

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

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 SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE



Mémoire de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Biologie

Spécialité/Option : Biologie Moléculaire et Cellulaire /Biologie Moléculaire des
Procaryotes

**Thème : Caractérisation physico-chimique et bactériologique
des eaux usées d'Oued El-Hammam (Guelma) et l'épuration par
les Nanoparticules (ZnO, Ag et Fe₂O₃).**

Présenté par :

- CHEGHIB Halima
- FECIH Bochra

Devant le jury composé de :

Président (e) : Mme. ZIDI. S	M.A.A	Université de Guelma
Examinatrice : Mme. TOURCHE. A	M.A.A	Université de Guelma
Encadreur : Mme. GRARA. N	M.C.A	Université de Guelma

Juin 2014

Remerciement

Au terme de ce travail, nous tenons à exprimer nos remerciements et notre profonde gratitude, avant tout à dieu le tout puissant qui nous a donné le courage et la force pour mener à bout ce modeste travail.

Nous tenons à exprimer notre respectueux remerciement, et profonde reconnaissance à notre encadreur M^{elle}. GRARA Nedjoud, qui nous a orientés et conseillé tout au long de ce travail, qu'il soit vivement remercié.

Nous remercierons également les membres de jury tout d'abord M^{elle} ZIDI et Mme TORCHE qui nous ont fait l'honneur de juger notre travail.

Nous sommes redevables à l'ensemble des enseignants qui ont contribué à notre formation durant ces cinq dernières années.

Nous voulons exprimer nos remerciements et notre gratitude à toutes les personnes de la direction de santé de la wilaya de Guelma en particulier Mr. KEBIACHE Hassen et Mr. ABD AL RAHMANE.

Nous remercions également tous les personnels du laboratoire de station d'épuration des eaux usées Guelma en particulier Mr. BOUDJEHEM.

Nous remercions Mr. BOUDJEHEM et BOUDERBALLA et Mme SOUIKI linda qui nous a orientés tout au long de ce travail.

Un remerciement particulier à nos parents pour leur contribution, leur soutien et leur patience.

Enfin, nous adressons nos plus sincères remerciements à tous nos proches amis, qui nous ont apporté leur support moral et intellectuel tout au long de notre démarche.

Merci à toutes les personnes qui nous ont accompagnés de près ou de loin dans ce parcours de formation.

A la fin une pensée particulière est adressée à l'ensemble des enseignants du département de SNV, qui nous ont procuré une formation honorable.

Dédicace

Nous Dédions ce modeste travail à :

*Nos chers parents, pour leur endurance et leurs sacrifices sans
limites*

Nos frères, en reconnaissance de leur affection toujours constante

Tous nos proches

Nos amis

Nos camarades de promotion

Tous Nos enseignants

Tous ceux qui nous ont aidés dans la réalisation de ce mémoire.

Bochra et Halima.

Résumé

Dans cette étude nous nous sommes intéressées à la caractérisation physico-chimique et bactériologique des eaux usées du rejet d'Oued El-Hammam (W. Guelma) et de tester l'effet de la dépollution de ces eaux par les molécules nanométriques (ZnO, Fe₂O₃ et Ag).

La caractérisation physico-chimique des eaux usées a montré qu'elles constituent des mélanges complexes très chargés en matière organique avec des valeurs moyennes de DCO (Moy = 112,72 mgO₂/l), en DBO₅ (Moy = 57,82 mgO₂/l) et en MES (Moy = 110,8 mgO₂/l), le rapport (DCO/ DBO₅= 2) souligne bien le caractère biodégradable des eaux du rejet.

Cependant, la caractérisation bactériologique des eaux usées a montré une richesse des eaux, en bactérie indicatrice de contamination fécale et en germes pathogènes avec des valeurs moyennes de 22916,6 FMAT/ml, 156,66.10² CT/100 ml, 156,66. 10² CF/100ml, 50 SF/100ml et de 46 ASR/20ml, il s'est avéré. D'après ces résultats que l'eau d'Oued El-Hammam est de qualité très mauvaise.

Le traitement catalytique a permis un abatement des indicateurs physico-chimiques de la pollution. De l'ordre de 92% MES, 65% pour la DBO₅ et DCO respectivement de l'eau d'Oued El-Hammam traitée par le Fe₂O₃, de l'ordre de 93% MES et 84% pour la DBO₅ et DCO de l'eau traitée par l'Ag, ainsi que pour ZnO un seul abatement enregistré est de 56,3% pour DBO₅.

Concernant les indicateurs bactériologiques de la pollution, le traitement a permis une réduction de l'ordre 100% de CT, 100% des CF et 100% des ASR dans l'eau d'Oued El-Hammam traitée par Ag, de l'ordre de 98% de CT, 98% des CF, 77 SF% et 100% des ASR dans l'eau d'Oued El-Hammam traitée par Fe₂O₃. Une réduction de l'ordre de 70% est observée pour coliforme (totaux et fécaux) de l'ordre de 82 % pour les streptocoques fécaux de l'eau traitée par ZnO pour la concentration (2,5mM).

Mots clés : Traitement catalytique, dépollution, ZnO, Ag, Fe₂O₃, Caractérisation, Physico-chimique, Bactériologique.

Abstract

In this study we sum interested in physico-chemical and bacteriological characterization of wastewater discharge Oued El-Hammam (Guelma) and test the effect of nanoscale molecules (ZnO, Fe₂O₃ and Ag).

The physico-chemical characterization of wastewater showed that they constitute very complex mixtures loaded with organic matter with average COD values (Mean = 112.72 mgO₂/l), BOD₅ (Mean= 57, 82 mgO₂/l) and TSS (Mean = 110.8 mgO₂/l), the ratio (COD/BOD₅ =2) underscores the biodegradable nature of the waters of rejection.

However, the bacteriological characterization of wastewater to show a wealth of waters, faecal indicator bacteria and pathogens with average 22916,6 MTAF / ml values 156, 66.10² CT/100 ml, 156, 66.10² CF/100ml, 50 SF/100ml and 46 ASR/20ml. It proved Based on these results the water Oued El-Hammam is very poor quality.

The catalytic treatment has reduced the physico-chemical indicators of pollution. The order of 92% MES, 65% for COD respectively BOD₅ et water Oued El-Hammam treated water by Ag, as well as one ZnO allowance recorded is 56.3% for BOD₅.

On bacteriological pollution indicators, the treatment resulted in a reduction of CT ordre100%, 100% and 100% of CF and ASR water Oued El-Hammam treated Ag, of the order of 98% TC, 98% of CF, SF 77% and 100% of ASR water Oued El-Hammam treated Fe₂O₃. A reduction of about 70% is observed for coliform (total and fecal) of about 82% of the faecal streptococci treated ZnO concentration (2.5 mM) water.

Key words: Catalytic treatment, ZnO, Ag, Fe₂O₃, characterization, Physico-chemical, bacteriological.

ملخص

في هذه الدراسة وضعنا اهتمامنا على الخصائص الفيزيو-كيميائية و البكتريولوجية لنوعية مياه الصرف الصحي لواد الحمام (قالمة) و اختبار تأثير جزيئات النانو (أكسيد الزنك, أكسيد الحديد و الفضة).

أظهرت نتائج التحاليل الفيزيو-كيميائية لمياه الصرف التي تتكون من خليط معقد محمل بالمواد العضوية أن القيم المتوسطة لكل من $DCO = 112.72$ مغ/لتر, $DBO_5 = 82.57$ مغ/لتر و $MES = 110.8$ مغ/لتر. نسبة $DBO_5/DCO = 2$ تؤكد على الطبيعة القابلة لتحلل لمياه الصرف الصحي لواد الحمام.

وأظهر التحليل البكتريولوجي لمياه الصرف الصحي أنها غنية بالجراثيم البرازية مع متوسط القيم 22916.6 , $100/FS50$ مل و 46 ASR/20 مل. و $100/CF$ مل, $156,66 \cdot 10^2$, $100/CT$ و $156,66 \cdot 10^2$. بناء على هذه النتائج إتضح أن مياه الصرف الصحي لواد الحمام ذات نوعية سيئة للغاية .

أدى العلاج الكتاليتيك على خفض في المؤشرات الفيزيو-كيميائية حيث نسبة MES 92 % , 65 % على التوالي DCO و DBO_5 بالنسبة لأكسيد الحديد , و حوالي 93% MES و 84% DCO و DBO_5 بواسطة الفضة . أما أكسيد الزنك فقد سجل انخفاض 56,3% بالنسبة DBO_5 فقط.

فيما يخص مؤشرات التلوث البكتريولوجي فقد نتج انخفاض بنسبة 100% (ASR و CT,CF,FS) لمياه واد الحمام المعالجة بالفضة , 99% CT , 99% CF , 77% SF و 100% ASR للمياه المعالجة بأكسيد الحديد . و يلاحظ وجود انخفاض بحوالي 70% لبكتيريا القولون (CT,CF) و 82% من العقديات البرازية للماء المعالج بأكسيد الزنك بالتركيز 2,5 مل مول.

الكلمات الرئيسية: العلاج الكتاليتيك , أكسيد الزنك, الفضة, أكسيد الحديد, المؤشرات, الفيزيو-كيميائية, البكتريولوجية.

