

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHES CIENTIFIQUE

UNIVERSITE 8 MAI 1945 GUELMA
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET SCIENCES DE LA TERRE
ET DE L'UNIVERS
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



Mémoire de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie
Filière : Sciences Biologiques
Spécialité/Option : Microbiologie appliqué

**Thème : Évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des
eaux utilisées en irrigation dans le secteur charef-Guelma(Nord-est)
Algérie**

Présenté par :

- Kaour Wafa
- Khabatti Djihane
- Loucif Ines

Devant le jury composé de :

Président	: Mr. MAOUI Amar	Professeur	Université de Guelma
Examineur	: M ^{me} BOUSSADIA Meriam Imane	M.C.B	Université de Guelma
Encadreur	: Mr. GUETTAF Mohamed	M.C.A	Université de Guelma

Juin 2021/ 2022

Remerciement

*En tout premier lieu, nous remercions le bon **Dieu**, le tout puissant et miséricordieux, de nous avoir donné la force pour continuer, ainsi que le courage pour dépasser toutes les difficultés.*

On voudra remercier tous les membres du jury qui vont juger ce modeste travail et nous ont faits profiter de leurs connaissances et remarques constructives

***Mr Maoui A** qui nous a fait l'honneur de présider le jury. Veuillez accepter l'expression de notre sincère reconnaissance, **M^{me}Boussadia M I** qui a spontanément eu la volonté et l'honneur d'examiner ce travail. Nous tenons à exprimer nos profondes gratitudes pour le temps précieux que vous consacrer pour juger ce travail. Leurs critiques et commentaires seront bénéfiques pour enrichir nos connaissances dans ce domaine.*

*Notre plus grande gratitude va à notre encadreur le **Professeur Guettaf Mohamed** pour sa grande disponibilité et pour la confiance qu'il nous a accordé tout au long de la réalisation de ce mémoire. Pour sa patience, sa gentillesse, et son esprit responsable, critique et rigoureux. Nous le remercions pour ses connaissances dont il nous a fait bénéficier.*

*Nos remerciements les plus sincères s'adressent à **Mr Guerroui Yassin** pour son aide pratique et son soutien moral ainsi que pour ses judicieux conseils.*

*Nous tenons à remercier **M^{me} Hayat** technicienne de laboratoire, pour nous aider à compléter nos recherches en fournissant tous les matériels nécessaires.*

*Nos profondes sincères remerciements pour tous les enseignants de département
« Biologie »*

A toutes les personnes citées et les autres que nous aurions pu oublier

Merci

Dédicace

*AunomdeDieuleClémentetleMiséricordieuxLouangeàALLAHleTout-
puissant*

Je dédie ce modeste travail :

*A mes parents. Aucun hommagenepourraitêtreàlahauteurdel'amour. Que
dieuleursprocurebonnesantéetlonguevie.*

*A celui que j'aime beaucoup et qui m'a soutenu et outaulong de ce projet: A
mes frères Saad , Ahmed et Odey*

sans oublier ma sœur Nour Elhouda et Imen que j'aime

*Une spéciale dédicace à mon fiancé qui compte
De jà énormément pour moi, et pour qui je porte bcp
De tendresse et de respect.
A toi Mohcen*

A tous ceux qui mesont chers et proches,

A mon binôme Ines et Wafa

*A tous ceux qui ont semé en moi à tout point de vue, et contribué de près ou
de loin pour que ce projet soit possible, je vous dis merci*

KHABATTI Djihane

Dédicace

AunomdeDieuleClémentetleMiséricordieuxLouangeàALLAHleTout- puissant

Je dédie ce modeste travail :

A mes parents. Aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour.

Que dieu leurs procure bonne santé et longue vie.

A celui que j'aime beaucoup et qui m'a soutenue tout au long de ce projet:

A mes sœurs karima, Mouna, Nedjwa, Naima, Nawel que j'aime

sans oublié ma frère billal et djamel

*Une spéciale dédicace a mon fiancé qui compte
De jà énormément pour moi, et pour qui je porte bcp
De tendresse et de respect.*

A toi Islem

A tous ceux qui mes ont chers et proches,

A mon binômes Djihen et Ines

*A tous ceux qui ont semé en moi à tout point de vue, et contribué de
près ou de loin pour que ce projets oit possible, je vous dis merci.*

KAOUR wafa

Dédicace

Allah, tu puissant qui m'as donné la force, la santé et le courage pour réaliser ce précieux travail.

Je dédie ce travail

A mon support de ma vie les deux personnes qui ont toujours été présentes pour me chérir, me protéger et me soutenir tant moralement que matériellement mes parents.

A mon très cher père sebtice brave homme et ma douce et tendre mère "le symbole de patriotisme du courage, de la responsabilité et de l'amour"

Merci beaucoup pour les nobles valeurs, l'éducation et le soutien permanent. Que Dieu Tout-Puissant vous protège et la santé, le bonheur et la vie.

A ma tante Assia

A mes chéries sœurs Asma et Chaima

A mes frères Azeddin, Admet et Farid que j'aime

Une spéciale dédicace à la personne la plus parfaite dans le monde mon très cher mari Zineeddine ,, mon précieux cadeau de la vie , ta confiance et ton encouragement m'ont toujours donné de la force pour persévérer et continuer toujours vers l'avant, je prie Allah le tout puissant de préserver notre attachement mutuel et d'exaucer tous nos rêves

A mes deux adorables Djihan et Wafa

A toutes mes chères compines en souvenir des moments heureux passés ensemble, avec mes vœux sincères de réussite, de bonheur, de santé et de prospérité.

Merci à tous ceux qui m'ont apporté aide de près

LOUCIF Ines

Sommaire

Sommaire	6
Liste des abréviations.....	11
Liste de figures.....	13
Liste de tableaux	16
Résumé	17
التلخيص.....	17
Abstract.....	18
Introduction générale	19
Chapitre I : Synthèse bibliographique	22
I. Les ressources en eau pour l'irrigation:.....	4
I.1. les réseaux d'aqueducs municipaux	4
I.2. Les eaux de surface	4
I.1.1. Origine et définition	4
I.1.2. Types d'eau de surface	4
a. Eaux courantes:	4
b. Eaux stagnantes:	4
➤ Les lacs:	5
➤ Les plans d'eau artificiels:	5
➤ Les marais:	5
I.3. Les eaux souterraines	5
I.3.1. Origine et définition	5
I.3.1.1. Les nappes d'eau.....	6
a. Les nappes d'eau libres.....	6
b. Les nappes d'eau captives	6
I.4. Les eaux usées épurées	6
I.4.1. Origine et composition des eaux usées	6
I.3.1.1. les eaux usées domestiques	6
I.3.1.2. Les eaux usées industrielles.....	7
I.3.1.3. Les eaux usées agricoles drainées	7
II. Pollution des eaux d'irrigation	7
II.1. Définition de la pollution de l'eau.....	7
II.2. Types de la pollution.....	8
II.2.1. Pollution ponctuelle.....	8
II.2.2. Pollution diffuse.....	8
II.3. Origine de la pollution	8
II.3.1. Pollution domestique.....	8
II.3.2. Pollution industrielle.....	9

II.3.3.	pollution naturelle	9
II.3.4.	Pollution agricole	9
II.3.5.	Pollution biologiques[1]	9
III.	Méthode d'évaluation de la qualité d'une eau d'irrigation:.....	10
III.1.	Risque de pH	10
III.2.	Risque de salinité	10
III.3.	Risque d'alcalinité (excès en sodium).....	10
III.4.	Risque D'éléments toxiques.....	11
III.5.	Les nutriments	12
III.6.	Les métaux lourds.....	12
III.7.	Risque microbiologique et sanitaire	12
IV.	Techniques d'irrigation	13
IV.1.	L'irrigation de surface [2]	13
IV.	2. L'irrigation par aspersion[3].....	13
IV.	3. L'irrigation localisée	14
V.	Les normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation[3]	14
	Chapitre II : Matériel et méthodes	17
I.	Présentation de la zone d'étude	18
II.	Echantillonnage.....	20
II.1.	Stratégie d'échantillonnage	20
II.2.	Choix des points de prélèvement	21
II.3.	Méthode de Prélèvement et de mesure.....	24
II.3.1.	Mesure in-situ	24
II.3.2.	Mesure au laboratoire	25
II.3.2.1.	Mesure physico-chimique.....	25
A.	La turbidité.....	25
B.	Demande biochimique en oxygène(DBO5).....	25
C.	Demande chimique en oxygène(DCO).....	27
D.	Les Orthophosphates(PO_4^{3-}).....	28
E.	Ammonium(NH_4^+)	29
F.	Sulfates(SO_4^{2-})	29
G.	Les nitrites(NO_2^-).....	30
H.	Les silicates(SiO_4).....	30
II.3.2.2.	Mesure microbiologique.....	31
II.3.2.2.1.	Dénombrement des germes revivifiablés à 37°C.....	31
II.3.2.2.2.	Recherche et dénombrement des germes indicateurs de contamination fécale	34

A.	Recherche et dénombrement des <i>Coliformes totaux et Coliformes fécaux</i>	34
B.	Recherche et dénombrement des <i>streptocoques fécaux</i>	37
C.	Recherche et dénombrement des spores de bactéries <i>anaérobies sulfito- réducteurs(ASR)</i>	40
II.3.2.2.3.	Recherche des germes pathogènes	42
•	Recherche des <i>Staphylocoques</i>	42
•	Recherche des <i>Entérobactéries</i>	44
•	Recherche de <i>Escherichia coli</i>	44
•	Recherche des <i>Salmonelles</i>	46
•	Recherche des <i>Vibrio</i>	48
II.	Identification des bactéries isolées.....	50
A.	Examen macroscopique des caractères culturaux	50
B.	Examen microscopique :.....	51
C.	Examens liés aux caractères biochimiques et enzymatiques	52
1.	Caractères enzymatiques.....	52
2.	La galerie API.....	53
	Chapitre III : Résultats et discussion	57
I.	Les résultats des analyses physico-chimiques	58
I.1.	Le pH	58
I.2.	La conductivité électrique.....	59
I.3.	L'oxygène dissous	60
I.4.	Salinité	61
I.5.	TDS	62
I.6.	Potentiel d'oxydo-réduction	63
I.7.	Turbidité.....	63
I.8.	La DBO5.....	64
I.9.	La DCO.....	65
I.10.	L'Ammonium.....	66
I.11.	Les Orthophosphates.....	67
I.12.	Nitrites	67
I.13.	sulfates.....	68
I.14.	Les silicates SI.....	68
II.	Les résultats des analyses bactériologiques:	69
II.1.	Recherche et dénombrement des germes revivifiables à 37 °C.....	69
II.2.	Recherche et dénombrement des germes indicateurs de contamination fécale	70
A.	Recherche et dénombrement coliformes <i>totaux et fécaux</i>	70
B.	Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux	72
C.	Recherche et dénombrement des spores <i>Anaérobies sulfito- réducteurs</i>	72

II.3. Recherche des germes pathogènes	73
A. Recherche des Staphylocoques	73
B. Recherche des Entérobactéries	74
III. Identification des bactéries isolées.....	74
✓ Identifications biochimiques des espèces isolées.....	77
Conclusion générale	79
Références bibliographique	82
Annexes.....	87

Liste des abréviations

% : Pourcentage

± : Plus ou Moins

Anova : Analyse de variance

API : Analytical Profile Index.

ASR : Anaérobies Sulfito-Réducteurs

BCPL : Bouillon Lactosé au Poudre de Bromocrésol

CE : Conductivité Electrique.

CF : Coliforme Fécaux

CH : Gélose Chapman

CT : Coliforme Totaux

D/ C : Double Concentration

S/ C : Simple Concentration

DBO : Demande Biochimique en Oxygène.

DBO5 : Demande Biologique en Oxygène durant 5 jours

E- Coli : Escherichia Coli

GNAB: Gélose Nutritive Alcaline de Billé.

Na OH : Hydroxyde de sodium.

E : Entérobactéries.

NE : Non Entérobactéries.

NH₄⁺: Ammonium

NO²⁻ : Nitrite

NO³⁻ : Nitrates

NPP : Nombre plus probable.

PH: Potentiel Hydrogène

PO⁴: Phosphates

S 1 : Station 1.

S 2 : Station 2.

S 3 : Station 3.

SF/ml : Streptocoque fécaux par millilitre.

SF: Streptocoque Fécaux

Ss : Gélose salmonella-Shigella

T (°C): Température en Degré Celsius

TDS : Totale de matière dissoute

TGEA : Tryptone – Glucose – Extrait de levure – Agar.

TSI : Triple Sugar Iron.

UFC : Unité formant colonie.

VF : Viande Foie.

μS/ Cm : Micro-Siemens par Centimètre

g/ l : Gramme par Litre

mg/ l: Milligramme Par Litre

GT/ml : Germes Totaux par millilitre.

CF/ml : Coliforme Fécaux par millilitre.

CT/ml : Coliformes totaux par millilitre.

N : Nord

E : Est

ONID : office national de l'irrigation et du drainage

Liste de figures

Figure1: Carte de localisation des différents secteurs du périmètre d'irrigation.....	19
Figure 2 :photo satellite des trois stationsdesprélèvements.....	20
Figure 3 :site de prélèvement secteurfedjoudj(SalhSalh)(photo personnelle)	22
Figure 4 :site de prélèvement secteur Guelma (Héliopolis)(photo personnelle)	22
Figure 5 :site de prélèvement secteur Boumahra (BoumahraAhmed)(photo personnelle)	23
Figure 6 :multu-paramètre de type HANNAHI9829	25
Figure 7 :turbidimètre detype AL450T-IR.....	25
Figure 8 :flacons sombres duDBOmètre.....	27
Figure 9 :Réacteur à gauche et photomètre de mesureàdroite	28
Figure 10 :protocole de recherche et de dénombrement des germes totaux à 37°C dansles eaux	33
Figure 11 :Recherche et dénombrement des coliformes totaux et des coliformes fécaux enmilieu liquide.....	36
Figure 12 :Recherche et dénombrement des streptocoque fécaux en milieu liquide.....	39
Figure 13 :Protocole de recherche et dénombrement des spores des bactéries anaéobiessulfito-réducteurs dans les eaux (Abdellioui etal.,2012).....	41
Figure 14 :Recherche desstaphylocoquepathogènes.....	43
Figure 15 :Recherche deEscherichiacoli.....	45
Figure 16 :Recherchedesalmonella	47
Figure 17 :Recherchedevibrio	49
Figure 18 :procédure de la coloration de gram(Abdlietal,2013)	52
Figure 19 :Résultat du catalase(a : positif. B:négatif).....	52
Figure 20 :Résultat du test oxydase (a : positif. B:négatif)	53

Figure 21:GalerieAPI20E.....	53
Figure 22 :Galerie API20 NE.....	54
Figure 23 :GalerieAPI Staph.....	55
Figure24 : Variations spatiotemporelles du pH de l'eau de surface de la Seybouse:secteurFedjouj-Boumahra.....	58
Figure25 : Variations spatiotemporelles de la conductivité électrique de l'eau de surface de la Seybouse:secteurFedjouj-Boumahra.....	59
Figure26 : :Variations spatiotemporelles de l'oxygène dissous de l'eau de surface de la Seybouse:secteurFedjouj-Boumahra	60
Figure 27 : Variations spatiotemporellesde la salinité de l'eau de surface de la Seybouse:secteurFedjouj-Boumahra.....	61
Figure 28: Variations spatiotemporellesde la TDS de l'eau de surface de la Seybouse:secteurFedjouj-Boumahra.....	62
Figure29 :Variations spatiotemporelles de la concentration des ORP dans l'eau de surface de la Seybouse: secteur Fedjouj-Boumahra	63
Figure30 : Variations spatiotemporelles de la turbidité de l'eau de surface de la Seybouse:secteurFedjouj-Boumahra.....	63
Figure31 : Variations spatiotemporelles de la DBO5 dans l'eau l'eau de surface de la Seybouse:secteurFedjouj-Boumahra... ..	64
Figure32 : Variations spatiotemporelles de la DCO dans l'eau de surface de la Seybouse:secteurFedjouj-Boumahra.....	65
Figure 33: Variations spatiotemporelles de la concentration de l'ammonium dans l'eau de surface de la Seybouse:secteurFedjouj-Boumahra.....	66
Figure :34 Variations spatiotemporelles de la concentration des orthophosphates dans l'eau de surface de la Seybouse: secteur Fedjouj-Boumahra	67
Figure35 : Variations spatiotemporelles de la concentration des nitrites dans l'eau de surface de la Seybouse:secteurFedjouj-Boumahra	67
Figure 36: Variations spatiotemporelles de la concentration des sulfates dans l'eau de surface de la Seybouse:secteurFedjouj-Boumahra	68

Figure37 : Variations spatiotemporelles de la concentration des SI dans l'eau de surface de la Seybouse:secteurFedjouj-Boumahra.....	69
Figure 38:Résultats de la recherche desgermestotaux	70.
Figure39: Résultats de la recherche des <i>Coliformetotal</i>	71
Figure40: Résultats de la recherche des <i>Coliformefécaux</i>	71
Figure41 : Résultats de la recherche des <i>Streptocoquesfécaux</i>	72
Figure 42:Résultats de la recherche des <i>Anaérobies sulfito-réducteurs</i> (ASR	73
Figure43 : Résultats de la recherchedesStaphylocoques	73
Figure 44: Profil biochimique de l'espèce <i>Staphylococcuscapitis</i>	77
Figure 45: Profil biochimiquedel'espèce <i>Pasteurellaspp</i>	78
Figure 46 : Profil biochimique de l'espèce <i>SalmonellaSpp</i>	78
Figure 47: Profil biochimiquedel'espèce <i>Seratialiquefaciens</i>	78

Liste de tableaux

Tableau 1 :Barème de qualité pour l'eau d'irrigation source (SEEE .2007)..	15
Tableau2:Superficiesdessecteursirriguésleurssituations.....	18
Tableau3:Superficiesetannéesdemiseenexploitationdessecteurs	19
Tableau 4:Caractéristique et périodes du sitesdeprélèvement	23
Tableau 5: Résultats desobservationsmacroscopique	75
Tableau6:Observationsmicroscopiquesetlestestscomplémentaire	75

Résumé

Notre travail a pour but d'évaluer la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de la surface Seybouse:secteur fdjoudj-Boumahra dans la wilaya de Guelma.Au cours de notre étude de l'eau de ce secteur, nous avons prélevé quatre prélèvements en deux mois du 20/2/2022 au 13/3/2022, et nous avons pu évaluer la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de ce secteur.Les résultats de l'analyse chimique ont montré une grande concentration de orthophosphate dans les eaux de surface Seybouse , et à partir de là, il ne devrait pas être recommandé pour l'irrigation, les autres valeurs ne dépasse pas les normes internationales .Quant au cas physique, il a montré que la valeur de la conductivité électrique est inférieure à la norme algérienne pour l'irrigation, et les autres valeurs, entre les normes algériennes.Les résultats des analyses bactériologiques ont également montré la présence de coliformes totaux (CT), coliformes fécaux (CF) et de streptocoques fécaux (SF) dans la surface Seybouse , secteur fdjoudj-Boumahra.Pour une bonne gestion des eaux de la Seybouse secteur fdjoudj -Boumahra, et pour réduire le problème de pollution, une station d'épuration est nécessaire.

Les mots clés

Paramètres physico-chimique , paramètre, bactériologique , l'eau , secteur

التلخيص

خلال دراستنا لمياه هذا القطاع الممتد ما بين الفجوج و بومهرة قمنا باخذ أربع عينات في مدة شهرين من 2022/2/20 الى 2022/3/13 تمكنا من تقييم الجودة الفيزيائية و الكيميائية والجرثومية لمياه هذا القطاع. أظهرت نتائج التحليل الكيميائي تركيز كبير في مركبات الفوسفات في المياه السطحية لنهر سيبوس ومنه لا ينبغي التوصية به للري اما عن تركيز المواد الأخرى لا تتجاوز المعايير المطلوبة دوليا اما بخصوص الحالة الفيزيائية أظهرت ان قيم التوصيل الكهربائي أقل من المعيار الجزائري للري اما عن القيم الأخرى فهي قريبة من المعايير الدولية الجزائرية كما أظهرت نتائج التحاليل البكتيريولوجية وجود نسبة عالية من القلونييات(CT)والقلونييات البرازية(CF)والعقديات البرازية (SF)في نهر سيبوس قطاع فجوج-بومهرة. ومن أجل إدارة جيدة لمياه نهر سيبوس:قطاع فجوج-بومهرة والحد من مشكلة التلوث لا بد من محطة معالجة مياه الصرف الصحي.

Abstract

Our work aims to assess the physico-chemical and bacteriological quality of the seybouse surface waters:fdjoudj-boumahra sector in the wilaya of Guelma. During our study of the water in this sector, we took four samples in two months from 20/2/2022 to 13/3/2022, and we were able to assess the physico-chemical and bacteriological quality of the water. of this sector. The results of the chemical analysis showed a large concentration of orthophosphate in seybouse surface waters, and from there, it should not be recommended for irrigation, the other values do not exceed international standards. As for the physical case, it showed that the value of electrical conductivity is lower than the Algerian standard for irrigation, and the other values, between the Algerian standards. The results of the bacteriological analyzes also showed the presence of total coliforms (CT), faecal coliforms (CF) and fecal streptococci (SF) in the seybouse surface, fdjoudj-Boumahra sector. For good water management in the seybouse fdjoudj - Boumahra sector, and to reduce the pollution problem, a treatment plant is necessary.

Key words :

Physico-chemical parameters, bacteriological, water, sector.

Introduction générale

Introduction générale

L'eau d'irrigation est un élément indispensable pour la vie et pour le développement socioéconomique et agricole d'un pays, il est donc nécessaire d'avoir une meilleure connaissance sur les ressources en eau existantes (Boumaza L, 2017).

En Algérie, les ressources en eau proviennent des eaux de surface et des eaux souterraines renouvelables et non renouvelables. L'exploitation de ces ressources est très intense avec les besoins grandissants liés à l'essor démographique et le développement accéléré des activités économiques, notamment l'agriculture et l'industrie (Mouchara N, 2009).

Le périmètre irrigué de Guelma compte parmi les plus importants du pays, et depuis sa mise en service en 1996 la problématique liée à la qualité des eaux d'irrigation à partir de l'oued Seybouse et l'utilisation abusive des fertilisants et pesticides est posée. Certes, cette intensification a un effet positif sur les rendements agricoles, mais elle présente cependant des incidences négatives en matière de dégradation de la qualité aussi bien des sols que d'autres milieux récepteurs, notamment les eaux souterraines et de surfaces du bassin. Tous les points d'eau (forages, puits et sources) sont implantés au sein même du périmètre irrigué et constituent la seule source en eau potable et fiable pour les habitants de la ville de Guelma, les fertilisants peuvent ensuite être soumis à des phénomènes de transport et atteindre les eaux de surfaces et souterraines (Kachi N, 2016).

Les objectifs de la présente étude consiste à :

Déterminer la qualité physicochimique actuelle des eaux de surface à fine d'irrigation dans le périmètre d'irrigation Guelma –Bouhegoufe à travers une série des paramètres physicochimiques à savoir : le pH, l'oxygène dissous (OD), conductivité électrique (CE), TDS (qualité totale de métaux dissoute),

Introduction générale

ORP (potentielle de oxydoréduction), la salinité, la turbidité, la demande biochimique en oxygène (DBO_5), la demande chimique en oxygène (DCO), nitrite (NO_2^-), le sulfate (SO_4^{2-}), les ortho phosphates (PO_4^{3-}) et l'ammonium (NH_4^+), SI.

Et procéder à la recherche des germes pathogènes à savoir: les germes totaux, les coliformes totaux (CT), les coliformes fécaux (CF) et les streptocoques fécaux (SF), les anaérobies sulfito-réducteurs (ASR).

Notre investigation est consignée dans un document articulé en trois chapitres: le premier chapitre est consacré à une synthèse bibliographique sur les eaux d'irrigation. Le deuxième chapitre est consacré à la présentation de la zone d'étude, matériel utilisé et les méthodes d'analyses. Dans le troisième chapitre, sont présentés les résultats obtenus après analyses, ainsi qu'une analyse statistique, afin de mieux interpréter les résultats obtenus et identifier les différentes corrélations entre les différentes variables étudiées. Ce travail est achevé par une conclusion et des recommandations.

Chapitre I :

Synthèse bibliographique

I. Les ressources en eau pour l'irrigation:

L'eau utilisée pour l'agriculture provient de sources naturelles ou de sources alternatives.

I.1. les réseaux d'aqueducs municipaux

Le réseau de distribution d'eau dans les villes se compose de trois types de canalisations, les lignes de transmission : transportant l'eau des réservoirs de collecte, les canalisations de distribution qui transportent l'eau à travers des canalisations de transport et la distribuent dans toute la ville, et les canalisations de service transportant l'eau de celles-ci vers les sites de consommation.

I.2. Les eaux de surface

I.1.1. Origine et définition

L'eau de surface provient principalement de l'eau de pluie et consiste en un mélange d'eau de ruissellement et d'eau souterraine. L'eau de pluie qui ne s'infiltré pas dans le sol reste à la surface, de sorte que lorsque des obstacles bloquent l'écoulement de l'eau, elle peut s'écouler et former des canaux ou rester stockée. Former des lacs, des étangs et des mares (Chibani, 2009).

I.1.2. Types d'eau de surface

a. Eaux courantes:

L'eau courante est une eau qui s'écoule en continu de l'amont vers l'aval. La rivière descend la pente jusqu'à ce qu'elle se termine dans la mer et l'océan (Benabda et al., 2010).

La proportion de ruissellement dépend de nombreux facteurs, dont les plus importants sont la durée et l'intensité des précipitations, le climat et la végétation, ainsi que la topographie et les conditions géologiques de la région.

Le temps de changement est plus long, d'environ 20 % dans les zones sableuses sèches avec peu de précipitations à plus de 50 % dans les zones pierreuses avec plus de précipitations (Tarchi, 2014).

b. Eaux stagnantes:

L'eau stagnante se produit lorsque des obstructions naturelles ou artificielles entravent l'écoulement. Il existe plusieurs types d'eaux stagnantes se distinguent (Tarchi, 2014) :

➤ **Les lacs:**

Il s'agit d'une zone géographique qui comprend des quantités d'eau de surface sans contact direct avec les océans et dans laquelle il n'y a pas de mouvement continu de l'eau. Il y a des lacs d'eau douce et d'autres d'eau salée. Il peut s'agir de lacs naturels ou artificiels.

