mais finie et irrégulière. Elle n'est pas non plus un don de ciel inépuisable et éternellement pur. Les risques d'appauvrissement des ressources en eau imputables à d'éventuels changements climatiques; ils sont à prendre sérieusement en compte, d'autant que la pression exercée sur ces ressources ne cessera de s'amplifier sous les effets conjugués de la croissance démographique et des politiques appliquées vis-à-vis des activités consommatrices d'eau, notamment l'agriculture, l'industrie et le tourisme. **(Mansouri, 2009)**

Au niveau de la région d'étude, le barrage de Hammam Debagh fait l'objet des nombreux travaux concernant l'impact des lâchées de barrage de Hammam Debagh sur la qualité des eaux de la vallée de Seybouse dans sa partie amont **(Mouchara, 2009)** ; Comportement des éléments chimiques dans les eaux de surface de Hammam Debagh **(Mekaoussi, 2013)** ; Ajustement des modèles de séries temporelles pour prévoir les apports liquides du Barrage Hammam Debagh **(Dahkal, 2015)** ; Etude comparative de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau du barrage de Hammam Debagh avant et après

traitement : Cas de la station de traitement de Hammam Debagh (**Bara, 2016**) et la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux du barrage de Hammam Debagh (**Bouchrit et Hakimi, 2016**)

Notre travail consiste à effectuer des analyses bactériologiques et physico-chimiques pour déterminer la qualité de l'eau brute du barrage de Bouhamdane (dite barrage de Hammam Debagh) pendant trois mois.

L'objectif de cette étude est donc d'évaluer d'une part le degré de pollution qu'affecte l'eau du barrage de Hammam Debagh ; de déterminer les causes possibles de cette pollution et leurs influences sur l'évolution des paramètres physico-chimiques et d'autre part déterminer le degré de contamination fécale et la possibilité de l'existence des bactéries pathogènes.

Cette étude est répartie comme suit :

- En premier chapitre, un rappel sur l'eau d'une façon générale ; les diverses pollutions qui affectent l'eau et les maladies d'origine hydrique ; suivi par une description de la zone d'étude, nous présentons un résumé d'un ensemble de données disponibles sur la zone d'étude ; un aperçu géographique et géomorphologique, ainsi que l'étude de différents paramètres climatiques ont été détaillés ;
- Le deuxième chapitre, sera consacré aux paramètres et méthodes d'analyses ;
- Le troisième chapitre, nous exposerons les résultats obtenus lors de la recherche ;
- En fin, on a tiré une conclusion générale sur les différentes étapes du travail, avec quelques recommandations.

Chapitre I :
Synthèse
bibliographiques

1. Généralité sur les eaux

L'eau est un corps incolore, inodore, insipide, liquide à la température ordinaire et composé d'hydrogène et d'oxygène (H₂O). L'eau était considérée par les anciens comme l'un des quatre éléments de base avec le feu, l'air et la terre. Elle constitue un élément indispensable à la vie. Elle est le substrat fondamental des activités biologiques et le constituant le plus important des êtres vivants (70 % de leurs poids en moyenne).

L'eau se rencontre dans l'écosphère sous trois états ; solide, liquide et gazeux dépendant des conditions particulières de température et de pression. L'eau a des propriétés physico-chimiques assez particulières par rapport aux autres liquides, car elle est un excellent solvant. Elle solubilise de nombreux gaz, corps minéraux et organiques, ionise les électrolytes et disperse les colloïdes électro-chargés. (Michard, 2002)

1.1. Cycle de l'eau

L'eau est partout présente autour de nous et constitue un des éléments fondamentaux de notre planète. Toute cette eau se transforme et circule en permanence dans l'atmosphère, la surface et dans le sous-sol de notre terre : c'est le cycle de l'eau (Fig.1).

L'hydrosphère chauffée par l'énergie solaire, s'évapore et conduit à la présence d'eau dans l'atmosphère. Cette eau, à la suite d'un refroidissement de l'air, se condense en gouttes ou cristaux de glace et se trouve précipitée sous forme de pluie, neige ou grêle sur lithosphère à la surface de laquelle approximativement ¼ pénètre, ¼ ruisselle, quant au ¼ restants, il s'évapore à son tour. (Sari, 2014)

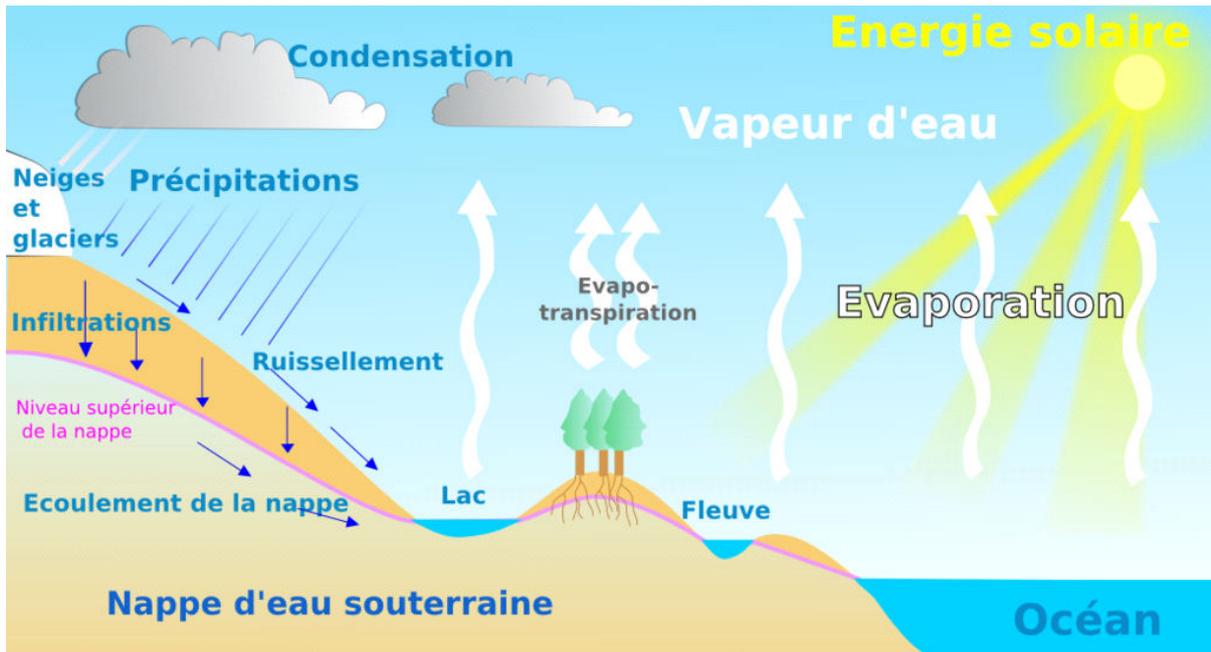


Figure 1 : Cycle général de l'eau (Sari, 2014)

1.2. Ressource des eaux

L'eau recouvre 72 % de la surface terrestre et représente une réserve totale de 1350 milliard de km³ dans la biosphère. Cependant l'eau se trouve en constant recyclage. L'eau douce ne représente que 2,5 % du stock total d'eau sur la planète (les 97,5 % restant étant salés) : or 2/3 de l'eau douce planétaire est concentrée dans les glaciers et la couverture neigeuse et 1/3 dans les nappes souterraines difficiles d'accès. Il ne reste que 0,3 % de l'eau douce (soit 0,007 % de la totalité de l'eau de la planète) dans les rivières, les ruisseaux, les réservoirs et les lacs. Seule cette infime partie est aisément disponible et se renouvelle relativement rapidement : 16 jours en moyenne pour une rivière, 17 ans pour un lac. (Mebarki, 2005)

1.3. Eaux superficielles

Les eaux de surface sont des eaux qui circulent ou qui sont stockées à la surface des continents. Elles ont pour origine, soit des nappes souterraines dont l'émergence constitue une source, soit les eaux de ruissellement. Elles ont moins stables et contiennent des matières minérales et organiques en suspension qui peuvent engendrer désagréments olfactifs et gustatifs. Elles nécessitent un traitement physico-chimique parfois complexe dans des infrastructures importantes. (Sari, 2014)

1.4. Eaux souterraines

On trouve les eaux souterraines sous la plupart des terres émergées du globe. Leur origine est due à l'accumulation des infiltrations dans le sol qui varie en fonction de sa porosité et de sa structure géologique. Les eaux souterraines sont généralement d'excellente qualité physico-chimique et bactériologique. Elles restent jusqu'à présent les meilleures ressources en eau potable. (Sari, 2014)

1.5. Généralité sur 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.

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 et 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...). (Bougouzi, 2014)

1.5.1. 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. (Bougouzi, 2014)

1.5.2. Pollution industrielle

Les activités industrielles rejettent un bon nombre de substances qui vont polluer nos rivières et nos nappes. Parfois d'une manière intensive que l'on n'en connaît pas les effets à long terme. Les rejets industriels renferment des produits divers sous forme insoluble ou soluble d'origine minérale et/ou organique, à caractère plus ou moins biodégradable et parfois toxique même à très faible concentration. (Boeglin, 2001)

1.5.3. 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.

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. **(Bougouzi, 2014)**

1.6. Maladies à transmission hydrique d'origine bactérienne

Pour l'OMS, « La bonne qualité de l'eau de boisson fait davantage pour la santé publique que n'importe quel vaccin ou médicament! ». Toutes les huit secondes, un enfant meurt d'une maladie liée à l'eau! Chaque année.

L'eau insalubre constitue la première cause de mortalité sur la planète devant la malnutrition à cause des agents pathogènes (virus, bactéries et parasites) et polluants divers qu'elle véhicule (pesticides, arsenic, fluor,...). 80 % des maladies dans les pays pauvres du sud se propagent par la consommation de l'eau contaminée.

Des spécialistes classifient les maladies bactériologiques, virales ou parasitaires liées à l'eau en quatre catégories :

- Les maladies véhiculées par l'eau : elles sont causées par l'ingestion d'eau souillée par de l'urine ou des excréments animaux ou humains contenant des bactéries ou des virus pathogènes. Elles incluent le choléra, la typhoïde, et autres maladies diarrhéiques.
- Les maladies de l'hygiène : elles sont causées par une mauvaise hygiène personnelle et le contact des yeux ou de la peau avec de l'eau souillée. Elles incluent les gales, le trachome, le typhus et les maladies transmises par les puces, poux et tiques.
- Les maladies liées à l'eau : elles sont causées par des parasites trouvés dans les organismes hôtes vivant dans l'eau. Elles incluent des maladies causées par des helminthes (vers).
- Les maladies transmises par des insectes qui se multiplient dans l'eau : elles incluent la dengue, la filariose, le paludisme ou malaria, la fièvre jaune. **(Olivaux, 2007)**

2. Description de la zone d'étude

2.1. Situation géographique (Fig.2)

Le barrage de Hammam Debagh est situé au Nord-est Algérien, à 20 km à l'Ouest de la ville de Guelma. Il est implanté à 3 km à l'amont de la localité de Hammam Debagh. Le barrage a été construit sur Oued Bouhamdene et son bassin versant à une surface de 1105 km² à Mdjez amar. Il se trouve dans l'Atlas Tellien orientale ; appartient au grand bassin versant de la Seybouse qui couvre une superficie plus de 6470 Km². (**Annuaire hydrologique, 1993**)

Ces coordonnées géographiques sont :

-Latitude : 36°27'50.07 ''N.

-Longitude : 7°14'10.10''E.

-Élévation : 363 m.



Figure 2 : Carte de localisation du barrage Hammam Debagh (Source: Google Maps - ©2013 Google).

2.2. Situation géomorphologique

L'étude des caractéristiques morpho-métriques, en plus de l'analyse hydrologique d'un bassin versant constitue une plate-forme essentielle pour l'explication et la compréhension de son comportement hydrologique. La forme, la superficie, le relief et les pentes influent sur le mouvement et le ruissellement superficiel dans un bassin versant. **(Boudoukha, 2014)**

2.3. Cadre géographique du bassin versant de l'oued Bouhamdane

Le bassin versant de l'oued Bouhamdane est situé au Nord-est de l'Algérie, occupant la partie Ouest de la wilaya de Guelma, fait partie du grand bassin versant de la Seybouse N°14 **(Annuaire hydrologique, 1993)**. Il est drainé par l'oued Bouhamdane et ses affluents. Il occupe la partie Ouest de wilaya de Guelma englobe onze (11) communes appartiennent à ce bassin sont : Oued Zenati, Bourdj Sabath, Ain Ragada, Ain Hassainia, Medjez Ammar, Ras el Agba, Hammam Debaghe, Bouhamdane et plus une commune de l'Oulade Hababa de la wilaya de Skikda ou Nord du bassin, et Ain Abid et Ben Badis de la wilaya de Constantine à l'Ouest du bassin.

Ce bassin s'étend du 6° 55' au 7° 15' de longitude Est et du 35° 15' au 36° 70' de latitude Nord

A la station Medjez Ammar II, le bassin couvre une superficie de l'ordre de 1105 Km². Il est limité par les bassins versants : Au Nord par le domaine cotie constantinois ; Au Sud et Sud-ouest par le bassin de l'oued cherf ; A l'Est par Guelma et A l'Ouest par Constantine.

Et notamment par les lignes de partages des eaux suivantes : A l'Est par djebel Essaâda (1108 m), djebel Ancel (1124 m) et djebel M'dereg Narou ; Au Sud par Koudiat Dib (1 124 m) ; A Ouest par djebel El Guettar (1246 m) et djebel Oum Settas (1324m) ; Au Nord par des djebels Taya et Mermera et djebel Arara à Medjez Ammar. **(Mansouri, 2009)**

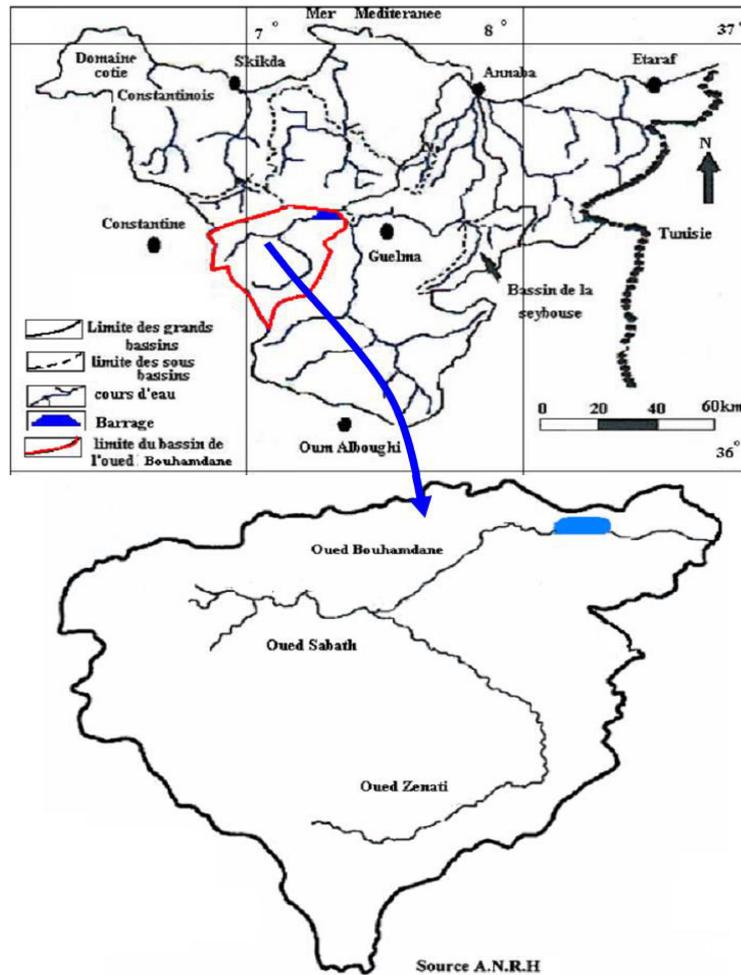


Figure 3 : Carte de situation géographique du bassin versant de l'oued Bouhamdane

(Source : A.N.R.H)

2.4. Le cadre géologique et lithologique du barrage

La géologie est une partie très importante dans toute étude hydrologique et hydro-chimique. Ainsi, la lithologie, la tectonique et la structure géologique jouent un rôle primordial sur la qualité des eaux suite à la dissolution des minéraux se trouvant dans la roche et sur la quantité d'eau qui ruissèle ou s'infiltré. Ces paramètres sont conditionnés par la perméabilité du terrain. (Mansouri, 2009)

La géologie de oued Bouhamdane est formé de nappe substratum de calcaire, lequel ont été charriées les nappes dites telliennes, constituées de marnes noir ou gris.

La lithologie du bassin versant de l'oued Bouhamdene est complexe. Elle présente des variations de résistance et de faciès allant des roches les plus dures représentées par les roches calcaireuses et gréseuses, aux roches les plus tendres marneuses. (Mekaoussi, 2014)

2.5. Réseau hydrographique

Ce sous Bassin est traversé par oued Bouhamdane dont la longueur est estimée à 37,49 Km. Ce dernier est alimenté par plusieurs affluents dont les principaux sont : Oued Zenati (52,40 Km) ; Oued Dardar (10,53 Km) ; Oued Sabath (10,86 Km) et Oued El Aria (10,79 Km). (Cahiers de l'agence A.B.H, 1999)

Les deux oueds Zenati et Sabath forment par leur jonction oued Bouhamdane qui rencontre oued Cheref à Medjaz Amar pour former la Seybouse (Satha Yalles, 2008).

2.6. Caractéristiques du barrage de Hammam Debagh (Tab.1)

Les principales caractéristiques du barrage de Hammam Debagh sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau 1 : Les principales caractéristiques du barrage de Hammam.

(Source: ANBT).

Année de construction	2005
Année de Mise en eau	2010
Capacité	200,00hm ³
Capacité dernier levé (2004)	65,20 hm ³
Apport moyen annuel	69,00hm ³ /an
Envasement annuel	0,53 hm ³ /an
Surface du bassin versant	1070,00 km ²
Hauteur	95,00 m
Longueur	430,00m
Côte retenue Normale (R.N)	360,00m
Côte Plus Hautes Eaux (P.H.E)	370,24m
Déversoir à seuil libre	2 240 m ³ /s
Vidange de Fond	218,00m ³ /s

2.7. Etude climatique

2.7.1. Pluviométrie

D'après **Prévost (1999)**, Les précipitations englobent la pluie, la neige, la rosée, le brouillard et la grêle, c'est-à-dire toutes les chutes d'eau arrivant au sol. Cette quantité d'eau s'exprime en mm. Le mois le plus frais est Janvier avec 90,79 mm et le mois le plus sec est Juillet avec une moyenne de 03,56 mm (**Tab.2**).

2.7.2. Températures

D'après **Ramade (2003)**, la température représente un facteur limitant de toute première importance, car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère. Le mois le plus froids est Janvier avec une moyenne de 9,66 C° et le mois le plus chaud est Juillet avec une moyenne de 27,46 C° (**Tab.2**).

2.7.3. Humidité

D'après **Prévoste (1999)**, L'humidité de l'air ou état hygrométrique, est le rapport de la masse de vapeur d'eau que contient un certain volume d'air, à la masse de vapeur d'eau que contiendrait ce même volume d'air à la même température. Le mois le plus humide est le mois de Janvier avec 77,6 % (**Tab.2**).

Tableau 2: Valeurs moyennes mensuelles de la température, précipitation et Humidité de l'air, enregistrées à Guelma pendant la période 2002-2015.

(Station météorologique de Guelma)

Paramètres	2002-2015											
	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
P (mm)	90,79	78,75	81,90	60,25	39,34	16,56	03,56	16,71	43,39	51,64	71,61	86,10
Température (C°)	09,66	09,90	12,44	15,53	19,21	24,08	27,46	27,30	24,29	20,18	14,42	10,84
H (%)	77,60	75,46	75	72,90	68,71	60,16	56,12	58,12	67,13	70,01	73,62	77,19

2.8. Synthèse Climatique

2.8.1. Indice d'aridité DEMARTONNE

L'indice d'aridité DEMARTONNE est calculé par la formule suivante :

$$I = P/(T+10)$$

P : Précipitation annuelle = 640,61 mm /an.

T : Température moyenne annuelle = 17,94 °C.

L'indice de DEMARTONNE est d'autant plus bas que le climat est plus aride et on peut distinguer plusieurs classes :

- Un climat très sec ($I < 10$) ; - Un climat sec ($10 < I < 20$) ; - Un climat humide ($20 < I < 30$) et - Un climat très humide ($I > 30$) ;

L'indice de DeMartonne pour la région de Guelma a permis d'avoir une valeur de 22,95, ce qui classe cette région comme région à climat humide. (Reggam, 2015)

2.8.2. Diagramme Ombrothermique de Gaussen

D'après Dalage et Metaille (2000), le diagramme Ombrothermique est un graphique représentant les caractéristiques d'un climat local par la superposition des figures exprimant d'une part les précipitations et d'autre part les températures.

Bagnouls et Gaussen (1953), considèrent qu'un mois est sec lorsque le rapport P/T est inférieur ou égal à 2 (P étant le total des précipitations exprimé en (mm) et T étant la température moyenne mensuelle en °C). Ces auteurs préconisent ensuite pour la détermination de la période sèche de tracer le diagramme Ombrothermique, qui est un graphique sur lequel la durée et l'intensité de la période sèche se trouvent matérialisées par la surface de croisement où la courbe thermique passe au-dessus de la courbe des précipitations.

Le diagramme Ombrothermique de la région d'étude montre l'existence de deux périodes humide qui s'étalent comme suite : la première comprise entre le mois de Janvier et Mai et la seconde entre La mi-septembre et Décembre et une période sèche entre le mois Mai et la mi-septembre (Fig. 3).

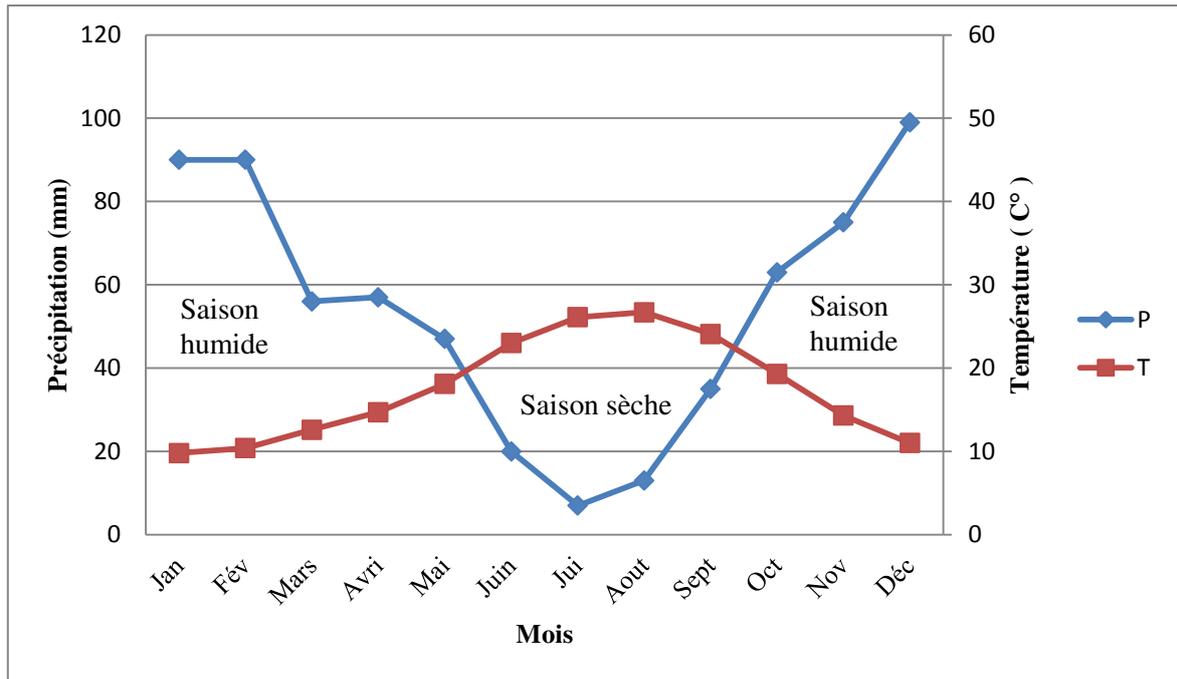


Figure 4 : Diagramme Ombrothermique de Gaussen pour la région d'étude.

2.8.3. Climagramme d'Emberger

Il permet de situer la région d'étude dans l'étage bioclimatique qui lui correspond. Le quotient pluviothermique d'Emberger est déterminé selon la formule suivante:

$$Q_2 = 3,43 \times \frac{P}{(M - m)}$$

Q₂: Quotient pluviothermique d'Emberger.

P : Moyenne des précipitations annuelles (mm).

M : Moyenne des maximums du mois le plus chaud (C°).

m : Moyenne des minimums du mois le plus froid (C°).

Selon la valeur de Q₂ qui égale à 68,45. Notre région d'étude est classée dans l'étage climatique à végétation semi-aride à hiver tempéré.