Liste des figures

N° de figure	Le titre	N° de page
01	Carte de la situation géographique de la zone d'étude.	5
02	Localisation de point de prélèvement des rejets des eaux usées d'Oued El-Hammam	6
03	Photo réel du point de prélèvement dans l'eau d'Oued El-Hammam	6
04	La visualisation de ces photos montre qu'il existe une pollution ostensible	7
05	Ces images mettent en évidence l'influence négative des rejets des eaux usées sur la qualité des eaux de l'Oued El –Hammam	8
06	Le constat qui se dégage de ces photos prouve l'influence négative des rejets agro-alimentaires sur l'Oued El-Hammam	8
07	Schéma synoptique de la distribution spatial des différents rejets sur Oued El-Hammam	9
08	Evolution des précipitations moyennes mensuelles de (2002-2013) dans la région de Guelma	10
09	Evolution des précipitations moyennes annuelles de (2002-2013) dans la région de Guelma	11
10	Température moyennes mensuelles de (2002-2013) dans la région de Guelma	12
11	Variation de l'humidité relative mensuelle durant la période (2002-2013).	12
12	Evolution de vent durant la période de (2002-2013) dans la région de Guelma	13
13	Les nanoparticules (ZnO, Ag et Fe ₂ O ₃)	15
14	Recherche et dénombrement des germes totaux	22
15	Recherche et dénombrement des coliformes totaux (Test présumé)	25

16	Recherche et dénombrement des coliformes fécaux (Test confirmatif)	26
17	Protocole de recherche et dénombrement des streptocoques fécaux (Test présomptif)	28
18	Recherche et dénombrement de streptocoques fécaux (Test confirmatif)	29
19	Recherche et dénombrement des clostridium sulfito-réducteurs	31
20	Evolution de Température en fonction de concentration de ZnO	36
21	Evolution de pH en fonction de concentration de ZnO	36
22	Evolution de CE en fonction de concentration de ZnO	37
23	Evolution de l'O ₂ en fonction de concentration de ZnO	37
24	Evolution de MES en fonction de concentration de ZnO	37
25	Evolution de DCO en fonction de concentration de ZnO	37
26	Evolution de DBO ₅ en fonction de concentration de ZnO	37
27	Evolution de Température en fonction de concentration d'Ag	38
28	Evolution de Température en fonction de concentration d'Ag	38
29	Evolution de CE en fonction de concentration d'Ag	39
30	Evolution d'O ₂ dissous en fonction de concentration d'Ag	39
31	Evolution de MES en fonction de concentration d'Ag	39
32	Evolution de la DCO en fonction des concentrations d'Ag	39
33	Evolution de la DBO ₅ en fonction de concentration d'Ag	39
34	Evolution de Température en fonction de concentration de Fe ₂ O ₃	40
35	Evolution de pH en fonction de concentration de Fe ₂ O ₃	40
36	Evolution de CE en fonction de concentration de Fe ₂ O ₃	41
37	Evolution de l'O ₂ en fonction de concentration de Fe ₂ O ₃	41

38	Evolution de MES en fonction de concentration de Fe ₂ O ₃	41
39	Evolution de DCO en fonction de concentration de Fe ₂ O ₃	41
40	Evolution de DBO ₅ en fonction de concentration de Fe ₂ O ₃	41
41	Evolution de la flore aérobie mésophile totale (FMAT) dans l'eau traitée par les différentes concentrations d'oxyde de zinc	44
42	Evolution de coliformes en fonction de différente concentration d'oxyde de zinc	45
43	Evolution de streptocoques fécaux en fonction de différente concentration d'oxyde de zinc	45
44	Evolution de clostridium sulfito réducteur dans l'eau traitée par les différentes concentrations d'oxyde de zinc	45
45	Evolution de la flore aérobie mésophile totale dans l'eau traitée par les différentes concentrations Nps d'Ag	46
46	Evolution de coliformes (totaux et fécaux) dans l'eau traitée par les différentes concentrations des Nps d'Ag	47
47	Evolution de streptocoques fécaux dans l'eau traitée par les différentes concentrations des Nps d'Ag	47
48	Evolution de clostridium sulfito- réducteur dans l'eau traitée par les différentes concentrations des Nps d'Ag	47
49	Evolution de la flore aérobie mésophile totale dans l'eau traitée par les différentes concentrations des Nps de Fe ₂ O ₃	48
50	Evolution de coliformes (totaux et fécaux) dans l'eau traitée par les différentes concentrations des Nps de Fe ₂ O ₃	49
51	Evolution de streptocoques fécaux dans l'eau traitée par les différentes concentrations des Nps de Fe ₂ O ₃	49
52	Evolution de clostridium sulfito réducteur en fonction de différente concentration des Nps de Fe ₂ O ₃	49

Liste des tableaux

N° de tableau	Titre	N° de page
01	Caractéristiques de point de prélèvement.	4
02	Les Paramètres Physico-chimique d'Oued El-Hammam Avant traitement.	35
03	Résultat d'analyse bactériologique de l'eau brute d'Oued El-Hammam.	43
04	Résultat de recherche des germes pathogènes d'eau brute d'Oued El-Hammam.	43

Liste des abréviations

Ag₂SO₄ : Sulfate d'argent.

ASR : Anaérobie sulfite-réducteur.

Ag : Argent.

BCPL : Bouillon lactosé au poupre Bromocrésol.

BGN : Bacille Gram Négatif.

C : Concentration.

CF : Coliformes fécaux.

CE : Conductivité Electrique.

COV : Composés organiques volatiles.

CT : Cliformes totaux.

SF: Streptocoques fécaux.

DBO: Demande Biochimique en Oxygène.

DBO₅: Demande Biochimique en Oxygène après 5 jours à l'abri de la lumière.

DCO: Demande Chimique en Oxygène.

DSP: Direction de la Santé et de la Population.

EPA: Eau Peptone Alcaline.

Fe₂O₃: Oxydes de Fer.

FMAT : Flore mésophile aérobie totales.

GNAB: Gélose Nutritive Alcaline Biliée.

H₂S: Sulfite d'hydrogène.

H₂SO₄: Acide sulfurique.

H.A.P: Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques.

ISO : Organisation Internationale de Standardisation.

K₂Cr₂O₇: Dichromate de potassium.

MES: Matière en Suspension

MMS: Matière en Suspension Minérale.

MVS: Matière en Suspension Volatile.

NO₃⁻: l'azote des nitrates.

NPP : Nombre le Plus Probable

Np : Nanoparticule.

NSAID : No Steroidal anti-inflammatory drugs.

O.D : Oxygène Dissous.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

pH: potentiel d'hydrogène.

TiO₂: Oxyde de Titane.

JORA : Journal Officiel de la République Algérienne.

S/C: Simple Concentration.

SFB : Selenite F Broth.

STEP : Station d'épuration.

TiO₂: Oxyde de Titane

TGEA: Tryptone Glucose Extract Agar.

UFC : Unité formant de la colonie.

UV : Ultra-violet.

VF : Viande Foie.

ZnO: Oxyde de Zinc.

Table de matière

Résumé	
Abstract	
ملخص	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Introduction générale	1
Chapitre I : Description de la région d'étude	
I-1 Situation géographique.....	4
I-2 Caractéristique de point de prélèvement.....	4
I-3 Les différents rejets et les sources de pollution d'Oued EL-Hammam.....	7
I-4 Climatologie.....	10
I-4-1 Précipitation.....	10
I-4-2 La Température.....	11
I-4-3 Humidité relative de l'air.....	12
I-4-4 Le vent.....	13
Chapitre II : Matériel et méthodes	
II-1 Stratégie d'échantillonnage.....	14
II-2 Transport et conservation des échantillons.....	14
II-3 Matériel chimique.....	15
II-4 Méthodes d'analyses.....	15
II-4-1 Analyse physico-chimique.....	16
II-4-1-1 Température (T).....	16
II-4-1-2 Le potentiel d'hydrogène (pH).....	16
II-4-1-3 Détermination de conductivité Electrique (CE).....	16
II-4-1-4 Détermination de l'Oxygène Dissous (OD).....	17
II-4-1-5 Détermination de Matière en suspension (MES).....	18
II-4-1-6 La demande biochimique en oxygène (DBO ₅).....	18
II-4-1-7 La demande chimique en oxygène (DCO).....	19
II-5 Méthode d'analyse bactériologique.....	21
II-5-1 Recherche et dénombrement des germes totaux.....	21

II-5-2 Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux.....	23
II-5-3 Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux.....	27
II-5-4 Recherche et dénombrement des clostridium sulfite réducteurs.....	30
II-5-5 Recherche des germes pathogènes.....	32
II-5-5-1 Recherche des staphylocoques.....	32
II-5-5-2 Recherches des salmonelles.....	32
II-5-5-3 Recherche des vibrions cholériques.....	33

Chapitre III : Résultats et discussion

III-1 Résultats des analyses physico-chimiques.....	34
III-1-1 Résultats des analyses physico-chimiques de l'eau brute d'Oued El-Hammam.....	34
III-1-2 Résultats des analyses physico-chimiques d'eau d'Oued El-Hammam traitée.....	36
III-2 Résultats des analyses bactériologiques.....	42
III-2-1 Résultats des analyses bactériologiques de l'eau brute d'Oued El Hammam.....	42
III-2-2 Résultats des analyses bactériologiques de l'eau d'Oued El-Hammam traitée.....	44
III-3 Discussion.....	50
Conclusion et perspective.....	57
Références bibliographiques.....	59

Annexe

Introduction générale

Introduction générale

L'importance de l'eau pour la vie comme composant de l'écosystème mondial n'est plus à démontrer. Cette ressource qui répond aux besoins fondamentaux de l'homme est un facteur du développement pour générer et entretenir la prospérité par le biais de l'agriculture, la pêche, la production d'énergie, l'industrie, des transports et du tourisme. Cependant les besoins en eau ont doublé depuis 1980 et ont été multipliés par sept depuis 1900.