Les plans d'eau artificiels sont plus profonds que le lac naturel et s'élèvent jusqu'à plusieurs dizaines de mètres, ce ne sont souvent que des plans d'eau artificiels dédiés à la pisciculture.

Les retenues d'eau consistent à collecter de l'eau en montagne ou dans les vallées. Ces retenues ont plusieurs vocations. Elles peuvent servir à la production d'électricité (barrage hydroélectrique) Fournir et stocker l'eau de pluie et de rivière pour la consommation, l'agriculture, l'irrigation, l'extinction des incendies et d'autres utilisations utiles des ressources animales ou de l'industrie électrique.

➤ **Les plans d'eau artificiels:**

Réalisés par l'homme, leur profondeur est beaucoup plus faible que pour un lac et peut s'élever à maximum à plusieurs dizaines de mètres. Ces plans d'eau artificiels comprennent deux milieux:

- Les étangs sont des zones plus petites que les lacs et sont souvent créés à des fins de pisciculture.
- Les réservoirs consistent à recueillir l'eau dans les montagnes et les vallées. Ces limites ont plusieurs objectifs. Ils peuvent être utilisés pour produire de l'électricité (barrages), augmenter le débit des rivières en cas d'étiage (faible apport d'eau), irriguer, fournir de l'eau potable ou retenir les crues ou les eaux pluviales pour les loisirs.

➤ **Les marais:**

Correspondent à un affleurement d'une nappe d'eau peu profonde sur un terrain fortement végétalisé. Une forte quantité de sédiments, c'est-à-dire de dépôts laissés par l'eau, s'est accumulée au fond (Terchi, 2014).

I.3. Les eaux souterraines

I.3.1. Origine et définition

L'eau souterraine est l'eau qui est stockée dans le sol, provenant de l'infiltration des eaux de surface telles que les rivières et les lacs... dans les couches de la terre à travers les pores du sol (Chibani, 2009).

Les eaux résiduelles se sont accumulées dans d'anciens bassins au cours d'ères géologique révolues. Elles formeraient les eaux profondes. Les eaux résiduaires peuvent exister dans les espaces entre les particules libres de la terre et les roches, ou dans les fissures et les crevasses des roches(Benabda N et al., 2010).

La partie supérieure de la terre et les roches saturées d'eau sont appelées niveau d'eau, où le pourcentage d'eau dans ces roches varie selon leurs types.

I.3.1.1. Les nappes d'eau

Les nappes d'eaux souterraines peuvent être de deux types selon qu'elles circulent sous une couche perméable ou non(Terchi , 2014):

a. Les nappes d'eau libres

Elles sont situées sous un sol perméable sont dit es libres. Au- dessus de la nappe en effet, les pores du terrain perméable ne sont que partiellement remplis d'eau, le sol n'est pas saturé, et les eaux de pluie peuvent toujours l'imprégner davantage (Chibani, 2009).

De plus, le niveau de la nappe phréatique peut monter ou descendre à volonté. Ces aquifères peuvent donc contenir des volumes d'eau variables.

b. Les nappes d'eau captives

Son niveau ne monte pas, car il est situé entre deux couches imperméables et l'eau ne s'infiltré pas dans les terres imperméables et ces couches d'eau contiennent un maillon faible avec la surface par laquelle, par laquelle elle est alimentée, les aquifères se renouvellent plus lentement que les aquifères libres. Elles sont généralement profondes, quelques centaines de mètres ou plus, et si leur pente est très forte, l'eau est sous pression(Chibani, 2009).

Parfois la pression suffit à forer un puits pour permettre à l'eau de remonter à la surface : cette nappe phréatique est dite artésienne.

I.4. Les eaux usées épurées

I.4.1. Origine et composition des eaux usées

On distingue plusieurs grandes catégories d'eaux usées :

I.3.1.1.les eaux usées domestiques

Sont issues des habitations, elles comprennent : Les eaux ménagère ou eaux grise d'évacuation des cuisines et salle de bain. Elles sont polluées par des détergents, les lessives et les graisses, les eaux de vaisselle. Les eaux de vanne d'évacuation des toilettes. Les déchets présents dans ces eaux souillées sont constitués de matière organique dégradables et de matières minérales. Ces substances sont sous forme dissoute et en suspension (Djehaichia et al., 2020).

La composition des eaux usées d'origine domestique peut être extrêmement variable et dépend de trois facteurs:

1. La composition originelle de l'eau potable, de la qualité de traitement de cette eau, des normes sanitaires du pays concerné, de la nature de canalisation...etc.
2. Les diverses utilisations par les particuliers qui peuvent apporter un nombre quasi-infini de polluants : tous les produits d'entretien, lessives mais aussi, solvants, peinture, mercure de thermomètre, colle...etc.
3. Le rejet de la matière organique dans les égouts (urines et fèces) ; sachant que la matière organique est polluant majoritaire des eaux domestiques.

I.3.1.2. Les eaux usées industrielles

Ces rejets résultent des usines : laiteries, industries de textile, commerciales : blanchisserie, restaurant, laboratoire d'analyses médicales, etc... (Djehaichia et al., 2020).

Les rejets industriels peuvent suivre trois voies d'assainissement :

- ❖ Soit ils sont directement rejetés dans le réseau domestique.
- ❖ Soit ils sont prétraités puis rejetés dans le réseau domestique.
- ❖ Soit ils sont entièrement traités sur place et rejetés dans le milieu naturel.

I.3.1.3. Les eaux usées agricoles drainées

Issues des élevages, elles sont polluées notamment par les déjections des animaux et les eaux excédentaires des champs agricoles ; elles sont généralement riches en sels.

II. Pollution des eaux d'irrigation

II.1. Définition de la pollution de l'eau

La pollution peut-être définie de plusieurs façons. La pollution de l'eau survient lorsque des matières sont déversées dans l'eau qui en dégrade la qualité (Chibani, 2009).

La pollution dans l'eau inclut toutes les matières superflues qui ne peuvent être détruites par l'eau naturellement. Autrement dit, n'importe quelles matières ajoutées à l'eau qui est au-delà de sa capacité à le détruire est considérée comme de la pollution. La pollution peut, dans certaines circonstances, être causée par la nature elle-même, comme lorsque l'eau (Mouchara,2009).

II.2. Types de la pollution

On distingue deux types de pollutions(Messaoudi, 2006) :

II.2.1. Pollution ponctuelle

Elle est formée de rejets localisés, plus ou moins abondants relativement faciles à identifier. Chronique ou accidentelle, cette pollution est provoquée par des déversements domestiques, urbains, agricoles ou industriels peu ou non traités.

II.2.2. Pollution diffuse

Elle est due au lessivage et à l'érosion plus ou moins rapide et accusée des sols, où différentessubstancessontentraînéesverslesnappesetlesrivièrestelqueleshydrocarbures, les métaux lourds, les pesticides. Cette pollution peut s'étendre sur de grandes surfaces, elle est difficile à identifier et donc difficile à maîtriser.

II.3. Origine de la pollution

La pollution des eaux superficielles et souterraines peut avoir diverses origines. elle peut être d'origine domestique, industrielle ou agricole.

II.3.1. Pollution domestique

les eaux usées d'origine domestique sont issues de l'utilisation de l'eau parles particuliers pour satisfaire tous les usages ménagers. On distingue généralement deux types d'eaux usées domestiques qui arrivent dans le réseau d'assainissement(Belaid,2010):

- Eaux vannes, qui correspondent aux eaux de toilettes;
- Eaux grises qui correspondent à tous les autres usages : lave-linge, lave-vaisselle,Douche...etc.

II.3.2. Pollution industrielle

Tous les rejets résultant d'une utilisation de l'eau autre que domestique sont qualifiés de rejets industriels. Cette définition concerne les rejets des usines, mais aussi les rejets d'activités artisanales ou commerciales (**Grossclaude, 1999**).

Elle est caractérisée par la présence d'une grande diversité des polluants selon l'utilisation de l'eau telle que (**Calvet et al., 2005**):

- Les hydrocarbures (raffinerie);
- Les métaux (traitement de la surface);
- Les acides, les produits chimiques divers (industries chimiques);
- L'eau chaude (circuit de refroidissement des centrales thermiques);
- Les matières radioactives (centres nucléaires, traitement des déchets radioactifs).

II.3.3. pollution naturelle

Certains auteurs considèrent que divers phénomènes naturels sont aussi à l'origine de la pollution comme l'éruption volcanique etc... (**Grossclaude, 1999**).

II.3.4. Pollution agricole

Elle provient des fermes ou des cultures et elle se caractérise par les fortes teneurs en sels minéraux (No₂, P, K...) et la présence de produits chimiques du traitement tels que les pesticides, engrais.... (**Grossclaude, 1999**).

II.3.5. Pollution biologiques[1]

La contamination bactérienne est liée à la présence de microorganismes d'origine fécale, potentiellement pathogènes.

En effet, il a été mis en évidence une correspondance entre la présence de bactéries, témoin d'une contamination fécale et la présence de bactéries pathogènes. C'est tout particulièrement le cas des coliformes, principalement présents dans les intestins des animaux à sang chaud et de l'homme. En eaux brutes, la présence de coliformes indique la probable présence de bactéries pathogènes.

Historiquement, les plus grandes épidémies comme la typhoïde ou le choléra ont été transmises par l'eau.

III. Méthode d'évaluation de la qualité d'une eau d'irrigation:

La qualité de l'eau utilisée pour l'irrigation est un paramètre essentiel pour le rendement des cultures, le maintien de la productivité du sol et la protection de l'environnement. Ainsi, les propriétés physiques et chimiques du sol, telles que sa structure (stabilité des agrégats) et sa perméabilité, sont très sensibles au type d'ions potentiellement échangeables présents dans les eaux d'irrigation. Les facteurs les plus importants pour déterminer la qualité requise de l'eau dans l'agriculture sont les suivants (Couture, 2006):

- Le pH
- La salinité (CE)
- L'alcalinité (le SAR)
- La dureté (les carbonates et bicarbonates)
- Les éléments toxiques
- Les nutriments
- Les métaux lourds

III.1. Risque de pH

Le pH est la mesure de la concentration en ions hydrogène de la solution (H^+). Il est représenté par une expression logarithmique, c'est donc dire que la concentration en H^+ , à pH 6,0 est 10 fois plus grande que celle à pH 7,0 et 100 fois plus grande que celle à pH 8,0. Plus la concentration en ion hydrogène est élevée, plus le pH est bas et plus c'est acide.

Le pH influence la forme et la disponibilité des éléments nutritifs dans l'eau d'irrigation. Le pH de l'eau d'irrigation devrait se situer entre 6 et 8,5. À ces valeurs, la solubilité de la plupart des micro-éléments est optimale.

III.2. Risque de salinité

Une concentration élevée en sel dans l'eau ou dans les sols affectera négativement le rendement des récoltes, provoquera une dégradation des sols et une pollution des eaux souterraines.

Les principaux sels responsables de la salinité de l'eau sont les sels de calcium, de magnésium, de sodium, les chlorures, les sulfates (SO_4^{2-}) et les bicarbonates. Une valeur élevée de la salinité signifie une grande quantité d'ions en solution, ce qui rend plus difficile l'absorption de l'eau et des éléments minéraux par la plante. Une salinité trop élevée peut causer des brûlures racinaires.

III.3. Risque d'alcalinité (excès en sodium)

Une grande quantité d'ions de sodium dans l'eau affecte la perméabilité des sols et pose des problèmes d'infiltration. Ceci est due au fait que le sodium présente dans le sol en forme échangeable remplace le calcium et le magnésium adsorbés sur les argiles et cause la dispersion des particules dans le sol.

L'alcalinité est une mesure du pouvoir de l'eau à neutraliser les acides, c'est un peu comme le « pouvoir tampon de l'eau ». En d'autres termes, l'alcalinité mesure la résistance à tout changement de pH. Le pouvoir neutralisant de l'eau est attribué principalement à la présence de bicarbonates de calcium et de magnésium dissous dans l'eau (également dans une moindre mesure, des hydroxydes, des bases organiques, des borates, des ions ammoniums, phosphates et silicates). Tant que l'acide n'a pas maîtrisé les ions responsables de l'alcalinité, le pH ne bouge pratiquement pas. Une fois le processus d'acidification enclenché, la réaction produit alors de l'eau (H_2O), du dioxyde de carbone (CO_2) qui est libéré dans l'air ainsi que le cation accompagnateur (soit le calcium ou le magnésium).

- **La dureté**

La dureté fait référence à la quantité de calcium et de magnésium contenue dans l'eau. Ces deux éléments proviennent de l'altération de la roche-mère. La teneur en calcium est habituellement plus élevée que le magnésium dans les eaux souterraines. Par contre, là où on trouve de la contamination par l'eau de mer, la concentration en magnésium peut être plus élevée que celle du calcium (Tarchi, 2014).

En général, une eau dure n'est pas souhaitable pour l'usage domestique car elle réduit de beaucoup l'efficacité des savons. Par contre, en agriculture, une eau dure aide le sol à conserver une bonne structure par les ponts calciques.

L'alcalinité de l'eau et la dureté est généralement exprimée sous forme d'équivalents de carbonate de calcium ($CaCO_3$) en ppm ou en mg/L.

III.4. Risque D'éléments toxiques

Certains éléments de l'eau d'irrigation peuvent être directement toxiques à la culture. Établir des limites de toxicité pour l'eau d'irrigation est compliqué de par les réactions qui peuvent se passer quand l'eau atteint le sol. Les éléments potentiellement dangereux de l'eau peuvent être inactivés par des réactions chimiques ou bien s'accumuler dans le sol jusqu'à atteindre des niveaux de toxicité pour les plantes.

Les éléments toxiques les plus réputés sont :

- Bore (B)
- Chlorure (Cl)

- Sodium(Na)

III.5. Les nutriments

Ce sont des substances nécessaires pour le métabolisme et la photosynthèse des plantes comprenant les macronutriments (N, P, Ca, Mg) et les oligoéléments (Fe, Mn, B, Cu, Mo, Zn et Si).

III.6. Les métaux lourds

Les éléments traces sont, en général immobilisés dans les couches supérieures du sol, par adsorption et échange d'ions. Cette accumulation peut avoir pour conséquence, à terme, des risques pour le développement des plantes, la santé des hommes et des animaux.

Les métaux lourds qui présentent les risques les plus notables sont {cadmium (Cd), cuivre (Cu), Molybdène (Ni) et zinc (Zn)}. Le nickel, le cuivre et le zinc sont d'abord phytotoxiques. Au contraire, le molybdène et surtout, le cadmium peuvent être toxiques pour les animaux et l'homme, à des concentrations bien inférieures aux seuils de phytotoxicité.

III.7. Risque microbiologique et sanitaire

Elle provient de plusieurs sources comme les rejets des hôpitaux, l'agriculture ainsi que les rejets d'eaux usées.

L'eau se charge alors de microorganismes pathogènes (bactéries, virus, parasites) qui peuvent être dangereux pour l'environnement et pour la santé humaine.

Dans le cas de l'agriculture, il est prouvé depuis longtemps que les micro-organismes pathogènes des animaux ne peuvent ni pénétrer ni survivre à l'intérieur des plantes (**Sheikh et al., 1999**).

Les micro-organismes se retrouvent donc à la surface des plantes et sur le sol. Les feuilles et la plante créent un environnement frais, humide et à l'abri du soleil. Il peut donc y avoir une contamination pendant la croissance des plantes ou à la récolte. Les pathogènes survivent plus longtemps sur le sol que sur les plantes (**Asano, 1998**).

Le mode d'irrigation a une influence directe sur le risque : ainsi, l'irrigation souterraine ou gravitaire peut nuire à la qualité des eaux souterraines et de surface. Des contaminations directes peuvent avoir lieu lors de la maintenance du système d'irrigation.

L'irrigation par aspersion crée des aérosols contaminants qui peuvent être transportés sur de longues distances. Alors que l'irrigation gravitaire à la raie et par inondation expose les

travailleurs à des hauts risques sanitaires, notamment lorsque le travail de la terre se fait sans protection (Peasey et al., 2000). Les nouvelles recommandations de l'OMS ont prévu des niveaux de risque selon la technique d'irrigation et les types des cultures (OMS, 2006).

IV. Techniques d'irrigation

Les techniques d'irrigation peuvent être rangées en trois (03) classes (Tarchi, 2014), soit :

- L'irrigation de surface
- L'irrigation par aspersion
- L'irrigation localisée ou micro irrigation

IV.1. L'irrigation de surface [2]

L'irrigation de surface comprend toutes les techniques d'arrosage nécessaires, la réparation de l'eau entrant dans la parcelle se fait entièrement en extérieur par simple écoulement sur la surface du sol. La distribution de l'eau est assurée grâce à la topographie du sol et aux propriétés de l'eau dans le sol (ruissellement, infiltration et capillarité). En irrigation de surface, la distinction entre les différentes techniques repose fondamentalement sur le mode d'utilisation de l'eau : ruissellement, submersion ou technique mixte.

IV. 2. L'irrigation par aspersion [3]

En irrigation par aspersion, l'eau parvient aux cultures sous forme de pluie artificielle à l'aide de divers dispositifs de projection alimentés sous pression. Cette technique d'irrigation ne nécessite pas de nivellement de surface. Cependant, la pente générale du sol ne doit pas en principe dépasser 10% pour les machines à irriguer.

Tous les types de sol conviennent. Grâce à la large gamme d'intensité de précipitation fournie par divers matériaux, la même efficacité d'irrigation que la plupart des sols argileux peut être obtenue dans les sols sableux ($I < 4$ mm/h pour une faible perméabilité). Maximum $I < 50$ mm/h) pour sols perméables.

Cette technique d'irrigation a une excellente efficacité de 55 à 85%, qui dépend principalement de la maîtrise technique des irrigants. L'irrigation par aspersion est utilisée pour irriguer les cultures les plus diverses, y compris les aliments pour animaux, l'horticulture, les céréales, les vergers et la vigne.

Les techniques d'irrigation utilisées en irrigation par aspersion dépendent du matériel utilisé. Ils tombent dans deux grandes catégories :

- L'aspersion simple (rampes perforées, asperseurs, canons)
- Les machines à irriguer (rampes frontales, pivots, enrouleurs, etc....)

IV. 3. L'irrigation localisée

L'irrigation localisée ou micro-irrigation, est une méthode qui regroupe plusieurs systèmes de distribution de l'eau à la parcelle. Il a les caractéristiques suivantes :

- Installation d'un réseau dense de canalisations (rampes) sur la parcelle qui recouvre entièrement la zone à irriguer.
- L'apport de l'eau au voisinage de la plante.

Divers termes sont utilisés internationalement pour cette technique d'irrigation :

- **Micro-irrigation** : terme choisi par la Commission Internationale Du Irrigation et Drainage (CIID) en référence aux débits utilisés qui, contrairement aux deux autres techniques plus anciennes, aspersion et irrigation de surface, sont très faibles.
- **Irrigation goutte à goutte** : terme utilisé par certains auteurs en référence à l'utilisation d'un type particulier de distributeur : le goutteur
- **Irrigation localisée** : terme choisi par l'Organisation mondiale pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) en raison des apports d'eau effectués au voisinage immédiat des plantes.

V. Les normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation[3]

L'agriculture représente le plus gros consommateur des ressources en eau. Ces ressources, suivant les régions dont elles proviennent, et leur contact éventuel avec des sources de pollution ont des caractéristiques très diversifiées. De plus, vu la diminution des apports en eau constatée depuis plusieurs décennies, les agriculteurs, notamment dans les régions continentales, s'intéressent à l'utilisation des eaux usées. C'est ainsi que des normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation ont été établies. Une eau est conforme à l'irrigation si elle a des caractéristiques qui respectent les valeurs limites imposées par des textes de lois et inscrites dans des tableaux de normes. L'exemple du tableau (01) donne les normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation.

Les normes varient selon les pays, mais dans la majorité des pays on fait référence, à quelques exceptions près, aux cinq critères de qualité sus cités (**Hochmuth, 1997**).

Tableau 1 : Barème de qualité pour l'eau d'irrigation **Source** : (SEEE, 2007).

Paramètre de l'eau	Symboles	Unité	Valeur maximale admissible
Conductivité électrique	CE	dS/m	3
<i>Sulfate</i>	SO ₄	mg/l	960
Phosphate	PO ₄	mg/l	2
Ammonium	NH ₄	mg/l	5
Potentiel hydrogène	PH		6-8,5
Totale de sels dissous	TDS	mg/l	2000
Paramètre de l'eau	Symboles	Unité	Valeur maximale admissible
Conductivité électrique	CE	dS/m	3
<i>Sulfate</i>	SO ₄	mg/l	960
Phosphate	PO ₄	mg/l	2
Ammonium	NH ₄	mg/l	5
Potentiel hydrogène	PH		6-8,5
Totale de sels dissous	TDS	mg/l	2000

(FAO, 1996)

Les normes ont pour objectif de :

- protéger le public et les ouvriers agricoles;
- protéger les consommateurs des produits agricoles;
- protéger les ressources en eau superficielle et souterraine et les sols;
- protéger le matériel d'irrigation;
- maintenir des rendements acceptables.

Chapitre II :

Matériel et méthodes

I. Présentation de la zone d'étude

La région d'étude se situe dans la partie Nord-Est de l'Algérie ; elle appartient au bassin de la Seybouse à l'amont de celle-ci (la moyenne Seybouse) dans le territoire de la wilaya de Guelma.

Le bassin de la Seybouse occupe une superficie de 6570 km². Il prend naissance dans les hautes plaines de l'Atlas Tellien et s'étend jusqu'à son embouchure, qui se trouve à Sidi Salem (36°52'3.21"N, 7°46'25.49"E) près de la ville d'Annaba. (**Cahiers de l'agence A.B.H.1999**).

Le périmètre d'irrigation Guelma-boucheougouf, d'une surface initiale de 12900 ha, est organisé en secteurs; il se divise en cinq(05) secteurs allant de 605 ha (secteur Cheref) pour le plus petit secteur à 3500 ha (secteur Guelma) pour le plus grand. Ils sont autonomes sur le plan de la desserte en eau voir la carte de la Figure1, (Tableau 2)

Chaque secteur dispose d'un seuil de prise, d'une station d'exhaure qui refoule l'eau à partir de l'oued vers un bassin de dessablage, et d'une station de relèvement qui refoule l'eau vers un réservoir de compensation et de là vers le réseau de distribution(**Mouchara N.2009**).

Tableau 2: Superficies des secteurs irrigués et leurs situations

N°	Secteurs	Superficies (ha)		Situation
		Equipée	Irriguée	
1	Cheref	605	565	PlaineGuelma
2	El-Fedjouj	2355	2119	
3	Guelma	3500	3255	
4	Boumahra	2600	2420	
5	Boucheougouf	880	820	PlaineBoucheougouf
6	Dréan	2960	0	Dréan
Total		12900	9250	

Source: ONID Guelma

À titre indicatif, notre étude a pris en compte que trois secteurs qui sont : Fedjoudj, Guelma, Boumahra à raison d'un prélèvement par secteur.

Les réseaux du périmètre sont conçus pour assurer une irrigation par aspersion à la demande, mais actuellement les secteurs sont irrigués au tour d'eau.

Les superficies et années de mise en exploitation des secteurs sont données dans le tableau suivant :

Tableau 3: Superficies et années de mise en exploitation des secteurs

Secteurs	Superficies équipées (ha)	Date d'achèvement de travaux	Année de mise en exploitation
Guelma-centre	3500		
1. Basservice	2100	09/1995	04/1996
2. Hautservice	1400	12/1997	08/1998
Cherf	605	02/2000	05/2000
Boumahra A.	2600	08/2001	08/2001
El-Fedjouj	2355	Fin 2003	05/2004
Bouchegouf	880	08/2001	08/2001

Source: ONID Guelma

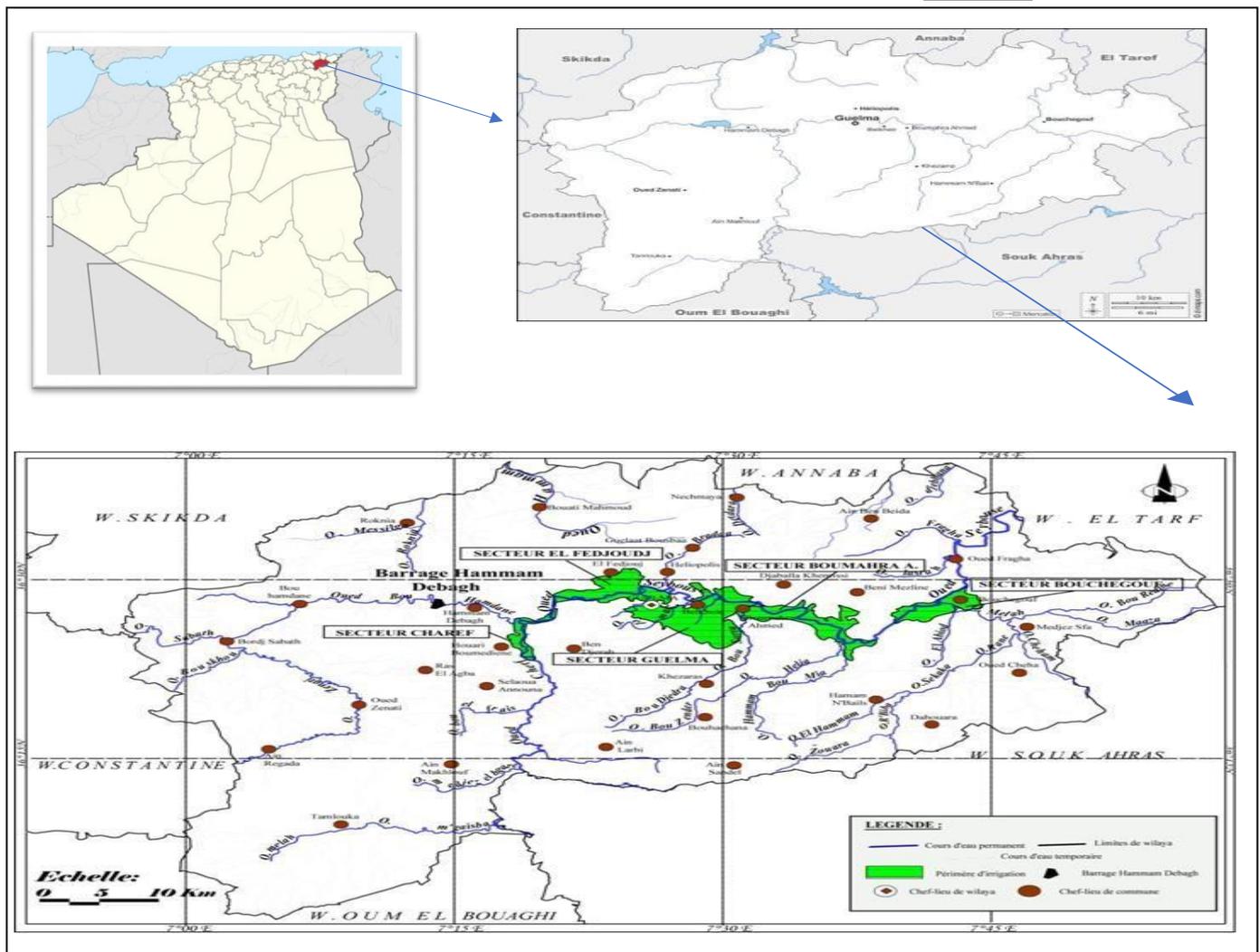


Figure1 : Carte de localisation des différents secteurs du périmètre d’irrigation

Guelma- Bouchegouf(Mouchara N., 2009).