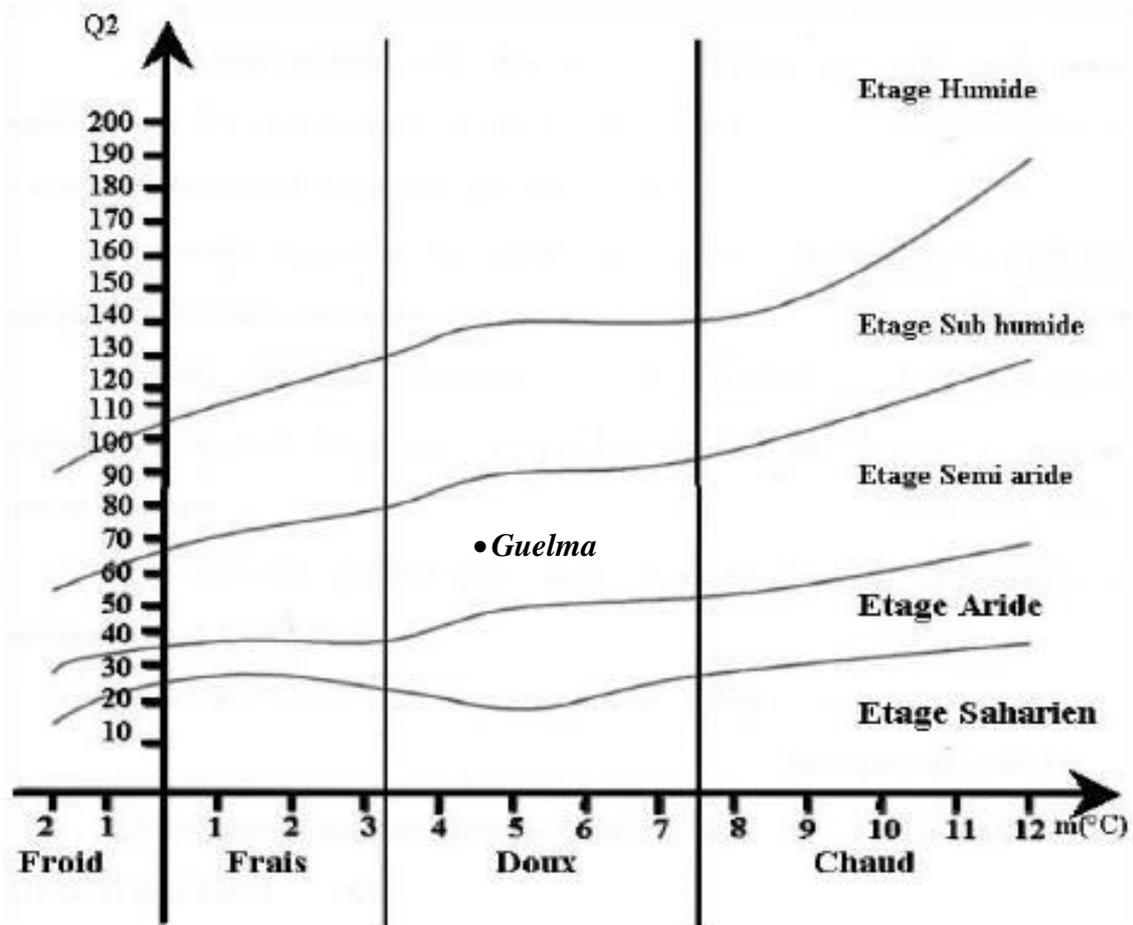


Figure 5 : Situation de Guelma dans le Climagramme d'Emberger (1955).

Chapitre II :
Matériel et
méthodes

1. Objectif de la recherche

Dans la présente étude, nous proposons d'étudier la qualité de l'eau de barrage Hammam Debagh. Les objectifs sont comme suit :

- Analyse des paramètres physico-chimiques de l'eau ;
- Recherche et dénombrement des germes indicateurs de la pollution tel que : les coliformes totaux ; les coliformes fécaux ; les streptocoques fécaux et les anaérobies sulfite-réducteur.

2. Échantillonnage

Les principaux aspects dont il faut tenir compte pour obtenir un échantillon d'eau représentatif sont les suivants (**Rodier, 1997**) :

- La sélection convenable du point d'échantillonnage ;
- Le strict respect des procédures d'échantillonnage ;
- La conservation adéquate de l'échantillon.

3. Prélèvement

Notre étude a été réalisée au niveau de barrage de Hammam Debagh, durant le mois de Février jusqu'à le mois d'Avril 2017 (**Tab.3**).



Figure 6 : Carte de localisation satellitaire des stations de prélèvements
(Source : **GOOGLE EARTH, 2017**).

Tableau 3 : Présentation des stations de prélèvement.

Stations	Date de prélèvement	Heur de prélèvement	Les coordonnées G P S	Caractéristiques
Station 1	12-02-2017	11 h 49'	07 ° 13,819' E	<ul style="list-style-type: none">- Sur le bord gauche du barrage.- fréquenté par les pêcheurs.- près de la zone urbaine« village de Barrage »- zone touristique.
	12-03-2017	10 h 47'	36 ° 27,796' N	
	16-04-2016	11 h 21'	324,6 m	
Station 2	12-02-2017	10 h 35'	07 ° 14,085' E	<ul style="list-style-type: none">- Sur le bord droit du barrage.- fréquenté par les pêcheurs.- près de la zone urbaine« village de Ragouba »- lieu de pâturage.
	12-03-2017	09 h 03'	36 ° 28,278' N	
	16-04-2016	10 h 34'	328,8 m	

3.1. Matériels de prélèvement

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate, à laquelle le plus grand soin doit être apporté. Il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau (gaz dissous, matières en suspension,... etc). (Rodier et al., 2005)

Le matériel de prélèvement doit faire l'objet d'une attention particulière. Les échantillons d'eau ont été prélevés à l'aide de bouteilles en plastique, préalablement rincées avec l'eau de la station. Pour les analyses microbiologiques, les flacons utilisés doivent assurer, une fois bouchés, une protection totale contre toute contamination. Il est conseillé d'utiliser des flacons en verre de 250, 500 et 1000 ml. Avant l'usage, les flacons doivent être soigneusement lavés, puis rincés à l'eau distillée, car il ne doit rester aucune trace d'un éventuel détergent ou antiseptique. Les flacons en verre ont stérilisés par la chaleur, soit à l'autoclave à 120 °C pendant 1 heure, soit au four Pasteur à 180 °C pendant 1 h 30'. (Larpent, 1997)

3.2. Mode de prélèvement

Le mode de prélèvement varie suivant l'origine de l'eau. Dans le cas d'une rivière, d'une nappe ouverte (bassin), d'un réservoir, la bouteille est plongée à une certaine distance du fond (50 cm) et de la surface, assez loin de rive ou des bords ainsi que pour des obstacles naturels ou artificiels, en dehors des zones mortes ou des remous, et en évitant la remise en suspension des dépôts. **(Rodier et al., 1984)**

Durant les prélèvements, les flacons sont rincés trois fois avec de l'eau à analyser, puis remplis jusqu'au bord. Le bouchon est placé de telle manière à ce qu'il n'y ait aucune bulle d'air et qu'il ne soit pas éjecté au cours du transport. Les prélèvements s'effectuent dans les meilleures conditions de stérilisation. **(Reggam, 2015)**

La teneur des échantillons en coliformes se modifie entre le moment du prélèvement et celui d'examen. Il importe donc de procéder à l'analyse le plus rapidement possible après le prélèvement, de préférence dans l'heure suivante et en aucun cas après 24 heures. **(Rodier et al., 1996).**

3.3. Transport et conservation au laboratoire

Les analyses bactériologiques doivent être commencées moins de 6 heures après le prélèvement. Si le transport dépasse 6 heures, ainsi si la température extérieure est supérieure à 10 °C ; le transport doit se faire obligatoirement en glacière à une température inférieure à 4 °C. En fin, les prélèvements sont placés aux froids dès leurs arrivés au laboratoire avant de commencer les analyses. **(Hamed et al., 2012)**

4. Analyses effectués

4.1. Analyses organoleptiques

Les facteurs organoleptiques (couleur, saveur, turbidité et odeur) constituent souvent les facteurs d'alerte pour une pollution sans présenter à coup sûr un risque pour la santé. **(Genoudet, 2001)**

4.1.1. La turbidité

La turbidité représente l'opacité d'un milieu trouble. C'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matière non dissoutes. Elle causée, dans les eaux par la présence de matière en suspension fine, comme l'argile, les limons et les grains de silice. Une faible part de la turbidité peut due à la présence de matières colloïdales d'origine organique ou minérale. **(Rejsek, 2002)**

La mesure est effectuée avec un turbidimètre appelé aussi néphélomètre, du type Fast Tracker, HI 98713 (**Fig.6**). Elle exprimée en :

- NTU (Nephelometric Turbidity Unit) ;
- FTU (Formazine Turbidity Unit) ;
- JTU (Jackson Turbidity Unit).

Tableau 4 : Classes de turbidité usuelles (NTU) (**Hakimi, 2002**).

NTU < 5	Eau claire
5 < NTU < 30	Eau légèrement trouble
NTU > 50	Eau trouble

Mode opératoire

A l'aide d'un turbidimètre, la mesure de la turbidité est effectuée selon les étapes suivantes :

- Calibrer le turbidimètre avec les solutions d'étalons (800 NTU, 100 NTU, 20 NTU et 0,02 NTU) ;
- Vérifier la fiabilité d'étalonnage avec la mesure de la turbidité de l'un des solutions d'étalons ;
- Agiter gentiment le flacon contient l'eau à analyser ;
- Rincer la cuvette avec l'eau ultra pure et la remplir avec 10 ml de l'eau à analyser ;
- Nettoyer la cuvette et s'assurer que la surface de la cuvette est sèche et qu'elle ne contient aucune tâche ;
- Placer la cuvette dans le turbidimètre et appuyer sur READ ;
- La mesure est affichée sur l'écran en NTU de l'instrument. (**Hachemaoui, 2014**).



Figure 7: Turbidimètre (Fast Tracker, HI 98713) (**Photo prise par DJEDADOUA, 2017**).

4.1.2. L'odeur

L'odeur peut être définie comme (Rodier et al., 2009) :

- L'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles ;
- La qualité de cette sensation particulière provoquée par chacune de ces substances.

Test de l'odeur : l'odeur à été évaluée par simple sensation olfactive. (Sari ,2014).

Goût et saveur : Le goût peut être défini comme l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçue lorsque la boisson est dans la bouche.

La saveur peut être définie comme l'ensemble des sensations perçues à la suite de la stimulation par certaines substances solubles des bourgeons gustatifs. (Rodier, 2005).

Test de la saveur : la saveur est décelée par dégustation qui exige à rincer la bouche avec l'eau distillée. (Sari ,2014).

Tableau 5: Normes algériennes de potabilité des eaux de consommation (NA 6360-1992).

Paramètres	Unité	niveau Guide	Concentration max. admissible	Observations
Odeur	Seuil de perception à 25 °C	00	4	Au bout de quatre dilutions successives aucune odeur ne doit être perçue.
Saveur	Seuil de perception à 25 °C	00	4	Au bout de quatre dilutions successives aucune saveur ne doit être perçue

4.2. Analyse des paramètres physiques

4.2.1. La température

La température à une grande importance dans l'étude et la surveillance des eaux (les eaux souterraine et superficielles). La température des eaux de surfaces variée selon plusieurs facteurs, saisonniers et autres.

L'élévation de la température s'accompagne d'une diminution de la densité, d'une réduction de la viscosité, d'une augmentation de la tension de vapeur saturante à la surface et d'une diminution de la solubilité des gaz, en plus cette augmentation de la température favorise l'autoépuration, et accroît la vitesse de sédimentation. (Loup, 1974)

Tableau 6 : Grille d'appréciation de la qualité de l'eau en fonction de la température. (Monod, 1989).

Température	Qualité
< 20 °C	Normale
20 °C – 22 °C	Bonne
22 °C – 25 °C	Moyenne
25 °C – 30 °C	Médiocre
> 30 °C	Mauvaise

Mode opératoire

La mesure de la température à été effectuée sur terrain en utilisant un thermomètre. La température de l'eau a été mesurée dans le milieu même, oued ou barrage. La lecture a été faite après une immersion de 10 minutes du thermomètre à environ 15 cm de profondeur. Les résultats sont exprimés en °C. (Rodier et al., 2005)



Figure 8: Thermomètre. (Photo prise par DJEDADOUA, 2017)

4.2.2. Conductivité électrique

La conductivité électrique est liée à la présence d'ions en solution. Elle dépend de la nature des ions dissous et leurs concentrations. (De Villers et al., 2005).

Selon Rejsek (2002), la température et la viscosité influent également sur la conductivité électrique car la mobilité des ions augmente avec l'augmentation de la température et diminue avec celle de la viscosité. La conductivité des eaux s'exprime en micro siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$). (Detay, 1993)

Le tableau au-dessous présente la relation entre la conductivité électrique et la minéralisation globale.

Tableau 7 : Classification des eaux fonction de la conductivité
d'après Potelon et Zysman (1993).

Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Degré de Minéralisation	Qualité de l'eau
$C E < 100$	Très faible	Excellente
$100 < C E < 200$	Faible	Excellente
$200 < C E < 400$	Peu accentue	Excellente
$400 < C E < 600$	Moyenne	Bonne
$600 < C E < 1000$	Importante	Utilisable
$C E > 1000$	Excessive	Utilisable

Mode opératoire

La mesure est effectuée sur le terrain par un multi paramètre (WTW multi, 197i) portatif adéquat, que nous plongeons l'électrode de l'appareil dans l'eau à analyser (Reggam, 2015).

4.2.3. Salinité

Dans la plupart des rivières, le risque d'une salinité excessive due à la présence de chlorure de sodium et en particulier lorsque l'irrigation est pratiquée à grande échelle, il y a un réel danger que la salinité soit trop forte et l'eau pourrait devenir impropre à l'irrigation. (Reggam, 2015).

Tableau 8 : Classification des eaux selon la salinité (Chevallier, 2007).

la salinité	Qualité de l'eau
Moins de 0,5 g/l	Eaux douces
0,5 à 5 g/l	Eaux oligohalines (légèrement saumâtres)
0,5 à 18 g/l	Eaux mésohalines (saumâtres)
18 à 30 g/l	Eaux polyhalines (très saumâtres)
30 à 45 g/l	Eaux salées
Plus de 45 g/l	Eaux hyperhalines

Mode opératoire

La mesure est effectuée in site par le même multi-paramètre.

4.2.4. L'oxygène dissous

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. (Merabet, 2010).

Tableau 9 : Classification des eaux en fonction de l'oxygène dissous (Rodier, 1976).

l'oxygène dissous	Qualité d'eau
Moins de 1mg/l	Eau très pures
Entre 1 et 2 mg/l	Eau potables
Entre 1et 2mg/l	Eaux suspectes
Plus de 4mg/l	Eau mauvaise

Mode opératoire

La détermination de l'oxygène dissous (O₂) est réalisée au terrain à l'aide d'un multi paramètre portatif. La concentration en oxygène dissous dans l'eau est communément exprimée en milligramme par litre (mg/l) ou en pourcentage de saturation. (Laurentides, 2009)

4.3. Paramètres chimique

4.3.1. Potentiel d'hydrogène

Le pH ou le potentiel d'hydrogène est le logarithme décimal de l'inverse de sa concentration en ions d'hydrogène [H₃O⁺]. Il est inférieur ou supérieur à sept suivant que l'eau est acide ou basique. Le pH n'a pas de signification hygiénique, mais il présente une notion très importante pour la détermination de l'agressivité de l'eau.

Le pH des eaux naturelles est lié à la nature des terrains traversés. Habituellement, il varie entre 7,2 et 7,6 (Bremond et Vuichard, 1973). Cependant, dans certains cas, il peut varier de 4 à 10, en fonction de la nature acide ou basique des terrains traversés. Des pH faibles augmentent le risque de présence de métaux sous une forme ionique plus toxique. Des pH élevés augmentent les concentrations d'ammoniac, toxique pour les poissons. (De Villers et al., 2005)

Tableau 10: La variation du pH de l'eau. (Zerluth, 2004).

pH ≤ 5	Acidité forte
pH = 7	pH neutre
7 ≤ pH ≤ 8	Neutralité approchée
5.5 ≤ pH ≤ 8	Majorité des eaux souterraines
pH = 8	Alcalinité Forte

Mode opératoire

La mesure est réalisée in site par un multi-paramètre (WTW multi, 197i) portatif (Fig.7).



Figure 9 : Multi-paramètre (WTW multi, 197i)

(Photo prise par DJEDADOUA, 2017).

4.4. Paramètres de minéralisation globale

4.4.1. Dosage de la dureté totale (titre hydrométrique TH)

La dureté ou titre hydrotimétrique d'une eau correspond à la somme des concentrations en cations métalliques à l'exception de ceux des métaux alcalins et de l'ion hydrogène. Dans la plupart des cas, la dureté est surtout due aux ions calcium et magnésium auxquels s'ajoutent quelque fois les ions fer, aluminium, manganèse, strontium. La dureté est encore appelée dureté calcique et magnésienne ou consommation de savon. Elle s'exprime en milli équivalents de concentration en CaCO_3 . Elle est aussi très souvent donnée en degrés français. (Rodier et *al.*, 2009)

La dureté s'exprime souvent en degré français (F°), selon le classement suivant :

Tableau 11 : Qualité de l'eau en fonction de la dureté (Rodier et *al.*, 1984).

Dureté (F°)	Qualification de l'eau
0-7	Eau très douce
0-14	Eau douce
14-20	Eau moyennement dure
20-30	Eau assez dure
30-50	Eau dure
50 et plus	Eau très dure

Principe

Titration par complexométrie des ions calcium et magnésium avec une solution aqueuse de sel disodique d'acide éthylène-diamine tétra acétique (EDTA), à un pH de 10.

L'indicateur utilisé est le noir dériochrome T, qui donne une couleur rose en présence des ions calcium et magnésium.

Lors du titrage avec l'EDTA la solution vire au bleu.

Réactif

- EDTA, solution titrés à 0,01 mol/l.
- Solution tampon pH 10.
- Mordant noir 11, indicateur.

Mode opératoire

- Prélever une prise d'essai de 50 ml de l'échantillon.
- Ajouter 4 ml de la solution tampon et une pincé d'indicateur NET.
- Bien mélanger, la solution doit se colorer en rose.
- Titrer immédiatement avec la solution d'EDTA, en versant lentement jusqu'au virage au bleu.
- La couleur ne doit plus changer avec l'ajout d'une goutte supplémentaire de la solution d'EDTA.

Mesure et calcul du résultat

La concentration totale est donnée par la formule :

$$TH = V_2 \times 2 \times F \times F_c$$

Ou :

TH : dureté exprimée en F°.

V_2 : est le volume en ml, d'échantillon dosé.

F_c : facteur de correction du titre, ou $F_c = \frac{\text{volume versé (solution de référence calcium à } 100 \frac{\text{mg}}{\text{l}}) (50 \text{ ml})}{\text{volume theorique (12.5 ml)}}$

F : facteur de dilution. **(ISO 6059)**

4.4.2. Dosage du Calcium (Ca²⁺)

Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous formes de carbonates. Composant majeur de la dureté de l'eau, le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables. Il existe surtout à l'état d'hydrogénocarbonates et en quantité moindre, sous forme de sulfates, chlorure...etc. (Berne, 1991)

Principe

Titration des ions calcium avec une solution aqueuse de l'EDTA à un pH compris entre 12 et 13. L'indicateur utilisé est le murexide, qui forme un complexe rose avec le calcium. Lors du titrage, l'EDTA réagit avec les ions calcium, l'indicateur vire de la couleur rose à la couleur violet.

Réactifs

- Solution d'hydroxyde de sodium à 2N.
- EDTA, Solution titré 0,01 mol/l.
- Indicateur coloré : Murexide.

Mode opératoire

- Prélever une prise d'essai de 50 ml de l'échantillon.
- Ajouter 2 ml de la Solution d'hydroxyde de sodium à 2N et une pincée Indicateur coloré (Murexide).
- Bien mélanger le tout.
- Titrer avec la solution d'EDTA, en versant lentement.
- Le virage est atteint lorsque la couleur devient nettement violette.
- La couleur ne doit plus changer avec l'ajout d'une goutte supplémentaire de la solution d'EDTA.

Mesure et calcul du résultat

$$Ca = \frac{C_1 \times V_1 \times A}{V_0} \times F_c \times 1000 \times F$$

Ou :

C₁ : concentration, exprimée en mol/l, de la solution EDTA, soit 0.01.

V₀ : est le volume en ml, de la prise d'essai, soit 50 ml.

V_1 : est le volume en ml, de la solution d'EDTA, utilisé pour le dosage.

A : est la masse atomique du calcium (40.08 g).

est la masse atomique du calcium (40.08 g).

F_c : facteur de correction du titre, ou $F_c = \frac{\text{volume versé (solution de référence calcium à } 100 \frac{\text{mg}}{\text{l}})(50 \text{ ml})}{\text{volume theorique (12.5 ml)}}$

F : facteur de dilution. (ISO 6056,1984).

4.4.3. Dosage du l'ion de Magnésium (Mg^{+2})

Le magnésium se place au huitième rang parmi les éléments le plus répandu dans la nature. Il constitue 2,5 % de la croûte terrestre. Les principales sources du magnésium contenu dans ces eaux sont les minéraux ferromagnésiens des roches ignées et les carbonates de magnésium des roches sédimentaires. Il constitue un élément significatif de la dureté de l'eau. (Reggam, 2015)

Tableau 12: Qualité des eaux en fonction de la quantité de Magnésium. (Merzoug, 2009).

Magnésium mg/l	Qualité
< 30	Bonne
50	Acceptable
400	Médiocre
> 400	Excessivement polluée

Mesure et calcul du résultat

Connaissant la dureté totale d'une part et la dureté calcique d'autre part, il est facile par différence de calculer la dureté magnésienne.

$$\text{TH} = \text{TCa}^{+2} + \text{TMg}^{+2} \rightarrow \text{TMg}^{+2} = \text{TH} - \text{TCa}^{+2} (\text{en mg/L})$$

Ou :

TH: Dureté totale.

TCa^{2+} : Dureté calcique.

TMg^{2+} : Dureté magnésienne.

4.4.4. Dosage des ions de Sulfates (SO₄⁻²)

Les ions sulfates sont utilisés principalement dans l'industrie chimique. Ils sont rejetés dans l'eau à travers les déchets industriels. **(OMS, 2003)**

Elles sont rencontrées sous forme de sulfates de magnésium et sous forme calcique dans les eaux dures. A fortes concentrations, ils peuvent provoquer des troubles gastro-intestinaux (en particulier chez les enfants). Ils peuvent aussi conférer à l'eau un goût désagréable. **(Tardat, 1992)**

Les normes Algériennes préconisent pour les sulfates une concentration maximale acceptable de 200 mg/l (SO₄⁻²) et une concentration maximale admissible de 400 mg/l (SO₄⁻²). **(Paul, 1998)**

Principe

Le dosage du sulfate a été effectué par précipitation de celui-ci en milieu chlorhydrique à l'état de sulfate de Baryum. Le précipité ainsi obtenu est stabilisé à l'aide d'une solution stabilisante. **(Rodier, 1996)**

Réactifs

- Solution mère de sulfate à 1 g/l à partir de Na₂SO₄.
- Solution stabilisante.
- Solution de chlorure de baryum.

Mode opératoire

- Prendre 20 ml d'eau à analyser puis compléter à 100 ml d'eau distillée.
- Ajouter 5 ml de la Solution stabilisante.
- Ajouter 2 ml de chlorure de baryum.
- Agiter énergiquement pendant 1 mn.
- Passer au spectrophotomètre à longueur d'onde 420 nm.

Expression des résultats

mg/l (SO₄⁻²) = La valeur lue sur le spectrophotomètre × la dilution. **(M.Kern)**

4.4.5. Détermination des résidus secs

La détermination du résidu sec sur l'eau non filtrée permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes et en suspension, non volatiles, obtenues après une évaporation d'eau. **(Rodier, 2005)**

Tableau 13 : La potabilité en fonction des résidus secs (Rodier, 2005).

Résidu sec (mg/L)	Potabilité
RS < 500	Bonne
500 < RS < 1000	Passable
3000 < RS < 4000	Mauvaise

Principe

Le résidu sec correspond au poids de la totalité des matières dissoutes par litre d'eau. Une certaine quantité d'eau bien mélangée est vaporisée dans une capsule tarée de résidu desséché et ensuite pesé. (Aminot, 1983 ; Rodier, 1996)

Réactifs et matériels

- Capsule en porcelaine, en verre borosilicaté ou, de préférence en silice ou en platine.
- Balance permettant d'effectuer la pesée de la capsule et de son contenu à 0,1mg près (Fig.9).
- Four réglable.

Mode opératoire

- Tarer une capsule préalablement lavée, rincer avec de l'eau distillée. La sécher par passage au four.
- Laisser refroidir presque jusqu'à la température ambiante puis placer dans un dessiccateur pendant ¼ d'heure environ et peser. soit M_0 la masse de la capsule vide.
- Prélever 200 ml d'eau à analyser.
- Porter à l'étuve à 105 °C pendant 24 heures.
- Laisser refroidir pendant ¼ heures au dessiccateur (Fig. 8).
- Peser immédiatement et rapidement.

Expression des résultats

Les résultats sont donnés par la formule suivante :

$$RS(\text{ mg/l}) = (Pp - Pv) \times 5 \times 1000$$

Pp: Poids plein de la capsule.

Pv: Poids à vide de la capsule. (Norme ISO 5667, 2004)



Figure 10 : Dessiccateur
(Photo prise par DJEDADOUA, 2017).



Figure 11 : Balance de précision mettler
(Toledo-AB204)
(Photo prise par DJEDADOUA, 2017).

4.5. Paramètres de pollution

4.5.1. Dosage des Nitrates (NO_3^-)

Les nitrates sont des ions naturels présents partout dans l'environnement. Ils sont le produit de l'oxydation de l'azote (qui représente 78% de l'atmosphère) par les micro-organismes dans les plantes. Le nitrate est la forme oxydée de l'azote qui est la plus stable, mais il peut être réduit en nitrite, modérément réactif, par action microbienne. Le nitrate étant un sel très soluble dans l'eau, très mobile dans le sol, pénètre dans la nappe phréatique lorsque sa quantité dépasse ce que les plantes peuvent utiliser. (Kemoukh, 2007).