Cependant l'Algérie a connu ces dernières décennies une forte croissance démographique, une urbanisation massive et un développement des activités industrielles qui ont généré une production importante d'eaux usées, surtout dans les centres urbains (Bedouh , 2014).

L'industrie consomme des grandes quantités d'eau de bonne qualité et génère ainsi des volumes importants d'eaux usées, qui dans la plupart des cas, sont rejetées dans les milieux récepteurs sans aucun traitement préalable; ce qui engendre des nuisances potentielles pour l'environnement en général et pour l'homme en particulier (pollution des cours d'eau, contamination de la nappe phréatique, risques épidémiologiques, mauvaises odeurs, etc. ...). Les eaux usées générées par ces procédés contiennent des produits toxiques, à savoir les colorants, détergents, insecticides, graisses, huiles, sulfates, solvants et les fibres (Gebrati et *al.*, 2010 ; Balanosky et *al.*, 2000). Ces eaux usées sont aussi caractérisées par des couleurs extrêmes, des pH et des températures élevées et une importante charge organique, Ces polluants sont cancérigènes, mutagènes et résistent à la biodégradation, cette résistance est liée aux colorants, aux surfactants et à d'autres adjuvants utilisés en importantes quantités par ces industries. A ceci s'ajoute la toxicité de ces effluents confirmée par de nombreuses études (Jain et *al.*, 2007 ; Sandra et *al.*, 2000).

Le volume des eaux usées évacuées à travers les réseaux d'assainissement est estimé à près de 660 millions de m³ par an, dont à peine 18% subissent un processus d'épuration partiel. Les eaux usées qui constituent une ressource potentielle non négligeable, sont totalement perdues chaque année et il n'y a pratiquement aucune stratégie pour les récupérer (Bouziani, 2000). Les capacités d'épuration des eaux usées restent très faibles. Le nombre de populations agglomérées raccordées à une station d'épuration n'est que de 8%. On note un déficit important en matière de réalisation d'infrastructures d'épuration (Bentir, 1996).

Devant cette charge polluante élevée de ces industries et des rejets, le traitement de ces effluents et la réduction de la pollution à la source sont devenus une nécessité absolue. Cependant, actuellement, il n'existe pas des méthodes universelles convenables pour le traitement des effluents colorés, probablement à cause de la complexité et la variété des structures chimiques des composés qu'ils contiennent (Peralta et *al.*, 1998).

Parmi les procédés développés pour la dégradation des polluants organiques des eaux usées et les effluents industriels (de textile par exemple) à catalyse, procédé d'oxydation avancée (AOP), dans lequel un semi-conducteur absorbe la lumière et convertit l'énergie photonique en énergie chimique par un système redox (Dorion et *al.*, 1995).

Aujourd'hui les nanoparticules offrent la possibilité d'élimination efficace des polluants et des germes par ce processus, les nano poudres et les nano membranes sont utilisés pour la détection et l'élimination des substances chimique (par exemple : Cadmium, cuivre, plomb, mercure....etc), biologique, des nutriments, des algues (par exemple: les toxines de cyanobactéries), virus, des bactéries, des parasites et des antibiotiques....etc (Dhermendra et *al.*, 2008).

Le barrage de Zit-Emba (wilaya de Skikda) nouvellement construit et aucune étude sérieuse n'a été faite sur la qualité des eaux mobilisées à partir d'Oued EL-Hammam (wilaya de Guelma). Une caractérisation rigoureuse de ces eaux s'avère indispensable ; Sachant que ce barrage alimente actuellement le chef lieu de wilaya ainsi que la daïra d'Azzaba, alors qu'il a été initialement destiné à l'irrigation (Harrat et Achour, 2011). Le sous bassin versant de l'Oued El-Hammam constitue l'unité principale dans l'alimentation du barrage (Daifallah, 2008). Les eaux du barrage sont contaminées par d'innombrables sources polluantes telles que les rejets d'une conserverie ainsi que les eaux usées déversées par une station thermale (Belhadj, 2006).

L'objectif de ce travail vise à étudier :

- La qualité physico-chimique et bactériologique des eaux d'Oued El-hammam (Guelma) dont l'objectif de l'analyse physico-chimique est la détermination des paramètres de caractérisation des eaux qui constitue un bon moyen pour donner l'image de la qualité de ces eaux destinées à l'irrigation et les eaux destinées a la consommation humaine de barrage Zit-Emba qui prendre sa source a partir de Oued El-Hammam et le but de l'analyses bactériologiques est de rechercher les microorganismes qui sont susceptible d'être pathogènes (Salmonelles, Vibriion

cholériques, Staphylocoques) et ceux qui sont indicateurs de contamination fécales (Coliformes et Streptocoques fécaux).

- Ensuite des essais de traitement des eaux brutes par les nanoparticules d'oxyde de zinc (Zno) , d'oxydes de fer (Fe_2O_3) et l'argent (Ag) à travers l'évaluation des paramètres physico-chimique et bactériologique des eaux brutes après les périodes de traitements par les Nps. Elles se présentent spontanément sous forme d'une dispersion stable lorsqu'elles sont dans l'eau. Cette stabilité ne nécessite l'ajout d'aucun composant additionnel de type tensioactif ou polymère qui pourrait également interagir avec la cible biologique. En outre, elles sont de plus en plus largement utilisées dans de nombreux domaines (Ophélie, 2008).

Dans le présent travail, sera tout d'abord présentée une introduction générale. Après avoir présenté les objectifs et la démarche retenue pour l'étude, Matériel et Méthodes utilisées seront décrits. Les résultats obtenus seront ensuite détaillés et discutés et pour finir, une conclusion générale sera présentée.

Chapitre I

*Description
de la région
d'étude*

I-1 Situation géographique

Oued El-Hammam est un flux en Wilaya de Guelma, Algérie (Africa), ayant le code de région Africa/Middle East. Oued El-Hammam est situé à 345 mètres d'altitude. Les coordonnées géographiques sont 36°20'48" N et 7°40'57" E en DMS (degrés, minutes, secondes) ou 36.3467 et 7.6825 (en degrés décimaux).

Oued EL-Hammam (commune de Bouati Mahmoud) s'étend sur une superficie de 194 Km² au Nord-Ouest de Guelma. Ses limites sont : au Nord la commune de Nechmaya, au Sud la commune de Roknia, à l'Est les communes d'Héliopolis et El Fedjoudj, à l'Ouest la commune de Bekkouche Lakhdar. Il prend sa source à partir des sources thermales d'Ouled Ali sur les versants Nord du tell. Au début, il se dirige vers l'Ouest, en suivant le pli anticlinal en altitude, ensuite il tourne au Nord, en rejoignant l'Oued Emchekel près de la bourgade d'Ain Charchar et forme ainsi l'Oued Kebir (Ouest). Les deux Oueds sont de direction Sud-Nord, le site du barrage est situé à 5 km plus haut que le confluent de ces deux fleuves (Belhadj, 2006).