II. Echantillonnage

L'étape d'échantillonnage influence directement la qualité des résultats analytiques obtenus. Des précautions élémentaires doivent être prises pour obtenir un échantillon représentatif. Afin de minimiser les risques associés à la contamination de l'échantillon par le préleveur, il faut s'assurer de la qualité du prélèvement, de la conservation et du transport adéquat des échantillons (**Wissem A.2016**).

II.1. Stratégie d'échantillonnage

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est l'opération qui consiste à prendre un certain volume représentatif du milieu à étudier (**Aminot et Kérrouel, 2004**). Il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée (**Rodier, 1984**).

L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physicochimiques de l'eau (gaz dissous, matière en suspension, etc.) (**Reggam A, 2015**).

Pour les analyses microbiologiques, le récipient utilisé doit assurer, une fois bouché, une protection totale contre toute contamination. On peut utiliser des flacons en verre de 250, 500 ou 1000 ml, de préférence borosilicatés, Avant l'usage, ces flacons doivent être soigneusement lavés, puis rincés car ils ne doivent rester aucune trace d'un éventuel détergent ou antiseptique. les flacons sont enveloppés de papier filtre et stérilisés soit à l'autoclave (120C°) durant 15 minute, ou au four Pasteur (170C°) durant 1 heure (**Rodier, 2016**).

Il est recommandé d'opposer une étiquette permettant d'inscrire ultérieurement l'identification du prélèvement (**Rodier et al., 2009**) : le nom du site, la date, l'heure et l'ordre de prélèvement , pour éviter toute confusion (**Benyahia et al., 2017**).

Pour l'analyse bactériologique, le flacon ne sera jamais complètement rempli afin de permettre l'homogénéisation de l'ensemble au moment de la mise en culture (Delarras et Trébaol, 2003).

II.2. Choix des points de prélèvement

Pour contribuer à l'évaluation de la qualité physico - chimique et microbiologique de l'eau du eaux d'irrigation de oued Charef(Guelma) on a choisi trois points de prélèvement (Figure 2) secteur Fedjoudj (SalhSalh), secteur Guelma (Héliopolis) et secteur Boumahra (Boumahra Ahmed), En raison de accessibilité des sites, Situation près des activités anthropiques (installations classées), Huilerie, conserver, agronomies, limonadière, minoterie, la multiplicité et de la diversité des rejets déversés dans ce dernier.

Ce travail est réalisé sur une période allant du mois de février 2022 au mois de Mars 2022.



Figure 2: photo satellite des trois station de prélèvements.



Figure 3 : Site de prélèvement secteur Fedjoudj(SalhSalh)(photo perdonelle).



Figure 4 : Site de prélèvement secteur Guelma (Héliopolis) (photo personnelle).



Figure 5: Site de prélèvement secteur Boumahra (Boumehra Ahmed)(photo personnelle).

Tableau4: Caractéristiques et Périodes du sites de prélèvement

Sites de prélèvements	Date de prélèvement	Heure de prélèvement	Cordonnés GPS	Élévations (m)
S1	20-02-2022	10 :34	N : 36°28.369	35,082
	27-02-2022	9 :45		
	06-03-2022	9 :30	E : 007°20.513	
	13-03-2022	10 :00		
S2	20-02-2022	11 :22	N : 36°29.374	194,03
	27-02-2022	10 :30		
	06-03-2022	10 :00	E : 007°25.796	
	13-03-2022	10 :45		
S3	20-02-2022	12 :06	N : 36°25.113	160,69
	27-02-2022	11 :00		
	06-03-2022	10 :30	E : 007°31.053	
	13-03-2022	11 :15		

II.3. Méthode de Prélèvement et de mesure

Le mode de prélèvement varie suivant l'origine de l'eau. Dans le cas d'une rivière, d'une d'une nappe ouverte (bassin), d'un réservoir, la bouteille est plongée à une certaine distance du fond (30 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.

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 A,2015**).

II.3.1. Mesure in-situ

Certains paramètres physico-chimiques (pH, la salinité, ORP , oxygène dissous et conductivité) ont été mesurés directement sur le terrain. Afin d'éviter une modification significative due aux échanges éventuelles que pourraient avoir les échantillons avec l'extérieur (activités des micro-organismes, les réactions d'oxydoréductions) (N'guessan et al., 2017; Arouya, 2011).

✓ Protocol

➤ Matériel

- Bécher de 400ml.
- Multi-paramètre de type HI9829
- L'eau à analyser.
- L'eau distillée.

➤ Mode opératoire

1. Rincer la sonde avec de l'eau distillée.
2. Immerger la sonde dans l'échantillon.
3. Faire la lecture après la stabilisation des chiffres apparent sur l'écran soit stagné



Figure 6: multi-paramètre de type HANNA HI 9829.

II.3.2. Mesure au laboratoire

II.3.2.1. Mesure physico-chimique

A. La turbidité

La mesure de la turbidité permet de préciser les informations visuelles sur l'eau. La turbidité traduit la présence de particules en suspension dans l'eau (débris organiques, argiles, organismes microscopiques). Les désagréments causés par une turbidité auprès des usagers sont relatifs car certaines populations sont habituées à consommer une eau plus ou moins trouble et n'apprécient pas les qualités d'une eau très claire. Cependant une turbidité forte peut permettre à des micro-organismes de se fixer sur des particules en suspension.

La turbidité se mesure à l'aide d'un turbidimètre de type AL450T-IR (Figure 7)



Figure 7: turbidimètre de type AL450T-IR

B. Demande biochimique en oxygène (DBO₅)

La DBO₅ ou Demande biochimique en Oxygène sur 5 jours, représente la quantité d'oxygène nécessaire aux micro-organismes pour oxyder (dégrader) l'ensemble de la matière organique d'un échantillon d'eau maintenu à 20°C, à l'obscurité, pendant 5 jours

(in Attoui, 2014). Ce paramètre constitue un bon indicateur de la teneur en matière organique biodégradable d'une eau naturelle polluée ou d'une eau résiduaire (in Hadeef et Hasni,2017).

➤ **Matériel**

- Système de mesure Oxy Top.
- Armoire thermostatique.
- Flacon échantillon brun.
- Barreaux magnétiques.
- Fiole jaugée.
- Pastilles de soude.

➤ **Mode opératoire**

1. Rincer le flacon avec de l'échantillon. Remplir avec précaution.
Mesurer exactement la quantité souhaitée d'échantillon saturé en oxygène.
2. Mettre le barreau magnétique dans le flacon.
3. Insérer le godet caoutchouc dans le goulot du flacon.
4. Mettre 2 pastilles de soude dans le godet caoutchouc à l'aide d'une pince.
5. Visser l'OxyTop directement sur le flacon échantillon.
6. Lancer la mesure : appuyer sur M et S simultanément (2 secondes) jusqu'à ce que l'afficheur indique00.
7. Maintenir le flacon de mesure avec l'OxyTop à 20C pendant 5jours. Dès que la température de mesure est atteinte. L'OxyTop lance automatiquement la mesure de la consommation en oxygène.
8. L'échantillon est agité en continu pendant 5 jours. L'OxyTop mémorise automatiquement une valeur toutes les 24 heures sur 5 jours. Pour connaître la valeur courante, appuyer sur la touche M.
9. Affichage de la valeur mesurée courante : presser M jusqu'à ce que la valeur mesurée s'affiche(1seconde).
10. Lecture des valeurs mémorisées à la fin des5



Figure 8 : l'OxyTop

C. Demande chimique en oxygène(DCO)

La demande chimique en oxygène est la quantité de dioxygène consommée par les matières oxydables dans des conditions réactionnelles spécifiques, est l'un des paramètres utilisés pour quantifier la pollution organique d'une eau. L'unité de la DCO est le milligramme d'O₂/l équivalente à la quantité de dichromate de potassium consommée par les matières dissoutes et en suspension d'un échantillon d'eau (Cardot et al, 2013).

➤ Principe

Les matières oxydables présentes dans l'eau sont oxydées par le dichromate de potassium en milieu acide sulfurique à chaud en présence de catalyseur (Tortora et al., 2012).

➤ Mode opératoire

Les opérateurs doivent être informés des risques inhérents à la manipulation de solutions concentrées d'acide sulfurique et de réactifs oxydants à la température élevée (ébullition du mélange). Toutes les précautions nécessaires doivent en conséquence être prises (Rodier et al., 2009).

La méthode appliquée consiste à introduire 2 ml d'échantillon dans un milieu acide contenant le réactif approprié (solution commerciale composée de HgSO₄, H₂SO₄, Ag₂SO₄). L'ensemble est chauffé dans un four à DCO à 150°C pendant deux heures, après refroidissement la lecture se fait au photomètre



Figure 9 : Réacteur à gauche et photomètre de mesure à droite

D. Les Orthophosphates(PO_4^{3-})

Le phosphore peut être présent dans l'eau sous la forme ionisée (orthophosphates) ou plus ou moins polymérisé (polyphosphates minéraux et/ou organiques). Il n'est pas directement toxique pour les poissons et le milieu aquatique, mais il est généralement responsable de l'accélération des phénomènes d'eutrophisation (STEP,2012).

Ce paramètre correspond à la fraction du phosphore qui se trouve sous forme minérale dissoute. La majorité des apports du phosphore provient de sources ponctuelles : rejets urbains ou industriels, des déjections animales provenant d'élevages industriels.

Cet élément se retrouve dans les eaux de surface et dans les sédiments sous plusieurs formes, organiques (phospholipides, phosphoprotéines, ...) et ou minérales (phosphate et polyphosphate) plus ou moins complexées.

Dans les eaux souterraines la variation de la teneur reste faible. Le dosage des phosphates (les ortho-phosphates) sont déterminés par la méthode colorimétrique en milieu acide (Rodier, 2009).

➤ Mode opératoire

Ajouter 1,2 ml de réactive PO_4 dans un milieu contenant 5.0 ml d'échantillon et mélangé ,mesuré dans photomètre .

E. 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 matière organique. Il est utilisé comme indicateur de pollution et il est souvent responsable de la mauvaise classe de l'eau d'une rivière (**Reggam A, 2015**). L'azote ammoniacal des eaux superficielles peut avoir pour origine : la matière végétale des cours d'eau, la matière organique animale ou humaine, les rejets industriels, les engrais.

➤ Mode opératoire

- La méthode consiste à ajouter 0,60 ml de NH₄⁺(1) par pipette dans un milieu contenant 5ml d'échantillon et mélangez .
- Ajouté 1 microcuiller bleue arasée (dans le bouchon de flacon) de NH₄⁺ (2) et agitée vigoureusement jusqu'à dissolution totale de réactive.
- Laissez reposer 5min (temps de réaction A).
- Ajouté 4 gouttes de réactive NH₄⁺ (3) et mélanger.
- Laissez reposer 5min (temps de réaction B).

Mesurée dans un photomètre

F. Sulfates(SO₄²⁻)

Les ions sulfates sont par eux-mêmes peu toxiques. Cependant des concentrations inférieures peuvent affecter les enfants et les nouveaux consommateurs d'eau qui n'y sont pas habitués (troubles gastro-intestinaux et diarrhéiques). La consommation régulière d'eau chargée en sulfates fait disparaître ces effets laxatifs. La réglementation algérienne recommande 400 mg/l de sulfate comme une valeur maximale admissible Dans l'eau de mer, il a été enregistré une valeur de 3400mg /l mais malheureusement on n'a pas pu analyser eau traitée à cause du manque du moyens alors qu'on a enregistré des valeurs minimales de 1,508 mg/l et 2,653 mg/l et des valeurs maximales de 4,461 mg/l et 4,736 mg/l respectivement en 2013 et en 2014 restant toujours dans les normes

➤ **Mode opératoire:**

- La méthode consiste à ajouter 2 gouttes de So_4 -(1) dans un tube essai avec bouchon fileté contenant 2,5 ml d'échantillon et mélangez.
- Ajouter 1 microcuiller verte arasée (dans le bouchon de flacon) de So_4 -(2) boucher le tube et mélanger.
- Chauffer le tube pendant 5min à $40C^\circ$ au bain marie(temps de réaction A) en agitant de temps en temps.
- Ajouter à la pipette 2,5 ml de So_4 -(3) boucher le tube et mélanger
- Filtrer le contenu de tube par un filtre rond dans un seconde tube à essai avec une bouchon fileté(filtrat)
- Ajoute au filtrât 4 gouttes de réactive So_4 -(4) boucher le tube et mélanger.
- Chauffer le tube pendant 7 min à $40 C^\circ$ au bain marie (temps de réaction B) en agitant de temps en temps
- En fin introduire l'échantillon dans un cuve de 10 mm et mesurée dans le photomètre

G. Les nitrites(NO_2^-)

Considérés comme toxiques, les nitrites sont la forme la moins stable dans le cycle de l'azote, ils sont issus de la réduction de l'ammonium .Leurs origines sont liées à l'agriculture ou aux rejets urbains et industriels.

➤ **Mode opératoire:**

- Ajouter 1 micro cuiller bleue arasée (dans le bouchon du flacon No_2) dans un milieu contenant 5ml d'échantillon et agitée vigoureusement jusqu'à dissolution totale de réactive.
- Laisser reposer 10 min (temps de réaction) et mesurée dans le photomètre.

H. Les silicates(SiO_4)

Les silicates sont des minéraux caractérisés par le tétraèdre (SiO_4)⁴⁻ comportant un atome Si au centre, et des atomes O aux quatre sommets

Les silicates constituent environ 92% en poids de la totalité des minéraux formant la croûte terrestre d'où leur extrême importance

➤ **Mode opératoire**

- Ajouter à la pipette 3 goutte de réactive Si-1 dans un milieu contenant 5 ml d'échantillon et mélangez .

II.3.2.2. Mesure microbiologique

Les analyses bactériologiques ont été réalisées dans les laboratoires de microbiologie et de biochimie du département de Biologie à l'université 08 Mai 1945 Guelma.

Les analyses bactériologiques des eaux d'irrigations dans le secteur charef –Guelma ont porté dans un premier temps sur le dénombrement de la flore mésophile aérobie totale, des coliformes totaux (CT), des coliformes (CF), des streptocoques fécaux (SF), des anaérobies sulfito-réducteurs (ASR). Dans un second temps, l'isolement, la purification et l'identification de bactéries pathogènes ont été réalisés.

II.3.2.2.1. Dénombrement des germes revivifiablés à 37°C

Cet examen vise à dénombrer non spécifiquement le plus grande nombre de microorganismes, en particulier de bactéries se développant dans les conditions aérobies habituelles de culture (**Rodier et al., 2009**).

➤ Principe

L'eau est inoculée par incorporation dans un milieu strictement défini et non sélectif. La lecture est faite après 48 heures d'incubation à 37 °C (**Rodier et al.,2009**).

➤ Mode opératoire

- A partir de l'eau à analyser faire des dilutions décimales 10^{-5} et 10^{-6} , porter aseptiquement 1 ml dans deux boîtes de Pétri vides, numérotées et préparées à cet usage.
- Ajouter 15 ml de TGEA (Gélose glucosée tryptonée à l'extrait de levure) fondu et refroidi à environ 40°C (**Zouaget B,2017**)
- Agiter doucement par un mouvement circulaire pour assurer un mélange homogène de l'eau et de la gélose, sans faire des bulles et sans mouiller les bords de la boîte. Le milieu doit être coulé 10 minutes au plus tard après répartition de l'eau à analyser (**Rodier et al.,2009**)
- Retourner les boîtes et incuber, une à 37 °C pendant 24 h à 72 h. à l'obscurité (**Hadef et al.,2017**).

➤ **lecture**

Après la période d'incubation spécifiée, nous procédons, à l'aide du compteur, à la numération des colonies pour chaque boîte. Une première lecture se fera à 24 h à 72 h (les colonies se présentent sous forme lenticulaire en masse) (**Terbeche,2006**).

➤ **Expression des résultats et Interprétation**

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

- ne dénombrer que les boîtes contenant entre 15 et 300colonies;
- Le résultat sera exprimé par millilitre d'eau à analyser à 37°C (**Labres,2002**)

Le nombre d'UFC (Unités Formant Colonies), correspondant au nombre (N) des microorganismes dénombrés par ml à 37 °C , est donné par :

$$\frac{\sum c}{(N1+N2*0,1)F_d}$$

Ou :

N : Nombre d'UFC par ml de produit initial.

$\sum c$: Somme des colonies comptées sur les deux boîtes retenues.

F_d: facteur de la première dilution

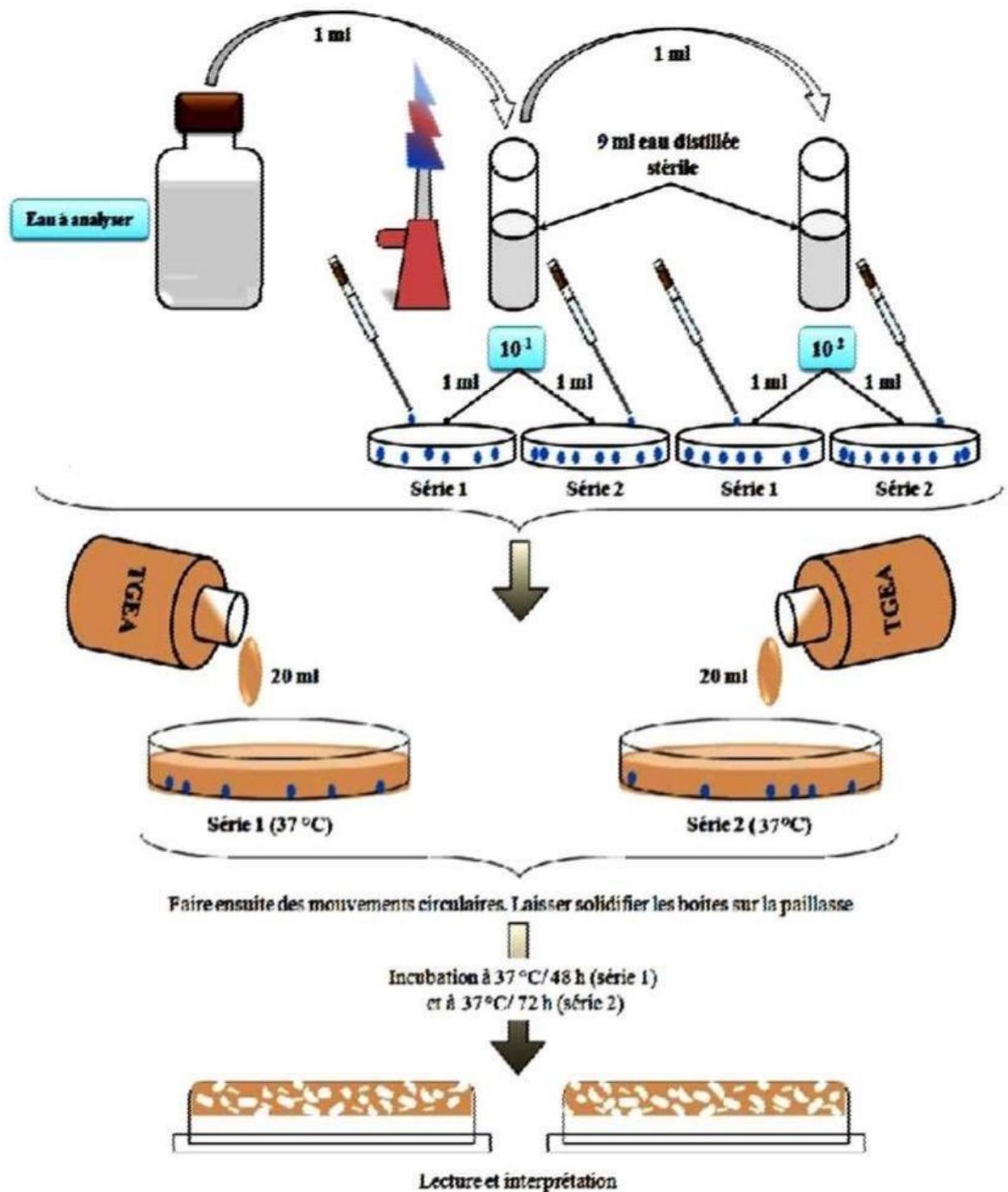


Figure 10: Protocole de recherche et de dénombrement des germes totaux à 37°C dans les eaux (Abdellouiet *al.*, 2012).

II.3.2.2.2. Recherche et dénombrement des germes indicateurs de contamination fécale

Le terme coliforme a été proposé par Breed et Norton en 1937 pour désigner les bactéries fermentant le lactose, recherchées comme indicateurs de pollution fécale (Pourcher, 1991).

La recherche et le dénombrement des CF et des SF ont été effectués selon la méthode de dénombrement en milieu liquide par détermination du nombre le plus probable (NPP). Les résultats de dénombrement sont déterminés à partir de la table de Mac Grady (**Rodier, 2009**).

A. Recherche et dénombrement des *Coliformes totaux et Coliformes fécaux*

Les *coliformes totaux* sont des bacilles à Gram (-), non sporulé, oxydase (-), aérobie et anaérobie facultatifs. Ils se multiplient à 37°C pendant 24h.

- La recherche présomptive des coliformes totaux sur milieu Bouillon lactosé au pourpre de bromocrésolé (BCPL) (**Abouelouafa, 2002**).

Le terme de « *coliformes fécaux* » ou de « *coliformes thermotolérants* » correspond à des coliformes qui présentent les mêmes propriétés que les coliformes totaux après incubation à la température de 44 °C (**Rodier, 2009**).

- La recherche confirmative des CF sur milieu Schubert muni d'une cloche de Durham.

a. Test présomptif

❖ Mode opératoire

A partir de l'eau à analyser, on ensemence aseptiquement:

- Trois tubes de 9 ml de BCPL à double concentration munis d'une cloche de Durham avec 10 ml d'eau à analyser.
- Trois tubes de 9 ml de BCPL à simple concentration munis d'une cloche de Durham avec 1 ml d'eau à analyser.
- Trois tubes de 9 ml de BCPL à simple concentration munis d'une cloche de Durham avec 0,1 ml d'eau à analyser.

On agite pour homogénéiser tout en vidant l'air dans la cloche et placer les tubes dans une étuve à 37 °C pendant 24 à 48 heures.

❖ Lecture

Après incubation, les tubes considérés comme positifs présentent un trouble dans toute la masse liquide, avec virage du violet au jaune et un dégagement de gaz dans la cloche (supérieur au 1/10^{ème} de la hauteur de la cloche) (Ces deux caractères étant témoins de la fermentation du lactose dans les conditions opératoires décrites).

Noter le nombre final des tubes positifs dans chaque série et on se reporte à la table du NPP (qui figure en annexe) pour obtenir le nombre de coliforme présent dans 100ml d'eau à analyser.

b. Test confirmatif**❖ Mode opératoire**

Le test de confirmation est basé sur la recherche de Coliformes thermo tolérants parmi lesquels on redoute surtout la présence d'E. Coli.

Les tubes de BCPL trouvés positifs lors du dénombrement des Coliformes totaux feront l'objet d'un repiquage à l'aide d'un ose bouclé de 2 à 3 gouttes dans tube contenant le milieu Schubert muni d'une cloche de Durham.

L'incubation se fait cette fois-ci à 44°C pendant 24heures.

Note le nombre de tube positifs dans chaque série et on se reporte à table du NPP pour obtenir le nombre de Coliforme fécaux dans l'eau(Figure).

❖ Lecture

La présence de Coliforme fécaux se manifeste par un dégagement gazeux, et un anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole par *Escherichia Coli* après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kovacs.