Tableau 14: Grille de la 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

Principe

En présence des salicylates de sodium, les nitrates donnent du para-nitro-salicylate de sodium, coloré en jaune et susceptible d'un dosage spectrophotométrique. (ISO 7890, 1998)

Réactifs

- Solution de salycate de sodium à 0,5 %.
- Solution d'hydroxyde de sodium 30 %.
- H₂SO₄ concentré.
- Tartrate double de sodium et de potassium.

Mode opératoire

- Introduire 10 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 2 à 3 gouttes de NaOH a 30 %.
- Ajouter 1 ml de Salicylate de sodium.
- Evaporer à sec au bain marie ou l'étuve 75 – 80 °C (ne pas surcharger ni surchauffer très longtemps) laisser refroidir.
- Reprendre le résidu avec 2 ml H₂SO₄ laissé reposer 10 mn.
- Ajouter 15 ml d'eau distillée.
- Ajouter 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium.

Expression des résultats

Le résultat est donné directement en mg/l à une longueur d'onde de 415 nm. (NFT 90 - 012)



Figure 12 : Bain marie (STABITHERM).
(Photo prise par DJEDADOUA, 2017)

4.5.2. Dosage des Nitrites (NO₂⁻)

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. (Nisbet et Verneaux, 1970).

Tableau 15: Grille de la qualité des eaux en Nitrite. (ANRH, 2001).

Teneurs en nitrites NO ₂ mg /l	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

Principe

Les ions nitrites réagissent en milieu acide (pH = 1,9), avec la sulfamilade en formant sel de di-azonium (diazorztion) qui forme avec le N-(1-naphtyl)-éthylènediamine-dichlorohydraté un colorant azoïque rouge.

Réactifs

- Réactif mixte.

Mode opératoire

- Prendre 50 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 1 ml du réactif mixte.
- Attendre 10 mn.
- L'apparition de la coloration rose indique la présence des NO₂⁻.
- Effectuer la lecture à 543 nm.

Expression des résultats

Le résultat est donné directement en mg/l. (ISO 5667).

4.5.3. Dosage de l'Ammonium (NH₄⁺)

Dans l'eau, l'azote se trouve sous deux formes : L'ammoniac (NH₃) et l'ammonium (NH₄⁺).

La présence de l'ammonium dans les eaux résulte le plus souvent de la décomposition de matières organique. Il est utilisé comme indicateur de pollution et il est souvent responsable de la mauvaise classe d'une rivière. (Sari ,2014).

Tableau 16: Grille de la qualité des eaux en Ammonium. (ANRH, 2001).

Teneurs en Ammonium (NH₄⁺) mg /l	Qualité des eaux	Classe
<0,07	Normale	1A
0,07 < NH ₄ ⁺ < 0,38	Bonne	1B
0,38 < NH ₄ ⁺ < 1,54	Passable	2
1,54 < NH ₄ ⁺ < 6,2	Médiocre	3
> 6,2	Mauvaise	4

Principe

La mesure spectrométrique à environ 655 nm du composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitroprussiate de sodium. (ISO 7150/1-1984 (F))

Réactifs

- Réactif 1: Solution chlorée.
- Réactif 2 : Solution de nitroprussiate de sodium et de phénol.

Mode opératoire

- Prendre 40 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 4 ml du réactif I.
- Ajouter 4 ml du réactif II et ajuster à 50 ml avec H₂O distillée et attendre 1h 30'.
- L'apparition de la coloration verdâtre indique la présence de : NH₄⁺.
- Effectuer la lecture à 655 nm. (Rodier, 1996)

Expression des résultats

Le résultat est donné directement en mg/l.

4.5.4. Dosage de phosphate (PO₄³⁻)

La pollution causée par les phosphates et due en partie à des rejets d'eaux domestiques et industrielles (détergents et industries chimiques) et en partie à l'utilisation des fertilisants et des engrais considérés comme des éléments favorisant l'eutrophisation des masses d'eau stagnantes (Gaujous, 1997).

Tableau 17: Grille de la qualité des eaux de surface en phosphate

(D'APRES ABH-CSM, 2004).

Teneurs en phosphate (PO_4^{3-}) mg/l	Qualité des eaux
<0,5	Excellente
0,5 à 1	Bonne
1 à 2	Passable
> 2	Mauvaise

Principe

L'orthophosphate réagit avec le molybdate d'ammonium pour former un complexe phosphomolybdate. Ce complexe est réduit par l'acide ascorbique, donnant une coloration bleue proportionnelle à la concentration de phosphanate présente dans l'échantillon initial. La lecture est obtenue à 880 nm.

Réactifs

- Réactif-mélange.
- Acide ascorbique.

Mode opératoire

- Prendre 40 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 1 ml d'acide ascorbique.
- Ajouter 2 ml du Réactif mélange.
- Attendre 10 mn.
- L'apparition de la coloration bleue indique la présence des PO_4^{3-} .

Expression des résultats

Le résultat est donné directement en mg/l à une longueur d'onde de 880 nm. (NF en ISO : 6878, 2005)

4.5.5. Dosage des ions de Fer (Fe^{2+})

Le fer se classe en 4^{ème} rang des éléments de la croûte terrestre. Ce métal à l'état ferreux est assez soluble dans l'eau. (Rodier, 2005)

Le fer peut également être présent dans l'eau de boisson à la suite de l'utilisation de coagulants de fer ou de la corrosion de l'acier et des tuyaux en fonte pendant la distribution de l'eau. Le fer présent dans l'eau potable est un élément essentiel dans la nutrition humaine. (OMS, 2003)

Principe

Le complexe fer (II) – phénanthroline-1,10 est stable dans l'intervalle de pH de 2,5 à 9 et l'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité de fer (II) présent. La relation entre la concentration et l'absorbance se situe à environ 510 nm. (ISO 6332)

Réactifs

- Tampon d'acétate.
- Chlorhydrate d'hydroxylamine.
- Solution de phénanthroline-1,10.
- Solution mère.

Mode opératoire

- Prendre 50 ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer de 100 ml.
- Ajouter à la solution transvasée, 1ml de solution de Chlorhydrate d'hydroxylamine et mélanger soigneusement, ajouter 2 ml de Tampon d'acétate pour obtenir un pH compris entre 3,5 et 5,5 de préférence 4,5.
- Ajouter enfin 2 ml de la Solution de phénanthroline-1,10.
- Compléter à 50 ml puis conserver les fioles à l'obscurité pendant 15 mn.
- Enfin passer au spectrophotomètre (**Fig.11**) pour mesurage à la longueur d'onde 510 nm.

Expression des résultats

Le résultat est donné en mg/l.



Figure 13: Spectrophotomètre (HACH ODYSSEY).

(Photo prise par DJEDADOUA, 2017)

4.6. Analyse bactériologique

4.6.1. Recherche et dénombrement des germes revivifiables

La recherche et le dénombrement des germes revivifiables se réalisent à deux températures différentes afin de cibler à la fois les microorganismes à tendance psychrophiles soit à 22 °C et ceux mésophiles soit 37 °C. (Rejsek, 2002).

Ces germes n'ont pas d'effets directs sur la santé mais sous certaines conditions, ils peuvent générer des problèmes. Ce sont des indicateurs qui révèlent la présence possible d'une contamination bactériologique. (Reggam, 2015).

Mode Opératoire

- 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.12)
- Compléter ensuite avec environ 19 ml de gélose TGEA fondue puis refroidie à 45 ± 2 °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 boîtes seront partagées en deux séries distinctes :
 - La première série sera incubée à 22 ± 2 °C pendant 68 ± 4 heures,
 - La seconde série sera incubée à 36 ± 2 °C, pendant 44 ± 4 °C heures. (Labres et al., 2008).

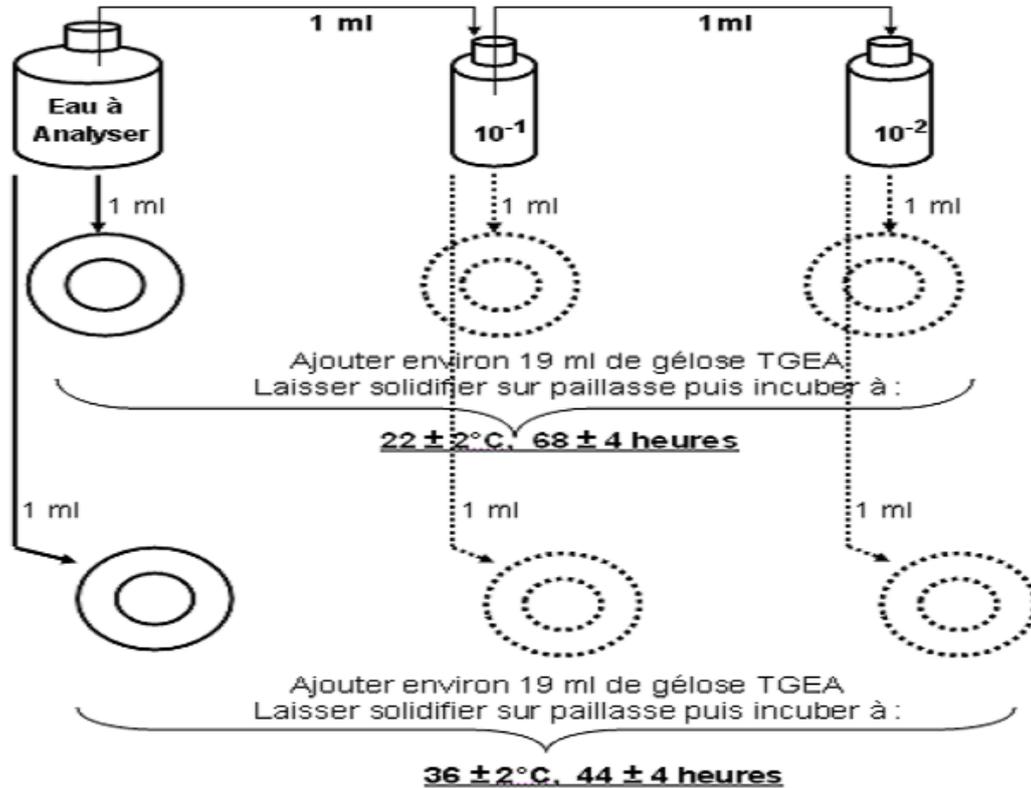


Figure 14 : Recherche et dénombrement des micro-organismes revivifiables à 22 et à 37 °C dans les eaux (Labres *et al.*, 2008).

Remarque

On identifie immédiatement chaque boîte avec une étiquette ou une référence qui porte le nom de l'échantillon, la dilution décimale, le milieu utilisé, la date et l'heure du prélèvement (Fig. 13).

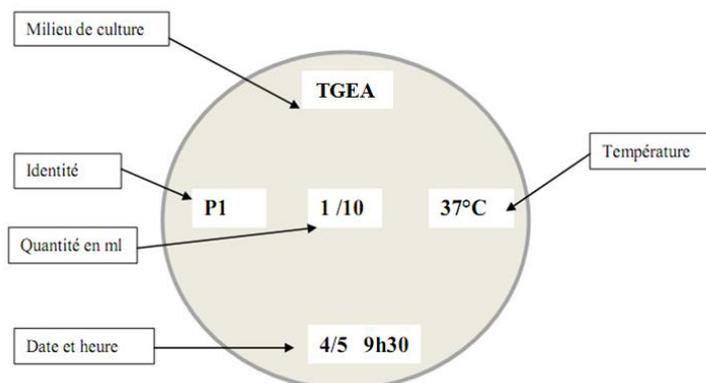


Figure 15 : Schéma montrant la procédure d'identification de la boîte de Pétri (Tourab, 2013).

Lecture et interprétation

- Les colonies de microorganismes revivifiables 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 N, de microorganismes revivifiables à $22 \pm 2^\circ\text{C}$ à part et celle du nombre 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 :

$$N = \frac{\sum C}{1.1 \times d}$$

Σc : est la somme des colonies dénombrées sur deux boites 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)

4.6.2. Recherche et dénombrement des germes indicateurs de contamination fécale

A/ Les coliformes (coliformes totaux)

Regroupe plusieurs espèces bactériennes de la famille des Entérobactéries qui sont aérobies et anaérobies facultatives, à Gram négatif, asporulées en forme de bâtonnet. De plus, tous les coliformes totaux doivent produire une réaction négative à l'épreuve de la cytochrome-oxydase et une réaction positive au test de l'ONPG (ortho-nitrophényl- β -D-galactopyranoside).

Les coliformes totaux sont des microorganismes indicateurs dont le dénombrement permet de déceler le niveau de pollution d'origine organique dans les eaux de surface, les eaux souterraines. (Reggam, 2015)

B/ Les coliformes fécaux thermotolérants (*E. coli*)

Les coliformes fécaux ou coliformes thermotolérants représente un sous-groupe des coliformes totaux capables de fermenter le lactose à une température de $44,5^\circ\text{C}$. L'espèce la plus importante est *Escherichia coli* et à un degré moins certaines espèces des genres *Citrobacter*, *Enterobacter* et *Klebsiella*. (Elmund et al., 1999 ; Rodier, 2009)

Milieux de culture et réactifs

- Bouillon lactose au pourpre de bromocresol (BCPL) à double concentration (D/C) ;
- Bouillon lactose au pourpre de bromocresol (BCPL) à simple concentration (S/C) ;
- Milieu de confirmation : bouillon de schubert ;
- Réactif de kovacs pour la recherche d'indole.

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 présomptif de la présence ou l'absence des coliformes

- A partir de la solution mère porter aseptiquement :
 - 50 ml dans un flacon contenant 50 ml de milieu BCPL D/C.
 - 5 fois 10 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL D/C.
 - 5 fois 1 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL S/C.
- Le flacon et les tubes sont munis de cloches de Durham pour repérer le dégagement éventuel du gaz dans le milieu. Chassez ce dernier présent éventuellement dans ces cloches et bien mélanger le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait à 37 °C pendant 24 à 48 heures.
- Les tubes considérés comme positif montrent un dégagement gazeux et un aspect trouble avec virage du milieu au jaune. Ces deux caractères représentent le témoin de la présence des coliformes totaux.
- La lecture se fait selon la table du Mac Grady par la méthode (1.5.5) pour déterminer le nombre le plus probable (N.P.P) de coliformes totaux par 100 ml d'échantillon

Test confirmatif (test de Mac Kenzie) de la présence ou l'absence d'*E. Coli*

Les tubes trouvés positif précédemment sont repiqués (deux à trois gouttes) dans un tube contenant le milieu Schubert (milieu indole mannitol) muni d'une cloche de Durham. L'incubation se fait à une température de 44 °C ± 0,5 °C pendant 24 heures. Pour les tubes présentant à la fois un trouble et un dégagement gazeux ajouter quelques gouttes de réactif Kowacks. La formation d'anneau rouge à la surface de tube indique que la réaction est positive et révèle la présence des coliformes fécaux (*E. coli*). La lecture finale se fait selon la table du Mac Grady par la méthode (1.5.5) pour déterminer le nombre le plus probable (N.P.P) de coliformes fécaux dans 100 ml d'échantillon. (Lebres, 2005)

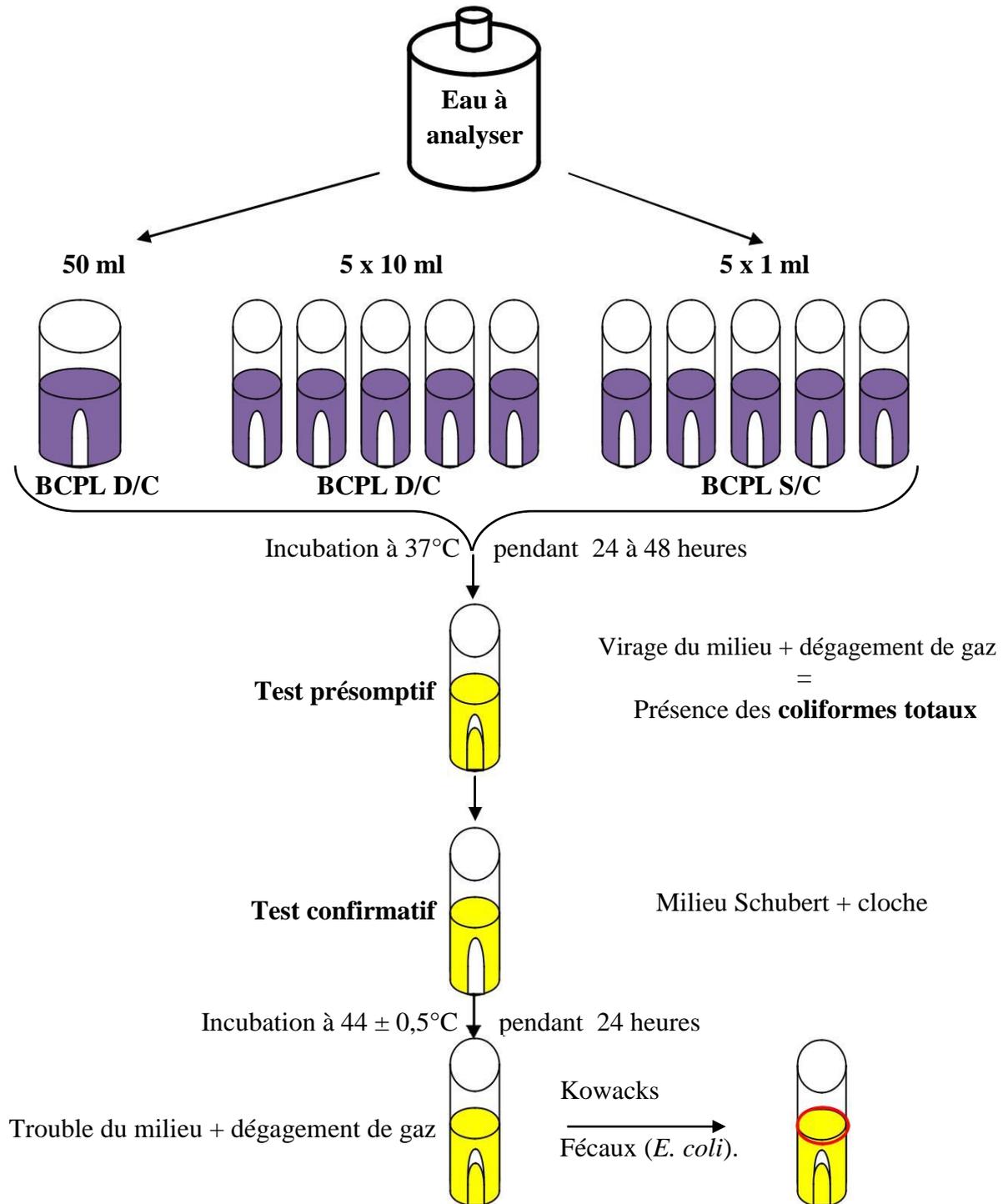


Figure 16 : Recherche et dénombrement des coliformes (Gueroui, 2015).

4.6.3. Les streptocoques fécaux

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

Ils sont généralement pris globalement en compte comme des témoins de pollution fécale. Ils sont des Gram positifs, groupes en chaînettes, anaérobies facultatifs, catalase négatif et immobiles. **(Bourgeois et Mescle, 1996)**

Milieux de culture

- Milieu de Rothe à double concentration (D/C) ;
- Milieu de Rothe à simple concentration (S/C) ;
- Milieu de confirmation Eva Litsky.

Mode opératoire

La présence des Streptocoques fécaux est évaluée par dénombrement en milieu liquide à l'aide de deux bouillons de culture (milieu de Rothe et le milieu Eva Litsky) comme suit :

Le test présomptif

- A partir de l'eau à analyser ensemercer :
 - 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.
- Après le mélange du milieu et l'inoculum, l'incubation se fait à 37 °C pendant 24 à 48 heures.
- Les tubes considérés comme positif montrent un trouble microbien, et ils font l'objet d'un test de confirmation sur le milieu Eva Litsky.

Le test confirmatif

À partir des tubes de Rothe trouvés positifs, ensemercer 2 ou 3 gouttes dans un tube contenant le milieu LITSKY EVA. L'incubation se fait à 37 °C pendant 24 heures. Les tubes positifs montrent un trouble microbien une pastille violette (blanchâtre) au fond desquels. La lecture se reporte à la table de Mac Grady par la méthode (1.5.5) pour déterminer le nombre le plus probable (N.P.P) de Streptocoques fécaux dans 100 ml d'échantillon. **(Sari, 2014)**

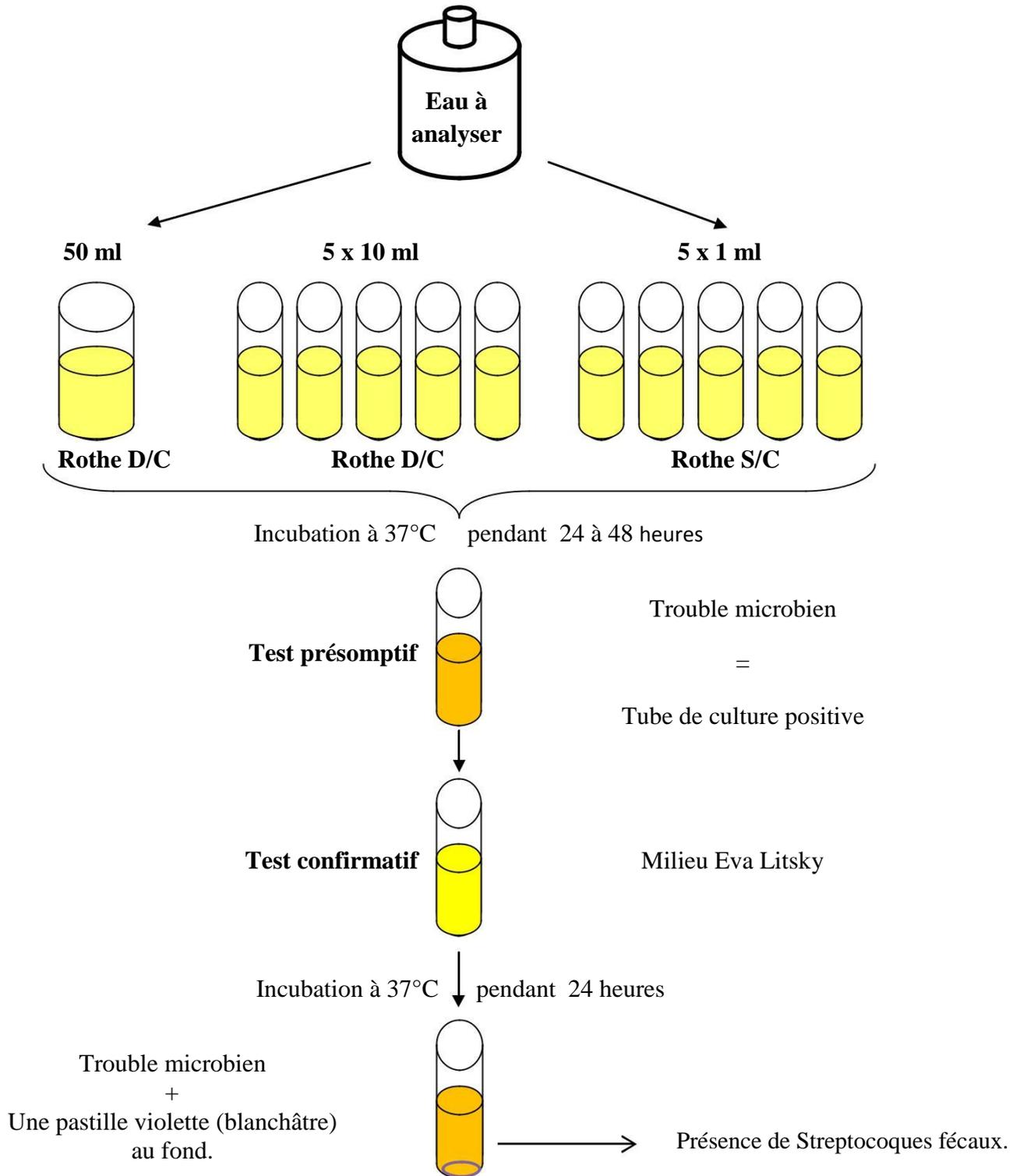


Figure 17 : Recherche et dénombrement des Streptocoque fécaux. (Gueroui, 2015)

4.6.4. Anaérobies sulfito-réductrices

En dehors des streptocoques fécaux et *E. coli* qui sont des indices de contamination fécale récente, du fait que leur survie dans l'eau peut être très courte, les anaérobies sulfito-réductrices représentent l'indice d'une contamination fécale ancienne, ils sont résistants aux conditions défavorables grâce à la sporulation, ils sont des bactéries anaérobies strictes, sporulés, Gram positif réduisent les sulfites en sulfures et dont la plupart des espèces est mobile. (Gregorio et Pierre-Marie, 2007)

Milieu de culture

- Gélose viande foie (VF) ;
- Additifs de sulfite de sodium ;
- Additifs d'alun de fer.

Mode opératoire

- Le dénombrement des anaérobies sulfito-réductrices se fait par incorporation d'un échantillon après destruction des formes végétatives des bactéries (par un chauffage approprié à 80 °C pendant 10 minutes) dans un milieu de culture (viande de foie), contenant du sulfite de sodium et des sels de fer.
- L'incorporation se fait dans un tube bien fermé et non dans une boîte afin de limiter la surface de contact entre le milieu et l'air.
- Après solidification et incubation, la présence de germes sulfito-réductrices se traduit par un halo noir autour des colonies.
- Le dénombrement des colonies, se réalise après incubation pendant 24h et ou 48h à 37 °C, sous anaérobiose.