I-2 Caractéristique de point de prélèvement

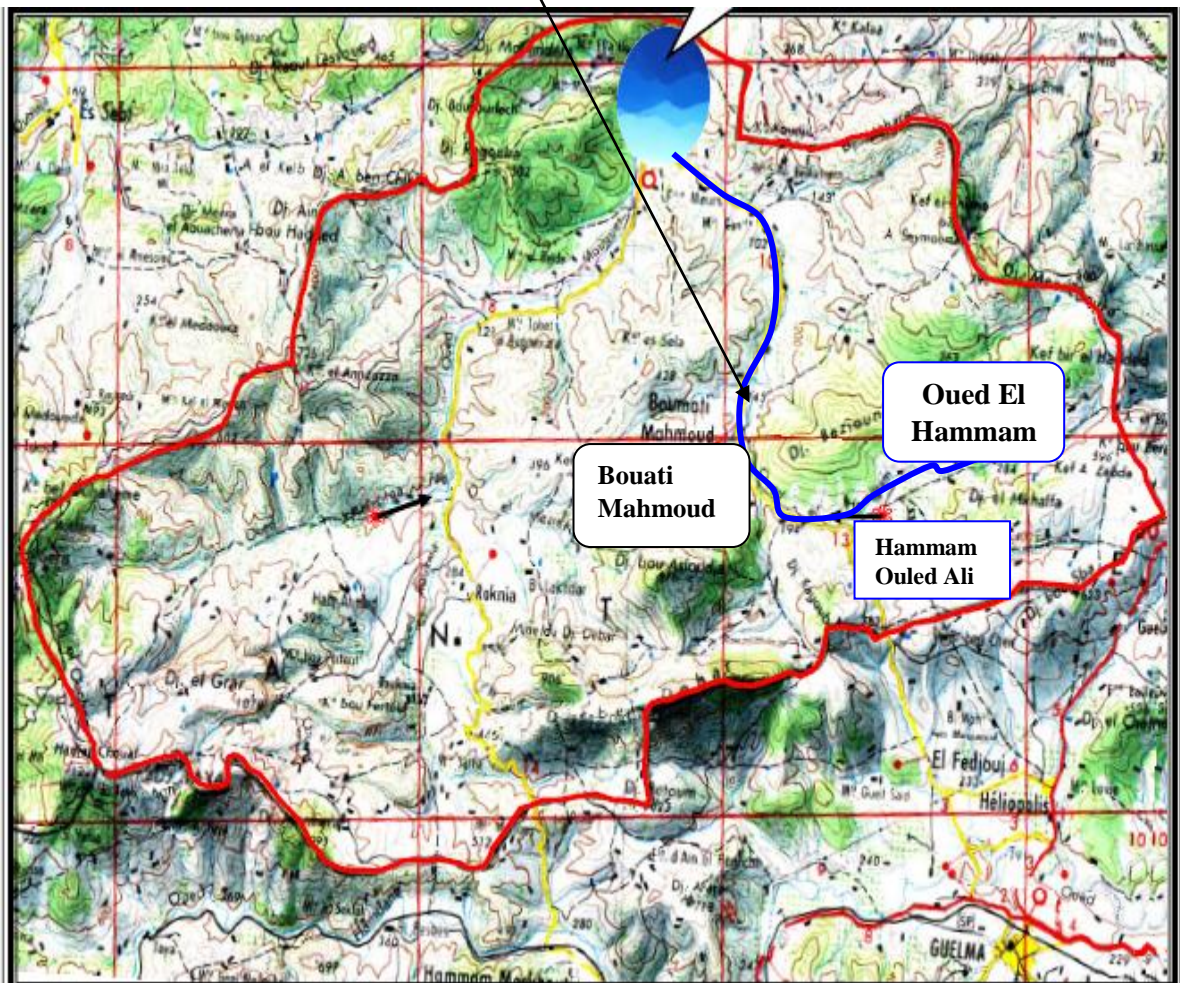
Le site d'étude est situé après la conserverie de Bouati Mahmoud rejet de l'industrie agroalimentaire, ce point est caractérisé par les trois principaux rejets d'Oued El-Hammam (rejets des centres thermaux Ouled Ali, les rejets des eaux de la zone urbaine Bouati Mahmoud et les rejets de l'industrie agroalimentaire) (Figure 3 et 7).

Tableau 1 : Caractéristiques de point de prélèvement.

	1^{ere} prélèvement	2^{eme} prélèvement	3^{eme} prélèvement
Date de prélèvement	09-03-2014	30-03-2014	13-04-2014
Heure de prélèvement	08 :05 h	08 :05 h	08 :05 h
Coordonnées de prélèvement	Latitude : 36° 20' 48" N Longitude : 7° 40'57" E	Latitude : 36° 20' 48" N Longitude : 7° 40'57" E	Latitude : 36° 20' 48" N Longitude : 7° 40'57" E



Barrage Zit Emba



À échelle : 1/200000

Figure 1: Carte de la situation géographique de la zone d'étude (Belhadj, 2006).

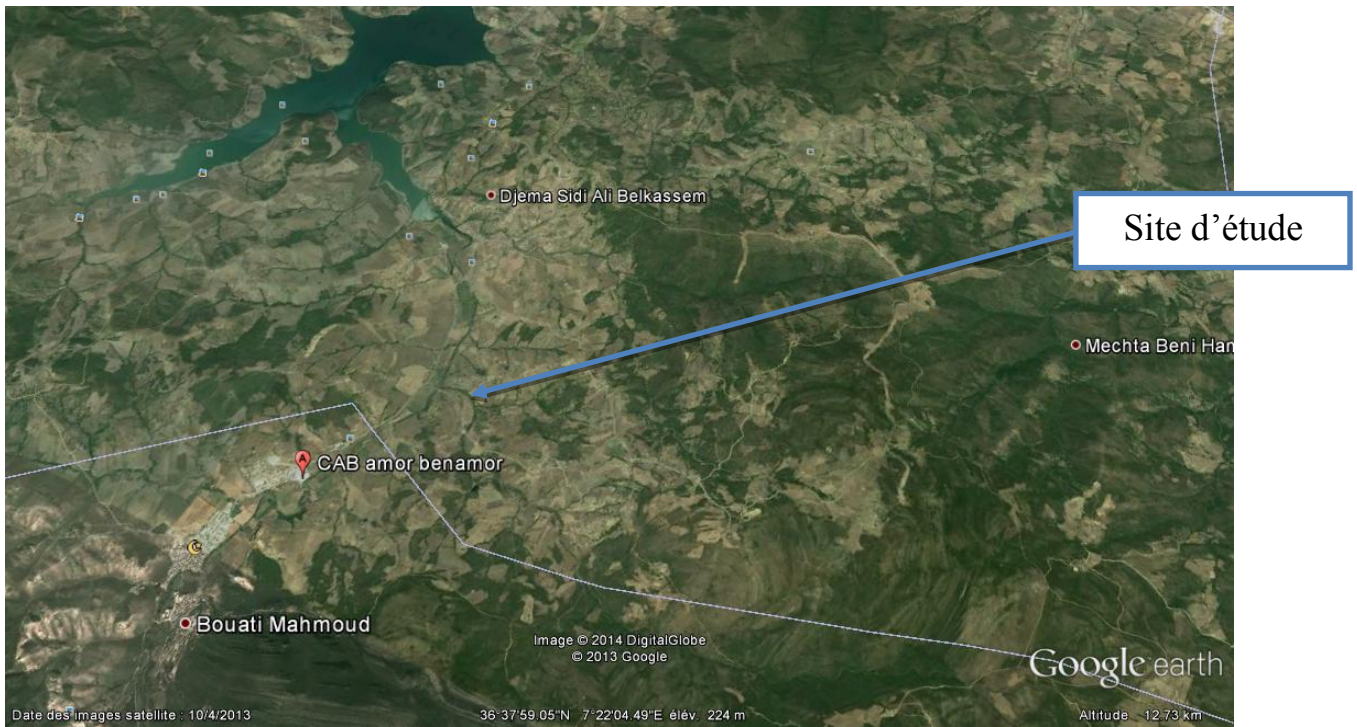


Figure 2 : Localisation de point de prélèvement des rejets des eaux usées d'Oued El-Hammam (Google earth).



Figure 3 : Photo réel du point de prélèvement dans l'eau d'Oued El-Hammam.

I-3 Les différents rejets et les sources de pollution d'Oued EL-Hammam :

La reconnaissance de terrain nous a permis de déterminer les points noirs et faire les constatations suivantes :

•**1^{er}**: les rejets des eaux thermales du centre Hammam Ouled Ali qu'il constitue la source principale de l'Oued, ce qui accélère la dissolution des formations géologiques au passage de ces eaux chaudes. En plus l'utilisation quotidienne de quantité importante de détergents au niveau des quatre (04) centres thermaux de Hammam Ouled Ali, ne fait que détériorer la qualité de l'eau (Mebarki et Bencheikh, 1997).



Figure 4 : La visualisation de ces photos montre qu'il existe une pollution ostensible (Mebarki et Bencheikh, 1997).

2^{eme} : Les rejets non contrôlés et non traités de l'industrie de la conserverie de Bouati Mahmoud et les huileries, pourraient causer des modifications nocives sur le chimisme des eaux d'Oued EL-Hammam qui alimentent le barrage. Il faut signaler que cette industrie alimentaire utilise des produits qui à long terme peuvent être nocifs, tels que (Mebarki et Bencheikh, 1997):

- Benzoate de sodium (protection des fruits contre les moisissures et les levures) ;
- Dioxyde de soufre (protection des couleurs des aliments déshydratés) ;
- Propionate de calcium (utilisé dans les aliments cuits afin d'inhiber les moisissures) ;
- Colorant, conservateur, antioxydant, régulateur d'acidité, agents aromatiques, etc;
- Acide sulfurique (pour détruire les déchets organiques toxiques).



Figure 5 : Ces images mettent en évidence l'influence négative des rejets des eaux usées sur la qualité des eaux de l'Oued El –Hammm (Mebarki et Bencheikh, 1997).

3^{ème}: Le déversement des eaux usées des agglomérations de Ouled Ali et Bouati-Mahmoud qui pourraient causer des modifications non contrôlables et non souhaitables sur la chimie des eaux de Oued EL-Hammam, stockées à quelques centaines de mètres au niveau du barrage Zit-Emba. Ces modifications pourraient avoir des répercussions néfastes à court et à long terme sur la santé publique qui utilise cette eau si celle-ci ne fait pas l'objet d'une protection à même de parer à tout risque de pollution et un traitement approprié avant sa distribution (Mebarki et Bencheikh, 1997).



Figure 6 : Le constat qui se dégage de ces photos prouve l'influence négative des rejets agro-alimentaires sur l'Oued El-Hammam (Mebarki et Bencheikh, 1997).