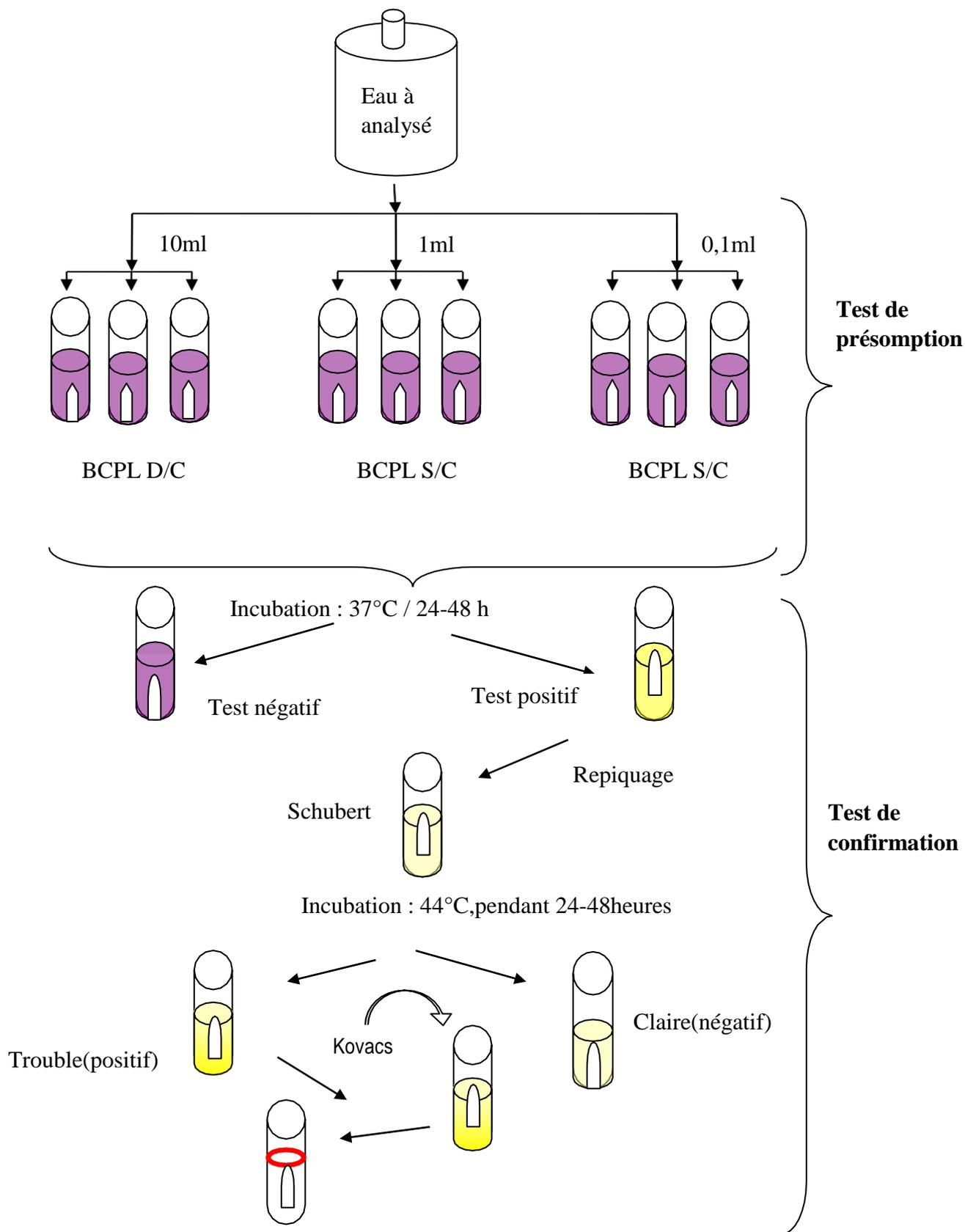


Figure 11 : Recherche et dénombrement des coliformes totaux et des coliformes fécaux en milieu liquide

B. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux

Plus précisément, il s'agit de streptocoques et entérocoques fécaux du groupe D (Delarras, 2000). Ils sont généralement pris globalement en compte comme des témoins de pollution fécale, car tous ont un habitat fécal (Rodier *et al.*, 2009).

On fait 2 tests successivement :

- Un test présomptif sur milieu de Rothe (l'agent sélectif est l'azide de sodium).
- Un test confirmatif sur milieu Eva-Litsky.

L'incubation dans les 2 tests se fait en 37°C pendant 24 à 48h (**Rodier, 2009**).

a. Teste présomptif

❖ Mode opératoire

A partir de l'eau à analyser, on ensemence aseptiquement:

- Trois fois 10 ml, dans Trois tubes contenant 9ml de milieu Rothe à double concentration
- Trois fois 01 ml, dans Trois tubes contenant 9ml de milieu Rothe à simple concentration
- Trois fois 0.1 ml, dans Trois tubes contenant 9ml de milieu Rothe à simple concentration

L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures.

❖ Lecture

Les tubes présentant un trouble microbien seront considérés comme positifs, et la lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table du NPP.

b. Test confirmatif

Le test confirmatif est basé sur la confirmation des streptocoques du groupe (D) éventuellement présents dans le test de présomption.

Les tubes de Rothe trouvés positifs feront donc l'objet d'un repiquage de 1ml dans un tube contenant le milieu Eva-Litsky(**Rejsek, 2002 ; Délarras,2008**).

L'incubation se fait cette fois ci à 37°C, pendant 24 à 48heures.

❖ Lecture

Seront considérés comme positifs les tubes présentant à la fois :

- Un trouble microbien.
- Une pastille violette (blanchâtre) au fond de tube.

La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table de Mac Grady (Annexe) (Fouad *et al.*, 2013).

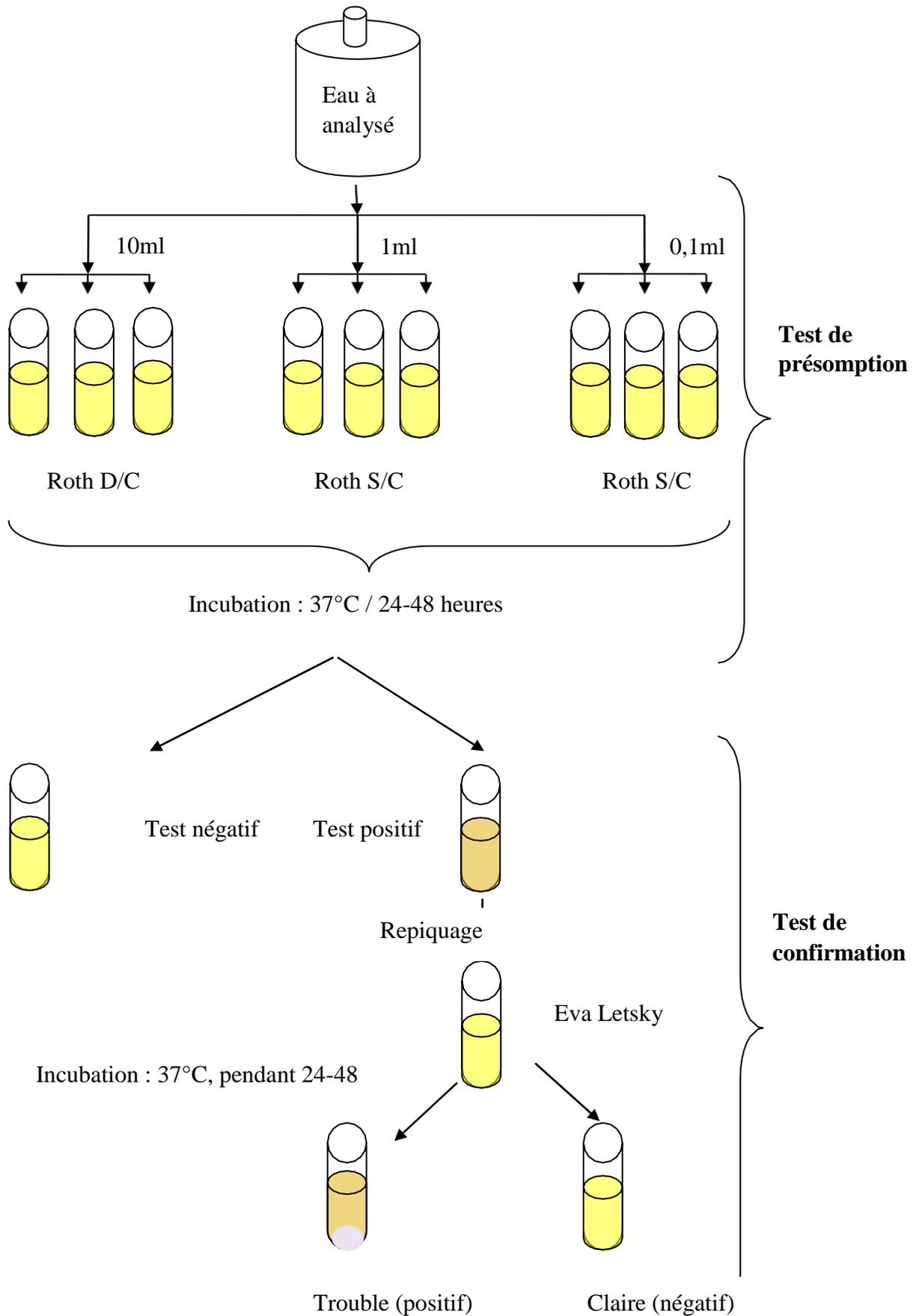


Figure 12 : Recherche et dénombrement des streptocoques Fécaux en milieu liquide.

C. Recherche et dénombrement des spores de bactéries *anaérobies sulfito-réducteurs*(ASR)

Les *Clostridium* sulfito-réducteurs sont souvent considérés comme des témoins de pollution fécale. La forme spore, beaucoup plus résistante que les formes végétatives des coliformes et des streptocoques fécaux, permettrait ainsi de déceler une pollution fécale ancienne ou intermittente (Rodier *et al.*, 2009).

➤ Principe

Après destruction des formes végétatives par chauffage à 80 °C, l'échantillon est incorporé à un milieu de base fondu, régénéré, additionné de sulfite de sodium et de sels de fer. L'incorporation se fait dans un tube 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-réducteurs se traduit par halo noir autour des colonies (Rodier *et al.*, 2009).

➤ Mode opératoire

- Chauffer 25 ml de l'échantillon à 80 °C pendant 8 à 10 minutes afin de détruire la forme végétative et préserver la forme sporulée;
- refroidir rapidement sous l'eau de robinet;
- répartir le contenu dans quatre tubes stériles à raison de 5 ml par tube, ajouter 20ml de gélose viande foie (VF) additionnée 0,5ml de sulfite de sodium et d'une 4 gouttes d'alun de fer
- mélanger soigneusement sans faire des bulles en évitant l'introduction d'air;
- laisser solidifier sur paillasse pendant 30 minutes environ, puis incuber à 37°C pendant 16-20 heures (Figure 13) (Benagherbia *et al.*,2014).

➤ Lecture et expression des résultats

Considérer comme résultant d'une spore de bactérie anaérobie sulfito-réductrice toute colonie noire entourée d'un halo noir. Exprimer le résultat en nombre de spores par100ml.

Il est indispensable de procéder à une lecture dès les 24 heures : en présence de nombreuses colonies, une diffusion des halos peut conduire à une coloration noire uniforme du tube et tout dénombrement devient impossible aux 48 heures. Par contre, s'il y a une faible quantité de colonies à la première lecture, et si les colonies sont petites, il peut y avoir un développement de nouvelles colonies dans les 24 heures suivantes (Rodier, 2016).

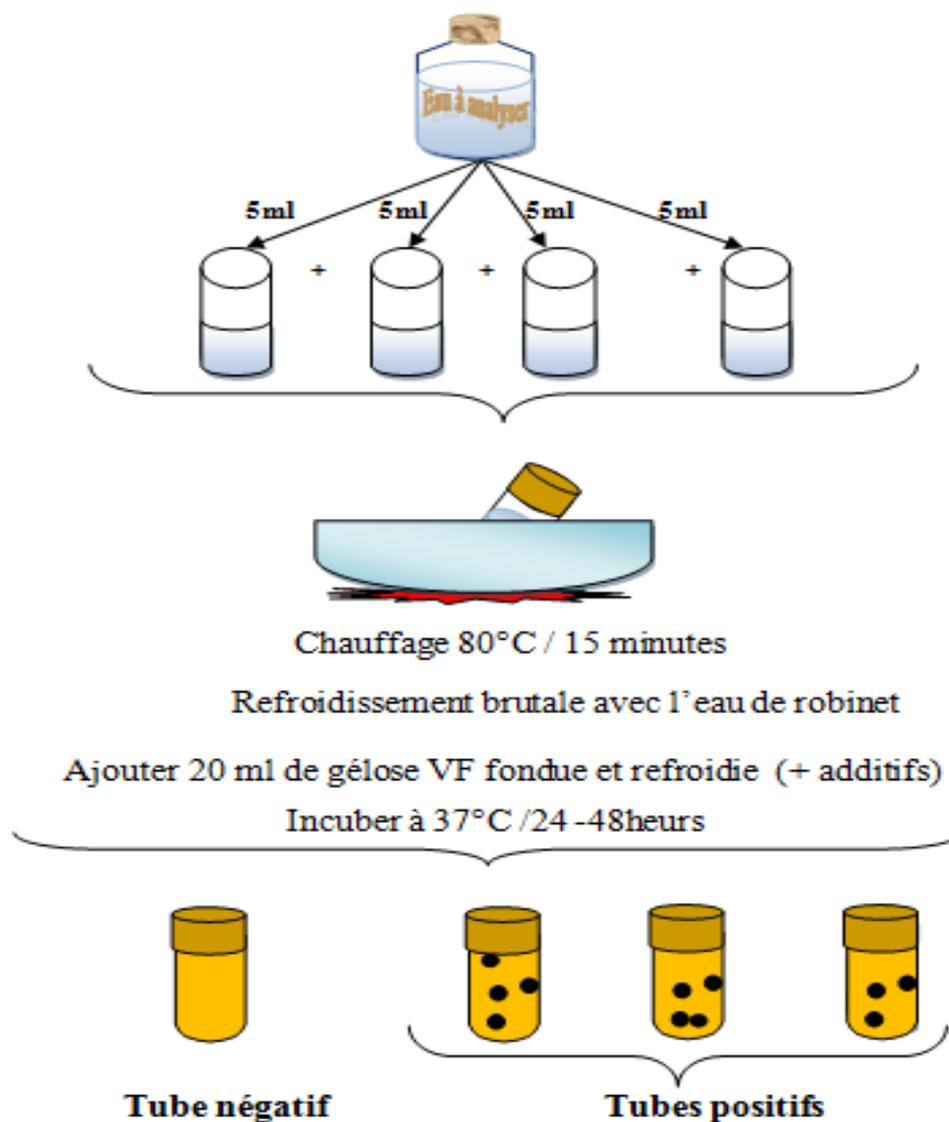


Figure13: Protocole de recherche et dénombrement des spores des bactéries anaérobies sulfito-réducteurs dans les eaux (Abdellioui et al., 2012).

II.3.2.2.3. Recherche des germes pathogènes

Les géloses employées sont : Hektoen, Salmonella-Shigella (SS), Chapman au mannitol, Gélose nutritive alcaline biliée (GNAB).

déposé sur un point périphérique de la gélose puis disséminé sur toute la surface. Les boites sont codées puis incubées à 37°C pendant 24 à 48heures.

Recherche des *Staphylocoques*

Les *staphylocoques* sont des Cocci à Gram positif, sphériques, isolées ou regroupées formant ainsi des grappes de raisin, non mobiles, asporulés et habituellement non capsulés. La plupart des espèces sont aéro-anaérobies facultatives et à catalase. Ils sont capables de se développer en 24 à 48 heures à 37 °C sur un milieu sélectif chapman au mannitol

❖ Mode opératoire:

On prépare les boites Pétri avec le milieu Chapman. A partir de la solution mère, on prend 0.1 ml (2 gouttes) dans les boites de Pétri que nous ensemence à l'aide d'une anse de platine stérile. L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heure.

❖ Lecture:

- Si le milieu reste rouge, les colonies sont mannitol (-) car elles ne fermentent pas le mannitol, légère alcalinisation du milieu par l'utilisation de peptones dans leur métabolisme énergétique.
- Si le milieu devient jaune, les colonies sont mannitol (+) car elles fermentent le mannitol dans leur métabolisme énergétique avec acidification du milieu.

❖ Identification :

Les principaux caractères pour l'identification de *Staphylococcus* :

- Observation macroscopique
- Coloration de gram
- Test catalase
- Test oxydase
- Galerie API Staph

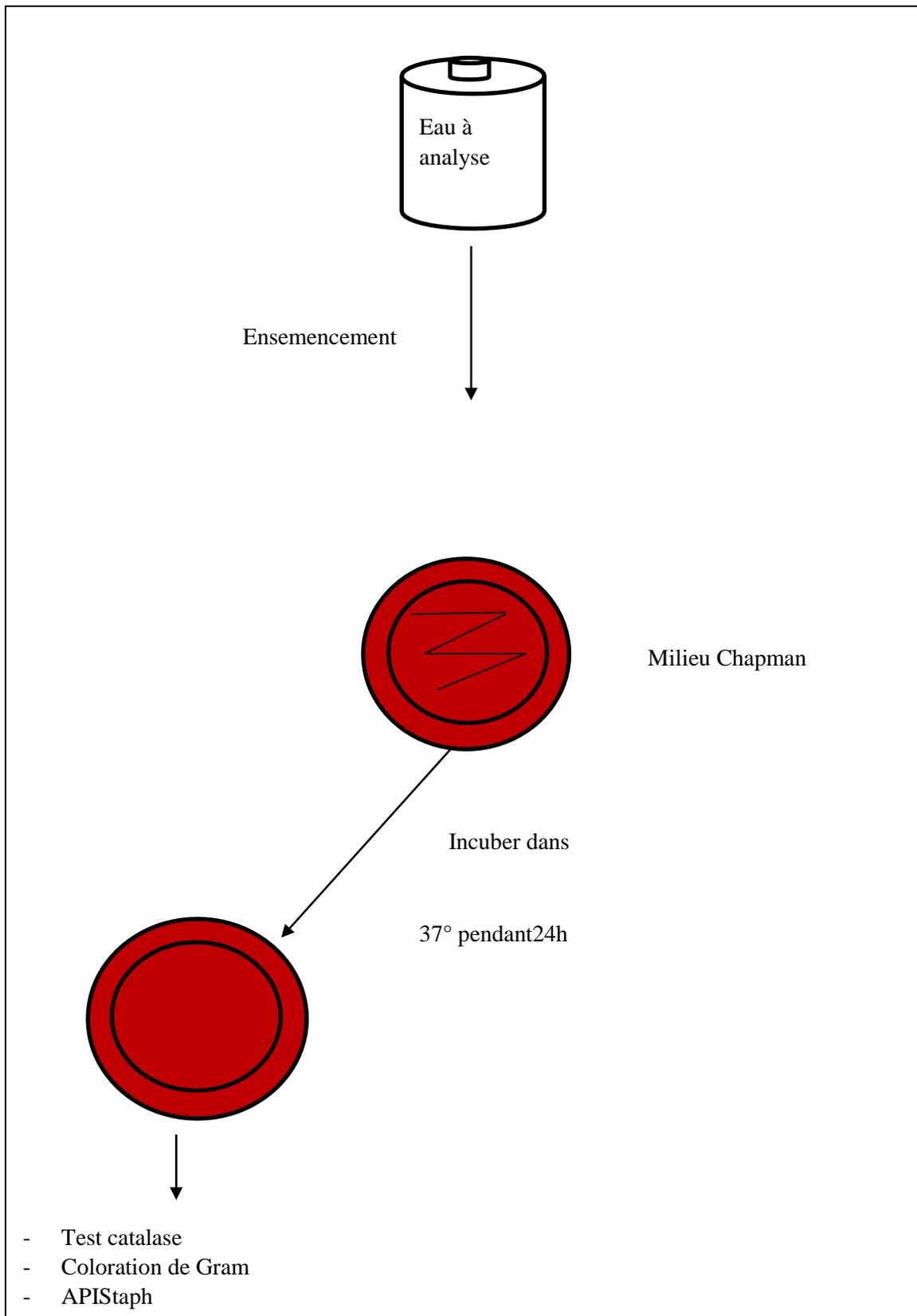


Figure 14 : Recherche des staphylocoques pathogènes

✚ Recherche des *Entérobactéries*

Se sont des bactérie en forme de bâtonnet à Gram négatif .La famille d'entérobactérie regroupe une vingtaine de genres différent ayant en commun quelque caractéristiques biochimique ainsi que leur habitat : le tube digestif de l'homme ou celui des animaux, comme le salmonelle, *Escherichia coli*, *klebsiella* ...etc

✚ Recherche de *Escherichia coli*

Escherichia coli (*E. coli*) est une bactérie de Gram négatif et que l'on trouve couramment dans le tube digestif de l'être humain et des organismes à sang chaud, ce sont des bactérie anaérobie facultative . La plupart des souches sont inoffensives. Certaines en revanche peuvent provoquer une intoxication alimentaire grave.

➤ Mode opératoire

On prépare les boites Pétri avec le milieu Hectoen .A partir de la solution mère, on prend 2 gouttes dans les boites de Pétri que nous ensemence à l'aide d'une anse de platine stérile. L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48heure.

➤ Identification

- Observation macroscopique.
- Coloration de Gram.
- Test oxydase.
- Une galerie biochimique API 20E

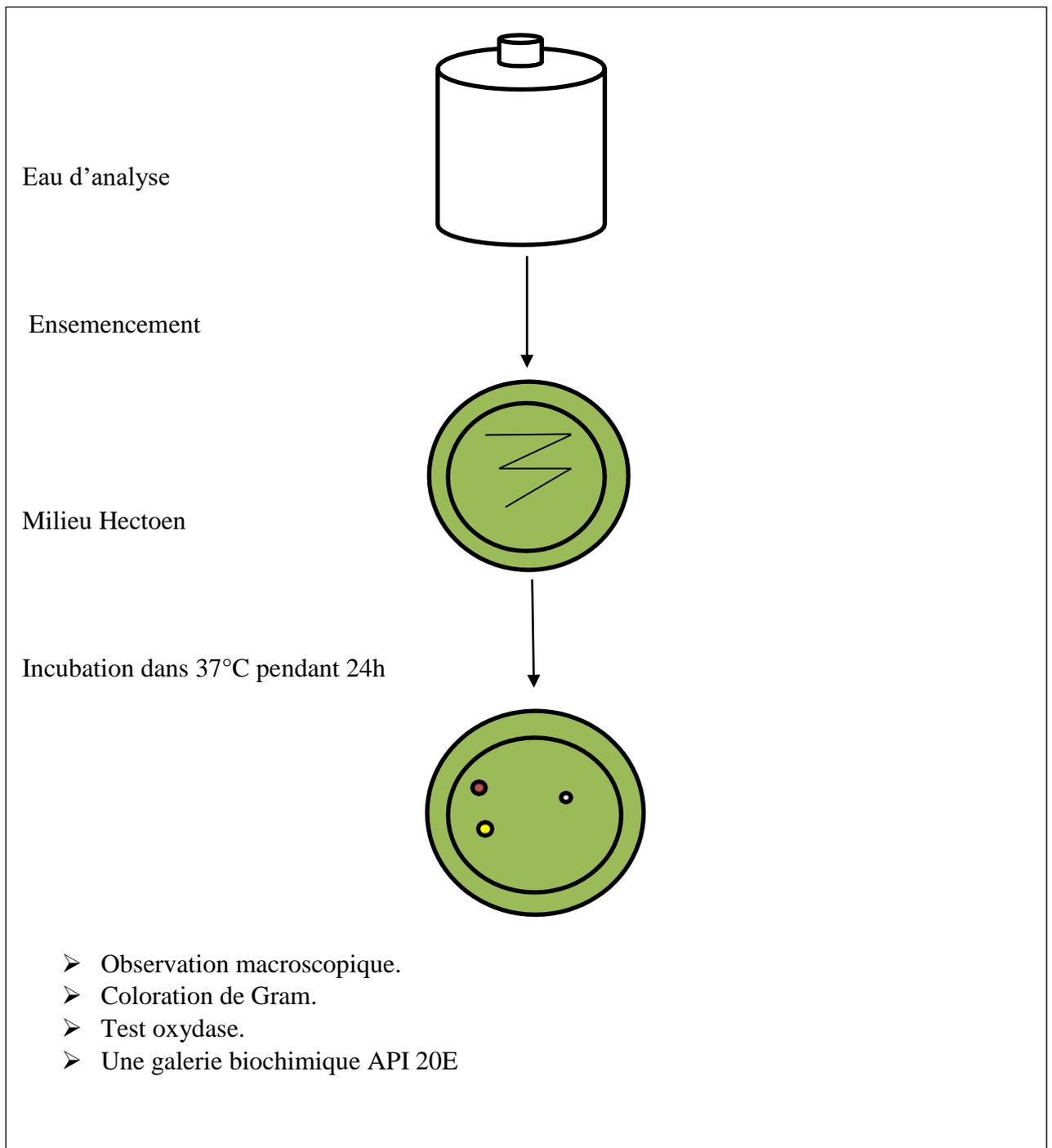


Figure 15 : Recherche de *Escherichia coli*

✚ Recherche des *Salmonelles*

Les *Salmonelles* possèdent les caractères des entérobactéries : Ce sont des. Bacilles droits à Gram négatif, souvent mobile et alors à ciliature péritriche, elles fermentent le Glucose avec ou sans production de gaz et réduisent les nitrates en nitrites, elles sont oxydases (-), catalases (+) non sporulés, aéro-anaérobie facultative (**Freneyetal., 2000**).

➤ Mode opératoire

Premier jour : Enrichissement:

Introduire 1ml de l'échantillon dans 1 ml de sélénite cystéine (SFB). Puis incubé à 37°C pendant 18 à 24 h (**Navoun, 2005**).

Deuxième jour : Isolement et identification :

On porte 0.1 ml (2 gouttes) de milieu d'enrichissement et à l'aide d'une anse de platine stérile ensemencé dans des boîtes de pétri contenant gélose Salmonella-Shigella (Gélose SS). Par la suite, les boîtes sont incubées à 37°C pendant 24h. (Rodier, 2009)

➤ Lecture

Après 24 heures, les salmonelles se présentent sous forme des colonies incolores à centre noir (H₂S positif) sur SS (**Navoun, 2005**).