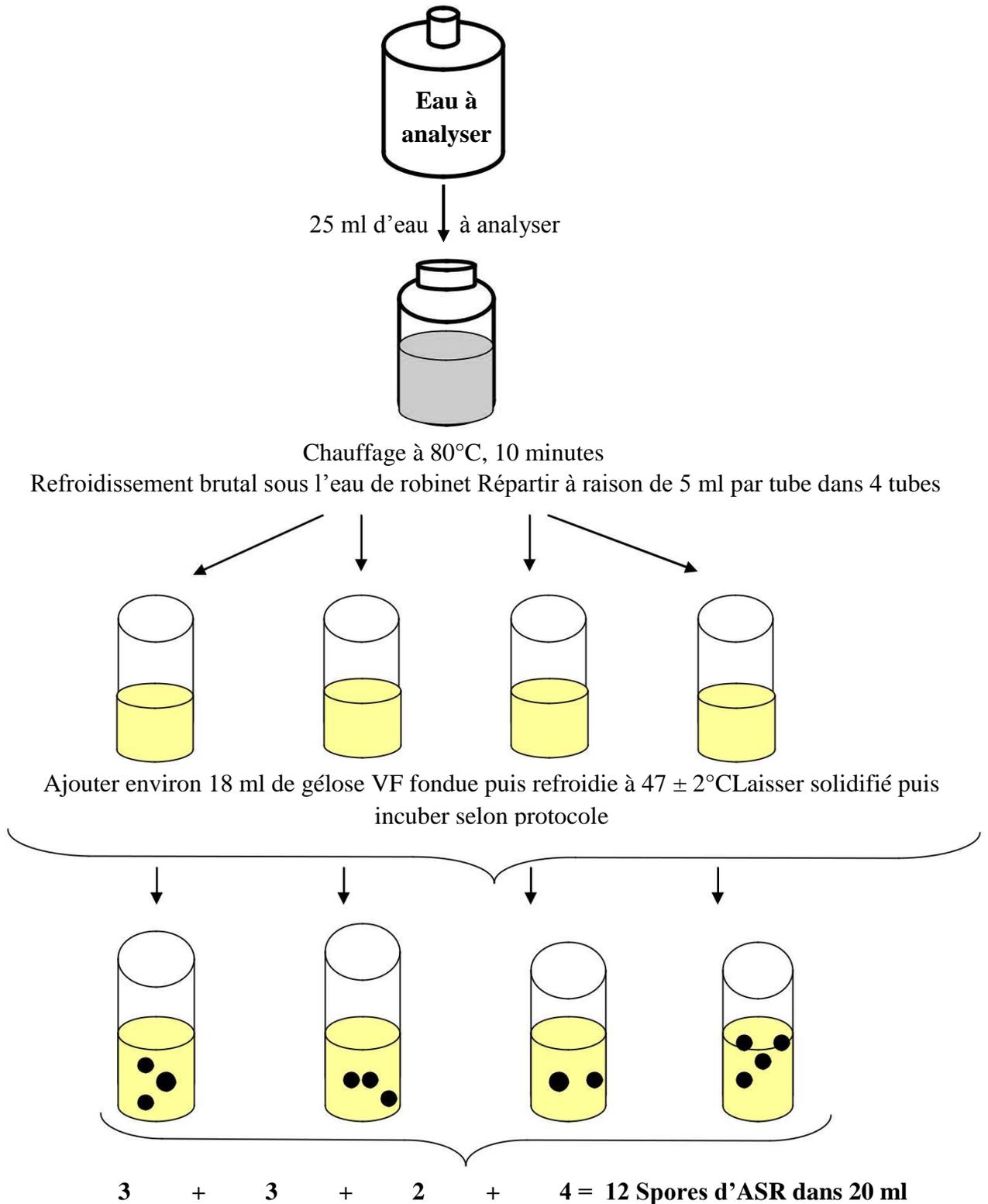


Figure 18 : Recherche et dénombrement des anaérobies sulfito-réductrices.

(Hamed et al., 2012)

Tableau 18 : Norme et recommandation algérienne pour la qualité bactériologique de l'eau brute (NA 63 60-1992).

Echantillons	Norme algérienne: NA 63 60-1992
Germes totaux à 22°C dans 1 ml	≤ 100
Germes totaux à 37°C dans 1 ml	≤ 10
Coliformes totaux dans 100 ml	00
Coliformes fécaux dans 100ml	00
Streptocoques fécaux dans 100 ml	00
Anaérobies sulfito-réductrices dans 20 ml	00

4.6.5. Recherche et isolement des germes pathogènes

Les germes recherches sont choisis, dans les limites des moyens disponibles dans notre laboratoire pédagogique de l'université, les sont : *Salmonella*, Staphylocoques pathogènes, *Pseudomonas aeruginosa* et Entérobactéries.

A/ Recherche des Salmonelles et de Shigelles

Les Salmonelles

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 ± 2 °C en 24 à 48 heures.

Les Salmonelles se divisent en deux grands groupes : les mineures et les majeures qui sont hautement pathogènes. (Labres et al., 2008)

Les Shigelles

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*. (**Pechere et al., 1982**)

Principe

La méthode de recherche de ces deux bactéries, découle de deux données :

- D'une part leur présence en nombre relativement faible dans les eaux, ainsi que leur difficulté d'y survivre.
- D'autre part, l'existence habituelle d'un nombre important de germes d'accompagnement d'origine fécale (coliformes, streptocoques) ou non (Pseudomonas, Achromobacter,... etc).

Ces germes ont tendance à supplanter les germes pathogènes, qui disparaissent rapidement.

Ces constatations entraînent l'obligation d'utiliser des milieux d'enrichissement sélectifs dans le but d'inhiber le développement des autres bactéries. (**Rodier et al.,1996**).

Mode opératoire

La recherche de *Salmonella* et de *Shigella* comporte plusieurs étapes:

- **Enrichissement** : introduire 1 ml de l'échantillon d'eau dans 10 ml de S.F.B. Incuber à 37 °C Pendant 24h (**Ait Hamlet, 1998**).
- **Isolement** : à partir du bouillon d'enrichissement, effectuer des isolements sur le milieu S-S .Incuber à 37 °C pendant 24 à 48h (**Rodier et al., 1996**).
- **Lecture** : après 24heures, il est possible de différencier les colonies à lactose (+), et au bout de 36 à 48h, toutes les colonies ont généralement leurs aspects caractéristiques selon le **tableau 19 (rodier et al., 1996)**.
- **Identification** : tout type de colonies dont l'aspect est caractéristique ou douteux, doit être soumis à une confirmation (**Rodier et al.,1996**).

Tableau 19 : Lecture sur la gélose S-S (Mechai, 2005).

Aspects des colonies	Signification biochimique	Bactéries suspectes
Colonies rouges	Lactose (+) H ₂ S (-)	<i>Enterobacter</i> <i>Klebsiella</i> <i>Autres coliformes (E.coli)</i>
Colonies rouges à centre noir	Lactose (+) H ₂ S (+)	<i>Citrobacterfreundii</i> <i>Arizona</i>
Colonies incolores transparentes	Lactose (-) H ₂ S (-)	<i>Salmonella H2S (-)</i> <i>Shigella</i> <i>Serratia</i> <i>Alkaescens</i> <i>E. Hafniae</i> <i>Proteus morganii</i>
Colonies incolores à centre noir	Lactose (-) H ₂ S (+)	<i>Salmonella H2S (+)</i> <i>Proteus vulgaris</i> <i>Proteus mirabilis</i>

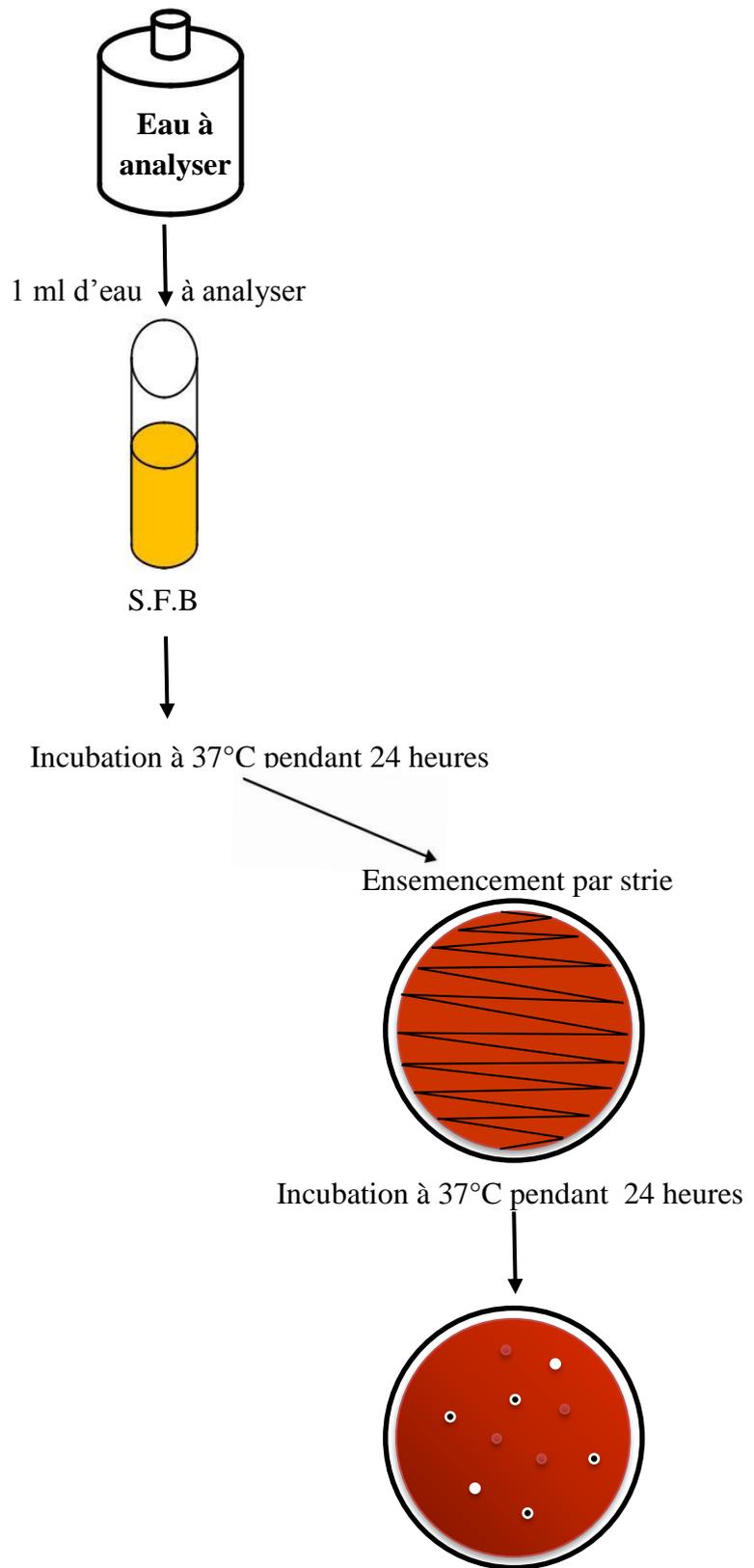


Figure 19 : Recherche des Salmonelles et de Shigelles.

B/ Recherche des Staphylocoques pathogènes (*Staphylococcus aureus*)

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 ± 2 °C sur un milieu sélectif Chapman au mannitol. (Labres et al., 2008)

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

Mode opératoire

- Isolement

Le milieu Chapman permet l'isolement sélectif de *Staphylococcus* sur la base d'une tolérance à une forte teneur en NaCl, et la différenciation de l'espèce *Staphylococcus aureus* par la mise en évidence de la dégradation du mannitol et l'élaboration fréquente d'un pigment (Marchal, 1982). Ensemencer une boîte de milieu Chapman, l'ensemencement se fait par des stries sur des boîtes de pétri qui seront étiquetées et incubées à 37 °C pendant 24 - 48 heures. Les milieux de culture feront l'objet d'un repiquage de colonies suspectes ou désirées dans des nouvelles boîtes gélosées.

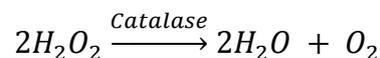
Cette opération est répétée (au moins 3 fois) dans le but de vérifier la pureté des souches. Ces milieux seront ensemencés par des stries et incubés à 37 °C pendant 24 heures. (Gueroui, 2015).

- Identification

- Test catalase

Principe

Le catalase est un enzyme qui permet la dégradation de l' H_2O_2 oxygéné en l'eau et oxygène libre qui se dégage sous forme gazeuse selon la réaction suivante:



Mode d'emploi

A l'aide d'une anse de platine stérile, prélever quelques colonies et étaler sur une lame, ajouter 2 à 3 gouttes de l'eau oxygénée, si l'apparition des bulles de gaz est considérée comme réaction positive c'est -à-dire catalase positif.

- Test Coagulase

Le test mettant en évidence l'aptitude des bactéries à coaguler le plasma est le principal test caractérisant *S. aureus*.

Le test de détection consiste à incuber pendant 4 heures à 37°C un mélange de plasma oxalaté de lapin et de la souche à tester, de préférence à partir d'une culture en gélose Chapman. .

L'apparition d'un caillot est observée en inclinant le tube à 90°C. Le test de la coagulase, il existe de très rares souches de *S.aureus* non sécrétrices de coagulase.

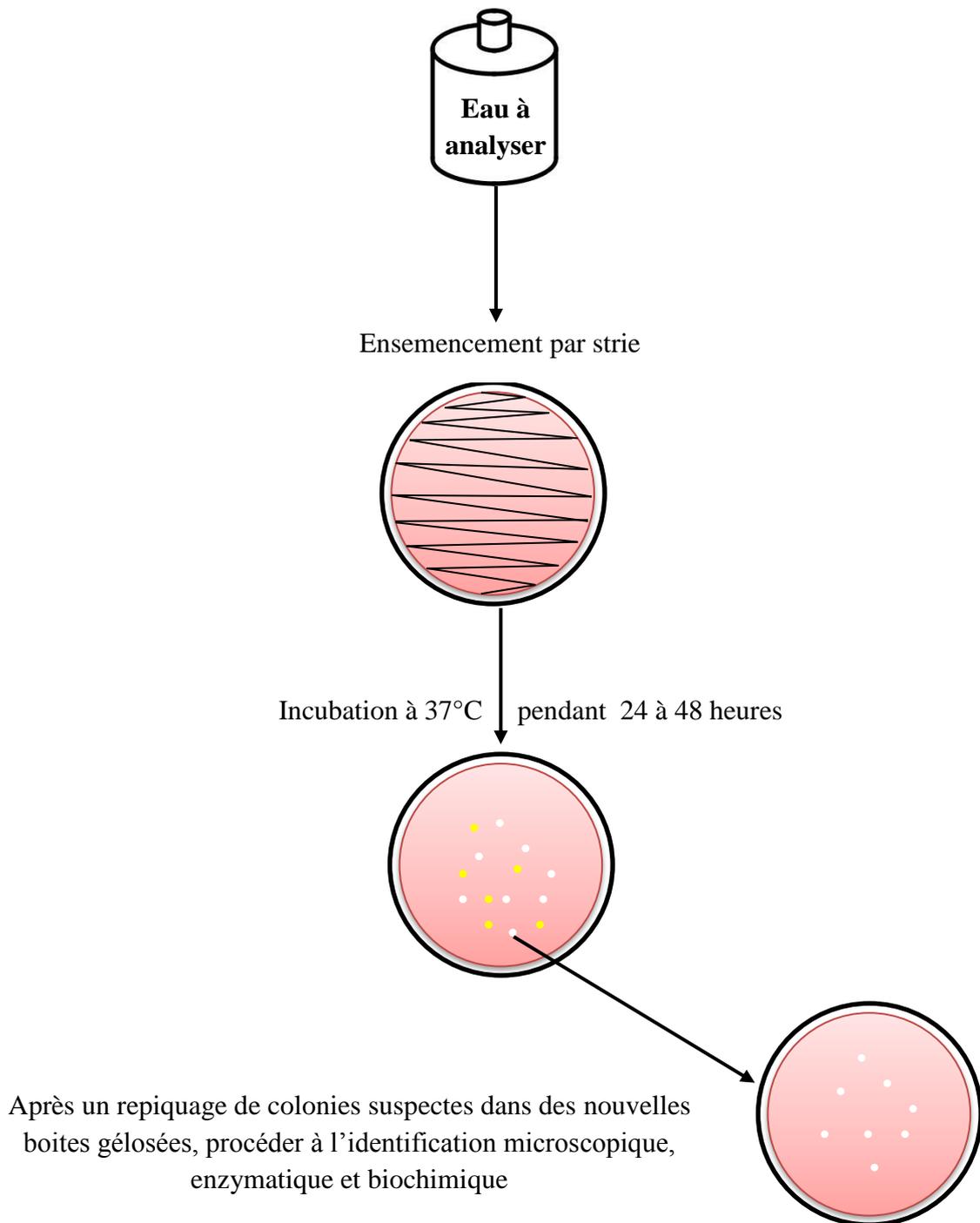


Figure 20 : Recherche et identification Staphylocoques pathogènes (*Staphylococcus aureus*).

C/ 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)

Mode opératoire

- Isolement

Étaler 0,5 ml d'eau à la surface de la gélose au Cétrimide, La gélose au cétrimide est un milieu sélectif qui permet l'isolement des *Pseudomonas* et notamment des *Pseudomonas aeruginosa*. Incuber à 37 °C pendant 24 heures.

Lecture

Les colonies de *Pseudomonas aeruginosa* ont un diamètre de 1,5 à 2 mm, un contour circulaire, une surface lisse et brillante, une couleur blanc crème, un aspect muqueux et sont parfois déjà accompagnées d'une production de pigment bleu-vert qui commence à diffuser avec émission de fluorescence sous U.V. (Rodier et al., 1996)

Pseudomonas aeruginosa dégage une odeur caractéristique de seringia due à la production d'ortho-amino-acétophénol intermédiaire du métabolisme du tryptophane et non liée à la production de pigment. (Avril et al., 2000)

En outre, on peut observer des colonies plus ou moins jaunâtres présomptives d'autres espèces de *Pseudomonas*. (Dellaras, 2000)

Identification

Pour la confirmation de *Pseudomonas aeruginosa*, procéder aux différents tests biochimiques d'identification communs, cités précédemment, et réaliser les recherches plus spécifiques suivantes :

- Recherche des pigments spécifiques

L'élaboration des pigments est influencée par la composition du milieu, ce qui justifie l'utilisation de deux milieux différents :

- La production de pyocyanine, due spécifiquement à *Pseudomonas aeruginosa*, est favorisée par la présence d'ions inorganiques et de certains acides aminés qui composent le milieu King A.

- La production de pyoverdine, caractéristique du groupe fluorescent, dépend de la nature des peptones, et favorisée par la teneur élevée en phosphate présents dans le milieu King B.

- Croissance à 41 °C et 4 °C

Ensemencer une colonie sur deux tubes de gélose nutritive. Incuber l'un de ces tubes à 41°C, l'autre à 4 °C. Procéder à la lecture après 24 à 48 heures. *Pseudomonas aeruginosa* peut se développer à 41 °C, mais non à 4 °C. (Rodier et al., 1996)

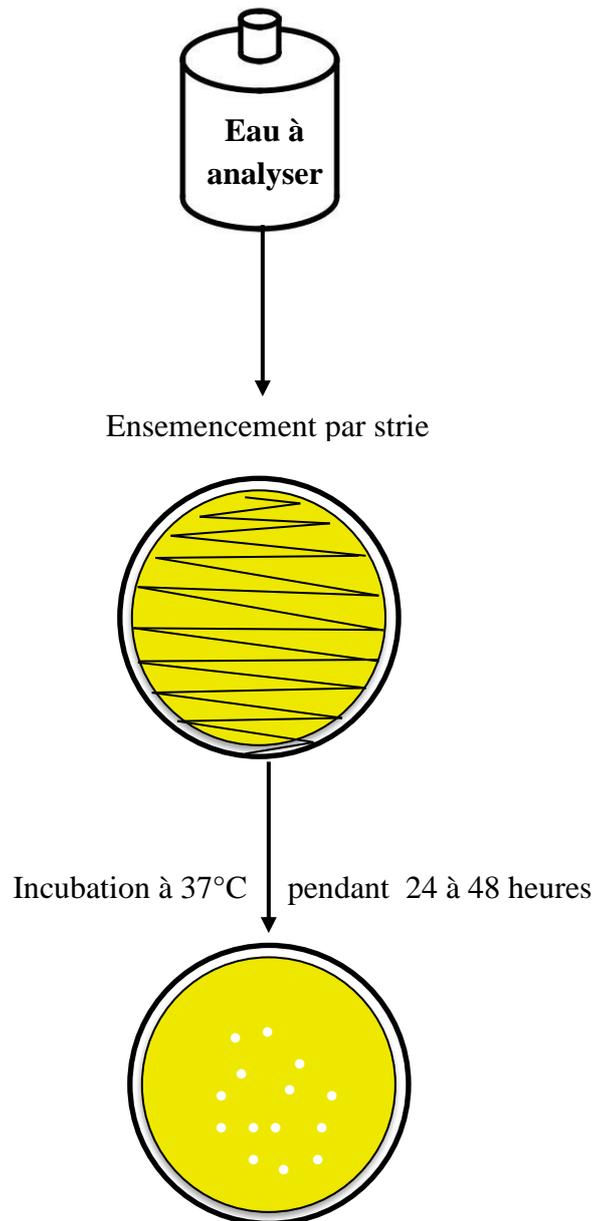


Figure 21 : Recherche de *Pseudomonas aeruginosa*.

Chapitre III :
Résultats et
discussion

1. Analyses effectués

1.1. Analyses organoleptiques

1.1.1. La turbidité

La mesure de la turbidité permet de donner les informations visuelles sur l'eau. Elle traduit la présence des particules en suspension dans l'eau (débris organiques, argiles, organismes microscopiques...etc.). (Sari, 2014)

Les résultats obtenus montrent que les valeurs varient entre 5,82 NTU (Février) et 27,3 NTU (Avril) pour la station 1, et entre 4,59 NTU (Février) et 27,3 NTU (Avril) pour la station 2 (Fig.20).

Selon le tableau des classes de turbidité (Tab.4), l'eau analysée est légèrement trouble pour les stations. Ces valeurs peuvent être le résultat des pluies, qui provoquent une augmentation des matières en suspension.

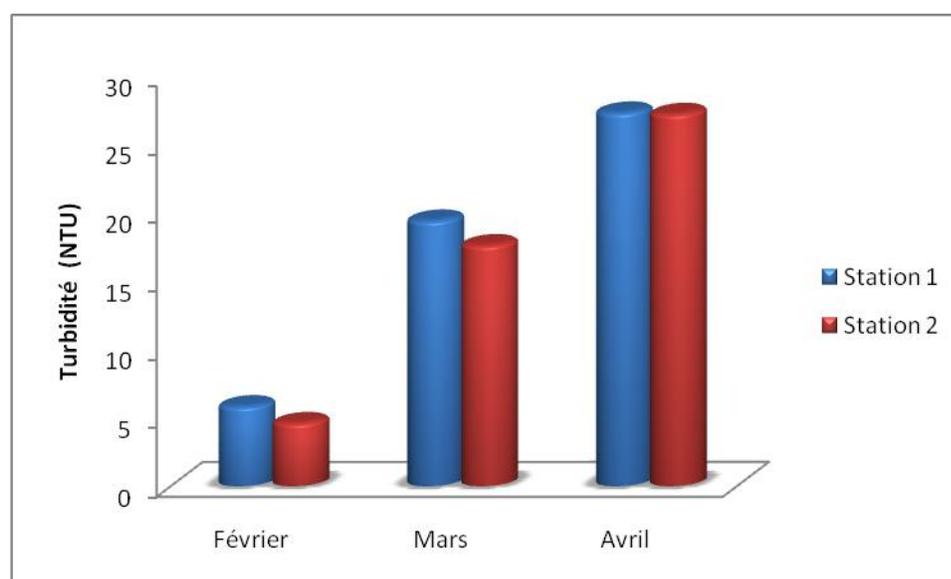


Figure 22 : Variation spatio-temporelle de la turbidité dans les eaux du Barrage de Hammam Debagh.

1.1.2. L'odeur et la saveur

L'eau étudiée ne présente aucune odeur caractéristique, ni saveur désagréable, ceci indique l'absence de produits chimiques et de matières organiques en décomposition.

1.2. Analyse des paramètres physiques

1.2.1. La température

La température de l'eau est un paramètre très important, elle joue un rôle dans l'augmentation des activités chimiques, bactériennes et de l'évaporation de l'eau. Elle varie en fonction de la température de l'air, les saisons et de la profondeur du niveau d'eau par rapport à la surface du sol. (Gueroui, 2015)

Les valeurs de températures fluctuent entre une valeur minimale de 13,70 °C enregistrée au niveau de la station 1 durant le mois de Février et une valeur maximale de 23,50 °C enregistrée durant le mois d'Avril (Fig.21). Ces fluctuations sont généralement temporelles.

Selon la grille d'appréciation de la qualité de l'eau en fonction de la température (Tab.6), notre eau est de qualité bonne durant le mois de Février et Mars, et passable durant le mois d'Avril.