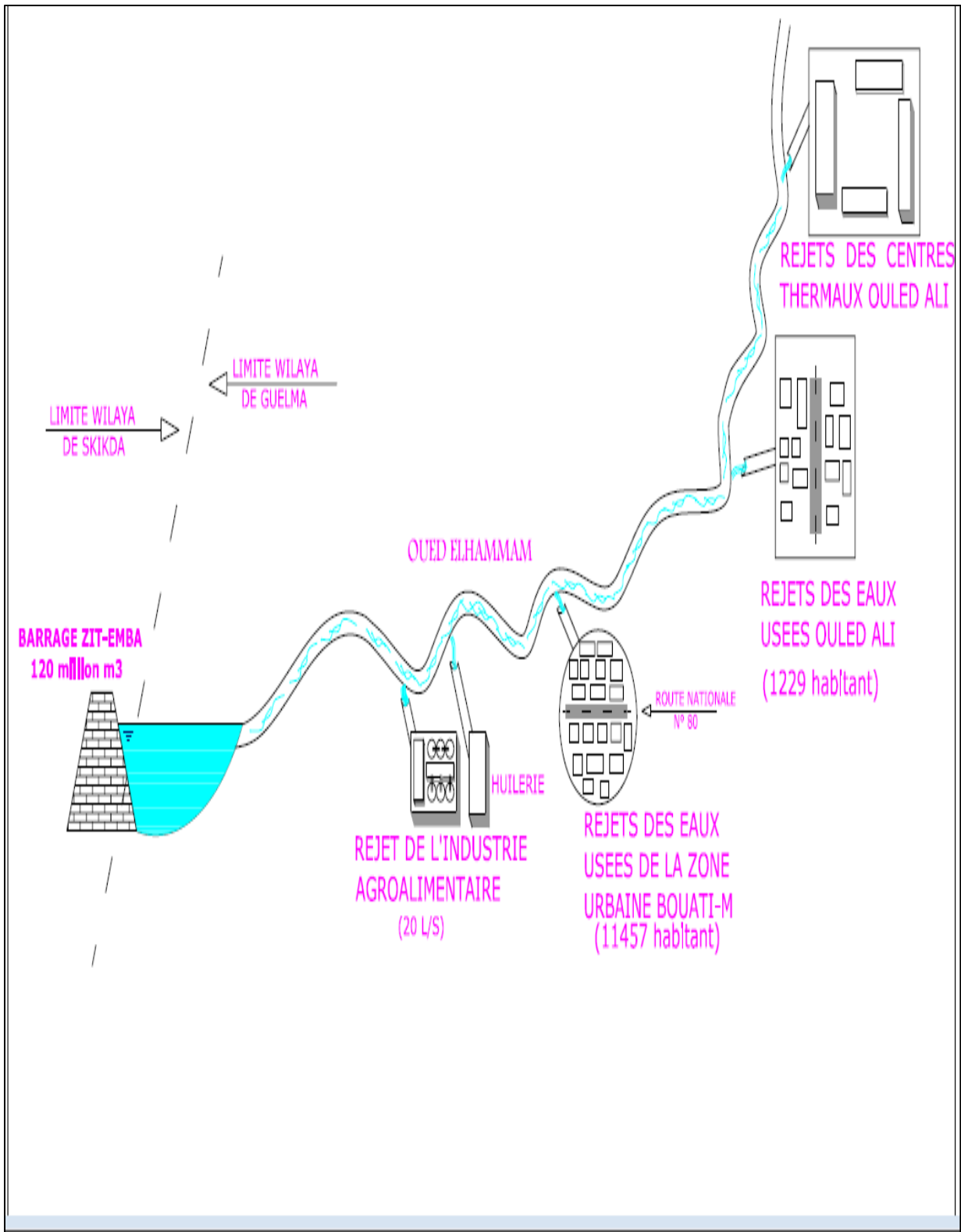


Figure 7 : Schéma synoptique de la distribution spatiale des différents rejets sur Oued El-Hammam (Belhadj, 2006).

I-4 Climatologie

L'étude des données climatologiques est une opération indispensable dans toutes les approches. Car elle facilite la compréhension des mécanismes d'alimentation et de circulation des eaux naturelles. En revanche, pour étudier les mécanismes de la pollution des eaux, il est important d'étudier les données climatologiques afin de pouvoir déterminer le bilan hydrologique, à savoir la précipitation, la température, l'humidité et le vent (Bedouh, 2014).

I-4-1 Précipitation

La pluie est un facteur climatologique très important qui conditionne l'écoulement saisonnier et par conséquent le régime des cours d'eau (Bedouh, 2014). La région d'étude est considérée parmi les régions les plus arrosées avec une moyenne annuelle. Elles sont relativement importantes, variables et irrégulières d'une année à une autre (Belhadj, 2006).

a. Précipitations moyennes mensuelles

Les données recueillies par la station météorologique de Guelma sur une période de 12 ans (2002-2013) montrent que la valeur maximale des précipitations mensuelles est observée au mois de janvier et atteint une valeur de 90,29mm. La valeur minimale observée au mois de juillet était de l'ordre de 3,71mm.

Deux saisons distinctes. Une saison sèche correspondant à la saison d'été (Juin, Juillet et Aout) caractérisée par un déficit pluviométrique bien marqué, et une saison humide représentant le reste de l'année. La période pluvieuse est marquée par une succession de mois humides et de mois relativement secs.

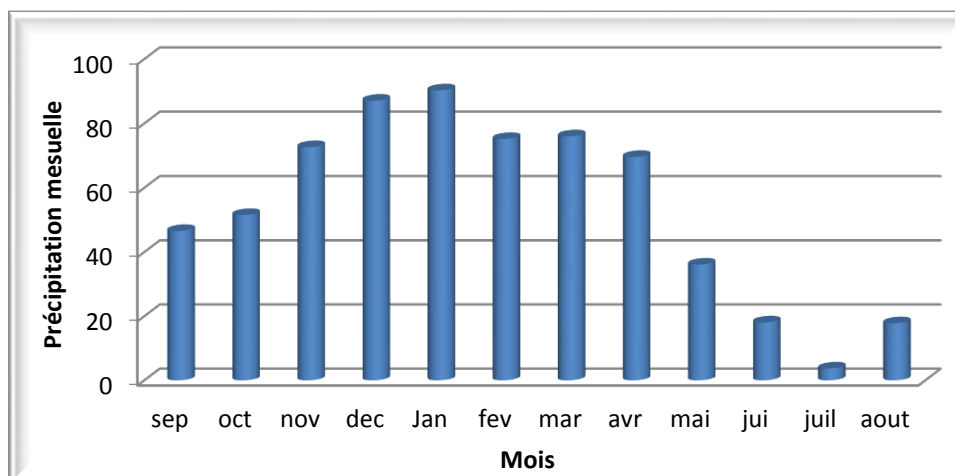


Figure 8: Evolution des précipitations moyennes mensuelles de (2002-2013) dans la région de Guelma.

b. Précipitations moyennes annuelles

Les données pluviométriques annuelles collectées par la station météorologique montre que les années (2003 et 2009) étaient les plus pluvieuses avec (938,5mm et 890,3mm), alors qu'une diminution significative est observée durant l'année 2008 avec une quantité de (381,8mm).

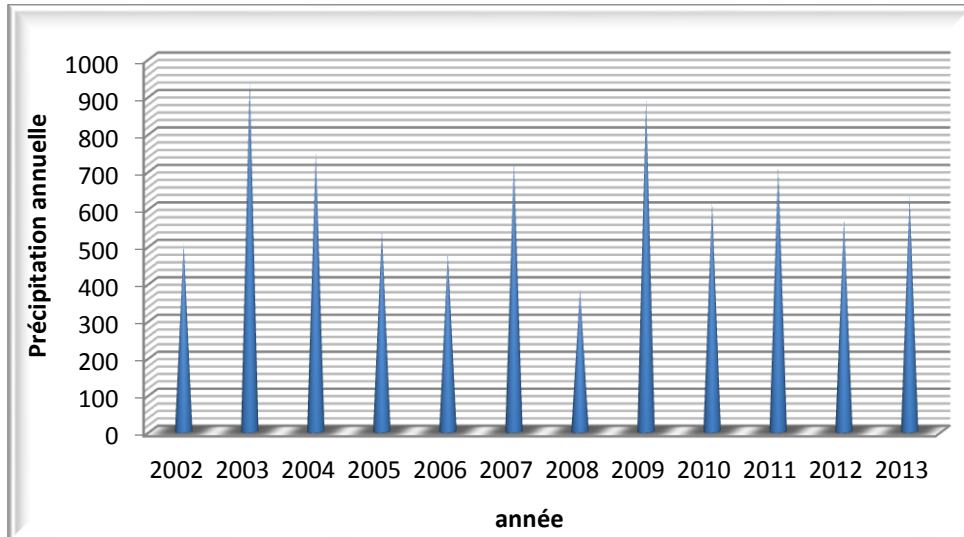


Figure 9: Evolution des précipitations moyennes annuelles de (2002-2013) dans la région de Guelma.

I-4-2 La Température

Ce paramètre est très important, dans la mesure où il exerce une influence sur l'évaporation et l'activité humaine en générale. La température moyenne annuelle dans un climat aride. Les plus intéressantes sont les températures moyennes mensuelles. Ces température permette de voir, la persistance du froid et de la chaleur des mois. La Figure (10) récapitule les températures moyennes mensuelles enregistrées par la station météorologique de Guelma de la même période (2002-2013).