➤ Identification

Les principaux caractères pour l'identification des *Salmonelles* :

- Observation macroscopique
- Coloration de gram
- Test oxydase
- Test catalase
- Galerie API20

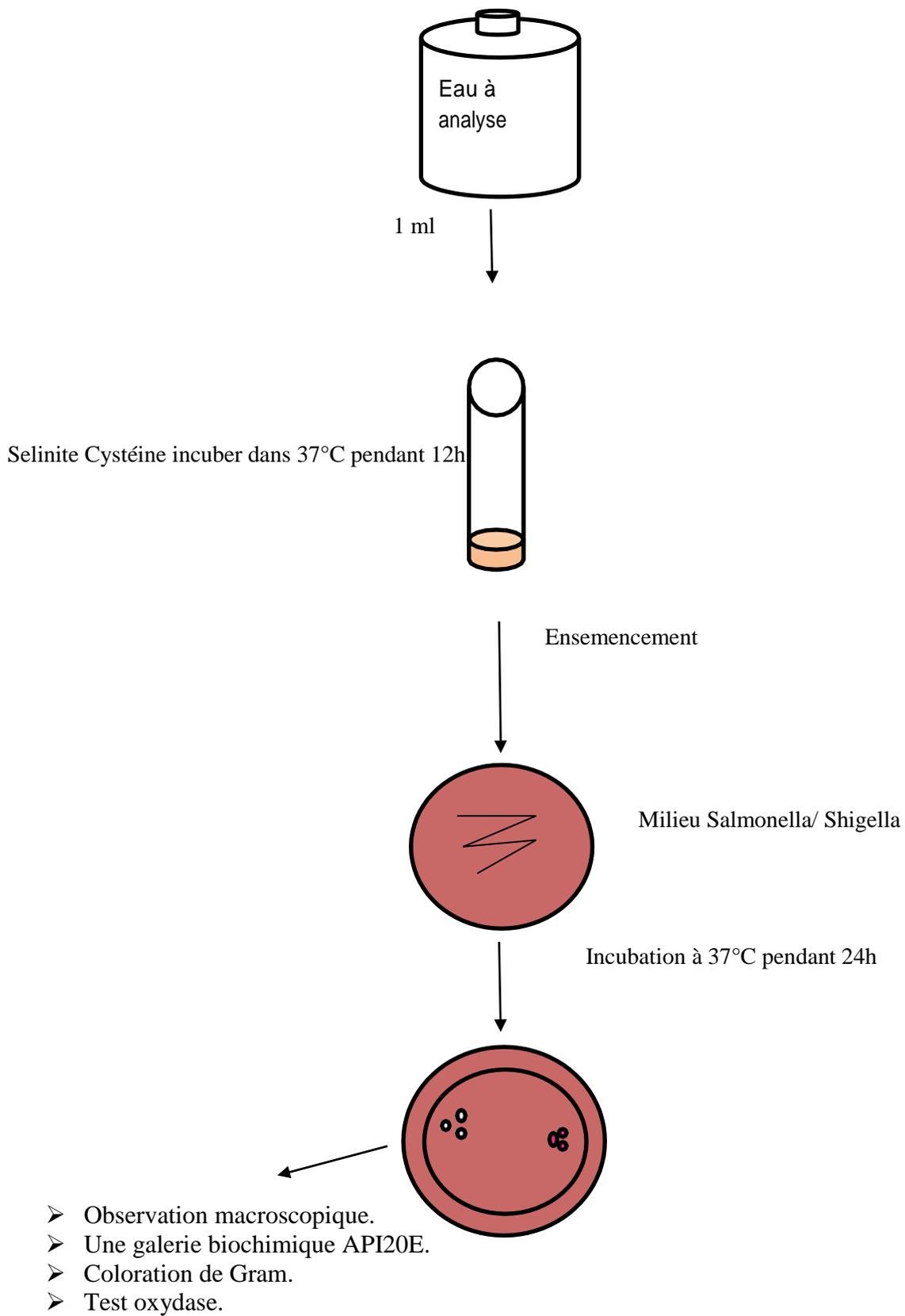


Figure16: Recherche de salmonella

Recherche des Vibrio

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

❖ Mode opératoire

• Jour 1 : Premier enrichissement

Introduire 1ml de l'échantillon dans 1 ml de milieu eau peptonée alcaline (EPA). Puis incubé à 37°C pendant 18 à 24 h (Navoun, 2005).

• Deuxième jour : Isolement et identification

On porte 0.1 ml (2 gouttes) de milieu d'enrichissement et à l'aide d'une anse de platine stérile ensemencés dans des boites de pétri contenant gélose GNAB.

l'incubation se fait à 37°C pendant 24 heures.

• Lecture des boites et identification

- D'autre part, les boites de gélose GNAB subiront une lecture en tenant compte du fait que les Vibrions se présentent le plus souvent sous forme de grosses colonies lisses et transparentes caractéristiques.

❖ Identification

Les principaux caractères pour l'identification des *Vibrio cholerae*:

- Observation macroscopique
- Coloration de gram
- Test catalase
- Test oxydase
- Galerie API20NE

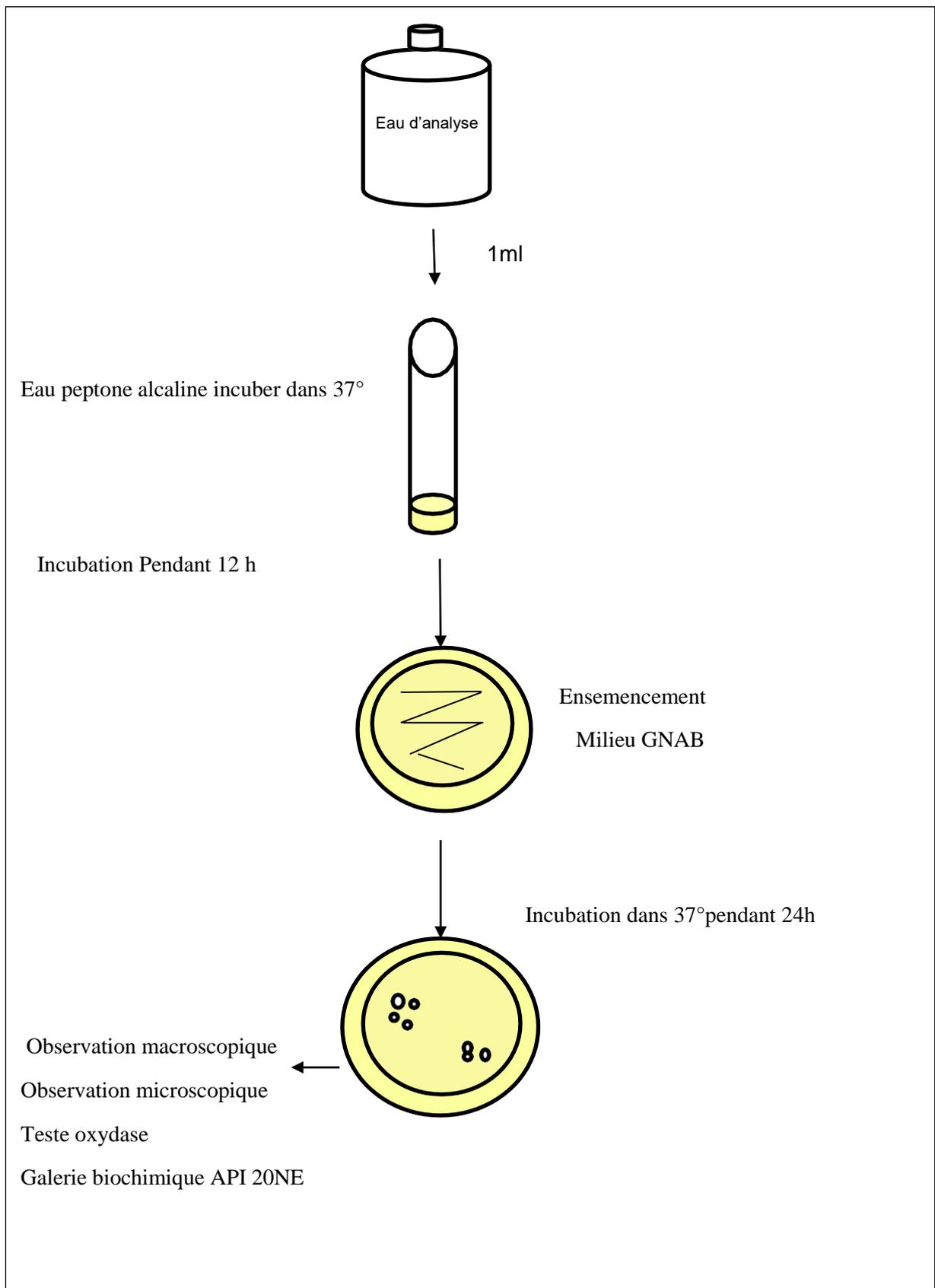


Figure 17 : Recherche de vibrio

II. Identification des bactéries isolées

A. Examen macroscopique des caractères cultureux

C'est l'étude de l'aspect des colonies. Cette étude nécessite l'observation à l'œil nu, en lumière naturelle et artificielle, par éclairage direct et par transparence des colonies.

L'examen macroscopique des cultures est le premier examen effectué à partir de l'isolement après incubation (**Guezlane et al., 2008**). L'aspect des colonies dépend du milieu utilisé, de la durée et de la température de l'incubation (**Joffinetal., 2009**).

Ces principaux caractères sont

- **Taille** : c'est la mesure du diamètre des colonies à l'aide d'une règle graduée. On peut distinguer : colonies punctiformes, petites colonies (< 1mm), colonies moyennes (1,5 à 3 mm) et grosses colonies (>3mm).
- **Forme de colonie** : à bords circulaires, irrégulières et parfois envahissantes.
- **Élévation de la colonie** : colonie convexe, colonie légèrement convexe et colonie plate.
- **Transparence** : Colonies transparentes (laissent passer la lumière et voir les formes au travers, comme le verre), colonies translucides (laissent passer la lumière mais en ne voit pas les formes au travers, comme le verre dépoli) et Colonies opaques (ne laissant pas passer la lumière) (**Guezlane et al., 2008**).
- **Surface** : Colonies lisses, Colonies rugueuses et Colonies muqueuses (**Delarras, 2007**).
- **Consistance** : on distingue les colonies grasses, crémeuses, sèches ou muqueuses.
- **Odeur** : présence ou absence (**Guezlane et al., 2008**).

- **Pigmentation** : Le caractère pigmenté spontané d'une colonie bactérienne doit être distingué du halo coloré périphérique signant le virage d'un indicateur de fermentation sucrée ou la mise en évidence visuelle recherchée d'un quelconque métabolite (**Freneyetal.,2000**).

B. Examen microscopique :

L'examen microscopique en bactériologie peut être effectué sans coloration de l'échantillon par observation directe ou bien après la coloration de l'échantillon (**Denis et al., 2011**).

✓ **Examen après coloration de Gram:**

▪ **Préparation du frottis:**

- Faire un repiquage des bactéries en milieu liquide ou solide. Recueillir les bactéries des cultures jeunes du dépôt ou directement du milieu solide avec une anse ou un fil et mélanger dans une goutte d'eau stérilisée.
- Faire un frottis sur une lame en étalant une goutte de la suspension microbienne.
- Laisser sécher le frottis.
- Ensuite, faire la fixation en passant rapidement la lame 3 fois à l'intérieur de la flamme d'un bec bunsen ou par une technique équivalente.
- Après refroidissement, faire la coloration.

▪ **Coloration:**

- ✓ Verser sur le frottis fixé quelque gouttes de solution de violet de Gentiane.
- ✓ Laisser agir pendant 1 minute et laver avec de l'eau.
- ✓ Verser 1 à 2 goutte de la solution de lugol. Laisser agir pendant 30secondes.
- ✓ Laver avec de l'eau et sécher sur papier filtre.
- ✓ Verser l'alcool à 95% vol, laisser agir pendant 30 secondes .Rincer avec de l'eau et sécher sur papier filtre.
- ✓ Verser quelque gouttes de solution de fushine, laisser agir pendant 30secondes
- ✓ Laver avec de l'eau et sécher sur papier filtre.
- ✓ Déposer sur le frottis coloré une goutte d'huile d'immersion.
- ✓ Observer au microscope avec l'objectif à immersion en champs clair

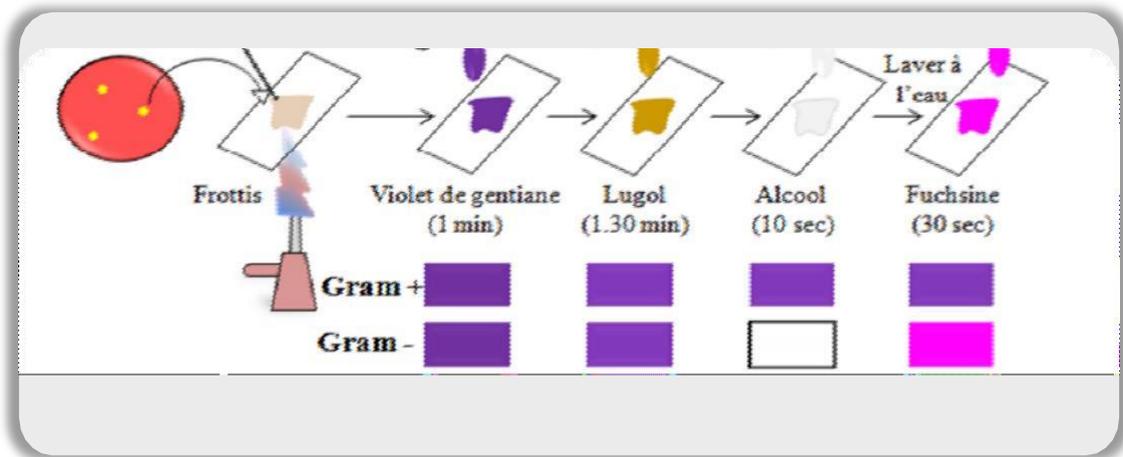


Figure 18: Procédure de la coloration de Gram (Abdi et al., 2013).

C. Examens liés aux caractères biochimiques et enzymatiques

1. Caractères enzymatiques

✓ Test de catalase

La catalase est une enzyme qui détruit les peroxydes toxiques pour les bactéries. Elle catalyse la transformation de peroxyde d'hydrogène en eau avec libération d'O₂.



- Ce test est à la base de l'identification des bactéries Gram (+). La méthode consiste à prélever une colonie du germe à étudier sur l'extrémité d'une pipette Pasteur fermée que l'on introduit ensuite dans un millilitre d'eau oxygénée.

Le dégagement de bulles gazeuses signe la présence de l'enzyme catalase. (Figure 19)(Carbonnelle et al., 1988).



Figure 19: Résultat du test catalase (a : Positif. b : Négatif)

✓ Test d'oxydase

La recherche de l'oxydase s'effectue avec des disques prêts à l'emploi du commerce. Déposer le disque sur une lame porte-objet, l'humidifier avec deux gouttes d'eau distillée stérile et écraser la colonie testée sur le disque. Une réaction positive se traduit par un virage rapide du réactif de l'incolorable au violet. (Figure 20) (Carbonnelle et al., 1988).

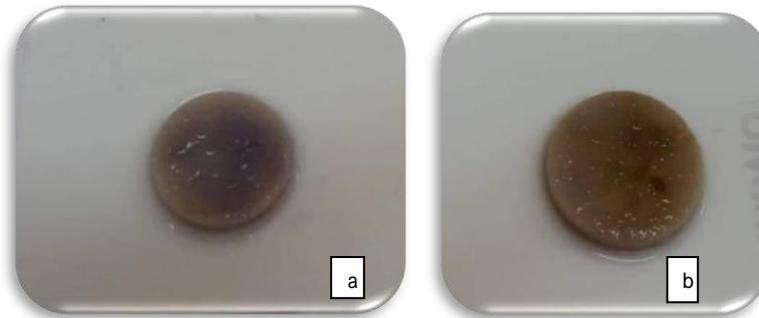


Figure 20 : Résultat du test oxydase (a : Positif. b : Négatif).

2. La galerie API

La galerie API, commercialisée depuis la décennie 1970, est un système standardisé pour l'identification des bactéries ; elle est composée d'un nombre variable de micro tubes (10 ou 20 le plus souvent) contenant des substrats déshydratés qui permettent de réaliser des tests biochimiques (Delarras,2007).

a. La Galerie API 20E

La galerie API 20 E est un système d'identification des Enterobacteriaceae et autres bacilles à Gram négatif non fastidieux(Figure 21) (Leyral et al.,1998).

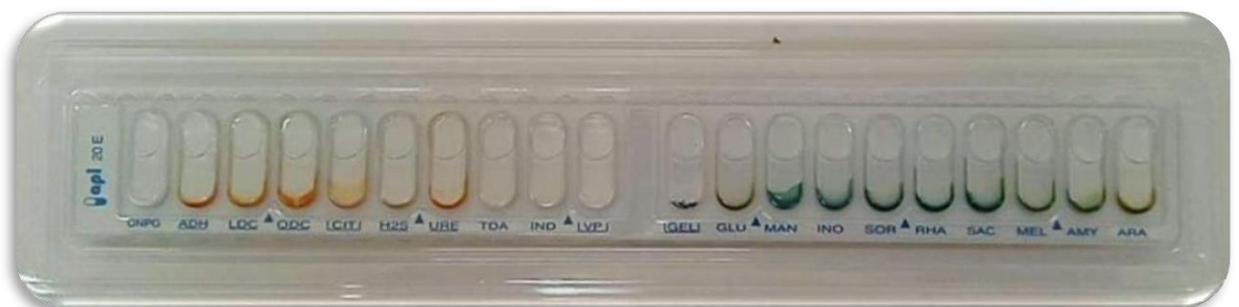


Figure21: Galerie API 20E

A partir d'une colonie bien isolée sur milieu gélosé, réaliser une suspension bactérienne dans une ampoule de suspension Medium (5 ml) ou dans un tube d'eau distillée stérile, d'opacité trouble (Leyral et al., 1998).

- Remplir les tubes et les cupules des tests : CIT, VP, GEL avec la suspension bactérienne.
- Remplir uniquement les tubes des autres tests.
- Créer une anaérobiose dans les tests : ADH, LDC, ODC, URE, H₂S en remplissant leurs cupules de l'huile de paraffine.
- Placer la galerie dans la boîte d'incubation puis l'incuber à 37°C pendant 18 à 24 heures. Après incubation, noter les résultats des réactions spontanées en se référant au tableau de lecture, puis révéler les tests nécessitant l'addition de réactifs (TDA, IND et VP). L'identification est obtenue à l'aide d'un logiciel d'identification.

b. La galerie API 20NE

❖ Principe:

C'est un système standardisé pour l'identification des bacilles à Gram négatif non entérobactéries et non fastidieux (exp : Pseudomonas, Acinetobacter, Flavobacterium, Moraxella, Vibrio, Aeromonas.... etc.). La galerie API 20 NE comporte 20 micro-tubes contenant des substrats déshydratés. Les tests conventionnels sont inoculés avec une suspension bactérienne saline qui reconstitue les milieux (Aouissi, 2010).



Figure 22: Galerie API 20 NE

❖ Mode opératoire

L'opération s'effectue selon les étapes suivantes :

- **Préparation de la galerie**

- Inscrire la référence de la souche sur languette latérale du biote.
- Réunir fond et couvercle du biote d'incubation et répartir environ 5ml d'eau distillée pour créer une atmosphère humide.
- Sortir la galerie de son emballage individuel et la placer dans la boîte d'incubation.

Préparation de l'inoculum :

- À partir d'une culture jeune 18 à 24h, on réalise une suspension bactérienne dans l'eau distillée stérile.
- Mettre 0.2 ml de suspension bactérienne à l'aide d'une pipette dans l'API medium.

- **L'inoculation de la galerie**

- Remplir les tubes (et non les cupules) des tests NO₃ à PNPG.
- Les tests GLU, ADH, URE vont être complétés avec l'huile de vaseline.
- Remplir les tubes et les cupules des tests de |GLU| à |PAC|. La boîte d'incubation est refermée et incubée à 37°C pendant 24h pour une première lecture et 48h pour une deuxième lecture.

- ❖ Lecture et interprétation:

- Les résultats doivent être notés sur la fiche de résultat.
- La lecture se fait à l'aide d'un tableau de lecture et d'un logiciel d'identification.

c. La galerie API Staph

La galerie API Staph est un système d'identification des genres *Staphylococcus* et *Micrococcus*. (Leyral et al., 1998).



Figure 23 : Galerie Api Staph

Préparer une suspension bactérienne homogène dans une ampoule d'API Staph Medium avec une seule colonie bien isolée sur milieu gélosé :

- Remplir les tubes de la galerie avec API Staph Medium ensemencé.
- Créer une anaérobiose dans les tests : ADH et URE en remplissant leurs cupules d'huile de paraffine.
- Renfermer la boîte d'incubation puis l'incuber à 35°C pendant 18 à 24 heures.

Après incubation, lire les réactions spontanées conformément au tableau de lecture ; ensuite, révéler les tests nécessitant l'addition de réactifs (VP, NIT et PAL). L'identification est obtenue à l'aide d'un logiciel d'identification.

Chapitre III :

Résultats et discussion

I. Les résultats des analyses physico-chimiques

Les paramètres physico-chimiques comprennent :

- Les paramètres mesurés in situé : le pH, la conductivité, l'oxygène dissous, la salinité, le TDS et ORP.
- Les paramètres mesurés au niveau de laboratoire : La Turbidité, La DBO5, La DCO, L'Ammonium, Les Orthophosphates, Nitrites, sulfates et Les silicates.

I.1. Le pH

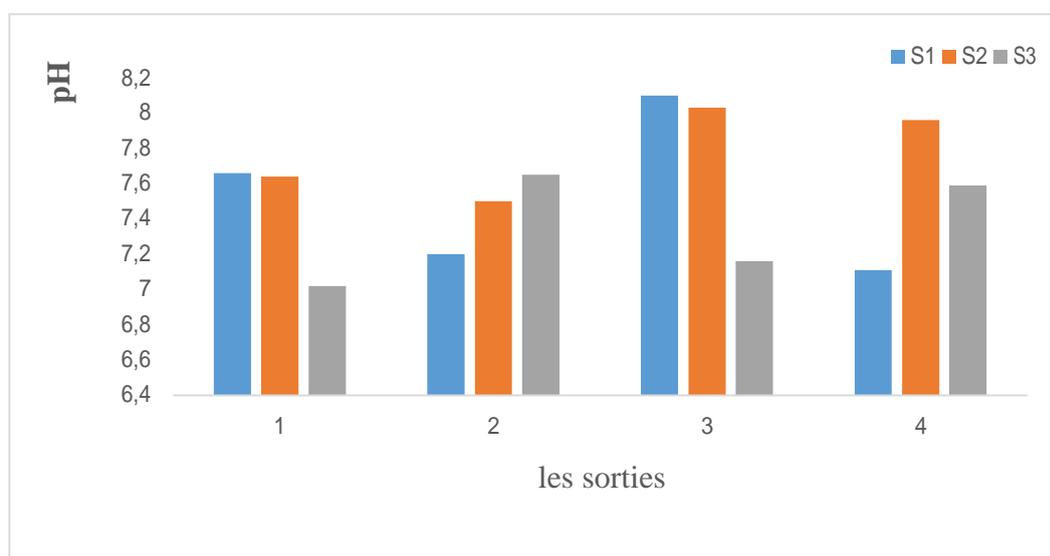


Figure :Variations spatiotemporelles du pH de l'eau de surface de la Seybouse: secteurFedjouj-Boumahra

Les valeurs du pH fluctuent remarquablement s'une station à l'autre et d'un prélèvement à l'autre mais elles demeurent dans la plage de variation admissible pour l'irrigation et la vie aquatique

A. Anova: Single Factor

PH

SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
S1	4	30,07	7,5175	0,208825
S2	4	31,13	7,7825	0,06429167
S3	4	29,42	7,355	0,0975

ANOVA

Source of Variation	S	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	0,37251667	2	0,18625833	1,50768989	0,27244104	4,25649473
Within Groups	1,11185	9	0,12353889			
Total	1,48436667	11				

$F < F$ critique donc on accepte l'hypothèse $H_0 : m_1 = m_2 = m_3$

I.2. La conductivité électrique

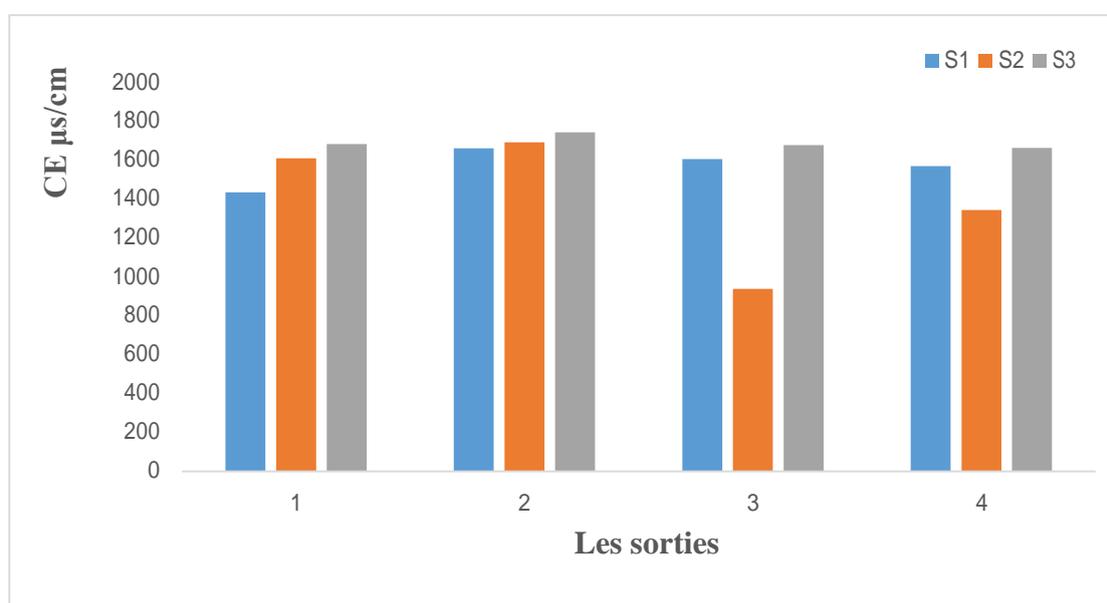


Figure25 : Variations spatiotemporelles de la conductivité électrique de l'eau de surface de la Seybouse: secteur Fedjouj-Boumahra.

Les valeurs de la conductivité électrique relevées dans les trois sites de prélèvement s'échelonnent entre 800 et 1600 $\mu\text{s}/\text{cm}$. Les valeurs les plus élevées sont observées durant la deuxième sortie, tandis que la valeur la plus faible est enregistrée au niveau du site 2 durant la troisième sortie. Les valeurs de la conductivité sont inférieures de la norme algérienne décrite pour l'irrigation.