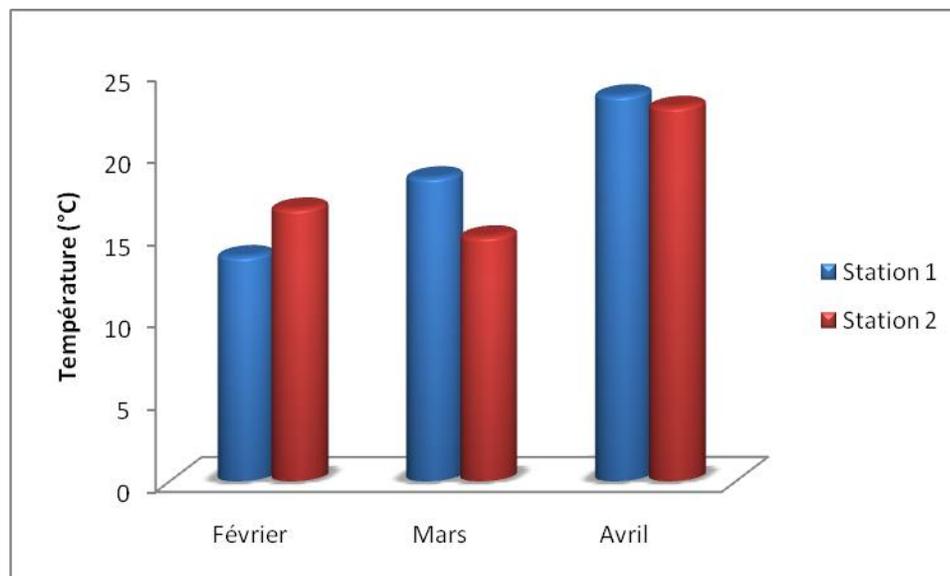


Figure 23 : Variation spatio-temporelle de la température dans les eaux du Barrage de Hammam Debagh.

1.2.2. Conductivité électrique

La conductivité électrique (CE) représente la capacité de l'eau à conduire un courant électrique. Elle est proportionnelle à la minéralisation de l'eau, ainsi plus l'eau est riche en sels minéraux ionisés, plus la conductivité est élevée (**Derwich et al., 2010**).

D'une manière générale, les valeurs de conductivité électrique observée dans les eaux du barrage Hammam Debagh sont importantes. Les valeurs de la CE varient entre une valeur minimale de 792 $\mu\text{S}/\text{cm}$, observée au niveau de la station 2 durant le mois d'Avril et une valeur maximale de 855 $\mu\text{S}/\text{cm}$, enregistrée dans la même station pendant le mois de Mars (**Fig.22**).

Selon la grille d'appréciation de la qualité de l'eau en fonction de la conductivité électrique (**Tab.7**), notre eau est de qualité passable (Classe 2) durant le mois de Février jusqu' à Avril, pour les deux stations.

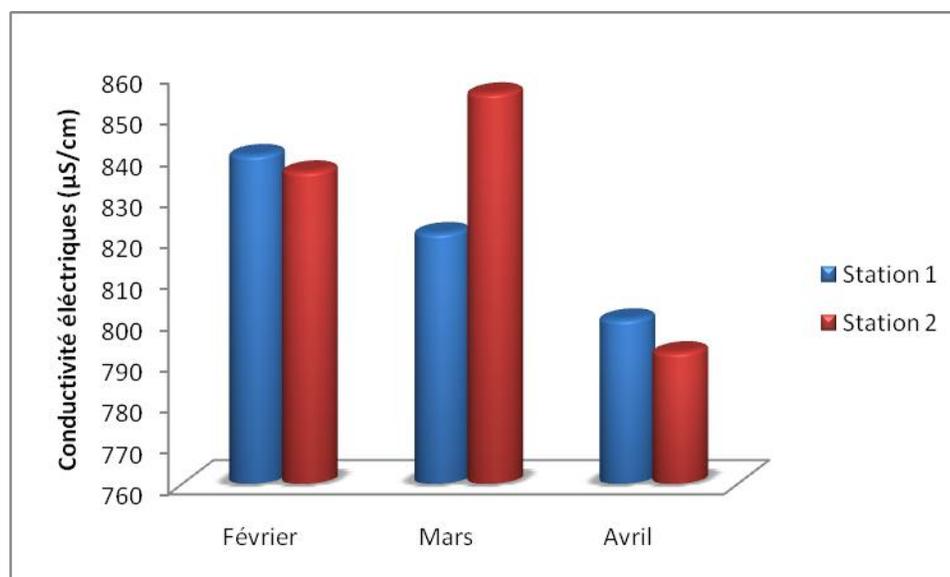


Figure 24: Variation spatio-temporelle de la conductivité dans les eaux du Barrage de Hammam Debagh.

1.2.3. Salinité

Les résultats obtenus montrent que les valeurs de salinité sont constantes, qui égale 0,2 g/l dans les deux stations durant la période d'étude (**Fig.23**).

Selon le tableau de classification des eaux en fonction de salinité (**Tab.8**), notre eau est une eau douce (**Chevallier, 2007**).

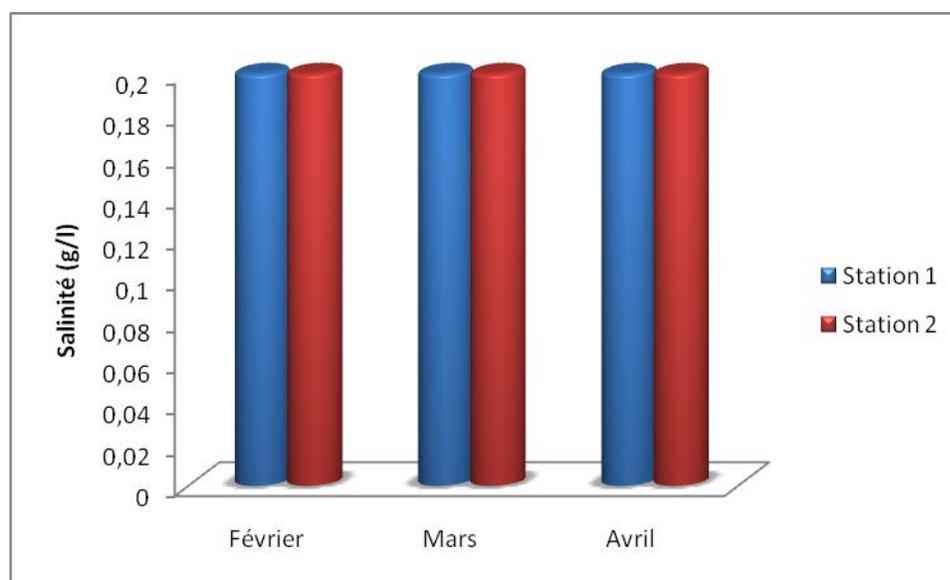


Figure 25 : Variation spatio-temporelle de la salinité dans les eaux du Barrage de Hammam Debagh.

1.2.4. L'oxygène dissous

L'oxygène est l'un des paramètres particulièrement utile pour l'eau et constitue un excellent indicateur de sa qualité. C'est l'un des paramètres les plus sensibles à la pollution. (**Ballouki, 2012**)

On remarque que les teneurs en oxygène au niveau du barrage de Hammam Debagh varient entre 7,42 mg/l, la valeur minimale enregistrée durant le mois d'Avril dans la station 1 et 11,17 mg/l, La valeur maximale enregistrée durant le mois de Mars dans la station 2 (**Fig.24**).

Selon la grille d'appréciation de la qualité de l'eau en fonction d'oxygène dissous (**Tab.9**), notre eau est de qualité normal (Classe 1 A) (**ANRH, 2001**), durant la période d'étude pour les deux stations.

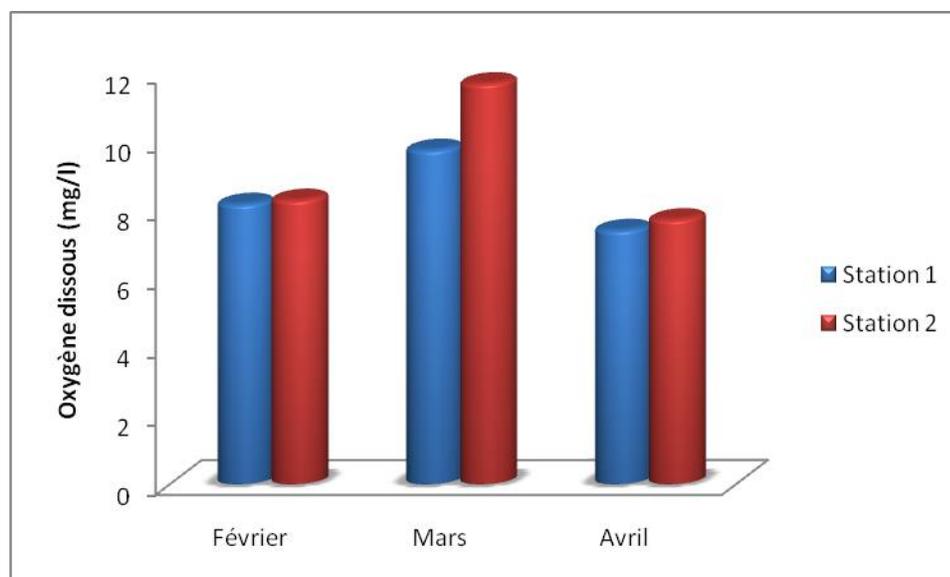


Figure 26 : Variation spatio-temporelle de l’oxygène dissous dans les eaux du Barrage de Hammam Debagh.

1.3. Paramètres chimique

1.3.1. Potentiel d’hydrogène

Le pH permet de déterminer l’acidité ou l’alcalinité d’une eau et il conditionne l’équilibre physico-chimique. (Gueroui, 2015)

Les résultats montrent un pH varie entre 7,96, la valeur minimale enregistrée dans la station 2 durant le mois de Février et 8,57, la valeur maximale dans la station 1 durant le mois de Février (Fig.25).

Selon la grille d’appréciation de la qualité de l’eau en fonction de pH (Tab.10), notre eau est de qualité excellente durant la période d’étude pour les deux stations.

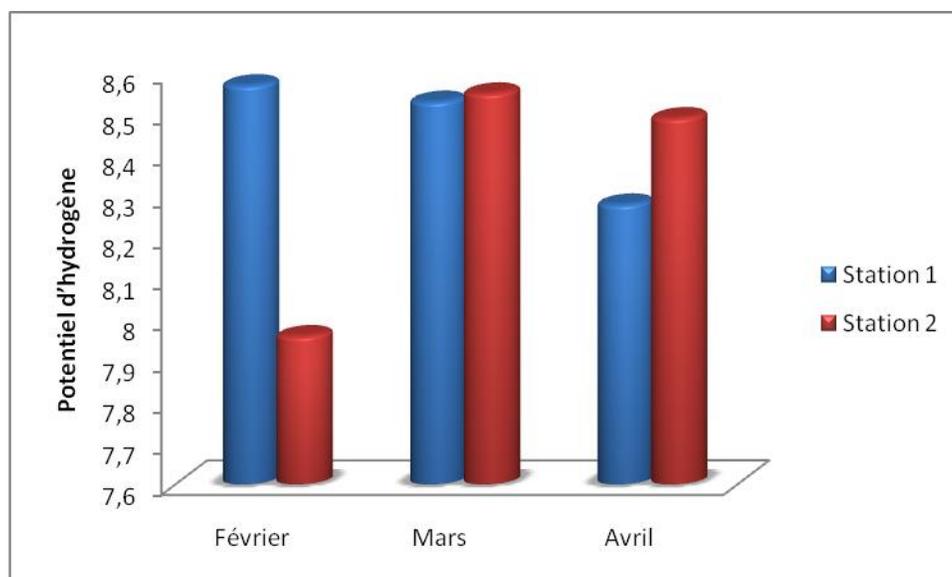


Figure 27 : Variation spatio-temporelle du Potentiel d'hydrogène dans les eaux du Barrage de Hammam Debagh.

1.3.2. La dureté totale (titre hydrométrique)

La dureté totale de l'eau (TH) est un paramètre rattaché directement à la quantité de calcium et de magnésium dans une eau. (Rodier et al., 1984)

Pour l'évolution spatiale, on note une augmentation de la dureté au niveau des deux sites durant la période d'analyse. Elle varie entre 28 F°, la valeur minimale enregistrée durant le mois de Février dans les deux stations et 30 F°, la valeur maximale enregistrée durant le mois d'Avril dans les mêmes stations (Fig.26).

Selon le tableau de la qualité en fonction de la dureté (Tab.11), les eaux du Barrage de Hammam Debagh sont classées comme des eaux assez dures.

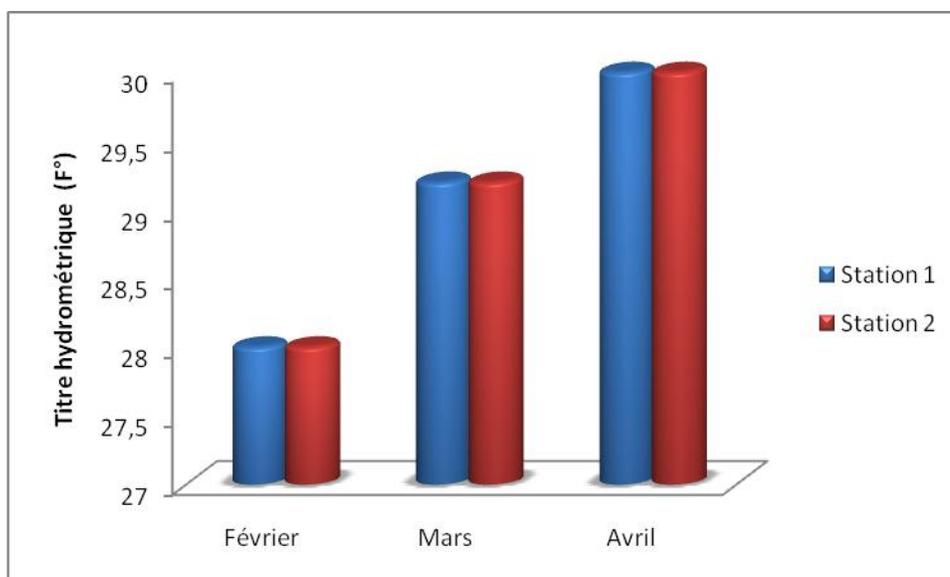


Figure 28 : Variation spatio-temporelle de la dureté totale dans les eaux du Barrage de Hammam Debagh.

1.3.3. Calcium (Ca^{2+})

Les ions Ca^{2+} dans l'eau peuvent provenir soit de la dissolution des formations carbonatées soit la dissolution des formations gypseuses soit des deux en même temps. (**Gueroui, 2015**)

Les résultats montrent que les concentrations de Ca^{2+} dans les eaux du Barrage de Hammam Debagh varient entre 68,08 mg/l durant le mois de Février dans les deux stations et 72,15 mg/l durant le mois d'Avril dans les mêmes stations (**Fig.27**).

Une teneur faible en calcium fait penser à un échange de base contre le sodium ou à l'absence de minéraux riches en calcium faiblement altérables. Par contre une teneur élevée en calcium provient de la mise en solution du gypse ou de l'anhydrite.

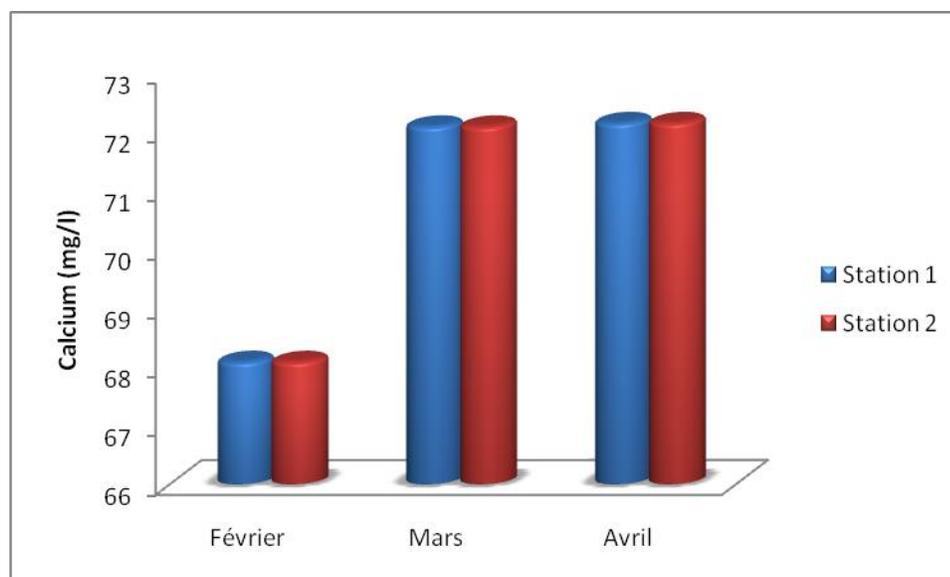


Figure 29 : Variation spatio-temporelle du Calcium dans les eaux du Barrage de Hammam Debagh.

1.3.4. Magnésium (Mg^{+2})

Cet élément accompagne souvent le calcium dans la nature, il provient de la dissolution des formations carbonatées à fortes teneurs en magnésium (magnésite et dolomite) (**Gueroui, 2015**).

Les teneurs du magnésium sont assez proches les unes des autres. Notre eau présente des teneurs basses de magnésium, les valeurs varient entre 26,73 mg/l, valeur minimale enregistrée durant le mois de Février dans les deux stations et 28 mg/l, valeur maximale enregistrée durant le mois d'avril dans les mêmes stations (**Fig.28**).

Selon le tableau de la qualité des eaux en fonction de la quantité de Magnésium (**Tab.12**), les eaux du Barrage de Hammam Debagh sont classées comme des eaux de bonne qualité.

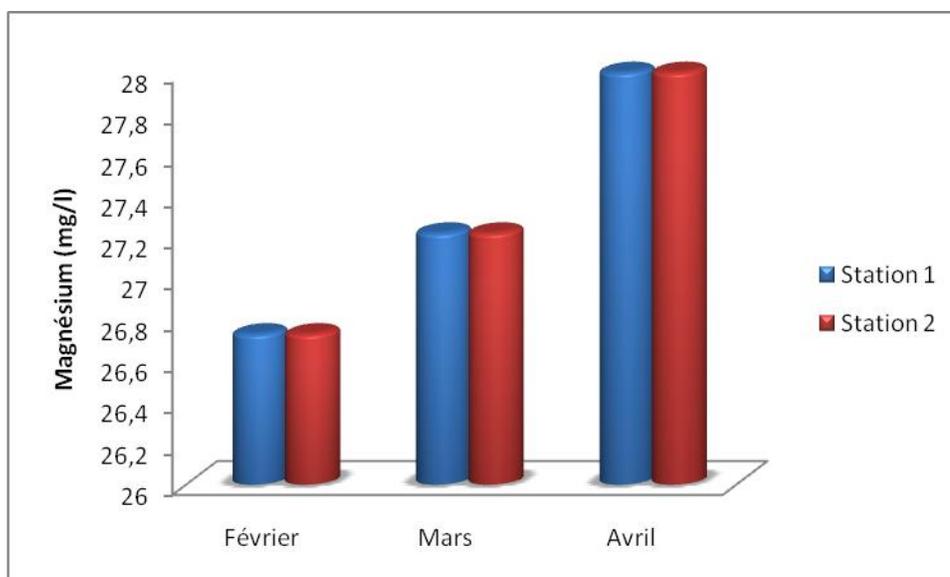


Figure 30 : Variation spatio-temporelle du Magnésium dans les eaux du Barrage de Hammam Debagh.

1.3.5. Sulfates (SO_4^{2-})

En plus des inconvénients qui caractérisent les chlorures, les sulfates participent au métabolisme des bactéries contenues dans l'eau. Les bactéries sulfato-réductrices transforment les sulfates en sulfures avec dégagement de gaz sulfureux créant des désagréments pour l'environnement. (Mizi, 2006).

Les résultats montrent une variation des concentrations des ions sulfates entre 173 mg/L et 213 mg/L (Fig.29). Ces résultats restent inférieurs à la concentration maximale admissible décrétée par les normes Algériennes (< 400 mg/l).

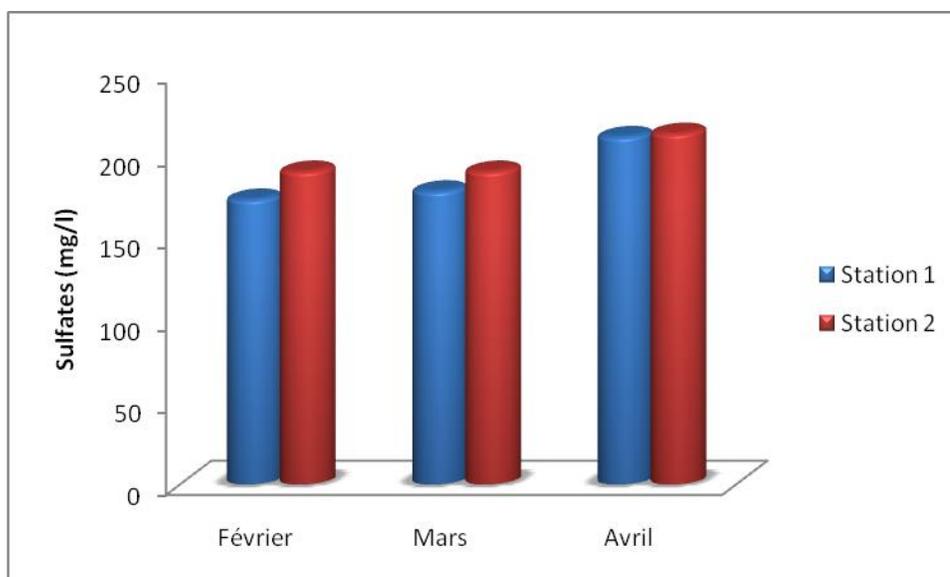


Figure 31 : Variation spatio-temporelle de Sulfates dans les eaux du Barrage de Hammam Debagh.

1.3.6. Résidus secs

Le résidu sec correspond aux matières dissoutes, ce sont des matières dispersées de façon homogène dans l'eau, faiblement polarisées ou ionisées (**Reggam, 2015**).

Les résultats obtenus montrent que les valeurs varient entre 516 mg/l, valeur minimale enregistrée durant le mois de Février dans la station 1 et 625 mg/l, valeur maximale enregistrée durant les mois de Février dans la station 02 (**Fig.30**).

Selon le tableau de la potabilité en fonction des résidus secs (**Tab.13**), la qualité de l'eau du Barrage de Hammam Debagh est bonne.

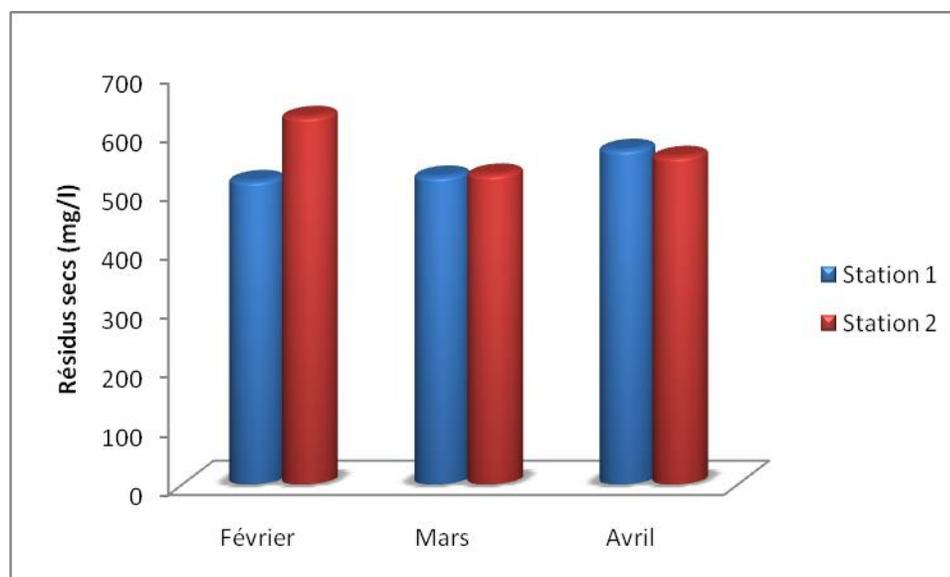


Figure 32 : Variation spatio-temporelle des Résidus secs dans les eaux du Barrage de Hammam Debagh.

1.4. Paramètres de pollution

1.4.1. Nitrates (NO_3^-)

Les nitrates constituent la forme oxydée finale de l'azote. Leur présence dans l'eau atteste d'une bonne récupération en cas de pollution organique. (Gueroui, 2015)

Pour l'ensemble des sites, nos résultats montrent que les teneurs en nitrates sont très faibles et sont loin de dépasser la norme de potabilité fixée par l'OMS (45 mg/l). Elle est comprise entre 0,36 et 0,74 mg/l (Fig.31).

Selon la grille de qualité des eaux en nitrates (Tab.14), l'eau du Barrage de Hammam Debagh est de bonne qualité (ANRH, 2001).

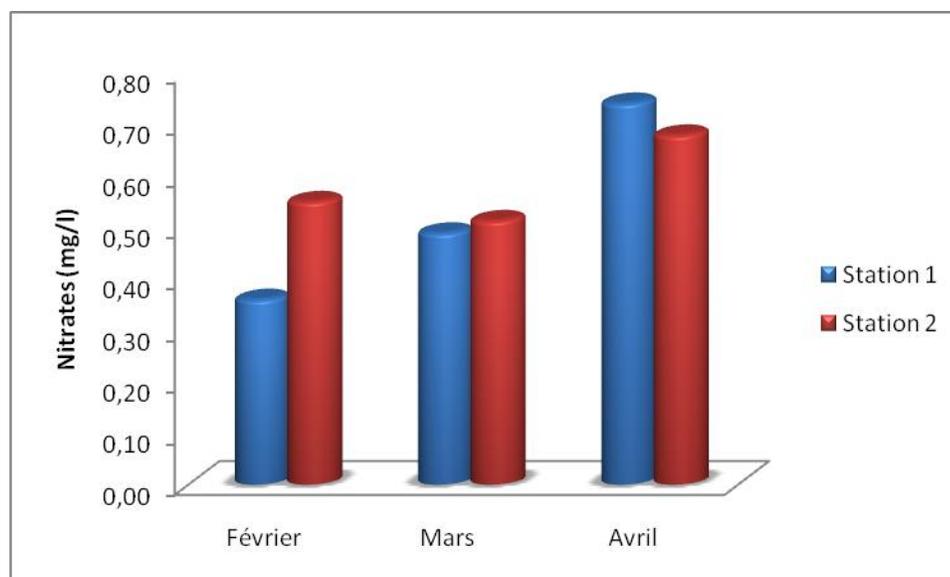


Figure 33 : Variation spatio-temporelle des Nitrates dans les eaux du Barrage de Hammam Debagh.