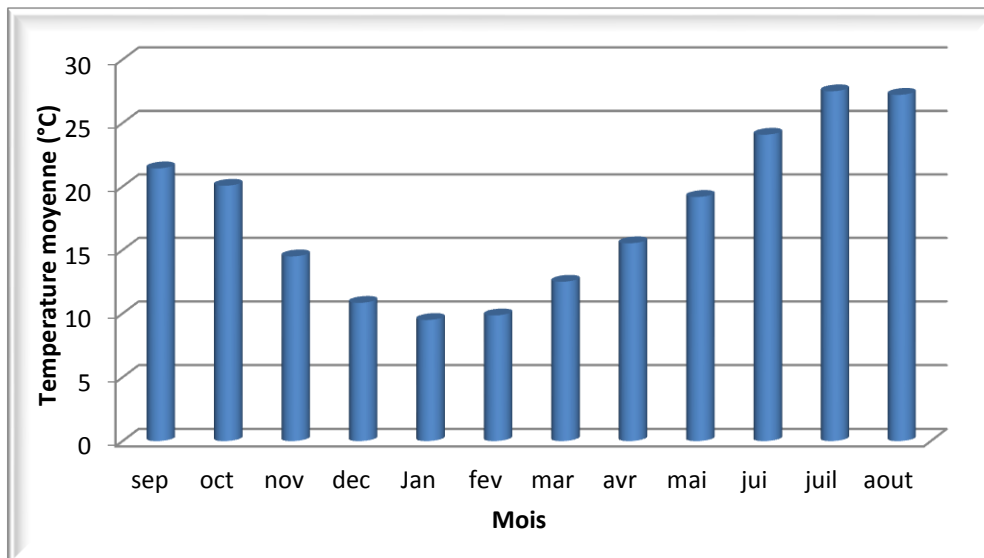


Figure 10: Température moyennes mensuelles de (2002-2013) dans la région de Guelma.

I-4-3 Humidité relative de l'air

L'humidité de l'air joue un rôle important dans l'évaporation. Plus l'air est humide moins il est apte à absorber de l'humidité supplémentaire. L'humidité élevée atténue la sécheresse et conditionne favorablement le développement des plantes. Les moyennes mensuelles de l'humidité relative de l'air Figure (11) ne diminuent guère au dessous de 60%. L'humidité relative est en général plus élevée pendant les mois les plus froids. Elle atteint son maximum le mois de janvier (78,25%) alors que le minimum est observé le mois de Juillet.

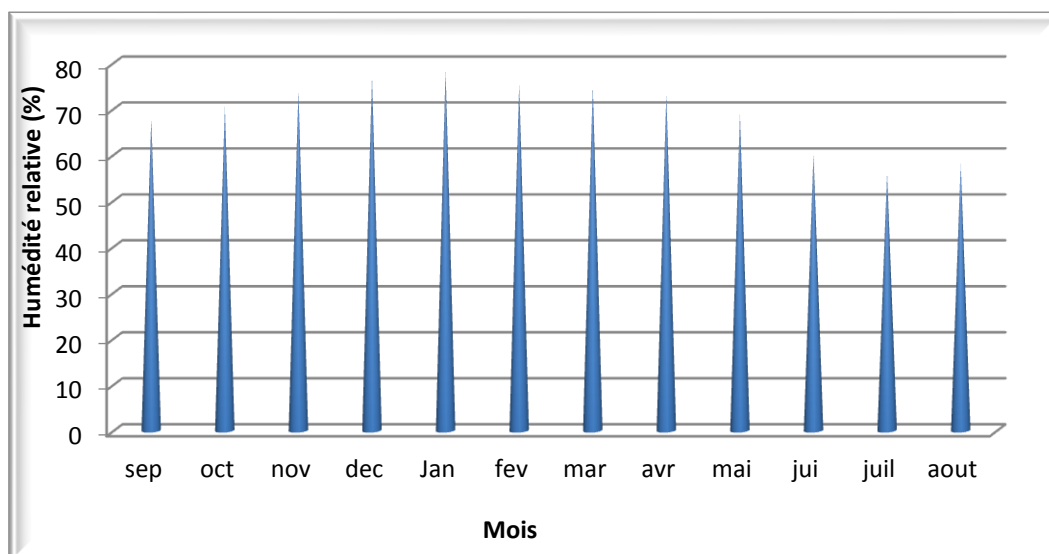


Figure 11: Variation de l'humidité relative mensuelle durant la période (2002-2013).

I-4-4 Le vent

Le vent est un facteur important du climat, il influe sur la température, l'humidité et l'évaporation. La direction, la fréquence et la vitesse sont variables au cours de l'année. En générale, la connaissance de la vitesse et de la direction des vents est primordiale pour la mise en place d'un ouvrage quelconque. Les vents dominant dans la région avec une vitesse assez constante au cours de l'année, entre 1,9 et 2,2 m/s, avec un maximum en hiver et un minimum en automne.

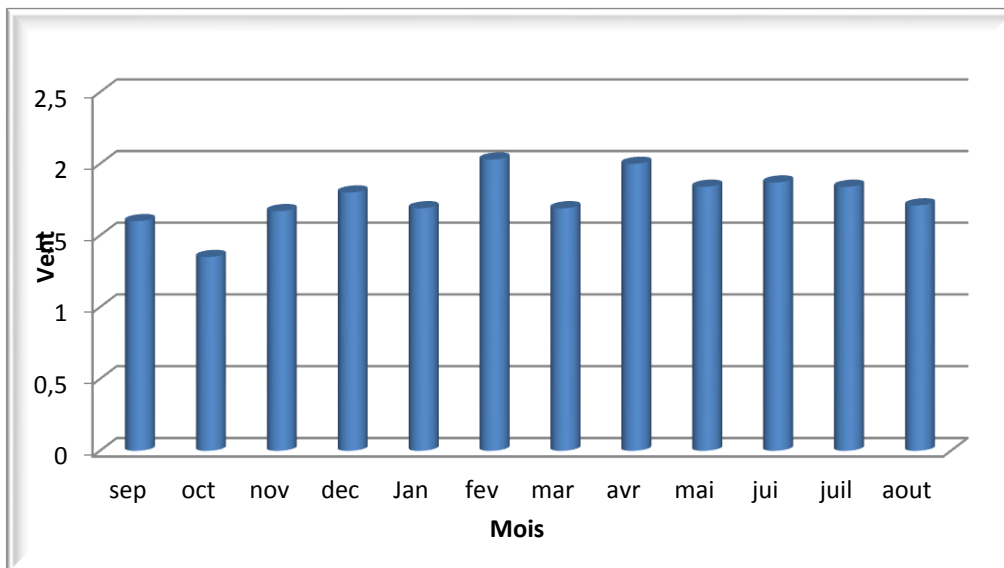


Figure 12: Evolution de vent durant la période de (2002-2013) dans la région de Guelma.

Chapitre II

Matériel

et

Méthodes

Notre travail expérimental est effectué au laboratoire de la direction de la santé et de la population (DSP), laboratoire de station d'épuration des eaux usées de la ville de Guelma et le laboratoire de biochimie et de microbiologie, université de Guelma.

II-1 Stratégie d'échantillonnage

Avant utilisation, tout le matériel (verrerie, flaconnage) susceptible d'entrer en contact avec échantillon est soigneusement décontaminé nettoyé et étiqueté (lieu et date de prélèvement). Dans le cadre d'un prélèvement manuel, chaque flaconnage est préalablement rincer trois fois avec l'échantillon à prélever de façon à conserver une certaine représentativité de l'échantillon.

Les prélèvements se font, dans la mesure du possible, dans une zone où l'eau n'est pas stagnante et dans le sens inverse du courant. La zone en amont doit être dégagée de matériaux contaminant ponctuels. Le prélèvement est effectué en immersion complète, on limite la présence d'air afin de limiter au maximum les contaminations d'une part et l'évolution des échantillons d'autre part (Souiki, 2008).

II-2 Transport et conservation des échantillons

La teneur initiale en germes des eaux risque de subir des modifications dans le flacon, après le prélèvement. C'est pour cela que toute analyse doit être effectuée le plus rapidement possible. L'évolution est d'ailleurs assez difficile à prévoir et dépend de nombreux facteurs : température, concurrence bactérienne des espèces présentes, composition chimique de l'eau.

Il est donc admis que le délai maximum entre le prélèvement et le début de l'analyse ne doit pas excéder 24 heures, l'échantillon étant maintenu à moins de + 4°C et qu'il est préférable de raccourcir ce délai lorsque l'eau est présumée très polluée. Après la prise d'essai, il est recommandé de placer le reste du prélèvement non utilisé au réfrigérateur (Rodier, 2009).

II-3 Matériel chimique

Les matériaux chimiques utilisés sont des nanoparticules métalliques (ZnO, Ag, et Fe₂O₃), fourni par laboratoire de chimie d'université de Guelma (Figure 13).

Les différentes dilutions des molécules à tester représentent les concentrations suivantes : 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 mM, elles sont préparées dans des flacons de 250 ml, les tests sont effectués après 24h de contact d'eau d'Oued El-Hammam avec la molécule à testé.