B. Anova: Single Factor

CE

SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
S1	4	6264	1566	9262
S2	4	5579	1394,75	115328,25
S3	4	6758	1689,5	1245,66667

ANOVA

Source of Variation	S	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	175275,167	2	87637,5833	2,08932995	0,17975073	4,25649473
Within Groups	377507,75	9	41945,3056			
Total	552782,917	11				

$F < F_{critique}$ donc on accepte l'hypothèse $H_0 : m_1 = m_2 = m_3$

I.3. L'oxygène dissous

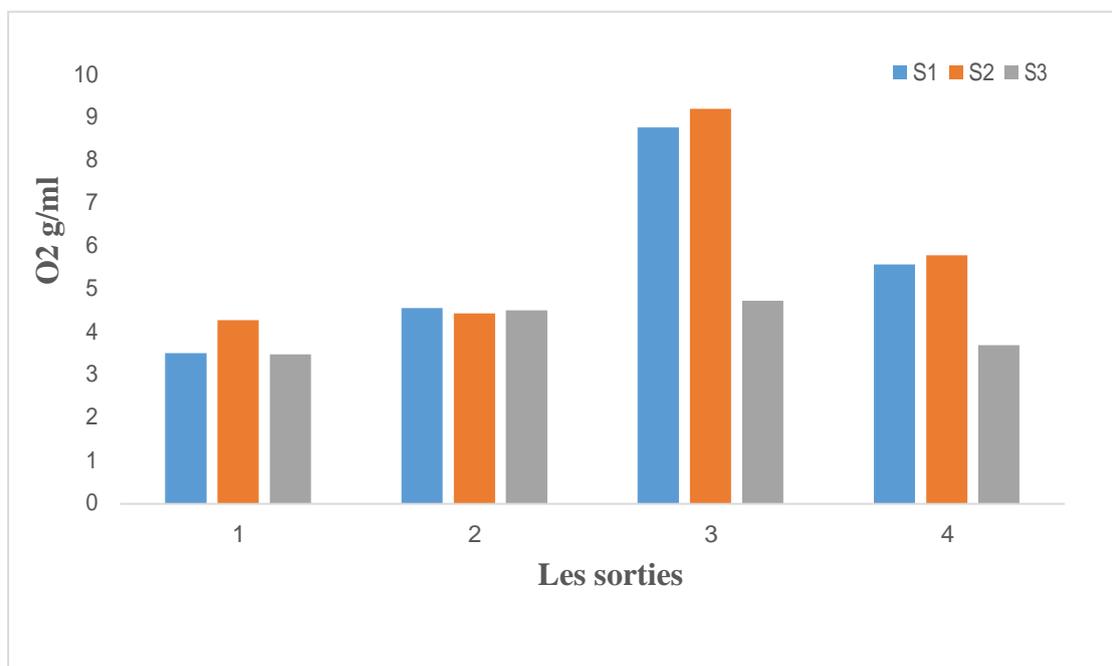


Figure 26 : Variations spatiotemporelles de l'oxygène dissous de l'eau de surface de la Seybouse: secteur Fedjouj-Boumahra.

A l'exception des deux sites S1 et S2 pendant la troisième sortie, les valeurs de l'oxygène dissous dans l'eau sont assez faibles pourtant la température de l'eau était très basse en printemps. Cela peut s'expliquer par une forte concentration de la matière organique issue des différentes activités anthropiques.

I.4. Salinité

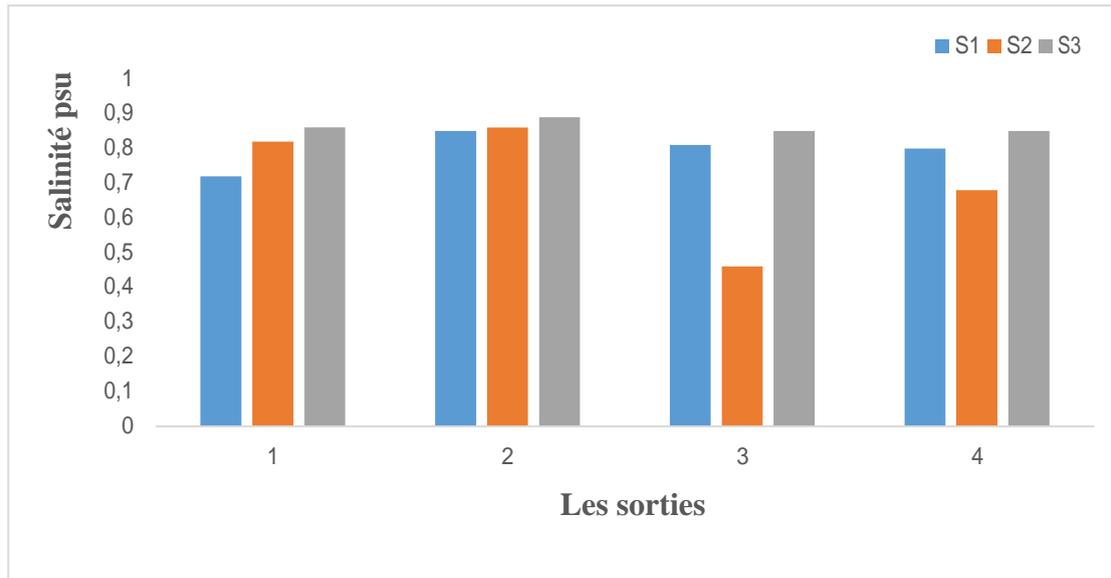


Figure 27 : Variations spatio-temporelles de la salinité de l'eau de surface de la Seybouse: secteur Fedjoug-Boumahra.

Hormis la valeur enregistrée au niveau du site S2 durant la troisième sortie, on note qu'il y a une certaine stabilité dans les valeurs de salinité relevées. On note aussi que ces valeurs restent confinées entre 0,4 et 0,9 PSU et concordent bien avec les valeurs normales décrites par l'Algérie.

I.5. TDS

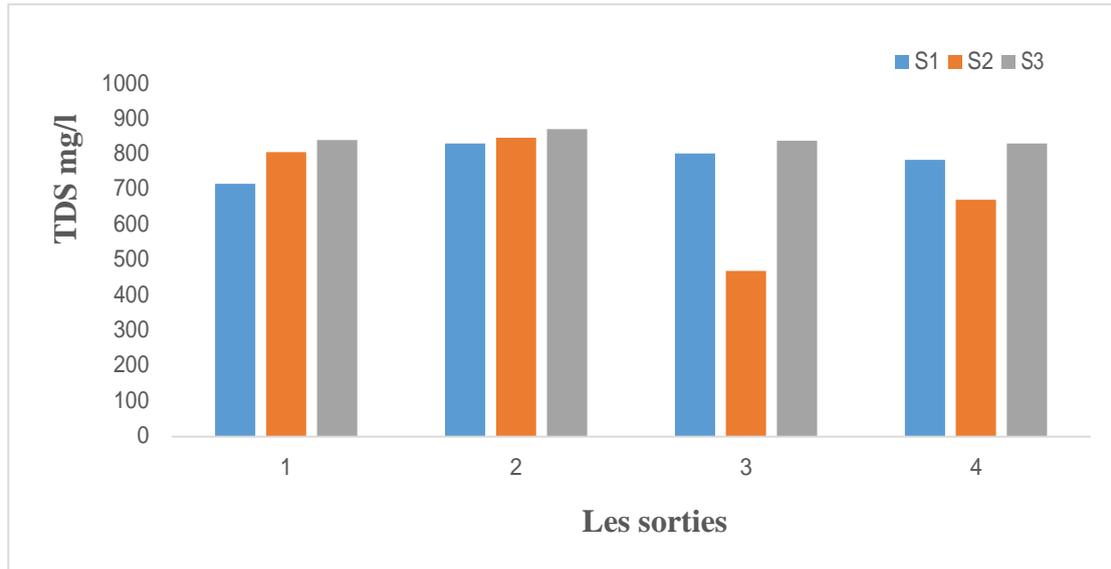


Figure28 : Variations spatio temporelles de la TDS de l'eau de surface de la Seybouse: secteur Fedjouj-Boumahra..

A travers les résultats obtenues pour ce paramètre, on constate que les eaux de surface au niveau des trois sites de prélèvement sont fortement chargées de matières solides dissoutes, la valeur minimale est enregistrée au niveau du s2 pendant la troisième sortie par contre la valeur maximale est observée dans le site s3 durant la deuxième sortie.

TDS Anova : Single Factor

SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
s1	4	3132	783	2353,33333
s2	4	2791	697,75	28840,9167
s3	4	3378	844,5	307,666667

ANOVA

Source of Variation	S	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	43447,1667	2	21723,5833	2,06878682	0,18229429	4,25649473
Within Groups	94505,75	9	10500,6389			
Total	137952,917	11				

$F < F$ critique donc on accepte l'hypothèse $H_0 : m_1 = m_2 = m_3$

I.6. Potentiel d'oxydo-réduction

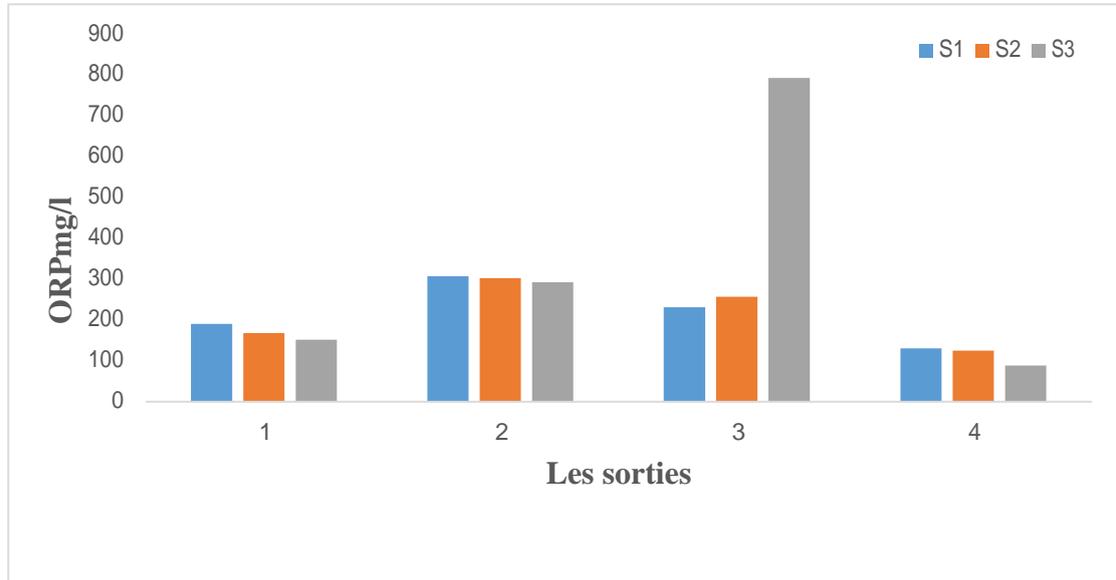


Figure29 : Variations spatiotemporelles de la concentration des ORP dans l'eau de surface de la Seybouse: secteur Fedjouj-Boumahra.

La valeur de Potentiel d'oxyde réduction sont très élevée dans la troisième sortie au niveau la station s3, par contre les valeurs sont moyen dans les trois station de sortie 2 et dans sortie 1 et 4 les valeur est diminuer ou augmenter un peu a 100mg/l.

I.7. Turbidité

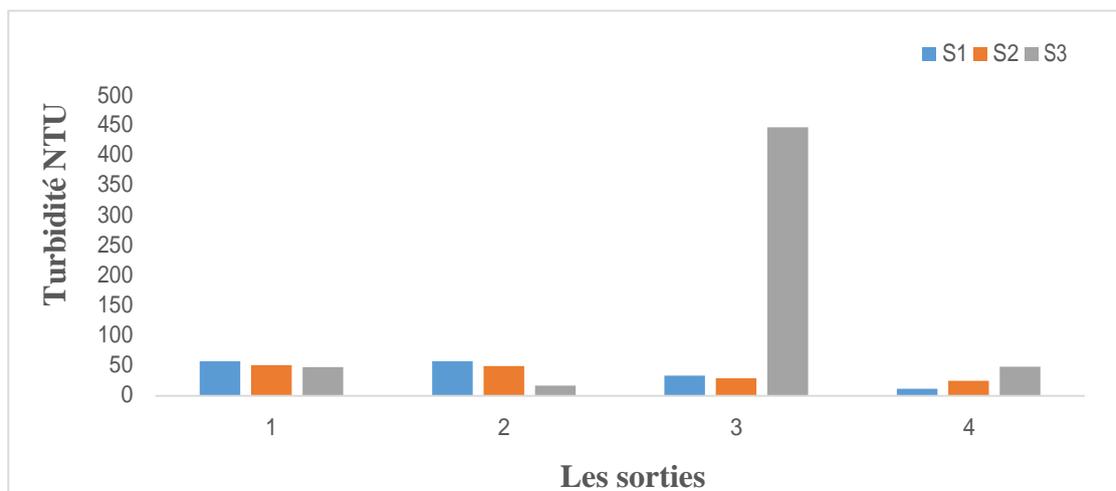


Figure30 : Variations spatio temporelles de la turbidité de l'eau de surface de la Seybouse: secteur Fedjouj-Boumahra..

A l'exception de la valeur enregistrée lors de la troisième sortie au niveau la station s3, on remarque en ce qui concerne les valeurs de la turbidité qu'elles sont proches dans le temps et dans l'espace et bien conformes aux normes internationales pour l'eau d'irrigation.

I.8. La DBO5

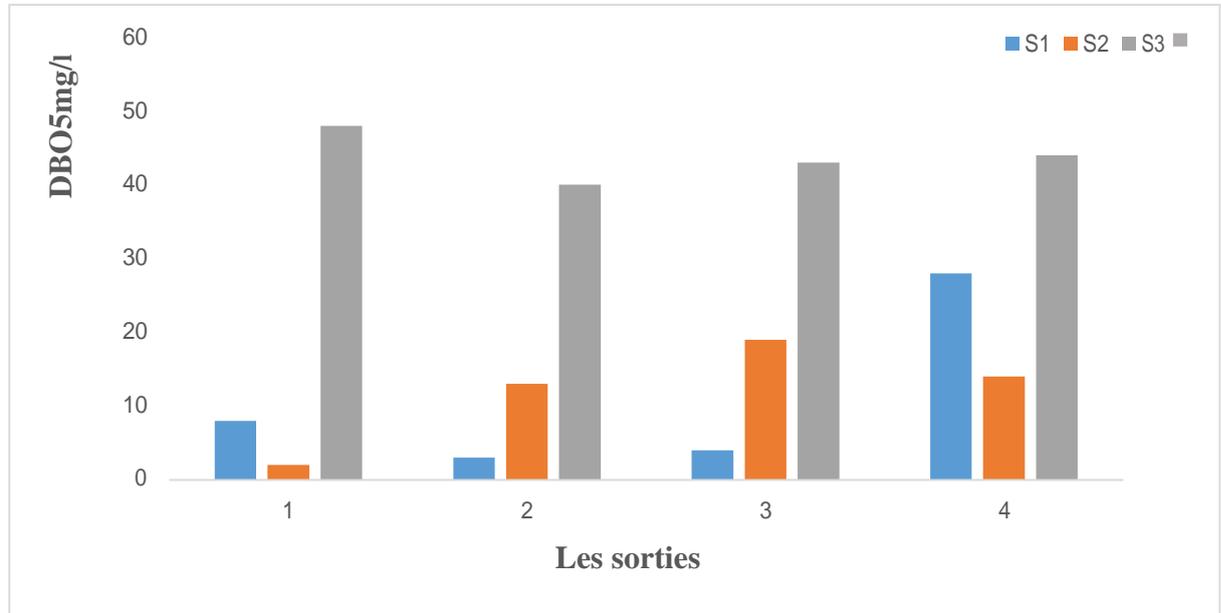


Figure 31 : Variations spatiotemporelles de la DBO₅ dans l'eau l'eau de surface de la Seybouse: secteur Fedjouj-Boumahra.

On remarque que les valeurs enregistrées pour la DBO₅ dans la station S 3 sont les plus élevées si on les compare avec le reste des valeurs enregistrées et dépassent les 50 mg/l et donc sont au delà des normes algériennes selon le Journal Officiel de la république algérienne selon les résultats sur le graphique ci-dessus.

I.9. La DCO

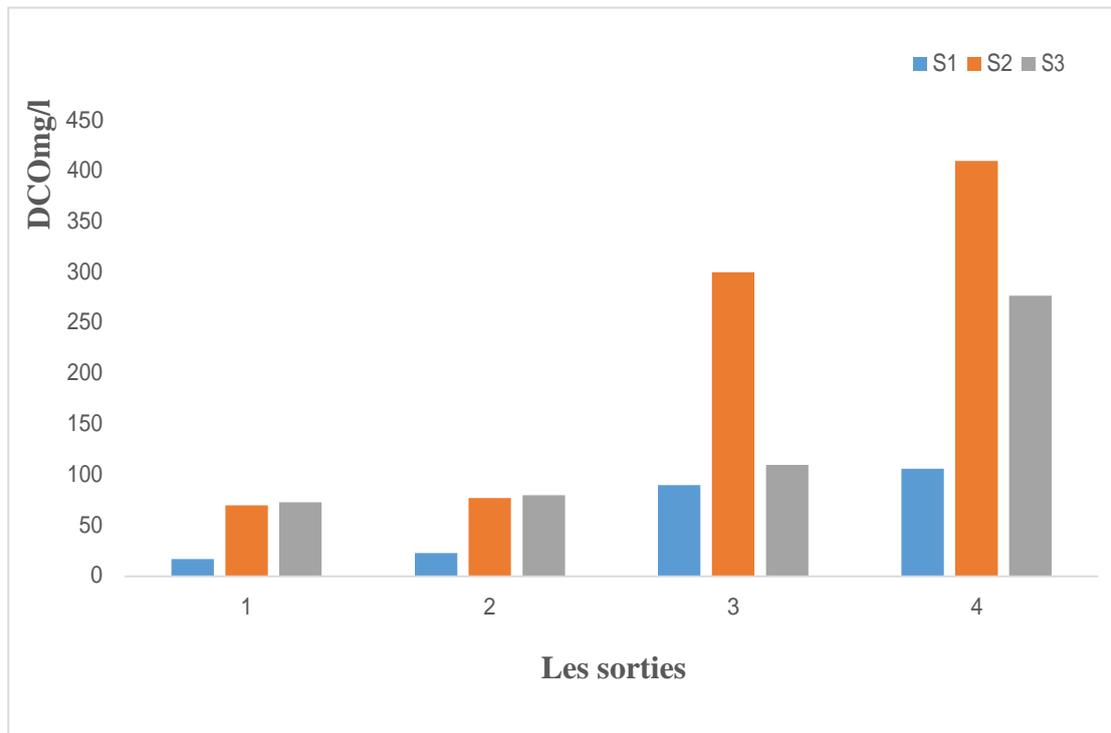


Figure32 : Variations spatiotemporelles de la DCO dans l'eau de surface de la Seybouse: secteur Fedjouj-Boumahra.

On constate que les valeurs enregistrées de DCO dépassent 100 mg/l lors de la troisième et quatrième sorties et ce dans les trois sites de prélèvement, cela indique quelque chose, et reflète la quantité très importante de rejets industriels rejetée dans l'oued durant cette période, alors que l'on note que la valeurs enregistrées lors des deux premières sorties, malgré ses différences, reste proches des valeurs des normes en vigueur en République Algérienne, qui sont de 90 mg/l.

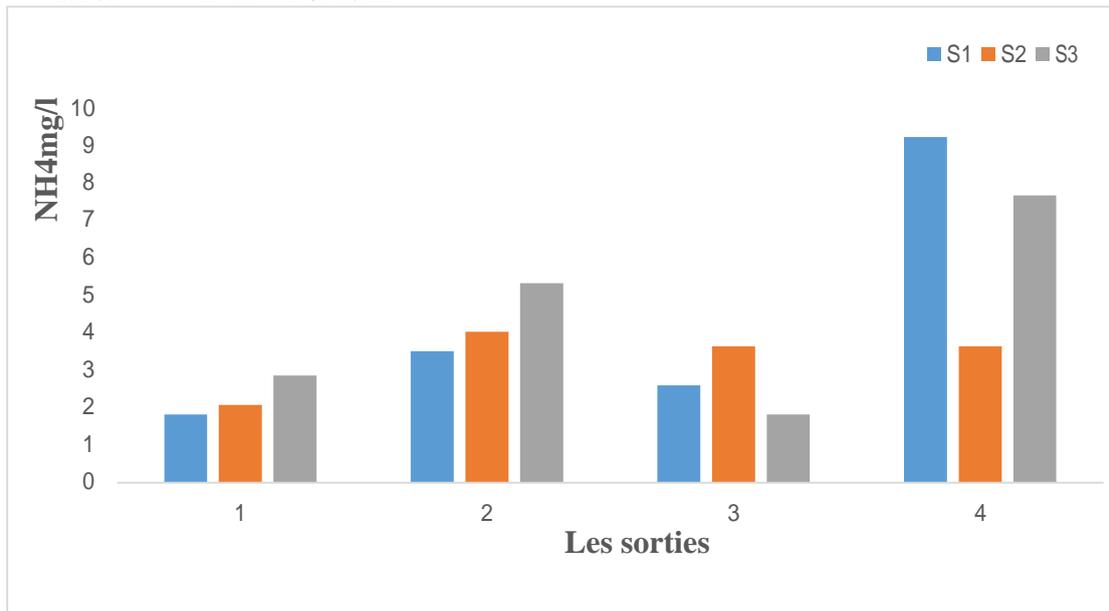
I.10. L'Ammonium

Figure33 :Variations spatiotemporelles de la concentration de l'ammonium dans l'eau de surface de la Seybouse: secteur Fedjoug-Boumahra..

Hormis les valeurs enregistrées en station 1 lors de la sortie 1 et en station 3 lors de la sortie 3, le reste des valeurs dépassait entièrement la dose de 2 mg/l selon les normes agréées par la République Algérienne. Les niveaux élevés d'azote dans les eaux de surface reflètent les activités agricoles et l'utilisation excessive d'engrais azotés dans le sous bassin de Guelma, en plus des eaux usées chargées en quantités importantes d'azote, qui se déversent directement dans l'oued, malgré la présence de la station d'épuration, qui joue un rôle important et efficace dans la réduction de la gravité de ces éléments contaminés.

I.11. Les Orthophosphates

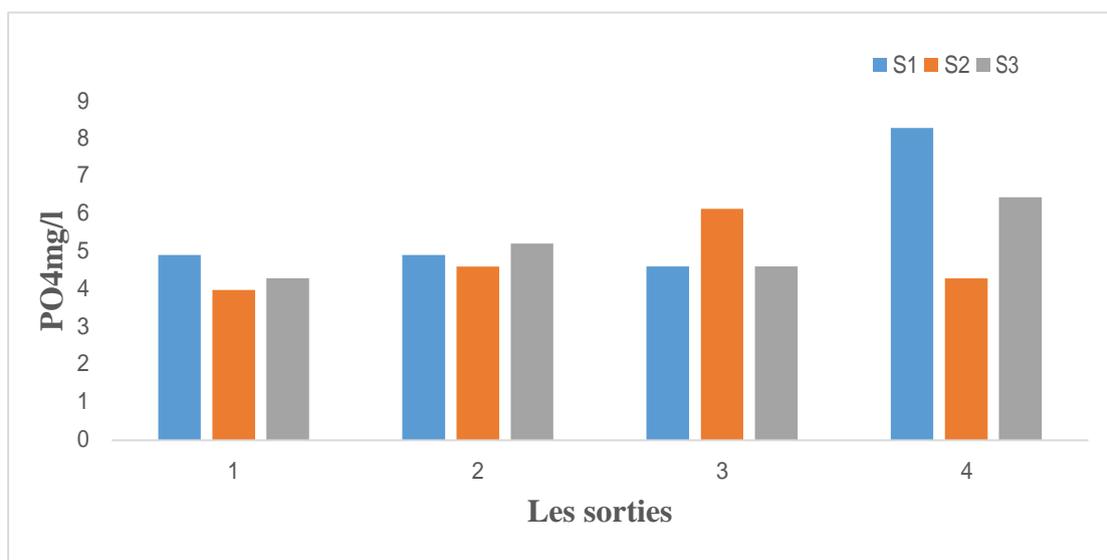


Figure 34 : Variations spatiotemporelles de la concentration des orthophosphates dans l'eau de surface de la Seybouse: secteur Fedjoug-Boumahra.

La seule valeur la plus élevée du PO₄ est enregistrée dans le site s1 en mois de mars, si non les valeurs fluctuent entre 3.5 et 6 mg/l. la norme fixée pour l'irrigation est de l'ordre de 0.94 mg/l ce qui nous laisse dire que les teneurs en PO₄ sont trop élevées et ne doivent pas être conseillées pour l'irrigation. Cette situation peut s'expliquer par l'utilisation abusive des fertilisants a base de phosphate surtout.

I.12. Nitrites

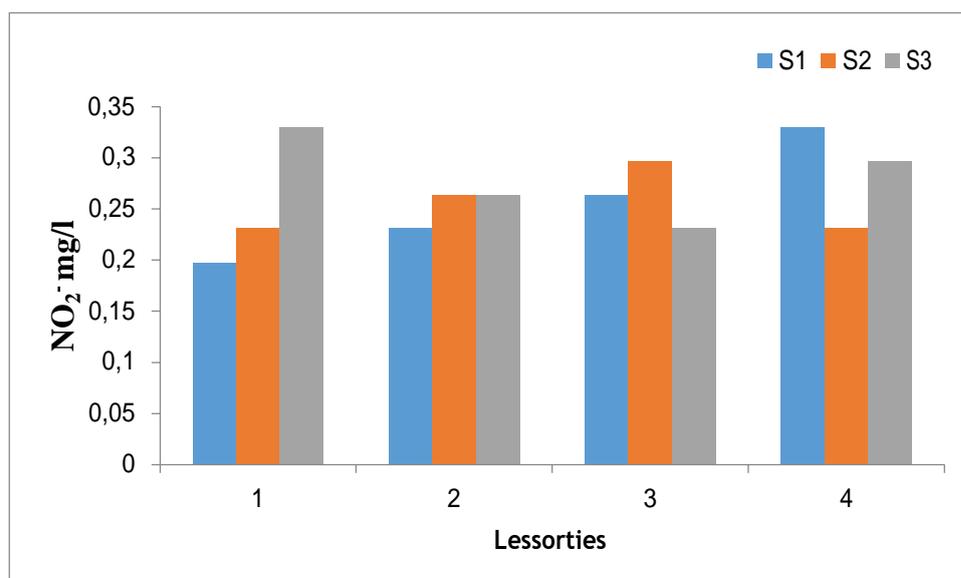


Figure35 : Variations spatiotemporelles de la concentration des nitrites dans l'eau de surface de la Seybouse: secteur Fedjoug-Boumahra.