1.4.2. Nitrites (NO_2^-)

Ils représentent la forme du passage entre les nitrates et l'ammonium. Il s'agit d'une forme toxique, moins oxygénée et moins stable. **(Gueroui, 2015)**

La teneur la plus faible est de 0,00 mg/l enregistrée pendant le mois de Février dans la station 2 et la plus élevée est de 0,1 mg/l enregistrée pendant le mois d'Avril dans les deux stations **(Fig.32)**.

Selon la grille de la qualité des eaux en nitrite **(Tab.15)**, l'eau du Barrage de Hammam Debagh est excellente.

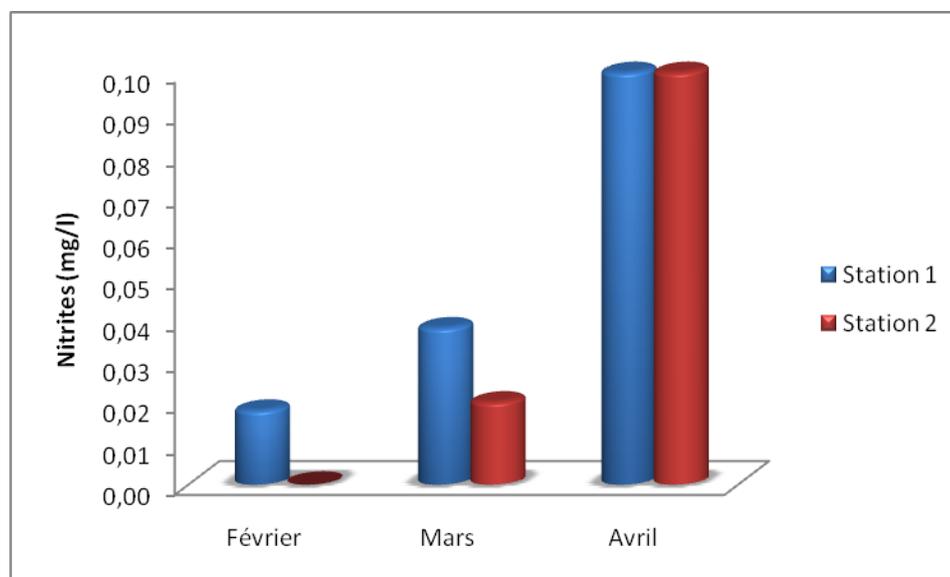


Figure 34 : Variation spatio-temporelle des Nitrites dans les eaux du Barrage de Hammam Debagh

1.4.3. L'Ammonium (NH_4^+)

Il est considéré comme la forme d'azote la plus toxique, sa présence dans les eaux profondes résulte le plus souvent de la décomposition anaérobie de matières organiques azotées. (Detay, 1993).

La réglementation de notre pays fixe 0,5 mg/l comme teneur limite. Les teneurs trouvées au niveau de nôtres sites varient entre 0,02 et 0,12 mg/l (Fig.33). Donc, l'eau du Barrage de Hammam Debagh est dans norme.

D'après la grille de la qualité des eaux en Ammonium (Tab.16), L'eau du Barrage de Hammam Debagh est une eau normale.

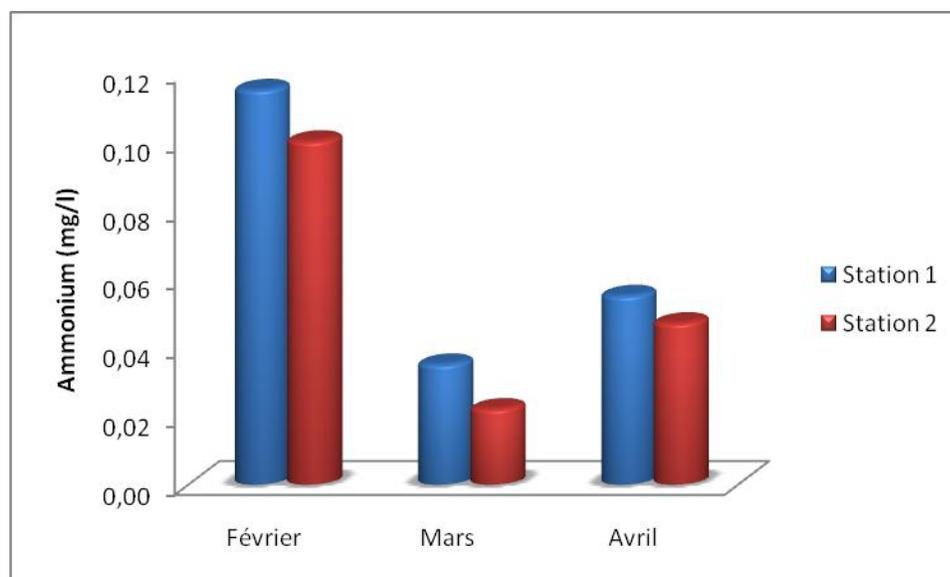


Figure 35 : Variation spatio-temporelle de l'Ammonium dans les eaux du Barrage de Hammam Debagh.

1.4.4. Dosage de phosphate (PO_4^{3-})

Les phosphates rejetés dans l'environnement proviennent des sources agricoles (engrais) et industrielles, de déjections humaines et de détergents ou lessives phosphatées.

Les phosphates sont les principaux responsables du phénomène d'eutrophisation. En effet, non toxiques en eux-mêmes pour la vie animale et végétale, ils portent atteinte à l'environnement dès qu'ils sont en fortes concentrations. (**Rabel, 1995**)

L'analyse des résultats montrent que les concentrations en phosphates dans les deux sites sont inférieures à 0,5 mg/l (**Fig.34**).

Les teneurs en phosphates sont faibles pour les deux sites, ce que expliquées par l'absence de la pollution d'origine anthropique (engrais, détergent, etc.).

Selon la grille de la qualité des eaux de surface en phosphate (**Tab.17**), l'eau du Barrage de HammamDebagh est excellente.

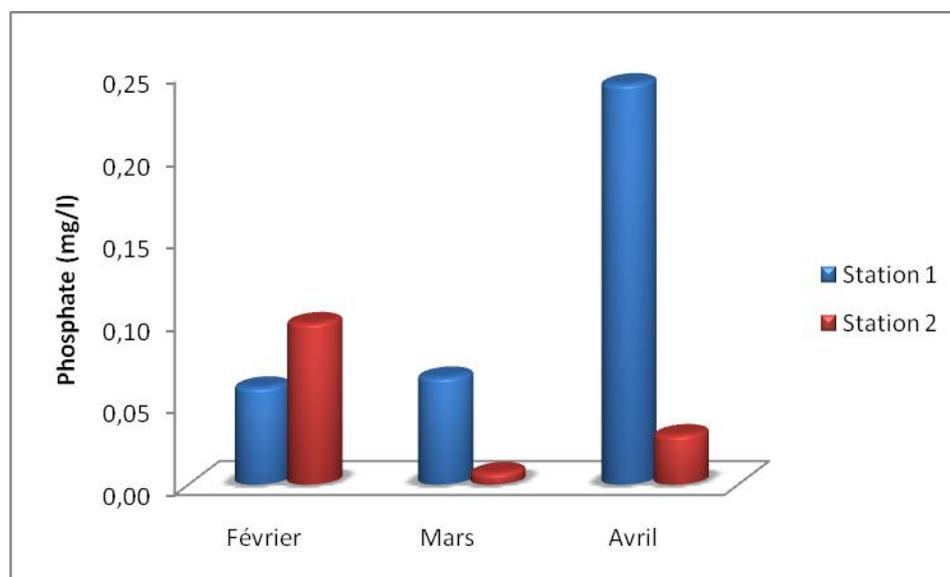


Figure 36 : Variation spatio-temporelle de phosphate dans les eaux du Barrage de Hammam Debagh.

1.4.5. Dosage des ions de Fer (Fe^{2+})

Le fer de l'eau ne présente certes aucun inconvénient du point de vue physiologique, mais à des teneurs très importantes, il influe sur la qualité organoleptique de l'eau (mauvais goût, couleur et saveur). (Rodier, 1996)

La valeur limite donnée par la réglementation Algérienne est de 0,3 mg/L. Les résultats obtenus pour notre eau étudiée sont conformes aux normes prescrites. Ces derniers sont compris entre 0,0 mg/l dans la station 1 durant le mois de Février et 0,21 mg/l dans la station 2 durant le mois d'Avril (Fig.35).

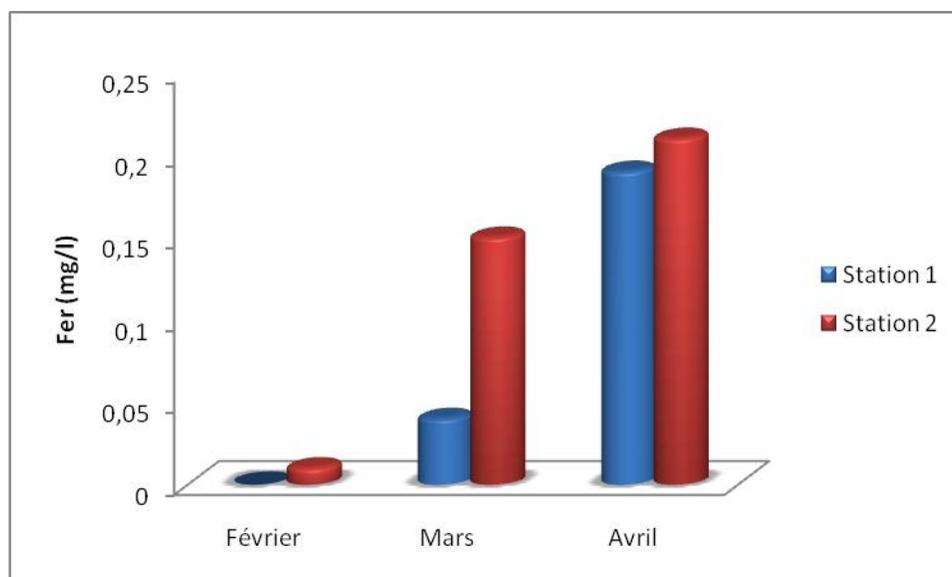


Figure 37 : Variation spatio-temporelle du Fer dans les eaux du Barrage de Hammam Debagh.

1.5. Analyse bactériologique

1.5.1. Recherche et dénombrement des germes revivifiâbles

Ces germes n'ont pas d'effets directs sur la santé mais sous certaines conditions, ils peuvent générer des problèmes. Ce sont des indicateurs qui révèlent la présence possible d'une contamination bactériologique. (Reggam, 2015).

Les résultats obtenus montrent que les valeurs à 22 °C varient entre 1,1 GT x 10³/ml, valeur minimale enregistrée dans la station 1 pendant le mois de Mars et 3,3 GT x 10³/ml, valeur maximale enregistrée dans la station 1 pendant le mois d'Avril et à 37 °C varient entre 1,7 GT x 10³/ml, valeur minimale enregistrée dans la station 2 pendant le mois de Mars et 420 GT x 10³/ml, valeur maximale enregistrée dans la station 2 pendant le mois De Février (Fig.36).

Les bactéries revivifiâbles ne sont pas forcément d'origine fécale. Elles ont également une origine environnementale. Elles fournissent quelques informations, comme la prolifération de la flore dans une eau riche en matière organique. Ces bactéries se développent principalement à des températures basses.

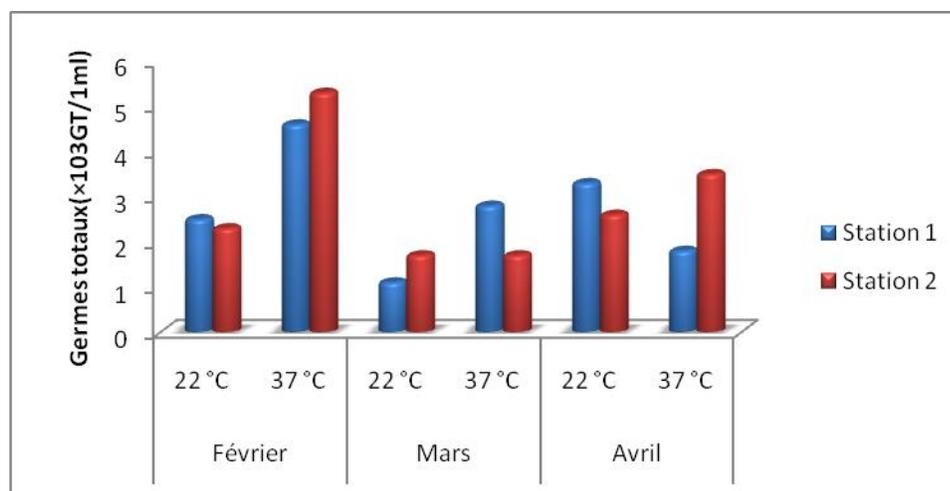


Figure 38 : Variation spatio-temporelle des germes revivifiables à 22 et 37 °C dans les eaux du Barrage de Hammam Debagh.

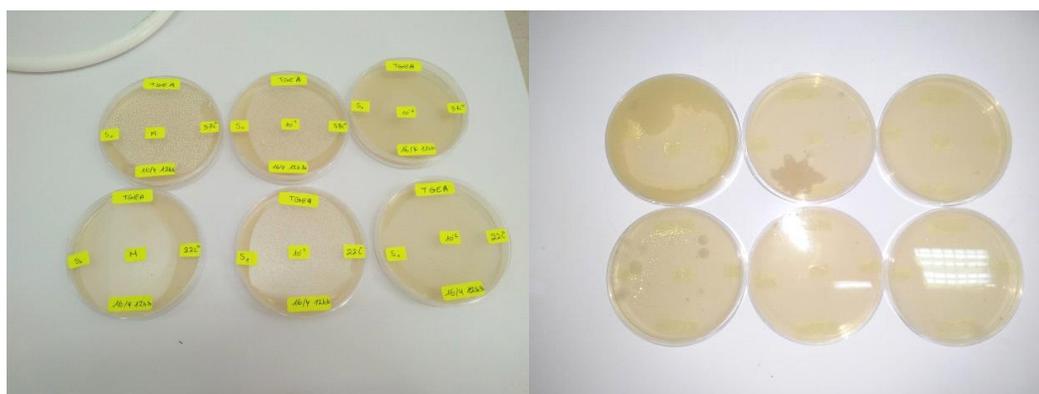


Figure 39 : Photos des résultats des germes revivifiables dans les eaux du Barrage de Hammam Debagh. (Photos prise par DJEDADOUA, 2017).

1.5.2. Recherche et dénombrement des coliformes totaux

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

Les résultats obtenus montrent que les valeurs varient entre 24 CT/100 ml, valeur minimale enregistrée dans la station 1 et 2 pendant le mois de Février et 92 CT/100 ml, valeur maximale enregistrée dans la station 1 pendant le mois de Mars (Fig.38).

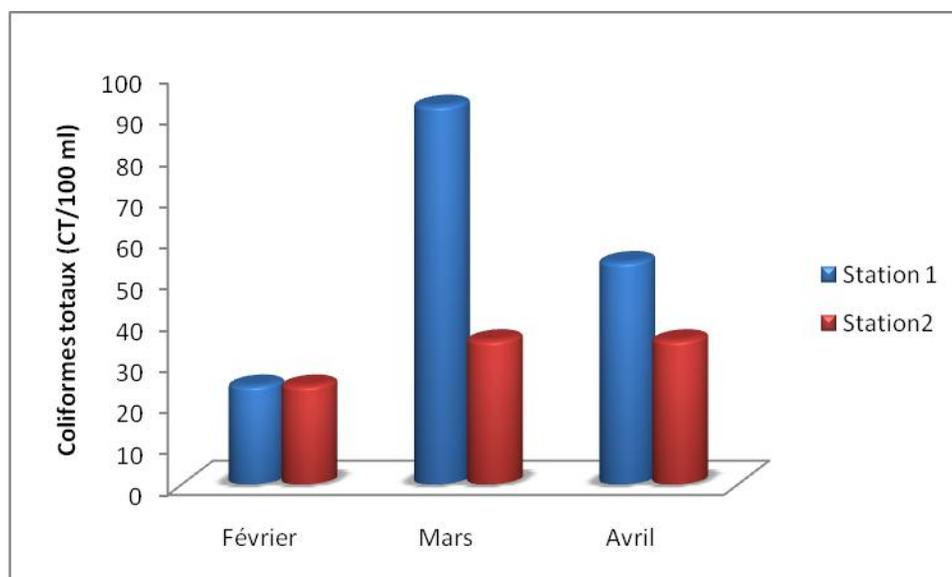


Figure 40 : Variation spatio-temporelle du nombre de coliformes totaux dans les eaux du Barrage de Hammam Debagh.

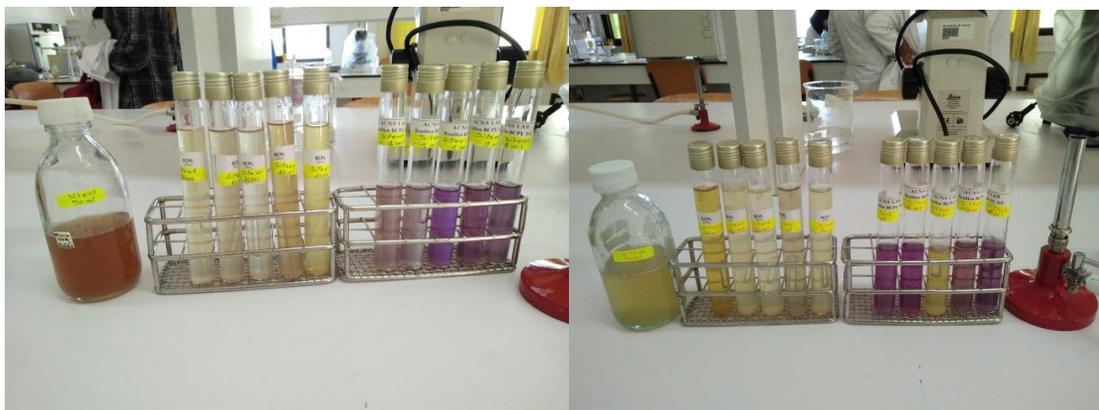


Figure 41 : Photos des résultats des coliformes totaux dans les eaux du Barrage de Hammam Debagh. (Photos prise par DJEDADOUA, 2017).

1..5.3. Recherche et dénombrement des coliformes fécaux thermo-tolérants (*E.coli*)

Les coliformes thermo-tolérants sont des bactéries habituelles du tube digestif de l'homme et des animaux. Sa détection dans l'eau doit faire sérieusement soupçonner une contamination d'origine fécale. (John, 2010)

En ce qui concerne les Coliformes fécaux, la concentration minimale est obtenue au niveau de la station 2 durant le moins de Février et le moins d'Avril (< 1), tandis que la

concentration maximale est obtenue au niveau de la station 1 pendant le mois de Mars (7 CF/100 ml) (**Fig.40**).

La présence de coliformes fécaux dans l'eau signifie une contamination récente du milieu aquatique par matière fécale humaine ou d'animaux à sang chaud.

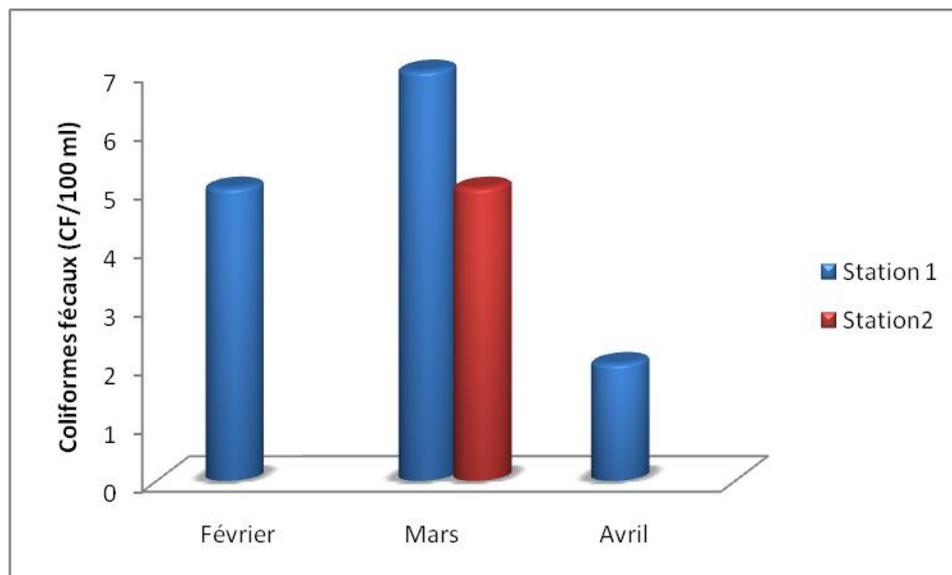


Figure 42 : Variation spatio-temporelle du nombre de coliformes fécaux dans les eaux du Barrage de Hammam Debagh.

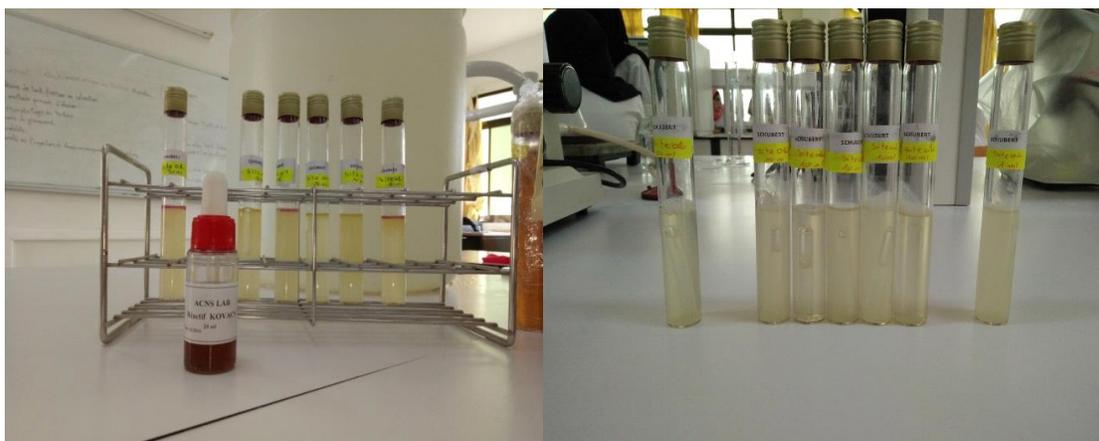


Figure 43 : Photos des résultats des coliformes fécaux dans les eaux du Barrage de Hammam Debagh. (Photos prise par DJEDADOUA, 2017).

1.5.4. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux

Les streptocoques fécaux sont considérés comme des indicateurs spécifiques de contamination fécale. Ils se multiplient rarement dans l'environnement et résistent mieux aux conditions défavorables que les coliformes. (Gantzer et al., 1998)

L'analyse des prélèvements de l'eau de barrage de Hammam Debagh montraient la présence des streptocoques fécaux, avec un taux maximal de 1 SF/100 ml au niveau de la station 1 pendant les deux mois Février et Mars (Fig.42).

Cette légère contamination par les streptocoques fécaux est peut être due au cheptel bovin qui fréquente les deux stations du barrage pour s'alimenter, donc peuvent contaminer le site par la matière fécale.

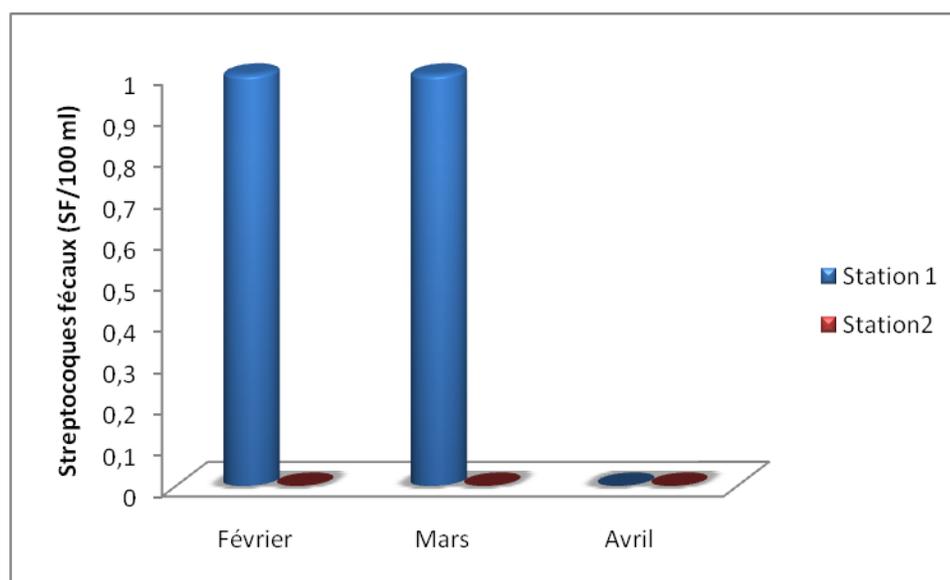


Figure 44 : Variation spatio-temporelle du nombre de streptocoques fécaux dans les eaux du Barrage de Hammam Debagh.