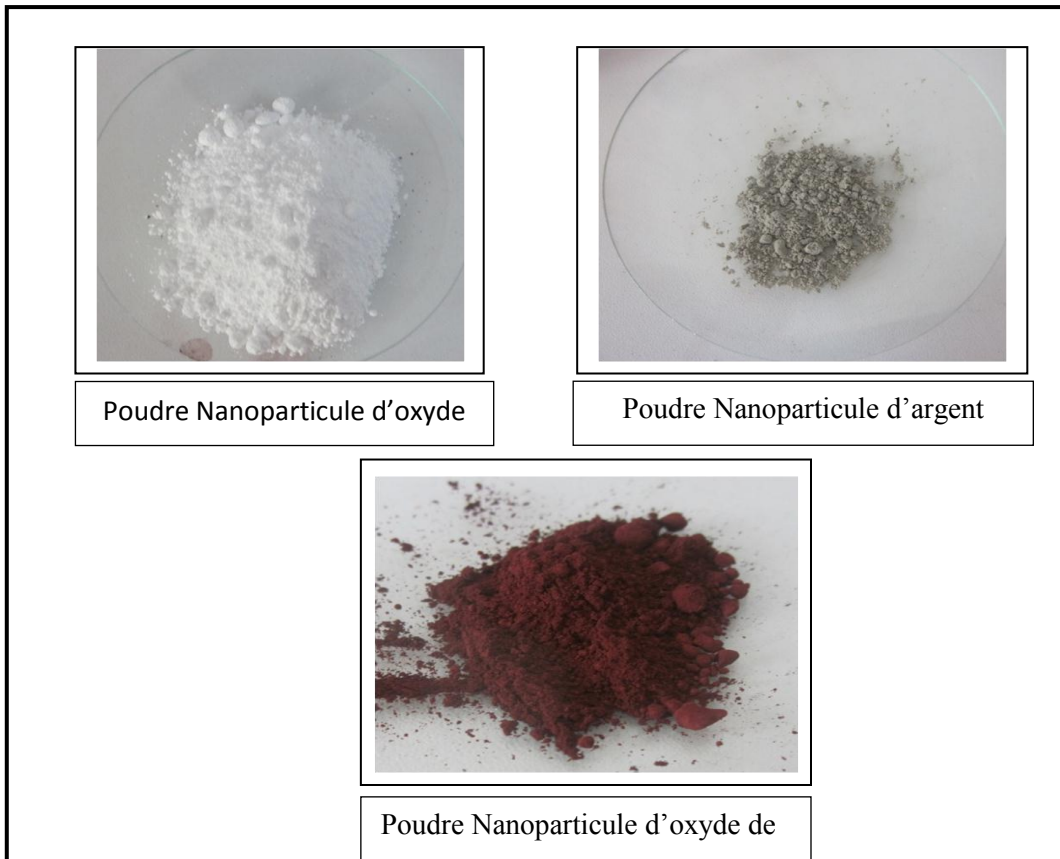


Figure 13 : les nanoparticules (ZnO, Ag et Fe₂O₃).

II-4 Méthodes d'analyses

Les analyses physico-chimique et bactériologique de l'eau brute de Oued El-Hammam est effectuée après le prélèvement le plus rapidement possible, alors que pour les différentes concentrations des molécules testées les analyses effectuées après 24h de contact avec l'eau brute d'Oued El-Hammam.

II-4-1 Analyse physico-chimique

II-4-1-1 Température (T)

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels, dans le traitement biologique puisqu'elle accélère la multiplication des micro-organismes effectuée l'épuration (Abda, 2009).

La température est mesurée avec un appareil électrométrique (WTW multi 1970i) de terrain. Elle est lue directement sur un écran après immersion jusqu'à 8-10 cm de la sonde électrométrique (Tarmoul, 2007).

II-4-1-2 Le potentiel d'hydrogène (pH)

- **Principe**

Pour cette détermination, nous utilisons une méthode électrochimique avec électrode combinée selon la norme AFNOR. Cette méthode consiste à plonger dans l'échantillon, une électrode spécifique (Norme AFNOR, 1973).

- **Mode opératoire**

-Appuyer sur le bouton ON/OFF pour mettre l'appareil sous tension.

- Rincer l'électrode avec l'eau distillée et l'essuyer avec un mouchoir jetable.

-Plonger l'électrode dans la solution à mesurer à une profondeur minimum de quatre centimètres.

-Attendre que la valeur soit stable avant la lecture.

-Rincer à nouveau l'électrode avec de l'eau distillée et l'essuyer avec un mouchoir jetable propre pour réaliser la mesure suivante.

II-4-1-3 Détermination de conductivité Electrique (CE)

La conductivité, qui varie en fonction de la température, est étroitement liée à la concentration des substances dissoutes et à leur nature .Or, si les sels minéraux sont, dans l'ensemble, de bons conducteurs, il ne faut pas perdre de vue que les matières organiques et colloïdales n'ont que peu de conductivité. En conséquence, dans les cas des eaux résiduaires, cette mesure ne donnera pas forcément une idée immédiate de la charge du milieu .Il sera alors préférable de mesurer la conductivité de l'eau selon la méthode de dilution (Rodier ,2009).

- **Principe**

La détermination de la conductivité se fait par la mesure de la résistance électrique de la solution. Un voltage est appliqué entre deux électrodes plongées dans l'échantillon et la chute du voltage due à la résistance de la solution, est utilisée pour calculer la conductivité par centimètre. La mesure de la conductivité électrique est se fait selon (Norme AFNOR, 1977).

- **Mode opératoire**

- Retirer l'électrode de son étui de protection.
- Rincer l'électrode à l'eau distillée.
- Plonger la cellule (l'électrode) dans l'échantillon à analyser.
- Appuyer sur ON/OFF pour mettre l'appareil sous tension.
- Attendre que la valeur soit stable avant la lecture.
- Lire la valeur de la conductivité en $\mu\text{S}/\text{cm}$.
- Retirer l'électrode de la solution à mesurer et mettre dans son étui de protection.

II-4-1-4 Détermination de l'Oxygène Dissous (OD)

- **Principe**

La concentration en oxygène dissous est importante pour l'évaluation de la qualité des eaux de surface. l'oxygène dissous doit être mesuré sur terrain car les concentrations présentent de grandes variations en des temps très courts si l'échantillon n'a pas été convenablement conservé. Ce protocole est se fait selon (Norme AFNOR, 1973).

- **Mode opératoire**

- Appuyer sur le bouton ON/OFF pour mettre l'appareil sous tension.
- Rincer l'électrode avec l'eau distillée et l'essuyer avec un mouchoir jetable.
- Plonger l'électrode dans la solution à mesurer à une profondeur minimum de quatre centimètres.
- Attendre que la valeur soit stable avant la lecture.
- Lire la valeur OD directement sur le multi-paramètre en mg/l .
- Rincer à nouveau l'électrode avec de l'eau distillée et l'essuyer avec un mouchoir jetable propre pour réaliser la mesure suivante.

II-4-1-5 Détermination de Matière en suspension (MES)

Ce sont des particules solides très fines et généralement visibles à l'œil nu, théoriquement, elles ne sont ni solubilisées, ni à l'état colloïdale. Elle limite la pénétration de la lumière dans l'eau, la teneur en oxygène dissous et nuisent au développement de la vie aquatique. Ce protocole est se fait selon la norme AFNOR (NF T 90-105).

- **Principe**

On évalue le poids sec du résidu, obtenu par filtration de l'échantillon d'eau après passage à l'étuve à 105°C.

- **Mode opératoire :**

-On prend le filtre et on le pèse et on marque le poids comme M_0 (mg).

-Ensuite on place le disque dans l'appareil de filtration et on met en route le système d'aspiration.

-On verse progressivement le volume d'eau (100 ml) à analyser sur le disque filtrant.

-On met le disque dans l'étuve pendant 1h à 105°C.

-On laisse le filtre refroidir au dessiccateur.

-Après on pèse le filtre et on marque le poids comme M_1 (mg).

Le taux des matières en suspension (MES), exprimé en milligramme par litre (mg/L) est donné par l'expression : $MES = (M_0 - M_1)1000/V$.

II-4-1-6 La demande biochimique en oxygène (DBO₅)

La demande biochimique en oxygène exprime la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction ou à la dégradation des matières organiques d'une eau par les micro-organismes du milieu. Il s'agit d'un paramètre mesurant d'une oxydation biologique des matières organiques qui fait intervenir des réactions enzymatiques complexes intra ou extracellulaires. Il s'agit donc d'une consommation partielle de dioxygène par voie biologique. Ce paramètre consiste un bon indicateur de la teneur en matière organique biodégradable d'une eau au cours des procédés d'autoépuration. Ce protocole est se fait selon la norme AFNOR (NFT 90-103).

- **Principe**

La DBO est mesuré au bout de 5 jours à 20°C (T° favorable à l'activité des micro-organismes consommateurs d'oxygène) et à l'obscurité (afin d'éviter toute photosynthèse parasite).

-Deux échantillons sont nécessaires : le premier sert à la mesure de la concentration initiale en O₂ et le second à la mesure de la concentration résiduaire en O₂ au bout de 5 jours.

-La DBO₅ est la différence entre les 2 concentrations.

- **Mode opératoire**

- **Préparation de l'eau de dilution**

Mettre la veille de prélèvement, dans un récipient de 10 litre de l'eau du robinet dans laquelle on plonge pendant 24h un aérateur pour la saturation en O₂, laisser reposer 12h.

- **Préparation des flacons de mesure**

-Verser dans un flacon un peu d'eau de dilution puis la quantité prévue d'échantillon, remplir le reste du flacon avec de l'eau de dilution.

-Fermer le flacon sans y laisser d'air pénétrer.

-Faires ainsi 2 flacons identique.

- Mesure de temps**

- Doser l'O₂ dissous dans 1 flacon d'échantillon dilué (T₀), et placer les deux flacons restant au thermostat DBO₅ et à l'obscurité pendant 5 jours.

- Doser l'O₂ dans le flacon d'échantillon dilué restant (T₅).

- **Résultat**

La lecture se fait comme suit : $DBO_5 = F(T_0 - T_5)$.