Les valeurs obtenues pour les nitrites paraissent être assez contrastées la valeur minimale est de l'ordre de 0,1 mg/l enregistrée dans le site s1 pendant la première campagne tandis que le maximum est enregistré dans le site s3 en mois de mars. Les valeurs en nitrites sont supérieures à la norme Algérienne de 0,1 mg/l. ce qui nous laisse dire que les teneurs en NO_2^- sont trop élevées et ne doivent pas être conseillées pour l'irrigation.

I.13. sulfates

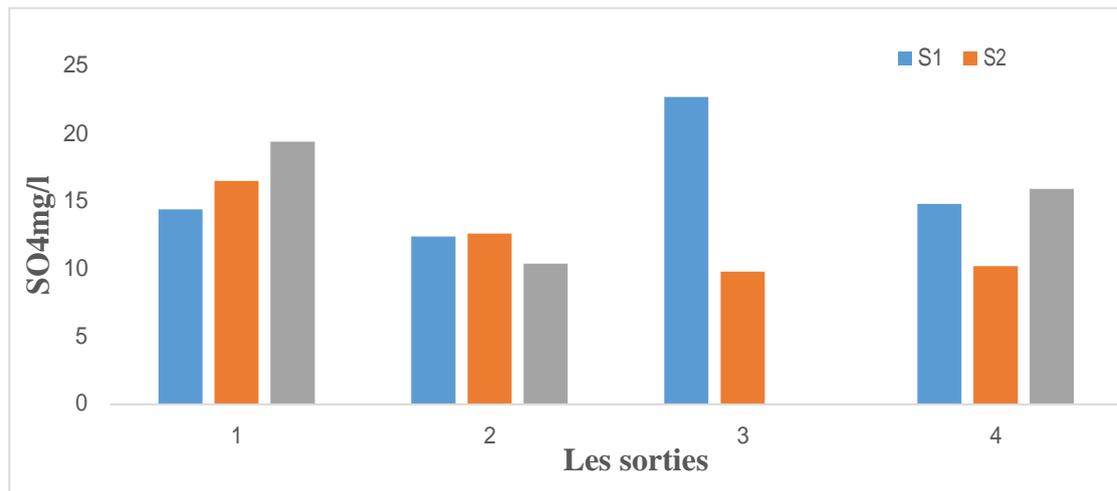


Figure36 : Variations spatiotemporelles de la concentration des sulfates dans l'eau de surface de la Seybouse: secteur Fedjouj-Boumahra.

Les valeurs obtenues pour les sulfates SO_4 paraissent être assez contrastées la valeur minimale est de l'ordre de 7.5 mg/l enregistrée dans le site s2 pendant la troisième campagne tandis que le maximum est enregistré dans le site s2 en mois de mars. En tous les cas les teneurs pris dans leur ensemble sont assez faibles et ne posent aucun problème pour l'irrigation.

I.14. Les silicates SI

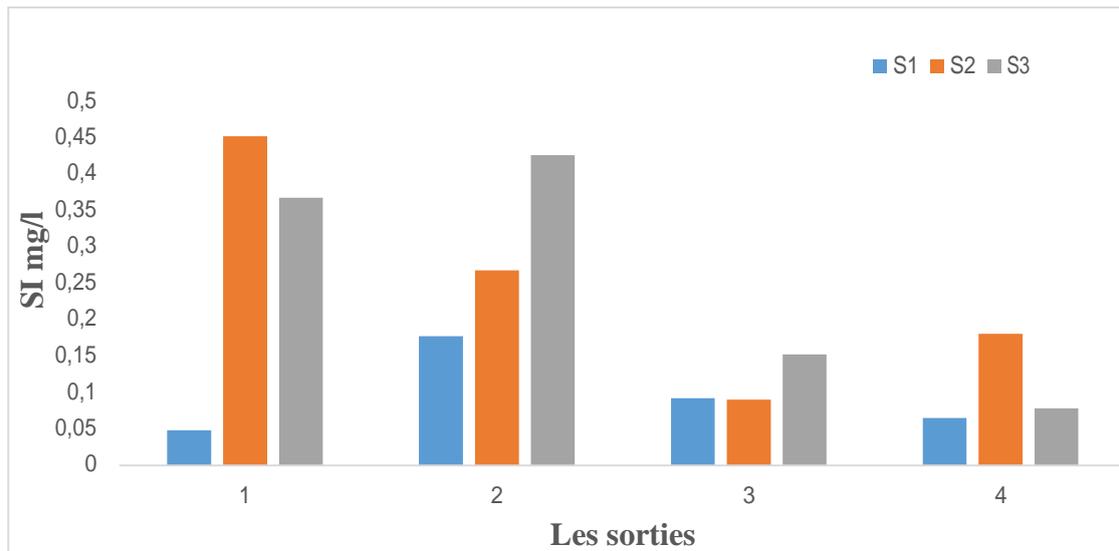


Figure37 : Variations spatiotemporelles de la concentration des SI dans l'eau de surface de la Seybouse: secteur Fedjouj-Boumahra...

d'après Hembree et al. (1952) U.S.G. Survey, les teneurs en silice dans les eaux continentales sont très variables. Elles dépendent de leurs origines géologiques, des milieux qu'elles traversent ou percolent, des sols, des phases silicatées à l'équilibre, des saisons, des climats et latitudes. Pour différents bassins versants les teneurs moyennes en H_4SiO_4 des eaux fluviales varient entre 6.1 et 11.9 ppm.

les teneurs obtenues pour ce paramètre demeurent très faibles et s'échelonnent entre 0.05 et 0.45 mg/l et ne posent aucune contrainte pour l'irrigation.

II. Les résultats des analyses bactériologiques:

Après une série des analyses bactériologiques sur les échantillons d'eau prélevée, au niveau du laboratoire de la microbiologie de l'université 8 Mai 1945 Guelma, nous avons obtenu des résultats qui sont exprimés dans les tableaux et les graphes présentant les différentes variations des paramètres indicatrices de la pollution, soit :

- Les germes totaux;
- Les coliformes totaux et fécaux;
- Les streptocoques fécaux;
- Les anaérobies sulfito-réducteurs;
- Les germes pathogènes.

II.1. Recherche et dénombrement des germes revivifiables à 37 °C

La flore mésophile aérobie totale est utilisée comme un indicateur de pollution globale. (Tabet, 2014).

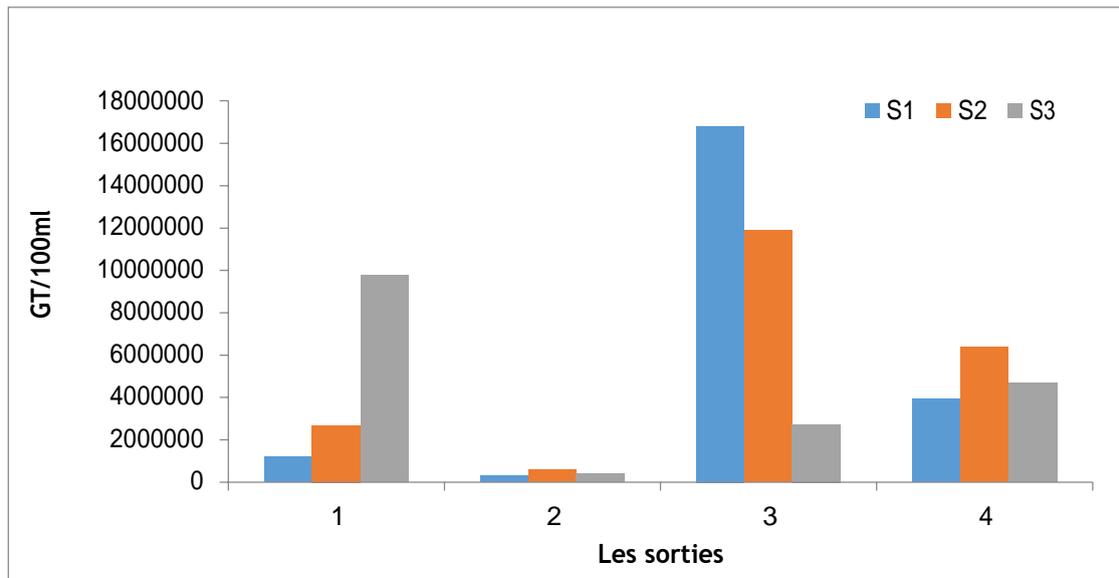


Figure38: Résultats de la recherche des germes totaux.

Les résultats nous montre que la valeur la plus élevée a été enregistrée durant la sortie 3 avec une valeur enregistrée $1,6.10^7$ CT/100ml, la valeur minimale $3,1.10^5$ CT/100ml dénombrée dans la sortie2.

Les bactéries revivifiables ne sont pas forcément d'origine fécale mais 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.

II.2. Recherche et dénombrement des germes indicateurs de contamination fécale

A. Recherche et dénombrement coliformes *totaux et fécaux*

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

La variation du nombre des bactéries dans les différents échantillons sont illustrés dans la **figure**

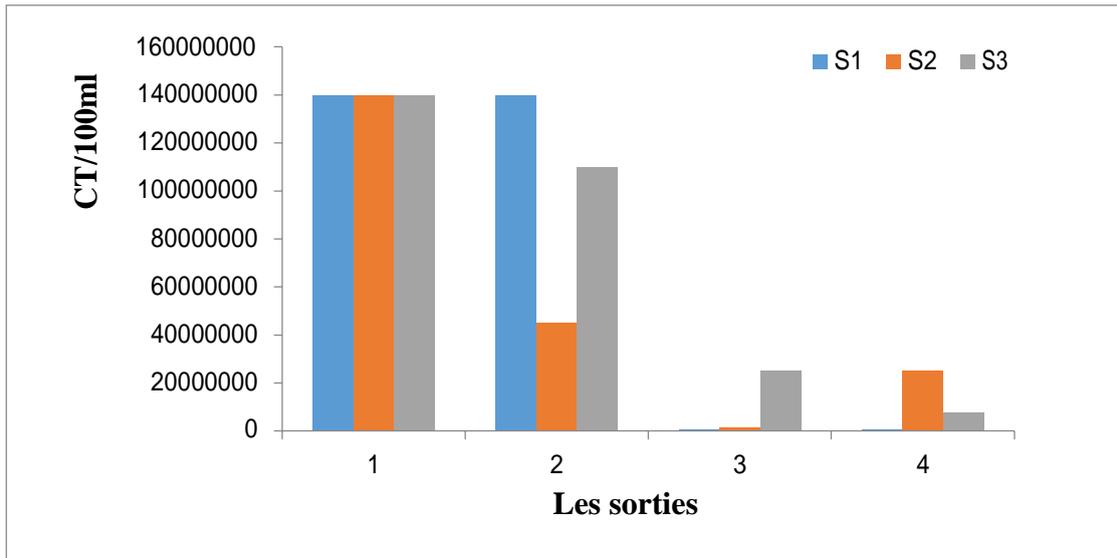


Figure39:Résultats de la recherche des *Coliforme total*.

Les résultats nous montre que la valeur la plus élevée a été enregistrée durant la sortie 1 dans les trois sites et la sortie 2 dans le site S1 et S2, avec une valeur enregistrée $1,4.10^7$ CT/100ml, et des valeur minimal a été enregistré durent la sortie 3 et 4 de 40000 CF/100ml . Ces valeurs sont élevées en comparaison avec la norme internationale pour les eaux de surfaces (>50000 CF/ml). De ce fait, la qualité de l'eau estmauvaise.

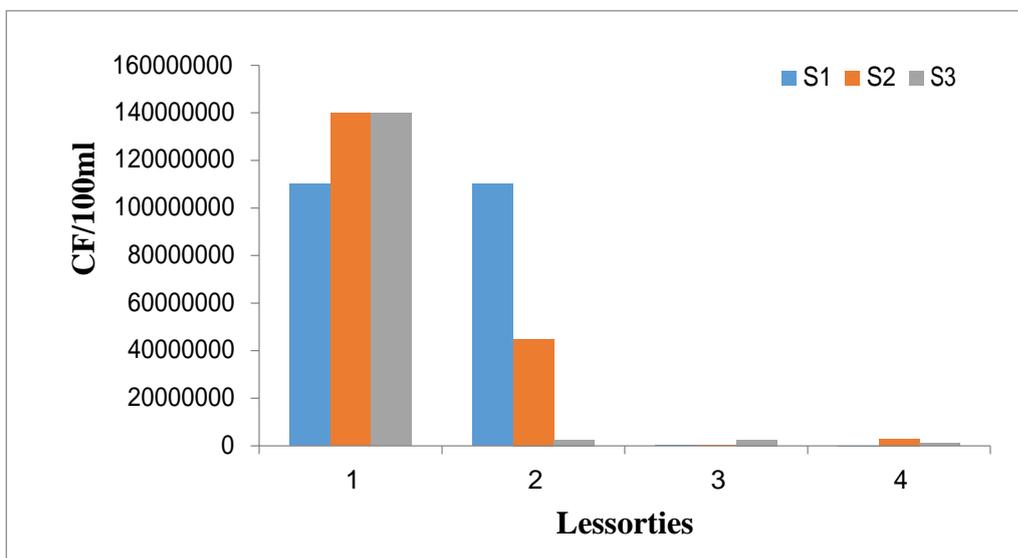


Figure40:Résultats de la recherche des *Coliforme fécal*.

Les résultats nous montre que la valeur la plus élevée a été enregistrée durant la premier sortie dans le site S1 et S2, avec une valeur enregistrée $1,4.10^7$ CF/100ml . Ces valeurs sont élevées en comparaison avec lanorme

internationale pour les eaux de surfaces (>20000 CF/ml). De ce fait, la qualité de l'eau est mauvaise.

B. Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux

Les streptocoques fécaux sont des excellents indicateurs de contamination récente par la matière fécale des animaux (Rodier, 1996).

Les résultats du dénombrement des Streptocoques fécaux et des groupes D sont présentés dans la figure

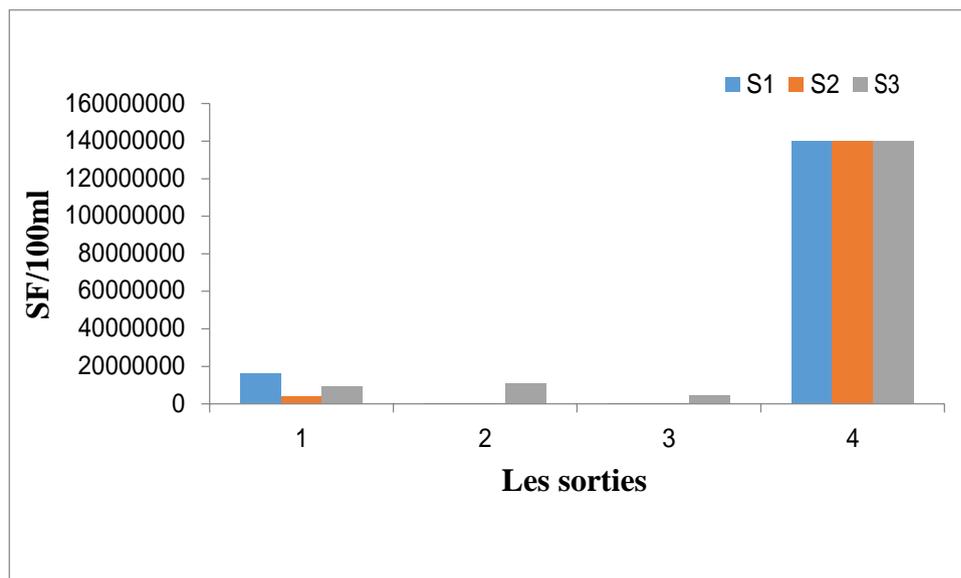


Figure41 : Résultats de la recherche des *Streptocoques fécaux*.

Les résultats nous montre que la valeur la plus élevée a été enregistrée durant la sortie 4 dans les trois sites avec une valeur enregistrée $1,4 \cdot 10^7$ SF/100ml . Ces valeurs sont élevées en comparaison avec la norme internationale pour les eaux de surfaces (>10000 SF/ml). De ce fait, la qualité de l'eau est mauvaise.

C. Recherche et dénombrement des spores Anaérobies sulfito- réducteurs

Ces germes sont souvent considérés comme des témoins de pollution fécale. La forme spore, beaucoup plus résistante que les formes végétatives des coliformes fécaux et des streptocoques fécaux, permettent ainsi de détecter une pollution fécale ancienne ou intermittente (Rodier, 2009).

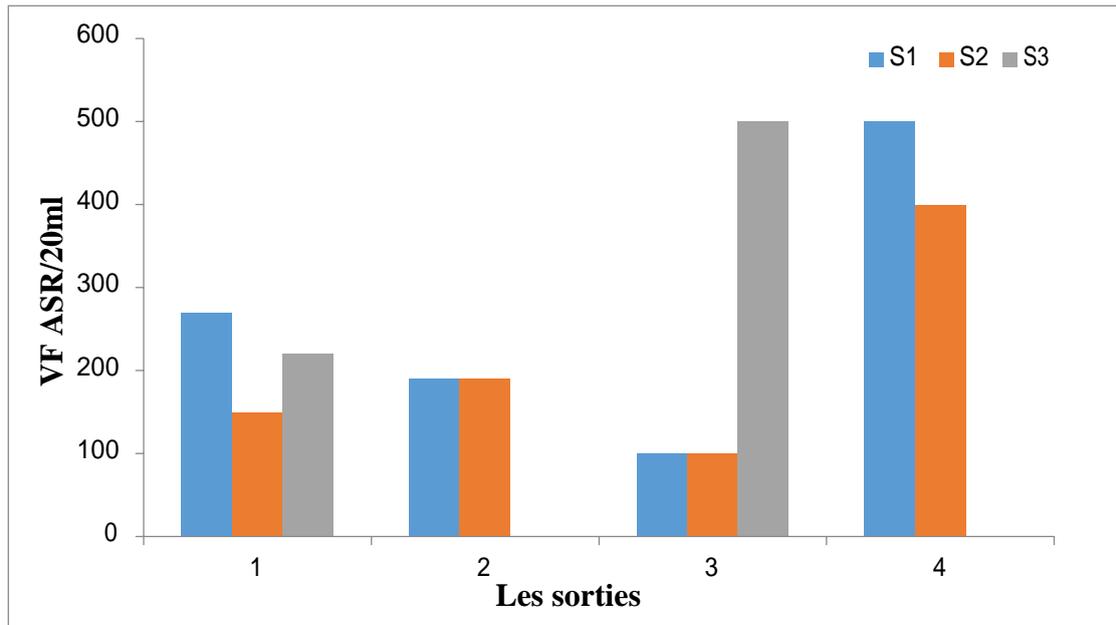


Figure 42: Résultats de la recherche des *Anaérobies sulfito-réducteurs* (ASR).

Les résultats des ASR dans les 3 stations sont représentés dans la **figure** qui montre une poussée importante de ce type de bactérie et ceci avec les 4 échantillons. Ce résultat peut être expliqué par une forte charge en contaminants d'origines fécales et aussi une persistance de la présence de ces bactéries dans tous les échantillons.

La présence des ASR indique la présence de sulfite de fer, qui provoque l'apparition des mauvaises odeurs (**Rodier, 2005**).

II.3. Recherche des germes pathogènes

A. Recherche des Staphylocoques

D'après les résultats obtenus, on observe une présence de ces germes dans les trois échantillons de l'eau étudiées

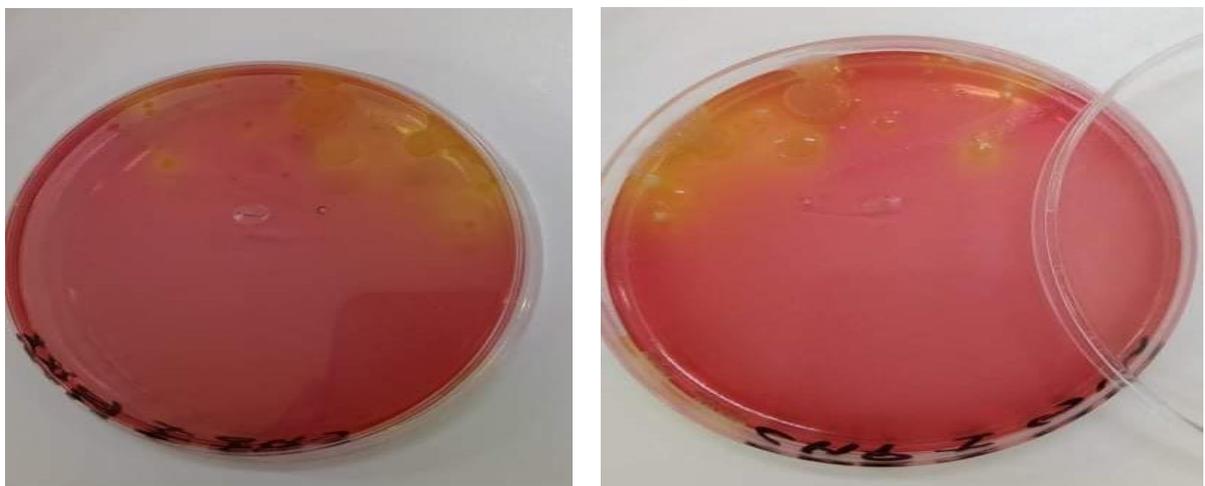


Figure43 : Résultats de la recherche des Staphylocoques

La présence des staphylocoques est due à leur présence dans les eaux usées (déchets humains, déchets urbains, salive, crachat et sécrétions nasales etc...) (Marc, 1997). La présence des staphylocoques est un signe du risque sanitaire pour l'amendement des boues (Jacob et al., 2002), la présence de ces bactéries nous donne une idée importante sur l'efficacité du traitement.

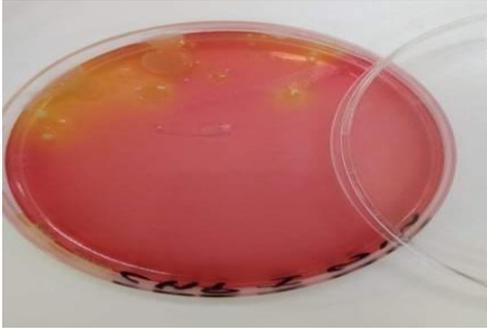
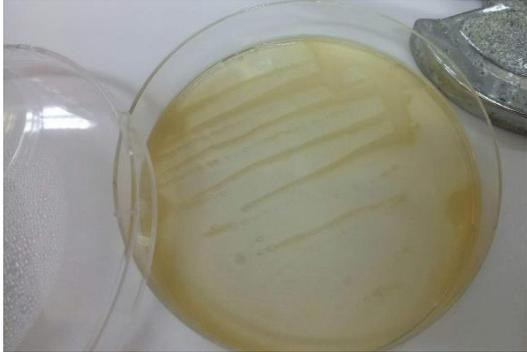
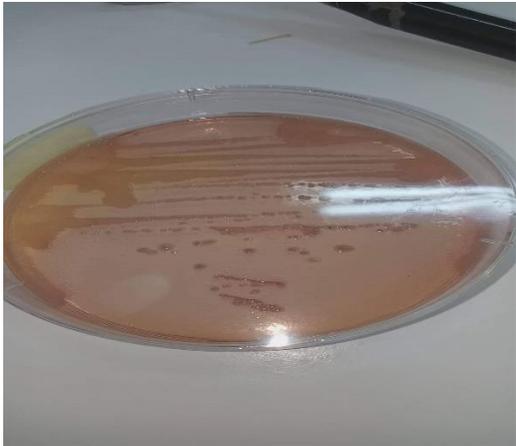
B. Recherche des Entérobactéries

La recherche des entérobactéries a montré l'incroyable présence des Salmonelles, des Shigelles et des Vibrio dans nos échantillons, identifiés par l'utilisation des galeries biochimiques Api 20 E et Api 20 NE, présentés dans les figures Fig..

III. Identification des bactéries isolées

Deux étapes primordiales ont été suivies pour l'identification des germes pathogènes isolés, l'observation macroscopique et microscopique des colonies isolées suivie d'une identification biochimique par l'utilisation des API systèmes et autres tests.

Tableau 5: Résultats des observations macroscopiques

Aspect macroscopiques	
Milieu de culture	Caractéristiques
<p>Chapman</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Colonies : petites jaunes, muqueuses, bords irréguliers, opaques. - Colonies : grandes, blanches, ronde, bombées, réguliers, opaques.
<p>GNAB</p> 	<p>Colonies : petites, incolores, circulaires, bombées, lisses, transparentes</p>
<p>SS</p> 	<p>Colonies : moyennes, petites, marrons, bombées, rondes, irrégulières, lisses opaques.</p>

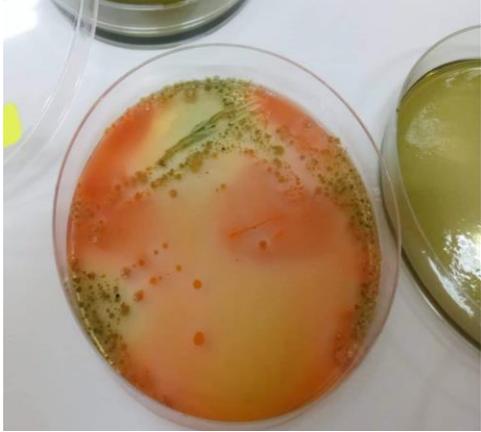
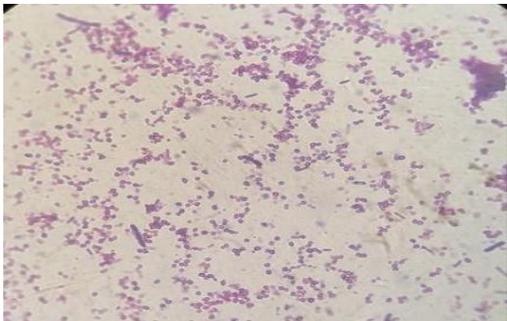
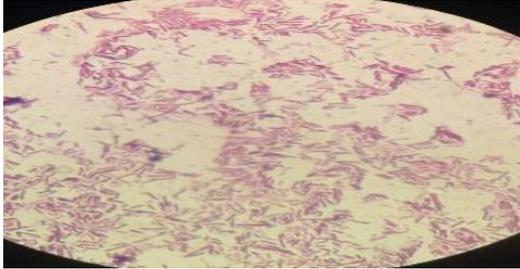
<p>Hectoen</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Colonies : petites, vertes, circulaires, bombées, lisses, opaques. - Colonies petites, orangé, irrégulières, bombées, lisses, opaques.
--	---

Tableau 6: Observations microscopiques et les tests complémentaire

Milieu de culture	Examen microscopique	Oxydase	Catalase
Chapman	<p>Cocci gram (+)</p> 	-	+
GNAB	<p>Bacille gram (-)</p> 	-	+

SS	Bacille gram (-) 	-	-
Hectoen	Coccobacille gram (-) 	-	-

✓ **Identifications biochimiques des espèces isolées**

Identifications biochimiques des espèces isolées L'utilisation des galeries biochimiques Api 20E, Api 20NE, Api Staph nous a permis d'identifier les germes pathogènes annoncées dans les figures suivantes :

Milieu de culture	Api système	Espèce a identifiée
Chapman	API Staph	<i>Staphylococcus capitis</i>



Figure 44: Profil biochimique de l'espèce *Staphylococcus capitis*

Milieu de culture	Api système	Espèce a identifiée
GNAB	Api 20NE	<i>Pasteurella spp</i>



Figure 45: Profil biochimique de l'espèce *Pasteurellasp*

Milieu de culture	Api système	Espèce a identifiée
SS	20 ^E	<i>Salmonella Spp</i>



Figure 46 : Profil biochimique de l'espèce *Salmonella Spp*

Milieu de culture	Api système	Espèce a identifiée
Hectoen	20E	<i>Serratia liquefaciens</i>



Figure 47: Profil biochimique de l'espèce *Serratia liquefaciens*

A partir de l'ensemble des résultats d'identification biochimiques, il ressort une diversité bactérienne présente dans les 3 échantillons, avec une majorité de germes pathogènes dans le site d'oued qui on utiliser dans l' irrigation . Ceci témoigne d'une faible efficacité du procédé de traitement dans l'élimination de ces germes.