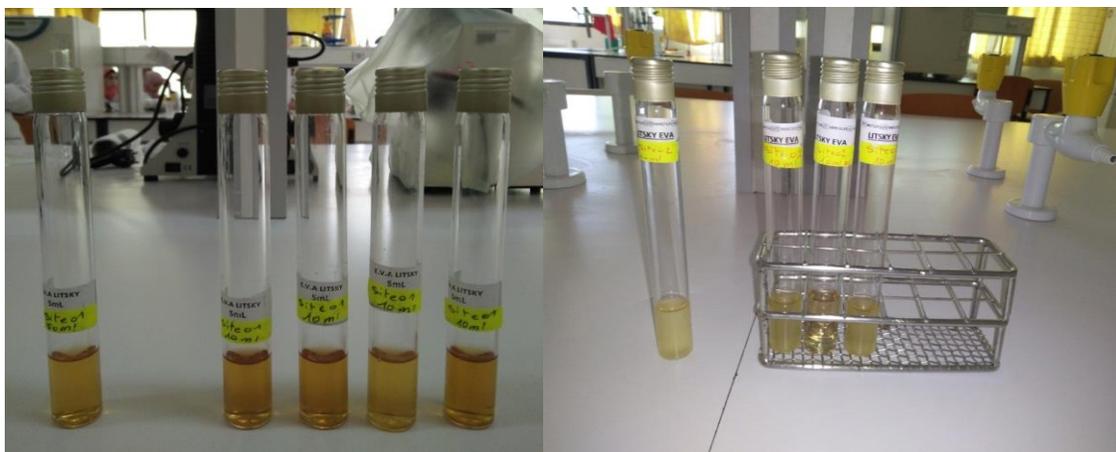


Figure 45 : Photos des résultats des streptocoques fécaux dans les eaux du Barrage de Hammam Debagh. (Photos prise par DJEDADOUA, 2017).

1.5.5. Anaérobies sulfito-réductrices

Les anaérobies sulfito-réductrices sont des germes capables de sporuler et de se maintenir longtemps dans l'eau. Ils sont donc les témoins d'une pollution ancienne. (Georges, 2002)

D'après les résultats obtenues, le nombre des spores des anaérobies sulfito-réducteurs dans les eaux analysées, varie entre 0 et 10 ASR/20 ml (Fig.44).

Les spores de anaérobies sulfito-réductrices sont absentes dans l'eau de la station 2 pendant la période d'étude, ce qui correspond aux normes algériennes, qui excluent sa présence, par contre l'analyse des prélèvements de l'eau de barrage montraient la présence des spores des anaérobies sulfito-réductrices dans l'eau de la station 1, avec un taux de 10 ASR/20 ml pendant le mois d'Avril.

La recherche des spores d'ASR a révélé que la station 1 est considérée comme la zone polluée. Cette pollution dans une eau naturelle nous fait penser à une contamination déjà ancienne. Par contre, leur absence dans la station 2 de la plaine peut constituer un signe d'efficacité de la filtration naturelle.

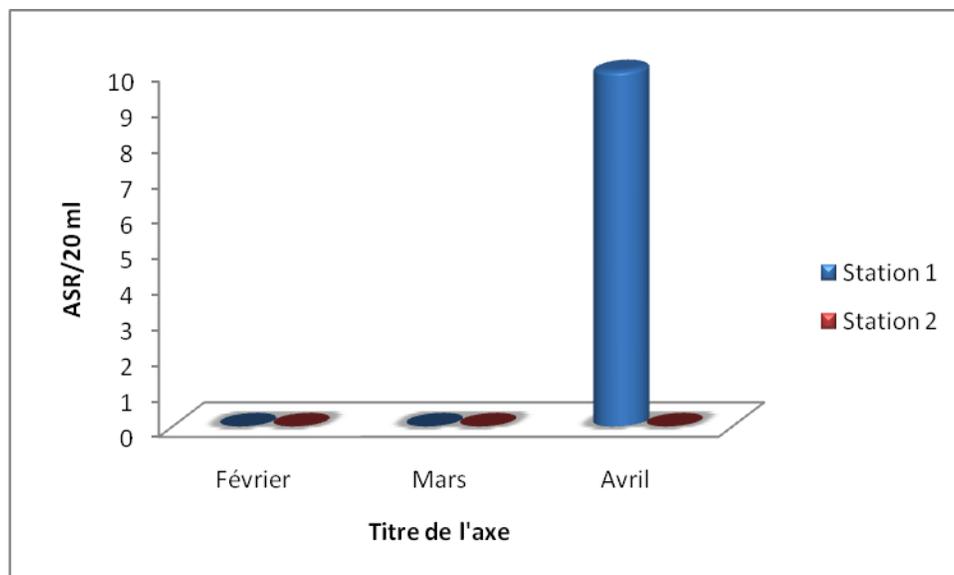


Figure 46 : Variation spatio-temporelle du nombre des ASR dans les eaux du Barrage de Hammam Debagh.



Figure 47 : Photos des résultats des ASR dans les eaux du Barrage de Hammam Debagh. (Photos prise par DJEDADOUA, 2017).

1.5.6 Recherche et isolement des germes pathogènes

La recherche de germes pathogènes a été effectuée sur plusieurs milieux de cultures au niveau du deux stations.

Les résultats trouvés sont négatifs, aucun prélèvement ne s'est révélé positif. Ces valeurs impliquent une bonne qualité des eaux de consommation du barrage de Hammam Debagh qui **ne contient aucun risque sanitaire.**

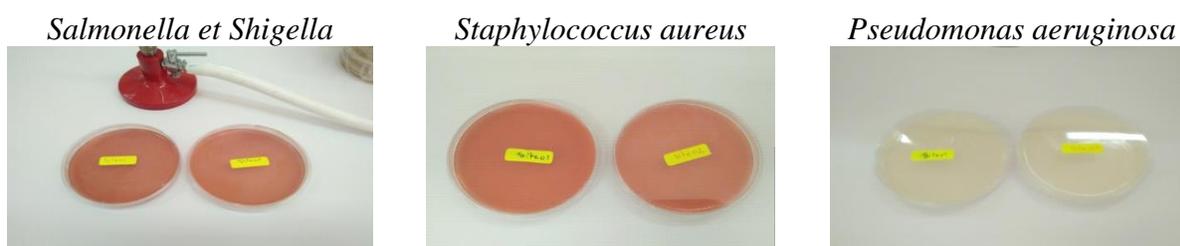


Figure 48 : Photos des résultats des germes pathogènes dans les eaux du Barrage de Hammam Debagh. (Photos prise par DJEDADOUA, 2017).

1.5.7. Origine de la contamination fécale

Selon la classification adoptée par **Borrego et Romero (1982) (in Reggam, 2015)**. Depuis plusieurs décennies, le rapport $R = CF/SF$ (coliformes fécaux sur les streptocoques fécaux) était utilisé comme un élément de premier ordre pour déterminer l'origine de la pollution fécale. Lorsque ce rapport CF/SF est supérieur à 4, la pollution est essentiellement humaine (rejet des eaux usées). Lorsqu'il est inférieur à 0,7, l'origine est animale. Dans ce cas, le bétail et en particulier les moutons, semble jouer un rôle prédominant dans la contamination de l'eau.

Durant le mois de Février et Mars le rapport CF/SF est nettement supérieur à 4 dans la station 1, la source de contamination est exclusivement humaine, ceci peut être expliqué par la présence d'urbanisation à proximité, caractérisé par une activité agricole et rejets domestiques. Alors que durant le moins de Mars pour la station1 et durant la période d'étude pour la station 2 (R étant $< 0,7$), la pollution est entièrement d'origine animale, on pourrait l'expliquer, par présence de bovins dans les pâturages à proximité du barrage. (**Tab.17**)

Tableau 20: Détermination de la source de pollution à partir du rapport Coliformes fécaux/Streptocoques fécaux.

Mois	R=CF/SF	S1	S2
Février		5	0
Mars		7	0
Avril		0	0

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.

Notre travail consiste à évaluer la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau du barrage de Hammam Debagh (Guelma), destinée à l'irrigation et à la consommation humaine. Il est basé sur le suivi de deux stations pendant une période de trois mois (Février, Mars et Avril).

Les analyses organoleptiques montrent que les eaux du barrage sont claires, ne présentent ni odeur, ni saveur désagréable.

Les résultats des paramètres physico-chimiques montrent 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. Nos résultats ont montrés que les concentrations en éléments minéraux (nitrates, nitrites, ammonium, phosphates, calcium et magnésium) sont souvent inférieures aux normes requises, qui indiquant une pollution chimique minime du barrage.

Du point de vue bactériologique, les résultats que nous avons obtenus dans les deux stations à travers les dénombrements réalisés nous exposent une contamination Une contamination fécale (taux de coliformes totaux, coliformes fécaux et streptocoques fécaux) sont élevés, soient de l'ordre de 44CT/100ml, 4,75CF/100ml et 1 SF/100ml.

L'examen de l'échantillon montre que l'eau du barrage présente une valeur de 2 ASR/20ml. L'ASR est supérieure à 0, elle est donc d'une mauvaise qualité

La présence de ces germes dans les eaux entraîne de graves maladies. Si elles ne sont pas traitées biens avant leur distribution.

La recherche des germes pathogènes a montré une absence totale dans l'eau étudiée, ce qui correspond aux normes algériennes qui excluent sa présence.

D'une manière générale, les eaux du barrage de Hammam Debagh sont des bonnes qualités pour l'irrigation, mais malheureusement pas destinée à la consommation humaine sans traitement.

Enfin dans le but de compléter cette étude sur la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux du barrage de Hammam Debagh, nous proposons continuer nos travaux de recherche par des études épidémiologiques, toxicologiques et biologiques

*Références
bibliographiques*

Agence du bassin hydrographique Constantinois- Seybouse- Mellegue. (2004). Cahiers de l'A.B.H.- C.S.M. n°08.

Agence Nationale des Barrages et Transferts (ANBT).

Agence Nationale des Ressources hydrique (ANRH), rapport. (2001).

Ait hamlet, S. (1998). Contribution à l'étude de la qualité de huites oueds de la wilaya d'El Taref ; aspects microbiologique et écologique. *Mémoire de Magister. Université Badji-Mokhtar, Annaba*, 150p.

Aminot, A., Chausspied, M. (1983). Manuel des analyses chimiques en milieu marin. *C.N.E.X.O.France*, 395p.

Annuaire hydrologique. (1993). Agence Nationale Des Ressources Hydraulique (ANRH), 260 p.

Athamna, A. (2008). Etude de l'évaluation du flux azote au niveau de la plaine de Seriana – Zana El Beïda, *Mémoire de Magistère, Université de Batna, Algérie*, 171 p.

Avril, J., Denis, L., Dabernat, F., Monteil, H. (2000). Bactériologie clinique. *ELLIPSES, 3^{ème} édition, France*, 6417p.

Bagnouls, F., Gaussen, H. (1953). Saison sèche et régime xérothermique. Documents pour les cartes des productions végétales, *t. III, vol. I, art. 8, Toulouse*, 47p.

Ballouki, K. (2012). Etude de la qualité physico-chimique et biologique de trois sources dans les régions de Midelt (Haut Moulouya), *Mémoire de Master, Université Sidi Mohammed Ben Abdellah, Fès*, 76p.

Bara, Y. (2016). Etude comparative de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau du barrage de Hammam Debagh avant et après traitement : Cas de la station de traitement de Hammam Debagh. *Mémoire de Master, Université 8 mai 1945, Guelma*, 48 p.

Berne, F., Jean, C. (1991). Traitement des eaux, *Édition TECHNIP, Paris*, 306 p.

Boeglin, J, C. (2001). Propriétés des eaux naturelles. *Technique de l'ingénieur, traité environnement*, 1110p.

- Bouchrit, A et Hakimi, H. (2016).** La qualité physico-chimique et microbiologique des eaux du barrage de Hammam Debagh. *Mémoire de Master, Université 8 mai 1945, Guelma*, 67 p.
- Boudoukha, A. (2014).** Comportement des éléments chimiques dans les eaux de surface de Hammam Debagh (Est Algérien). *Mémoire de Magister, Université Hadj Lakhdar, Batna*, 124p.
- Bougouizi, M, L. (2014).** Contribution à l'étude bactériologique et physico-chimique de l'eau d'Oued El-Kebir (Wilaya de Skikda). *Mémoire de Magister, Université 20 Août 1955, Skikda*, 161p.
- Bounouira, H. (2007).** Etude des qualités chimiques et géochimiques du bassin versant du Bouregreg. *Thèse de Doctorat, Université d'Ibn Tofail, Kénitra*, 272p.
- Bourgeois, C, M., Mescle, J, F. (1996).** Microbiologie alimentaire: aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments. *Edition Lavoisier, paris*, 5-6p.
- Bremond, R., Vuichard, R. (1973).** Paramètres de la qualité des eaux. *OSPEPE, Paris*, 179p.
- Cahiers De L'agence A.B.H. (1999).** Les cahiers de l'Agence de Bassin Hydrographique : Constantinois-Seybouse-Mellegues, N°01.
- 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.
- Chevallier, H. (2007).** L'eau un enjeu pour demain. *Sang de la Terre, de l'Université de Nantes, Paris*, 348 p.
- Dahkal, I. (2015).** Ajustement des modèles de séries temporelles pour prévoir les apports liquides du Barrage Hammam Debagh. *Mémoire de Magister, Université 8 mai 1945, Guelma*, 111 p.
- Dalage, A., et Métaillé, G., (2000).** Dictionnaire de biogéographie végétale. *Ed. CNRS, Paris*, 579p.
- De Villers, J., Squilbin, M., Yourassowsky, C. (2005).** Qualité physicochimique et chimique des eaux de surface: cadre général. *Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement / Observatoire des Données de l'Environnement*, 16 p.

- Dellaras, C. (2000).** Microbiologie de l'environnement avec législation. Travaux pratiques commentés. *Gaëtan Morin, paris*, 38-203p.
- Derwich, E., Benaabidate, L., Zian, A., Sadki, O., Belghity, D. (2010).** Caractérisation Physico-chimique des eaux de la nappe alluviale du Haut Sebou en aval de sa confluence avec Oued Fès. *Larhyss Journal 8, Maroc*, 112p.
- Detay, M. (1993).** The use of artificial recharge to improve ground water quality and quantity: the Lyonnaise des Eaux-experience, in International Workshop: Ground water quality and quantity and water supply in Lithuania - Vilnius –Druskininkai, 18-19p.
- Elmund, G, K., Allen, M,J., Rice, E,W. (1999).** Comparison of Escherichia Coli, Total Coliform, and FecalColiform Populations as Indicators of Wastewater Treatment Efficiency. *Water Environment Research 71(3)*, 332-3p.
- Emberger L. (1955).** Une classification biogéographique des climats. *Rev. Tr. Lab. Bot. Géol. Zool. Fac. Sc. Montpellier*, N° 7 3. 43 : 45 - 50.
- Gantzer, C., Lucena, F., Schwartzbord, L., Jofre, J. (1998).** Indication de contamination virale du milieu hydrique : mhuyte ou réalité ?, *Virologie. Volume 2, numéro 2*, 117p.
- Gaujous, D. (1997) .**La pollution des milieux aquatiques : aide-mémoire. *1^{ème} édition, Paris*, 217p.
- Genoudet. (2001).** L'eau de robinet : de la source au verre. Extrait de dossier de bulletin de l'association médicale Kouzmine internationale.
- Georges, T., Pierre, J. (2002).** L'eau, patrimoine mondial commun, Belgique, *presses universitaire de Numur*, 303p.
- Gregorio, C., Pierre-Marie, B. (2007).**Traitement et épuration des eaux industrielles polluées: Procédés. *Presses Université. Franche-Comté*, 356 p.
- Gueroui, Y. (2015) .**Caractérisation Hydrochimique et Bactériologique des Eaux Souterraines de L'aquifère Superficiel de la Plaine de Tamlouka (Nord-Est Algérien). *Thèse de Doctorat 3^{ème} 3ème cycle cycle, Université 8 mai 1945, Guelma*, 162p.
- Guettaf, M. (2014).** Caractérisation hydrochimique et évaluation des indicateurs de pollution dans l'environnement : cas de l'oued Seybouse et ses affluents dans le sous-bassin de Guelma (Nord-Est Algérien). *Thèse de Doctorat, Université 8 mai 1945, Guelma*, 150p.

- Hachemaoui, B. (2014).** Qualité physico-chimique de l'eau dessalée et traitée par la station de dessalement de l'eau de mer de Souk Tlata-teneurs en Bore, Nitrites et métaux lourds- . *Mémoire de Master, Université Abou Beker Belkaid, Tlemcen, 67p.*
- Hakimi, 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.*
- Hamed, M., Guettache, A., Bouamer, L. (2012).** Etude des propriétés physico-chimiques et bactériologiques de l'eau du barrage DJORF- TORBA-Bechar. *Mémoire d'Ingénieur d'état, Université de Bechar, Algérie, 69p.*
- Harlye, John, P., Klein, Donald, A., Prescott Lansing, M. (2010).** Microbiologie. 3^{ème} édition, 1216 p.
- Jean, Baptiste, G., Rabel, L. (1995).** Premier cours national post-graduate sur l'irrigation, le drainage et la gestion des ressources hydriques.
- Kemoukh, S. (2007).** Dégradation de la qualité des eaux du barrage de zerdezas suite à une pollution naturelle w.de Skikda, *Mémoire de Magister, Université de Batna, Algérie, 117p.*
- Labres, L., 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.*
- Larpent, J, P. (1997).** Microbiologie alimentaire: Technique de laboratoire. *Technique et documentation-Lavoisier, Paris, 1073 p.*
- Laurentides, C, R, E. (2009).** L'oxygène dissous. 4p.
- Lebres, E. (2005).** Cours d'hygiène et de microbiologie des eaux (manuel de travaux pratiques des eaux). *Institut Pasteur, Algérie, 60p.*
- Leyral,G., Ronnefoy,C., Guillet, F. (2002).** Microbiologie et qualité des industries agroalimentaire. *Rueil-Malmaison : Doin, Paris, 245p.*
- Loup, J. (1974).** Les eaux terrestres, hydrologie continentale. *Edition Masson et Cie, Volume 1, Paris, 176p.*
- M.Kern.** Dosage des ions de Sulfates (SO_4^{-2}), *Algérienne des eaux.*

- Mansouri, Z. (2009).** Les ressources en eau et gestion intégrée du bassin versant de l'oued Bouhamdane (Nord-Est Algérien). *Mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar, Annaba*, 118p.
- Marchal, N., Bourdon, J. L., Richard, C. (1982).** Les milieux de culture pour l'isolement et l'identification biochimique des bactéries, biologie appliquée. *Doin, Paris*, 482p.
- Mebarki, A. (2005).** Hydrologie des bassins de l'Est algérien : Ressources en eau, aménagement et environnement, *Thèse de doctorat d'Etat, Université Mentouri, Constantine*, 360 p.
- Mechai. (2005).** Analyse microbiologique des eaux des plages de la ville de Annaba- Evaluation de la résistance aux antibiotiques des microorganismes pathogènes. *Mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar, Annaba*, 127p.
- Merabet, S. (2010).** Évaluation de la qualité physico-chimique des eaux brutes et Distribuées du barrage réservoir de Beni Haroun. *Mémoire de Magister, Université Mentouri, Constantine*, 110p.
- Merzoug, S, E. (2009).** Etude de la qualité microbiologique et physico-chimique de l'eau de l'écosystème lacustre Gareat Hadj-Taher (Benazzouz, wilaya de Skikda). *Mémoire de Magister, Université 8 mai 1945, Guelma*, 119p
- Michard, G. (2002).** Chimie des eaux naturelles : Principes de géochimie des eaux. *Édition Publisud, Paris*. 565p.
- Mizi, A. (2006).** Traitement des eaux de rejets d'une raffinerie des corps gras région de Bejaia et valorisation de déchets oléicoles. *Thèse de doctorat, université d'Annaba, Algérie*, 227 p.
- Monod, T. (1989).** Méharées géographie (N.A.N.I) normes algériennes et normes internationales, *France loisir, Paris*, 233p.
- Mostarih, R. (2006).** Elaboration de phases hydroxydes doubles lamellaires intercalant des anions sulfate: Etude de leur évolution structurale thermique et hygrométrique. *Thèse de Doctorat, Université de Blaise Pascal, France*, 168p.

Mouchara, N. (2009). L'impact des lâchées de barrage de Hammam Debagh sur la qualité des eaux de la vallée de Seybouse dans sa partie amont. *Mémoire de Magister, Université Badji-Mokhtar, Annaba*, 124p.

NFT 90-012. Dosage des Nitrates (NO_3^-) Méthode par spectrophotométrie d'absorption moléculaire, *Algérienne des eaux*.

Nisbet, M., Verneaux, J. (1970). Composantes chimiques des eaux courantes : discussion et proposition de classes en tant que base d'interprétation des analyses. *Ann. De limnologie. Volume 6, n°2*, 190p.

Norme NF en ISO 5667. (2004). Détermination des résidus secs, *Algérienne des eaux*.

Norme NF en ISO 6056. (1984). Dosage du Calcium (Ca^{2+}) méthode titrimétrie à l'EDTA, *Algérienne des eaux*.

Norme NF en ISO 6332. Dosage des ions de Fer (Fe^{2+}), *Algérienne des eaux*.

Norme NF en ISO 6878. (2005). Dosage de Phosphate (PO_4^{3-}), *Algérienne des eaux*.

Norme NF en ISO 7150/1. (1984). Dosage de l'Ammonium (NH_4^+) Méthode par spectrophotométrie manuelle, *Algérienne des eaux*.

Norme NF en ISO 7890. (1998). Dosage des Nitrates (NO_3^-) Méthode par spectrophotométrie d'absorption moléculaire, *Algérienne des eaux*.

Norme NF en ISO 5667). Dosage des Nitrites (NO_2^-) Méthode spectrométrique, *Algérienne des eaux*.

Olivaux, Y. (2007). La nature de l'eau. *Marco Pietteur, France*, 563 p.

OMS (W.H.O.): World Health Organisation. (2003). Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality, Geneva, World Health Organisation.

Ozenda, P., (1982). La végétation dans la biosphère. *Ed. Masson*. 335p.

Paul, R. (1998). Eaux d'égout et eaux résiduaires industrielles: Epuration, utilisation. *Société d'Éditions techniques, France*, 192 p.

- Pechere, J. C., Acar, J., Grenier, B., Nihoul, E. (1982).** Reconnaître, comprendre et traiter les infections. 4^{ème} édition, Edisem ST-Hyacinthe, Québec, 509p.
- Potelon, J. L., Zysman, K. (1998).** Le guide des analyses d'eau potable. Edition la Lettre du Cadre Territorial, Voiron, France, 210p.
- Prévost, P., (1999).** Les bases de l'agriculture. 2^{ème} Ed. Technique et documentation, Paris, 243p.
- Ramade, F., (2003).** Eléments d'écologie (écologie fondamentale). 3^{ème} Ed. DUNOD, Paris, 690p.
- Reggam, A. (2015).** Contribution à l'étude de la qualité microbiologique et physico-chimique des eaux d'Oued Seybouse. Thèse de Doctorat, Université 8 mai 1945, Algérie, 131p.
- Rejsek, F. (2002).** Analyse des eaux, Aspects réglementaires et techniques. Série Sciences et technique de l'environnement, France, 360p.
- Rodier J. (1996).** L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 6^{ème} édition, Dunod, Paris, 1383p.
- Rodier, J. (1976).** L'analyse de l'eau. Eau naturelles, eau résiduaires, eau de mer. 5^{ème} édition, Dunod, paris, 1500p.
- Rodier, J. (1997).** L'analyse De L'eau (Eaux Naturelles, Eaux Résiduaires Et Eaux De Mer), 8^{ème} Edition, Dunod, Paris, 1383p.
- Rodier, J. (2005).** L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 8^{ème} édition: Dunod, Paris, 1383p.
- Rodier, J. (2005).** L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 8^{ème} édition, Dunod, Paris, 1381p.
- Rodier, J. (2009).** L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 9^{ème} édition, Dunod, Paris, 1600p.
- Rodier, J., Bazin, C., Broutin, J. P., Chambon, P., Champsaur, H. ., Rodi, L. (1996).** L'analyse des eaux naturelles. Eaux résiduaires. Eaux de mer. Dunod. 8^{ème} édition, Paris, 1383p.

Rodier, J., Bazin, C., Broutin, J. P., Chambon, P., Champsaur, H., Rodi, L. (2005). L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, chimie, physico-chimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats, *Dunod, Paris*, 1384 p.

Rodier, J., Beuffr, H., Bournaud, M., Broutin, J.P., Geoffray, CH., Kovacsik, G., Laport, J., Pattee, E., Plissier, M., Rodi, L., Vial, J. (1984). L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 7^{ème} édition, *Dunod, Paris*, 5 p.

Rodier, J., Legube, B., Merlet, N., Brunet, R., Mialocq, J. C., Leroy, P., Houssin, M., Lavison, G., Bechemin, C., Vincent, M., Rebouillon, P., Moulin, L., Chomodé, P., Dujardin, P., Gosselin, S., Seux, R., Almardini, F. (2009). L'analyse de l'eau. 9^{ème} édition. *Dunod. Paris*, 1511 p.

Sari, H. (2014). Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source «Attar» Tlemcen. Mémoire de Master, *Université Abou Beker Belkaid, Tlemcen*, 63p.

Satha Yalles, A. (2008). Caractérisation du peuplement odonatologique des bassins versants de Bouhamdane et Seybouse. *Mémoire de Magister, Université 8 mai 1945, Guelma*, 113p.

Tardat Henry, M. (1992). Chimie Des Eaux, 2^{ème} Edition, *Les éditions du griffon d'Argile, Québec*, 537p.

Tourab, H. (2013). Contribution à l'étude de la qualité physicochimique et bactériologique des eaux souterraines dans la plaine du Haouz. *Mémoire de licence, Université Cadi Ayyad, Marrakech*, 82p.

Zerluth, J., Gienger, M. (2004). L'eau et ses secrets. *Edition désirés*, 223p.

Le barrage de Hammam Debagh, situé à 20 km à l'Ouest de la ville Guelma, est implanté sur l'Oued Bouhamdane à 3 Km à l'amont de la localité de Hammam Debagh.

Notre travail de recherche consiste tout d'abord à déterminer la qualité de l'eau brute du barrage de Hammam Debagh par réalisation des analyses physico-chimiques et bactériologiques de deux stations pendant trois mois (Février, Mars et Avril 2017).

Plusieurs paramètres physico-chimiques (température, pH, conductivité électrique, oxygène dissous, dureté, phosphates, sulfates...etc) ont été suivis durant la période d'étude. La qualité bactériologique (CT, CF et SF) a été également contrôlée, en plus la recherche de quelques germes pathogènes, ce qui peut conduire à un risque sanitaire.

Nos résultats nous montrent d'une manière générale que l'ensemble des paramètres physico-chimiques, affichent des valeurs oscillantes. Ces valeurs restent quand même faibles pour pouvoir causer une pollution organique ou métallique.

Par contre l'ensemble des paramètres bactériologiques déterminés a révélé que l'eau de barrage de Hammam Debagh est exposée à une légère contamination d'origine fécale causée principalement par les animaux vivants et qui sont pâturés à proximité du barrage.

Le suivi de la qualité bactériologique par la recherche des germes pathogènes atteste l'absence totale de ces germes dans l'eau brute du barrage de Hammam Debagh.

On conclut que l'eau étudiée est de bonne qualité et apte pour l'irrigation mais malheureusement pas destinée à la consommation humaine sans traitement.

Les mots clés : Barrage de Hammam Debagh, Guelma, Eau, Analyses physico-chimiques, Analyses bactériologiques, Germes pathogènes.

يقع سد حمام دباغ على بعد 20 كلم غرب ولاية قالمة, شيد على وادي بوحمدان على بعد 3 كلم من أعالي مرتفعات حمام دباغ.

هدفنا من هذه الدراسة هو تحديد نوعية المياه الخام لسد حمام دباغ من خلال التحاليل الفيزيوكيميائية والبكتريولوجية لعينتين, لمدة ثلاثة أشهر (فيفري, مارس وأفريل 2017).

خلال فترة الدراسة تابعنا العديد من الخصائص الفيزيوكيميائية (الحرارة, الحموضة, الموصلية, الأوكسجين المذاب, الصلابة, الفوسفات, السلفات... الخ). وكذلك النوعية البكتريولوجية (البكتيريا القادرة على البقاء, القولونيات, القولونيات البرازية, العقديات البرازية), بالإضافة إلى البحث عن بعض مسببات الأمراض التي يمكن أن تؤدي إلى مخاطر صحية.

نتائجنا تظهر عموما أن جميع الخصائص الفيزيوكيميائية, تعرض قيم متأرجحة. هذه القيم تبقى ضعيفة لتتسبب في تلوث عضوي أو معدني.

على عكس الخصائص البكتريولوجية التي كشفت أن مياه سد حمام دباغ تعرضت الى تلوث برازي خفيف, نجم أساسا عن الحيوانات الحية التي ترعى بالقرب من السد.

المتابعة النوعية البكتريولوجية عززت عن طريق البحث عن بعض مسببات الأمراض, التي شهدت الغياب التام لهذه الكائنات الحية الدقيقة في المياه الخام لسد حمام دباغ.

ومنه نستنتج أن الماء المعابن هو من نوعية جيدة ومناسبة للري ولكن للأسف ليس للاستهلاك البشري من دون معالجة.

الكلمات المفتاحية: سد حمام دباغ, قالمة, ماء خام, التحاليل الفيزيوكيميائية, التحاليل البكتريولوجية, مسببات الأمراض.

Annexes

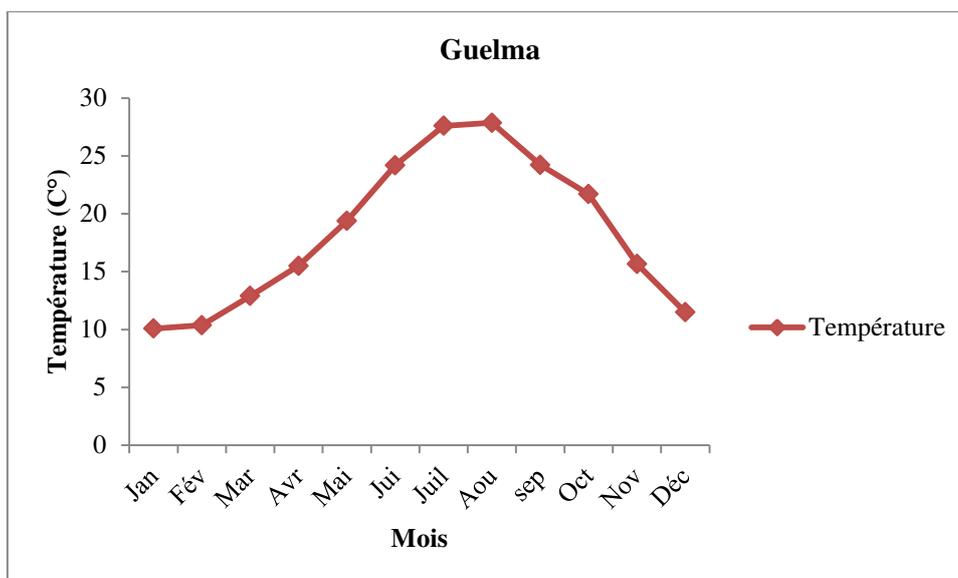
Annexe I: Donnée climatique de la région d'étude

Figure 1 : Variation de la température moyenne mensuelle à la station de Guelma (2002-2015).

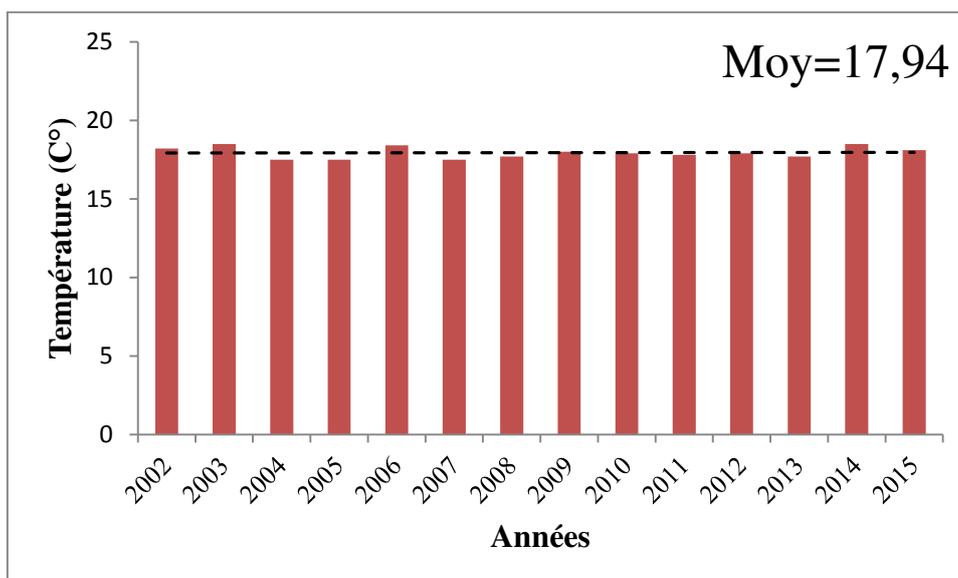


Figure 2 : Températures moyennes interannuelles à la station de Guelma (2002-2015).

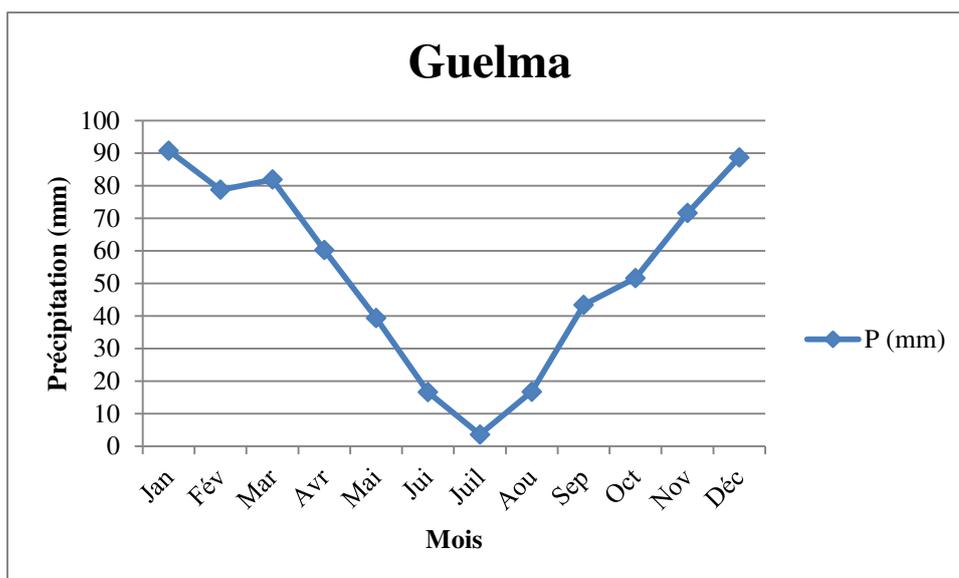


Figure 3 : Variation de la précipitation moyenne mensuelle à la station de Guelma (2002-2015).

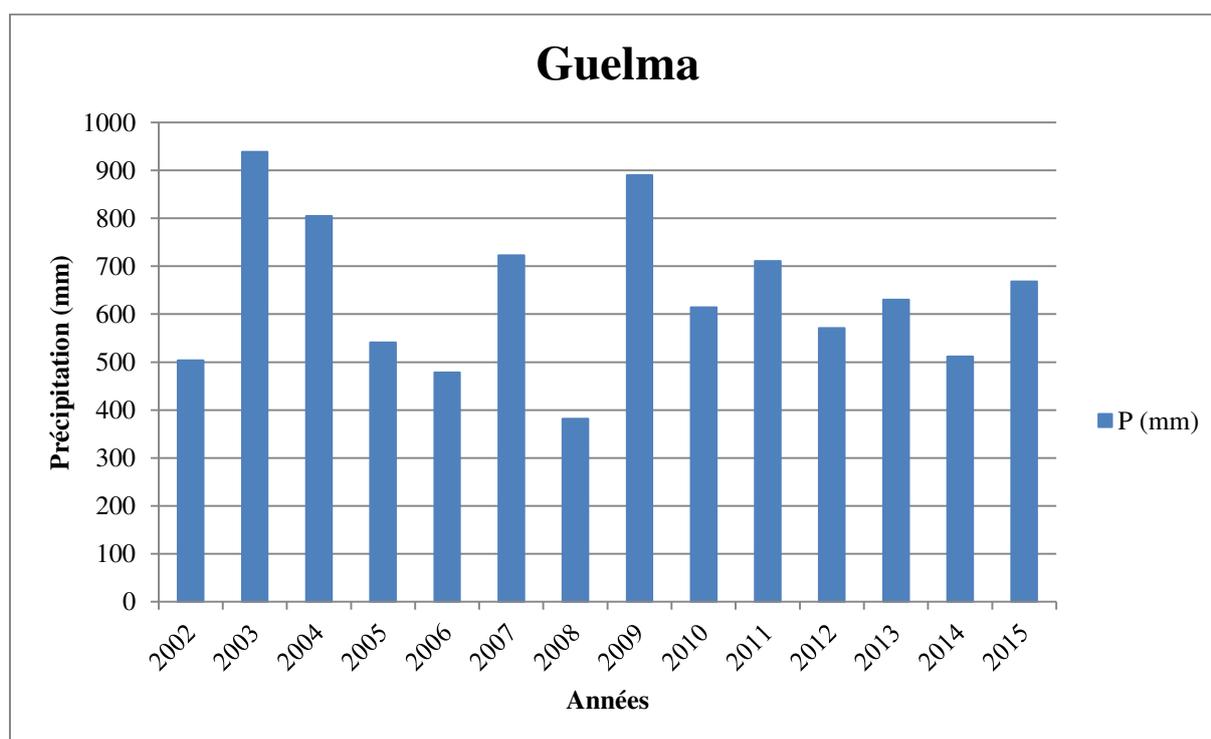


Figure 4 : Variations des précipitations annuelles à la station de Guelma (2002 - 2015).

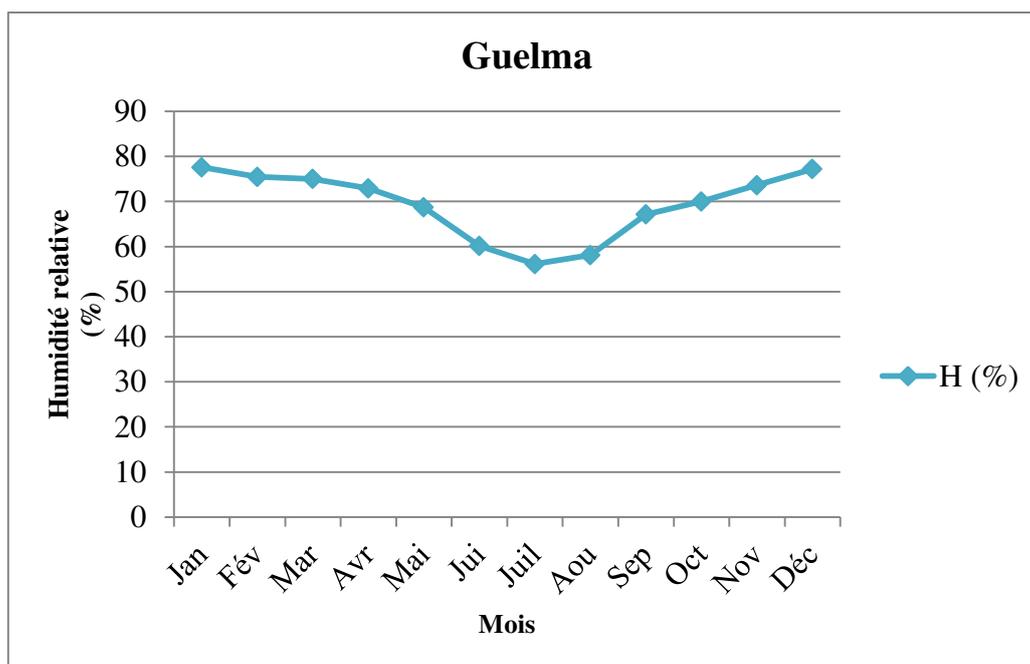


Figure 5 : Variation de l'humidité moyenne mensuelle à la station de Guelma (2002-2015).

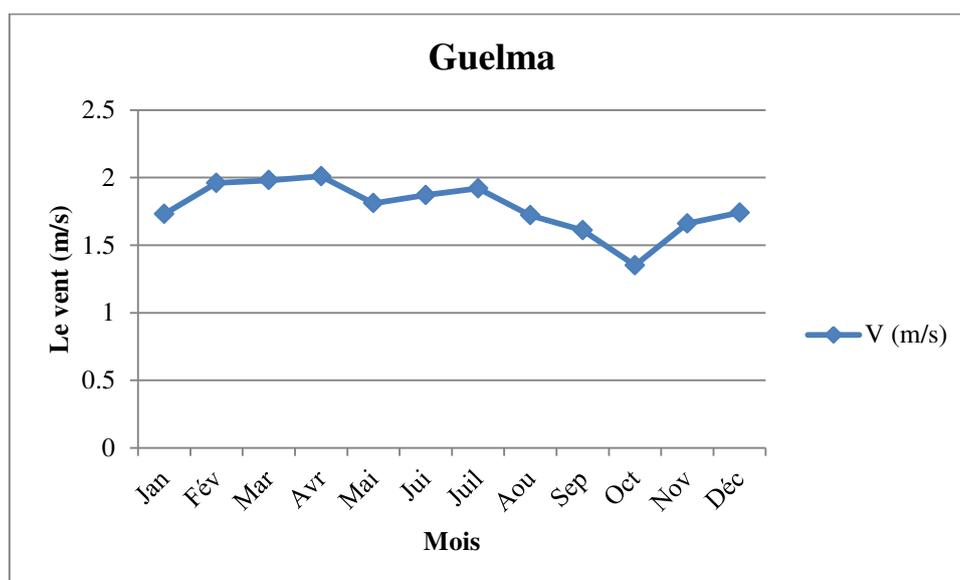


Figure 6 : Variation des vents moyenne mensuelle à la station de Guelma (2002-2015).

Annexe II : Résultats des analyses**Tableau 1 :** Tableau de résultats des analyses physico-chimiques.

Paramètres	Février		Mars		Avril		Moy- enne	¹ NA
	S1	S2	S1	S2	S1	S2		
Turbidité (NTU)	5,82	4,59	19,4	17,6	27,3	27,2	17,0	5
Température (C°)	13,7	16,6	18,5	14,9	23,5	22,8	18,3	25
Conductivité (µS/cm)	840	836	821	855	800	792	824	2800
Salinité (g/l)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	/
Oxygène dissous (mg/l)	8,18	8,30	9,76	11,70	7,42	7,73	8,85	/
PH	8,57	7,96	8,53	8,55	8,28	8,49	8,40	6,5 à 9,5
Titre hydrométrique (F°)	28,0	28,0	29,2	29,2	30,0	30,0	29,1	50
Calcium (Ca²⁺) en mg/l	68,08	68,08	72,09	72,09	72,15	72,15	70,77	200
Magnésium (Mg²⁺) en mg/l	26,73	26,73	27,22	27,22	28,00	28,00	27,32	150
Sulfates (SO₄⁻²)	173	190	178	190	211	213	193	400
Résidus secs en mg/l	516	625	523,5	527	569	557	552,9	1500
Nitrates (NO₃⁻) en mg/l	0,359	0,549	0,488	0,512	0,740	0,678	0,554	50
Nitrites (NO₂⁻) en mg/l	0,018	0	0,038	0,020	0,100	0,100	0,046	0,2
Ammonium (NH₄⁺) en mg/l	0,115	0,100	0,035	0,022	0,055	0,047	0,062	0,5
Phosphate (PO₄³⁻) en mg/l	0,059	0,098	0,065	0,007	0,243	0,030	0,084	0,5
Fer (Fe²⁺) en mg/l	0	0,01	0,04	0,15	0,19	0,21	0,10	0,3

¹ NA : Normes algériennes du ministre des ressources en eau depuis 22 mars 2011.

Tableau 2 : Tableau de résultats des analyses bactériologiques.

Bactéries	Février		Mars		Avril		Moy - enne	² NA : 63-60
	S1	S2	S1	S2	S1	S2		
Germes totaux à 22°C (× 10³GT/1ml)	2,5	2,3	1,1	1,7	3,3	2,6	2,25	≤ 100GT/1ml
Germes totaux à 37°C (× 10³GT/1ml)	4,6	5,3	1,7	2,8	3,5	1,8	3,3	≤ 10GT/1ml
Coliformes totaux (CT/100 ml)	24	24	92	35	54	35	44	00
Coliformes fécaux (CF/100 ml)	5	< 1	7	5	2	< 1	4,75	00
Streptocoques fécaux (SF/100 ml)	1	< 1	1	< 1	< 1	< 1	1	00
ASR (ASR/20 ml)	0	0	0	0	10	0	2	00

² Norme algérienne: NA 63 60-1992

Annexe III : Table NPP (1.5.5)

1 X 50 ml	5 X 10 ml	5 X 1 ml	Nombre caractéristique	Limites de confiance	
				Inférieure	Supérieure
0	0	0	<1		
0	0	1	1	<0,5	4
0	0	2	2	<0,5	6
0	1	0	1	<0,5	4
0	1	1	2	<0,5	6
0	1	2	3	<0,5	8
0	2	0	2	<0,5	6
0	2	1	3	<0,5	8
0	2	2	4	<0,5	11
0	3	0	3	<0,5	8
0	3	1	5	<0,5	13
0	4	0	5	<0,5	13
1	0	0	1	<0,5	4
1	0	1	3	<0,5	8
1	0	2	4	<0,5	11
1	0	3	6	<0,5	15
1	1	0	3	<0,5	8
1	1	1	5	<0,5	13
1	1	2	7	1	17
1	1	3	9	2	21
1	2	0	5	<0,5	13
1	2	1	7	1	17
1	2	2	10	3	23
1	2	3	12	3	28
1	3	0	8	2	19
1	3	1	11	3	26
1	3	2	14	4	34
1	3	3	18	5	53
1	3	4	21	6	66
1	4	0	13	4	31
1	4	1	17	5	47
1	4	2	22	7	59
1	4	3	28	9	85
1	4	4	35	12	100
1	4	5	43	15	120
1	5	0	24	8	75
1	5	1	35	12	100
1	5	2	54	18	140
1	5	3	92	27	220
1	5	4	160	39	450
1	5	5	>240		

Résumé

Le barrage de Hammam Debagh, situé à 20 km à l'Ouest de la ville Guelma, est implanté sur l'Oued Bouhamdane à 3 Km à l'amont de la localité de Hammam Debagh.

Notre travail de recherche consiste tout d'abord à déterminer la qualité de l'eau brute du barrage de Hammam Debagh par réalisation des analyses physico-chimiques et bactériologiques de deux stations pendant trois mois (Février, Mars et Avril 2017).

Plusieurs paramètres physico-chimiques (température, pH, conductivité électrique, oxygène dissous, dureté, phosphates, sulfates...etc) ont été suivis durant la période d'étude. La qualité bactériologique (CT, CF et SF) a été également contrôlée, en plus la recherche de quelques germes pathogènes, ce qui peut conduire à un risque sanitaire.

Nos résultats nous montrent d'une manière générale que l'ensemble des paramètres physico-chimiques, affichent des valeurs oscillantes. Ces valeurs restent quand même faibles pour pouvoir causer une pollution organique ou métallique.

Par contre l'ensemble des paramètres bactériologiques déterminés a révélé que l'eau de barrage de Hammam Debagh est exposée à une légère contamination d'origine fécale causée principalement par les animaux vivants et qui sont pâturés à proximité du barrage.

Le suivi de la qualité bactériologique par la recherche des germes pathogènes atteste l'absence totale de ces germes dans l'eau brute du barrage de Hammam Debagh.

On conclut que l'eau étudiée est de bonne qualité et apte pour l'irrigation mais malheureusement pas destinée à la consommation humaine sans traitement.

Les mots clés : Barrage de Hammam Debagh, Guelma, Eau, Analyses physico-chimiques, Analyses bactériologiques, Germes pathogènes.

Abstract

The dam of Hammam Debagh located at 20 km to the west of the city of Guelma is implanted on the bear Bouhamdane to 30 km upstream of the locality of Hammam Debagh.

Our research work consist first to determine the quality of raw water of Hammam Debagh's dam by carrying out the physico-chemical and bacteriological analyses of two stations for three months (February, March and April 2017).

Several physico-chemical parameters (temperature, pH, conductivity, dissolved oxygen, hardness, phosphates, sulphates.....etc) were followed during the study period. The bacteriological quality (LT, VF and SF) was also controlled, in addition to the search for some pathogenic germs which can lead to a health risk.

Our results show us in a general way that the set of physico-chemical parameters display oscillating values. These values are still low in order to cause organic or metallic pollution.

On the other hand the set of bacteriological parameters determined revealed that the water from dam of Hammam Debagh is exposed to a slight contamination of fecal origin caused mainly by the live animals and which are cured near the dam.

The monitoring of the bacteriological quality by the research of the pathogenic germs attests the total absence of these germs in the raw water of the dam of Hammam Debagh.

It is concluded that the water studied is of good quality and suitable for irrigation but unfortunately not intended for human consumption without treatment.

Key words: dam of Hammam Debagh, Guelma, Water, Analyses physico-chemical, bacteriological analyse, pathogenic germs.

ملخص

يقع سد حمام دباغ على بعد 20 كلم غرب ولاية قالمة، شيد على وادي بوحمدان على بعد 3 كلم من أعالي مرتفعات حمام دباغ.

هدفنا من هذه الدراسة هو تحديد نوعية المياه الخام لسد حمام دباغ من خلال التحاليل الفيزيوكيميائية والبكتريولوجية لعينتين. لمدة ثلاثة أشهر (فبراير، مارس وأفريل 2017).

خلال فترة الدراسة تابعنا العديد من الخصائص الفيزيوكيميائية (الحرارة، الحموضة، الموصلية، الأوكسجين المذاب، الصلابة، الفوسفات، السلفات...الخ) وكذلك النوعية البكتريولوجية (البكتيريا القادرة على البقاء، القولونيات، القولونيات البرازية، العقديات البرازية)، بالإضافة إلى البحث عن بعض مسببات الأمراض التي يمكن أن تؤدي إلى مخاطر صحية.

نتائجنا تظهر عموماً أن جميع الخصائص الفيزيوكيميائية، تعرض قيم متأرجحة. هذه القيم تبقى ضعيفة لتتسبب في تلوث عضوي أو معدني.

على عكس الخصائص البكتريولوجية التي كشفت أن مياه سد حمام دباغ تعرضت إلى تلوث برازي خفيف، نجم أساساً عن الحيوانات الحية التي ترعى بالقرب من السد.

المتابعة النوعية البكتريولوجية عززت عن طريق البحث عن بعض مسببات الأمراض، التي شهدت الغياب التام لهذه الكائنات الحية الدقيقة في المياه الخام لسد حمام دباغ.

ومنه نستنتج أن الماء المعين هو من نوعية جيدة ومناسبة للري ولكن للأسف ليس للاستهلاك البشري من دون معالجة.

الكلمات المفتاحية : سد حمام دباغ، قالمة، ماء خام، التحاليل الفيزيوكيميائية، التحاليل البكتريولوجية، مسببات الأمراض.