Conclusion générale

Conclusion Générale

Pour conclure ce travail, il convient de rappeler que surface de la seybose-secteur fdjoudj-boumahra est une ressource hydrique importante en matière d'approvisionnement en eau d'irrigation.

Les résultats obtenus au sujet de la qualité des eaux de ce cours d'eau durant la période d'étude, révèle les constatations suivantes :

Le pH de l'eau de la surface de saybose secteur fdjoudje- boumahra est de moyenne 7.55, elles demeurent dans la plage de variation admissible pour l'irrigation et la vie aquatique

La conductivité électrique de l'eau de la surface de seybosesecteur:fdjoudj-boumahra est très faible 1550 μ s.cm-1 en moyenne. En dessous de la norme algérienne décrite pour l'irrigation.

L'oxygène dissous de l'eau de surface de la seybosesecteurfdjoudj- boumahra est faible, 5,21mg. L-1 en moyenne et reste toujours en dessous de la norme Algérienne, reflétant la forte charge organique.

- Les valeurs de la DBO5 de l'eau de surface de la seyboise-secteur fdjoudj-boumahra est supérieure de la norme Algérienne
- Les valeurs de la DCO sont toutes supérieures à la norme locale avec une moyenne de 163.6 mg. L-1.
- Les nitrites se retrouvent dans les eaux de surface de la seybose:secteur fdjoudj-boumahra une moyenne de 0.026 mg.L-1 inférieures à la norme Algérienne. Leur origine est attribuée à la présence des matières fertilisantes excessives des zones agricoles.
- La présence de orthophosphates (5.19 mg. L-1 en moyenne) dans la zone d'étude à une moyenne supérieure à la norme en vigueur ce qui nous laisse dire que les teneurs en PO4 sont trop élevées et ne doivent pas être conseillées pour l'irrigation. Cette situation peut s'expliquer par l'utilisation abusive des fertilisants à base de phosphate surtout.

Conclusion Générale

- L'évolution de l'ammonium au niveau des eaux peut avoir comme origine de la matière végétale ainsi que la matière organique animale. La concentration moyenne de 4.01 mg.L-1 reste supérieure la norme Algérienne 2mg/l

De point de vue bactériologique, les eaux analysées, présentent des concentrations élevées en germes de contamination fécale dans tous les points de prélèvement sans exception, ce qui constitue sans doute une menace pour les habitants qui tirent l'eau nécessaire à la majeure partie de leurs besoins (irrigation) à partir de l'eau de ce cours d'eau.

Les analyses microbiologiques ont révélé une présence des germes pathogènes et des germes de contamination fécale. Le danger de la pollution bactériologique constitue sans aucun doute une menace pour les habitants qui puisent l'eau nécessaire à leurs besoins à partir de ces ouvrages (irrigation).

Et enfin, pour éviter tous les risques sanitaires lors de la consommation de ces eaux et pour une meilleure maîtrise de cette pollution, il serait judicieux d'entreprendre les démarches suivantes:

- ✓ Sensibiliser les agriculteurs pour régulariser les apports en engrais et fertilisants chimiques ainsi que la sensibilisation des consommateurs aux risques liés aux eaux polluées et leur impact sur la santé humaine.
- ✓ Renforcer le plateau technique des laboratoires pour assurer un contrôle régulier des eaux de surface de la Seybouse - secteur fdjoudj-boumahra.
- ✓ Implanter des affichages et des panneaux publicitaires sur la protection de l'eau contre la pollution.
- ✓ Adopter une véritable politique de développement durable et un système d'aménagement de l'environnement.
- ✓ Réaliser des études complémentaires concernant le transfert des polluants vers les plantes pour optimiser les pratiques culturales et diminuer les doses aux champs.
- ✓ Appliquer les tests législatifs et réglementaires rigoureux.
- ✓ Mettre en place une station d'épuration à proximité de surface de la Seybouse : secteur fdjoudj-boumahra.

Références bibliographique

Références Bibliographiques

📖 Abouelouafa M., El Halouani H., Kharboua M., Berrichi A., (2002). Caractérisation physico-chimique et bactériologique des eaux usées brutes de la ville d'Oujda : canal principal et oued bounaïm, acte édition, rabat, vol 22 (23), 143-150.

📖 Aissaoui M., Benhamza M. et Guettaf M. 2017. Caractéristiques hydro chimiques des eaux de l'oued Seybouse - Cas de la région de Guelma (Nord est Algérien). Revue des Sciences et de la Technologie .35 (1).178-186 p.

📖 Aouissi A., (2010). Microbiologie et physico-chimie de l'eau des puits et des sources de la région de Guelma (nord-est de l'Algérie). Présenté en vue de l'obtention du diplôme de magister. Université 8 mai de Guelma, Algérie.164p.

📖 Asano T. (1998), Wastewater reclamation and reuse. Water quality management library, 1475 pages.

📖 Belaid . 2010. Evaluation des impacts de l'irrigation par les eaux usées traitées sur les plantes et les sols du périmètre irrigué d'El Hajeb-Sfax: salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques, 5-26p.

📖 Benabda H.et Seridi H . 2010. Contribution à l'étude de la qualité physico chimique et bacteriologique de l'eau d'un écosysteme artificiele :cas du barrage Zit Emba (W. Skikda).Mémoire de Master. Université 8 Mai 1945, Guelma. 3 p.

📖 Bengherbia A., Hamaidi F., Zahraoui R., Hamaidi M. et Megateli S. 2014. Impact des rejets des eaux usées sur la qualité physicochimiques et bactériologique de l'oued Beni Aza (Blida, Algérie). Lebanese Science Journal 15 (2): 13 p.

📖 Benyahia H. et Stiti H. 2017. Contribution à l'étude de la qualité de l'eau d'Oued Seybouse (Guelma). Mémoire de Master. Université 8 mai 1945, Guelma. 63p.

📖 Bouhenni Z.,Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux d'irrigation de l'Oued Djendjen (Jijel).Mémoire de Master. Université Med-Seddik Benyahia- Jijel.p3-6.

📖 Boumaza L. 2017. Impact de la pollution urbaine sur la qualité de l'eau d'irrigation dans le Haut Cheliff.Mémoire de Master. Université Djilali Bounaama, Khemis Miliana. p 6.

Références Bibliographiques

☞ Calvet R., Barruiso E., Bedos C., Benoit P., Charnay M., Coquet Y. 2005. Les pesticides dans le sol, conséquences agronomiques et environnementales, Edition France Agricole, 637p.

☞ Carbonnelle D. Kouyoumdjian S., (1988). Bactériologie médicale techniques usuelles.

☞ Couture I. 2006. Analyse d'eau pour fin d'irrigation MAPAQ. Montérégie-Est AGRI- VISION 2003-2004, 8p.

☞ Chaibania S. 2009. Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux de surface et souterraine de la région de Ain Makhoulouf (Wilaya de Guelma). Mémoire de Master. Université 8 Mai 1945, Guelma. 8 p.

☞ Djehaichia R. et Chebata B. 2020. Suivi de fonctionnement de la station d'épuration de la ville de Guelma. Mémoire de Master. Université 8 Mai 1945, Guelma. 3 p.

☞ Freney J., Renaud F., Hansen W., Bollet C., (2000). Bactériologie clinique. ESKA. Paris. 1692 p.

☞ Grosclaude G. 1999. L'eau usages et polluants, Tome I. Ed : INRA, Paris, 204p.

☞ Guezlane T.N., Kahlouche B., Athmani G.S., (2008). Microbiologie : travaux pratiques. Office des publications universitaire. Alger. 144 p.

☞ Hadeff D. et Hasni M. 2017. Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de l'Oued de Boutane région de Khemis-Miliana -Ain Defla. Mémoire de Master, université Djilali Bounaâma, Khemis Miliana. 84 p.

☞ Hochmuth, Maynard. 1997. Knott's Handbook for Vegetable growers. 1997. p. 582p.

☞ Labres E. 2002. Cours national d'hygiène et de microbiologie des aliments. Institut Pasteur. 34 p.

☞ Leyral G., Joffin J. N., (1998). Microbiologie technique. Centre régional de documentation pédagogique (CRPD) d'aquitaine, 2ème édition. 249-297.

Méd. Mal. Inf. 251 p.

Références Bibliographiques

☞ Massaoudi I. et Bichrech S. 2006. La consommation des eaux par les métaux cas de chott ain baida de la région d'Ouargla. Mémoire Ing. Université d'Ouargla. 3 p.

☞ Mouchara N. 2009. Impacts des lâchées de barrage hammam debagh sur la qualité des eaux de la vallée de la Seybouse dans sa partie amont (Nord-est Algérien). Mémoire de Master. Université Badji Mokhtar, Annaba. 8-45 p.

☞ Nadia S. 2012. méthode d'irrigation en milieu aride projet d'eau.

☞ Navoun S., (2005). Thermorésistance de trois sérotypes de salmonella dans l'œuf et les gésiers de poulets. Université Cocody d'Abidjan. 87p.

☞ OMS (2006), WHO guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater, volume II, Wastewater use in agriculture, p 222.

☞ Rejesk F., (2002). « Analyse des eaux ; aspects réglementaires et techniques » ; centre régional de documentaires techniques pédagogique d'Aquitaine (CRDP). Bordeaux. 358p.

☞ Reggam A., Bouchelaghem H. et Houhamdi M. 2015. Qualité Physico-Chimique des Eaux de l'Oued Seybouse (Nord-Est de l'Algérie): Caractérisation et Analyse en Composantes Principales. Journal of Materials and Environmental Science. 1417-1425 p.

☞ 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, Guelma. 174 p.

☞ Rodier J. 1984. L'analyse de l'eau. 7^e éd. Dunod. 1356 p.

☞ Rodier J. 2016. L'analyse de l'eau. 10^e éd. Dunod. 1824 p.

☞ Rodier J., Legube B., Merlet N. et Brunet R. 2009. L'analyse de l'eau - 9^e éd.: Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 9^e éd. Dunod. 1579 p.

☞ Pechère J. C., Acar J., Grenier B., Nihoul E., (1982). Reconnaître, comprendre et traiter les infections. 4^e édition. Edisem St-Hyacinthe. Québec. 509p.

Références Bibliographiques

📖 Peasey A., Blumenthal U., Mara D. et Ruiz-Palacios G. 2000. A review of policy and standards for wastewater reuse in agriculture: a Latin American perspective. WELL Study, <http://www.iboro.ac.uk/well/>.

📖 Sheikh B., Cooper R.C. et Israel K.E. 1999. Hygienic evaluation of reclaimed water used to irrigate food crops – a case study. *Water Science and Technology*, 40 (4-5) : 261-267.

📖 Terbeche M. 2006. Tendances de la contamination bactériologique et métallique chez la crevette rouge *Aristeus antennatus* (Risso, 1816) exploitée dans la baie d'Oran. Mémoire de Magister. Université ES SENIA, Oran. 162 p.

📖 Terchi S. 2014. Etude de l'impact de la qualité des eaux d'irrigation sur la fertilité du sol, la plante et le rendement des systèmes d'irrigation. Mémoire de Master. Ecole nationale supérieure d'hydraulique -Arbaoui Abdellah.

Sites web

[1] <https://wikiwater.fr/E52-Les-techniques-d-irrigation-simples-et-efficaces> consulté le 07/05/2022.

[2] <https://irrigazette.com/fr/articles/les-techniques-dirrigation-agricole> consulté le 09/05/2022.

[3] http://www.eau-tensift.net/fileadmin/user_files/pdf/publications/3_Irrigation consulté le 10/05/2022.

Annexes

ANNEXE I

1. Les milieux liquides

Tableau 1 : composition de Milieu BCPL (Bouillon lactosé au pourpre de Bromocrésol)

Composition	g/S/C	g/ID/C
Peptone	5,0	10,0
Extrait de viande	3,0	6,0
Lactose	5,0	10,0
Bromocrésol pourpre	0,025	0,50
Eau distillée	1L	1L

Tableau 2 : composition de Milieu ROTHE S/C

Composition	g/l
Peptone	20,0
Glucose	5,0
Acide de sodium	0,20
Chlorure de sodium	5,0
Phosphate bi potassique	2,70
Phosphate mono potassique	2,70
Eau distillée	1L
pH : 6.8 à 7	

Annexes

Phosphate bi potassique	2,70
Azothvate de sodium	0,30
Ethyle- vliote	5,0
Eau distillée	1L
pH : 7	

Tableau 4 : composition d'eau peptonée exempte d'indole

Composition	g/l
Peptone exempte d'indole	10,0
Composition	g/l
Peptone exempte d'indole	10,0
Chlorure de soduim	5,0
pH : 7.2	

Tableau 5 : composition de Sélénite cystéine (SFB)

Composition	g/l
Tryptone	5,0
Lactose	4,0
Sélénite acide de sodium	4,0
Phosphate disodique	10,0
L-cystine	0,01
pH : 7	

Annexes

1. Les milieux solides(gélosés)

Tableau 6 : composition de Gélose Salmonella-Shigella (SS).

Composition	g/l
Peptone pancréatique de caséine	10,0
Lactose	10,0
Sels biliaires	6,0
Extrait de viande	5,0
Citrate de sodium	8,5
Citrate de ferammoniacal	1,0
Thiosulfate de sodium	8,5
Rouge neuter	0,0025
Vert brillant	0,00033
Eau distillée sterile	1L

Tableau 7 : composition de gélose Chapman au Mannitol.

Composition	g/l
Tryptone	5,0
Peptone de viande	5,0
Extrait de viande	1,0
Mannitol	10,0
Chlorure de sodium	75,0
Rouge de phénol	0,025
Agar bactériologique	15,0
Eau distillée	1L
pH :7,4	

Annexes

Tableau 8 : composition de TGEA (gélose numération : gélostryptone- glucose- Extrait de levure).

Composition	g/l
Tryptone	5,0
Glucose	1,0
Extrait de levure	25,0
Gélose	15,0
Eau distillée	1L
pH : 7	

Tableau 9 : composition de Gélose Hektoen.

Composition	g/l
Peptone pepsique de viande	12,0
Extrait autolytique de levure	3,0
Lactose	12,0
Saccharose	12,0
Salicine	2,0
Sels biliaires	9,0
Chlorure de sodium	5,0
Thiosulfate de sodium	5,0

ANNEXE II

Tests	Composants	QTE (mg/cup.)	Réactifs / Enzymes	Résultats	
				Négatif	Positif
ONPG	2-nitrophényl-β-D-galactopyranoside	0,223	β-galactosidase (Ortho-NitroPhényl-β-D-Galactopyranosidase)	incolore	jaune
ADH	L-arginine	1,9	Arginine Dihydrolase	Jaune	rouge / orangé
LDC	L-lysine	1,9	Lysine Décarboxylase	Jaune	rouge / orangé
ODC	L-ornithine	1,9	Ornithine Décarboxylase	Jaune	rouge / orangé
CIT	trisodium citrate	0,756	utilisation du Citrate	vert pâle / jaune	bleu-vert / bleu
H₂S	sodium thiosulfate	0,075	production d'H ₂ S	incolore / grisâtre	dépôt noir / fin liseré
URE	Urée	0,76	Uréase	Jaune	rouge / orangé
TDA	L-tryptophane	0,38	Tryptophane Désaminase	TDA / immédiat	
				Jaune	marron- rougeâtre
IND	L-tryptophane	0,19	production d'Indole	JAMES / immédiat	
				incolore vert pâle /jaune	rose
VP	sodium pyruvate	1,9	production d'acétoïne (VogesProskauer)	VP 1 + VP 2 / 10 min	
				incolore / rose pâle	rose / rouge
GEL	Gélatine (origine bovine)	0,6	Gélatinase (Gelatine)	non diffusion	diffusiondu pigmentnoir
GLU	D-glucose	1,9	Fermentation oxydation(Glucose)	bleu / bleu-vert	jaune / jaune gris
MAN	D-mannitol	1,9	fermentation / oxydation (Mannitol)	bleu / bleu-vert	jaune
INO	Inositol	1,9	fermentation / oxydation (Inositol)	bleu / bleu-vert	jaune
SOR	D-sorbitol	1,9	fermentation / oxydation (Sorbitol)	bleu / bleu-vert	jaune
RHA	L-rhamnose	1,9	fermentation / oxydation (Rhamnose)	bleu / bleu-vert	jaune
SAC	D-saccharose	1,9	fermentation / oxydation (Saccharose)	bleu / bleu-vert	jaune
MEL	D-melibiose	1,9	fermentation / oxydation (Melibiose)	bleu / bleu-vert	jaune
AMY	amygdaline	0,57	fermentation / oxydation (Amygdaline)	bleu / bleu-vert	jaune
ARA	L-arabinose	1,9	fermentation / oxydation (Arabinose)	bleu / bleu-vert	jaune
OX	(voir notice du test oxydase)		cytochrome-Oxydase	(voir notice du test oxydase)	

Tableau 10 : Lecture de l'API 20E

Annexes

Tests	Substrat	Enzymes/Réactions	Résultats	
			Négatif	Positif
NO₃	Nitrate de potassium	Réduction des nitrates en nitrites	NIT 1 + NIT 2 / 5 mn	
			Incolore	Rose-rouge
		Réduction des nitrates en azote	ZN / 5 mn	
			Rose	Incolore
TRP	Tryptophane	Formation d'indole	TRP / 3-5 mn	
			Incolore	Goutte rouge
GLU	Glucose Fermentation	Fermentation	Bleu à vert	Jaune
ADH	Arginine	Arginine dihydrolase	Jaune	Orange/rose/Rouge
URE	Urée	Uréase	Jaune	Orange/rose/Rouge
ESC	Esculine	Hydrolyse	Jaune	Gris/marron/Noir
GEL	Gélatine	Hydrolyse	Pas de diffusion du Pigment	Diffusion du pigment noir
PNPG	p-nitro-phényl-β-D-galactopyranoside	β-galactosidase	Incolore	Jaune
GLU	Glucose	Assimilation	Transparence	Trouble
ARA	Arabinose			
MNE	Mannose			
MAN	Mannitol			
NAG	N-acétylglucosamine			
MAL	Maltose			
GNT	Gluconate			
CAP	Caprate			
ADI	Adipate			
MLT	Malate			
CIT	Citrate			
PAC	Phényl-acétate			
OX	Tetraméthyl-p-phenylène diamine			

Tableau 11: Lecture de l'API NE

Annexes

Paramètre	Très bonne	Bonne	passable	Mauvaise	Très mauvaise
Température	< 20	20 - 21,5	21,5 - 25	25-28	> 28
pH	< 8	8 – 8,5	8,5 - 9	9 - 9,5	> 9,5
MES	< 25	25 - 50	50 - 100	100-150	>150
DBO₅	< 3	3 - 6	6 - 10	10-25	>25
DCO	< 20	20 - 30	30 - 40	40-80	> 80
NH₄⁺	< 0,5	0,5 - 1,5	1,5 - 4	4-8	> 8
PO₄³⁻	< 0,1	0,1 - 0,5	0,5 - 1	1-2	>2
Coliformes totaux	< 50	50 - 500	500 - 5000	5000-50000	>50000
Coliformes fécaux	< 20	20 - 200	200 - 2000	2000-20000	>20000
Streptocoques fécaux	< 20	20 - 200	200 - 1000	1000-10000	>10000

Tableau 12 : Grille de classification des eaux d'Oued (Bengherbia *et al.*, 2014).

Annexes

Nombrecaractéristique	Nombre de cellule	Nombrecaractéristique	Nombre de cellule	Nombrecaractéristique	Nombre de cellule
000	0.0	201	1.4	302	6.5
001	0.3	202	2.0	310	4.5
010	0.3	210	1.5	311	7.5
011	0.6	211	2.0	312	11.5
020	0.6	212	3.0	313	16.0
100	0.4	220	2.0	320	9.5
101	0.7	221	3.0	321	15.0
102	1.1	222	3.5	322	20.0
110	0.7	223	4.0	323	30.0
111	1.1	230	3.0	330	25.0
120	1.1	231	3.5	331	45.0
121	1.5	232	4.0	332	110.0
130	1.6	300	2.5	333	140.0
200	0.9	301	4.0		

Tableau 13 : Table NPP

Paramètres physico-chimiques des échantillons des eaux de surface collectés au niveau des trois sites de prélèvement																	
Dates	sites de prélèvements	pH	O2 mg/l	O2 %	ORP	CE	TDS	Salinité psu	DBO5 mg/l	DCO mg/l	Turbidité NTU	No2 mg/NH4 mg/l	PO4 mg/l	SO4 mg/l	Fluor mg/l	Si mg/l	
20/02/2022	S1	7,66	3,51	36,7	190,5	1433	716	0,72	8	17	57,1	198	1,82	4,912	14,4	0,025	0,048
20/02/2022	S2	7,64	4,28	43,5	167,5	1609	805	0,82	2	70	51	231	2,08	3,991	16,5	0,0002	0,451
20/02/2022	S3	7,02	3,48	35,5	151,5	1680	840	0,86	48	73	47,7	33	2,86	4,298	19,4	0,027	0,367
27/02/2022	S1	7,2	4,56	44,8	306,1	1659	830	0,85	3	23	57,4	231	3,51	4,912	12,4	0,00037	0,177
27/02/2022	S2	7,5	4,43	43,2	302,1	1691	846	0,86	13	77	49,4	264	4,03	4,605	12,6	0,00032	0,267
27/02/2022	S3	7,65	4,51	45	291,2	1741	870	0,89	40	80	16,7	264	5,33	5,219	10,4	0,039	0,425
06/03/2022	S1	8,1	8,77	72,8	230,5	1604	802	0,81	4	90	33,2	264	2,6	4,605	22,7	0,02	0,092
06/03/2022	S2	8,03	9,2	74,6	256,6	937	469	0,46	19	300	29,2	297	3,64	6,14	9,8	0,00033	0,09
06/03/2022	S3	7,16	4,73	40,9	791,1	1676	838	0,85	43	110	44,6	231	1,82	4,605	10	0,046	0,152
13/03/2022	S1	7,11	5,58	59,5	129,8	1568	784	0,8	28	106	11,4	33	9,23	8,289	14,8	0,000019	0,065
13/03/2022	S2	7,96	5,79	61,4	124,9	1342	671	0,68	14	410	24,8	231	3,64	4,298	10,2	0,00037	0,18
13/03/2022	S3	7,59	3,7	39	88,3	1661	830	0,85	44	277	48,2	297	7,67	6,447	15,9	0,057	0,078
Moyenne		7,55166667	5,21166667	49,7416667	252,508333	1550,08333	775,083333	0,7875	22,1666667	163,666667	72,675	214,5	4,01916667	5,193417	14,09167	0,01794	0,199333
Ecartype		0,3673451	1,90325479	13,7374578	185,126558	224,171792	111,987384	0,119782	17,5697743	123,368228	118,594022	89,54887	2,326473954	1,217196	4,056075	0,020842	0,144351
Minimum		7,02	3,48	35,5	88,3	937	469	0,46	2	17	11,4	0,198	1,82	3,991	9,8	0,000019	0,048
Maximum		8,1	9,2	74,6	791,1	1741	870	89	48	410	44,6	0,33	9,23	8,289	22,7	0,057	0,451
Median		7,615	4,555	44,15	210,5	1634	817,5	0,835	14	85	47,95	0,264	3,575	4,7585	13,5	0,010185	0,1645

Tableau 14: Paramètres physico-chimiques des échantillons des eaux de surface collectés au niveau des trois sites de prélèvement

Annexes

Dates	sites de prélèvements SF/100ml	CT/100ml	CF/100ml	VF ASR/20ml	TGEA
	S1	140000000	110000000	16000000	270 11950
	S2	140000000	140000000	4000000	150 2681
	S3	140000000	140000000	9500000	220 9770
	S1	140000000	110000000	300000	190 31500
	S2	4500000	4500000	300000	190 59000
	S3	110000000	2500000	400000	ld 4040
	S1	700000	300000	400000	100 16810000
	S2	1500000	300000	300000	100 11900000
	S3	2500000	2500000	400000	500 2720000
	S1	400000	150000	140000000	500 3950000
	S2	2500000	3000000	140000000	400 6360000
	S3	7500000	900000	140000000	ld 4680000
Moyenne		64591666,746220833,	37633333,	262 3878245,0	8
Ecartype		63079422,660159732,	61914741	152,59241	5469371,8
Minimum		400000	150000	300000	100 2681
Maximum		140000000	140000000	140000000	500 16810000

Tableau15: Paramètres bactériologie des échantillons des eaux de surface collectés au niveau des trois sites de prélèvement