II-4-1-7 La demande chimique en oxygène (DCO)

La demande chimique en oxygène qui correspond à la quantité d'oxygène (en milligramme) qui a été consommée par voie chimique pour oxyder l'ensemble des matières oxydables présentes dans l'eau. La DCO est particulièrement indiquée pour mesurer la pollution d'un effluent industriel. Ce protocole est se fait selon la norme AFNOR (NFT 90-101).

- **Principe**

Utilisé pour l'analyse des effluents, cette mesure englobe les sels minéraux oxydables et la majeure partie des composés organiques (excepté les hydrocarbures minéraux) attaqués par un oxydant puissant, exprime en mg d'O₂, elle représente l'ensemble de la charge d'un effluent. Cette détermination comprend deux étapes :

- **L'étape 1** : oxydation chimique des matières réductrices contenues dans l'eau, par excès de dichromate de potassium.
- **L'étape 2** : dosage de l'excès de dichromate de potassium par le sel de mohr après refroidissement.

La fin du dosage est détecté par la ferroïne indicateur redox, sa forme oxydée est de couleur bleu-vert en présence de l'oxydant et la première goutte de sel de mohr en excès entraîne un changement de coloration de la ferroïne qui devient rouge brique (forme réduite).

- **Mode opératoire :**

-Avant le prélèvement de la prise d'essai, l'échantillon doit être soigneusement homogénéisé par agitation du flacon.

-Dans un tube à fond plat de (DCO) introduire :

- 10ml d'eau à analyser.
- 5ml de K₂Cr₂O₇.

-Ajouter lentement et avec précaution 15 ml d'acide sulfurique–sulfate d'argent en agitant soigneusement le tube et en le refroidissant sous un courant d'eau froid ou dans un bain de glace de façon à éviter toute perte de substance organique volatile.

II-5 Méthode d'analyse bactériologique

II-5-1 Recherche et dénombrement des germes totaux

Ce sont des indicateurs qui révèlent la présence possible d'une contamination bactériologique. La méthode de référence pour l'analyse consiste un dénombrement du nombre de germes par ml d'eau selon (Norme AFNOR, 1999).

- **Mode opératoire**

- A partir d'échantillon à analyser, qui sont considérés comme des solutions mères, Nous introduisons dans une série de tubes stériles correspondant au nombre de dilutions à utiliser, 9ml d'eau stérile. Nous prélevons 1ml avec une pipette stérile et nous l'ajoutons au premier tube jusqu'à finir toutes les séries effectuées.
- Porter aseptiquement 1ml de chaque échantillon dans des boîtes de pétrie étiquetées au préalable.
- Compléter ensuite avec 19ml de gélose TGEA, fondue et maintenue à 44°C.
- Incorporer à la fin l'eau des échantillons avec la gélose, en effectuant des mouvements circulaires de va et vient en forme 8.
- laisser solidifier sur la paillasse puis incubé à deux températures, 22°C et 37°C pendant 24h à 48h (Figure 14).

- **Lecture**

Les colonies de micro-organismes apparaissent sous formes lenticulaires poussant en masse.

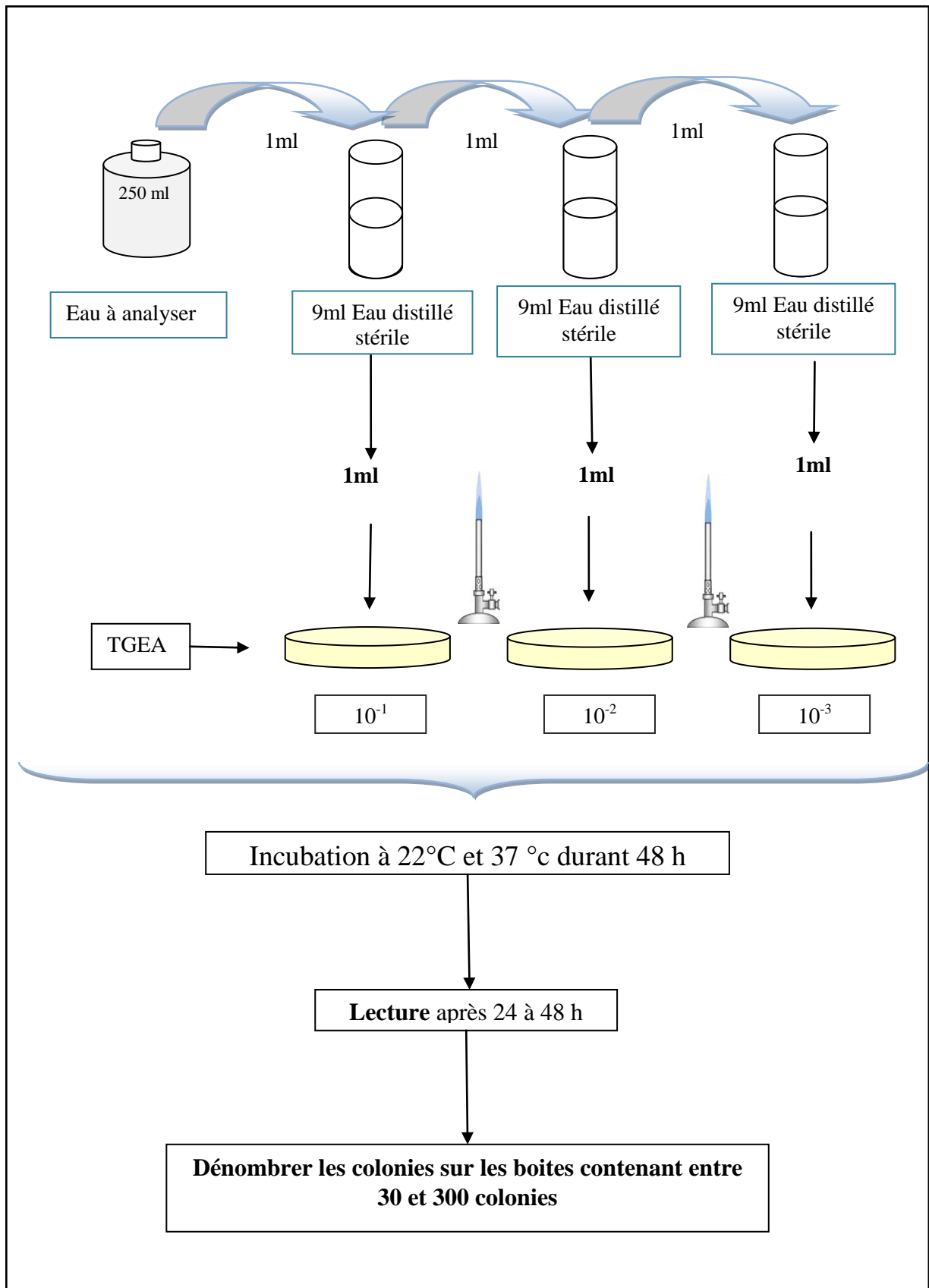


Figure14 : Recherche et dénombrement des germes totaux.

II-5-2 Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux

Les coliformes se présentent se forme des bacilles Gram négatifs (BGN), non sporogènes, oxydase négative, aéro-anaérobies facultatifs, capables de fermenter le lactose avec production d'acides et de gaz, en 24 à 48 heures à 37°C (Bechaa et Khanfri, 2013).

Les coliformes sont considérer comme indices de contamination fécale. La recherche et le dénombrement des coliformes a été fait en milieu liquide, par la technique NPP selon (Norme AFNOR, 2000).

- **Mode opératoire**

Cette recherche se caractérise par deux phases successives :

- Test présomptif.
- Test confirmatif.

- **Test présomptif :**

- Il est effectué en utilisant le milieu BCPL, dont chaque tube contient une cloche appelée cloche de durham, afin de déceler le dégagement de gaz dans le milieu.
- A partir d'eau à analyser, porter aseptiquement 1ml dans des tubes contenant 10ml du BCPL S/C muni d'une cloche de Durham.
- Inoculer 1ml du premier tube de chaque dilution dans le second de la même série, jusqu'à finir avec le cinquième tube de chacune des séries effectuées.
- Une fois toutes les tubes de BCPL sont inoculés, chasser l'air présent dans les cloches de Durham ; en mélangeant bien le milieu avec l'inoculum.
- L'incubation s'effectue à 37°C pendant 24 à 48 heures.

- **Lecture**

Ils sont considérés comme positifs les tubes présentant à la fois :

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

Ces deux caractères étant témoins de la fermentation du lactose dans les conditions opératoires décrites. Noter le nombre de tubes positif dans chaque série et se reporter à la table de Mac Grady.

- **Test confirmatif**

Le test confirmatif consiste à déceler la présence des coliformes thermotolérants, parmi lesquels on y trouve *Escherichia coli*.

- A partir des tubes de BCPL trouvés positifs, lors du dénombrement des coliformes, effectuer un repiquage sur le milieu Eau Péptonée exempte d'indoles, à l'aide d'une pipette pasteur.
- L'incubation se fait à 44°C pendant 24 à 48 heures.
- **Lecture**
 - Dans les tubes montrant un trouble, ajouter quelques gouttes du réactif Kovacs, une réaction considérée positive correspond à la formation d'un anneau rouge à la surface des tubes autrement dit présence de coliformes fécaux (*Escherichia coli*).
 - Noter le nombre des tubes positifs et exprimer le résultat selon la table de Mac Grady.

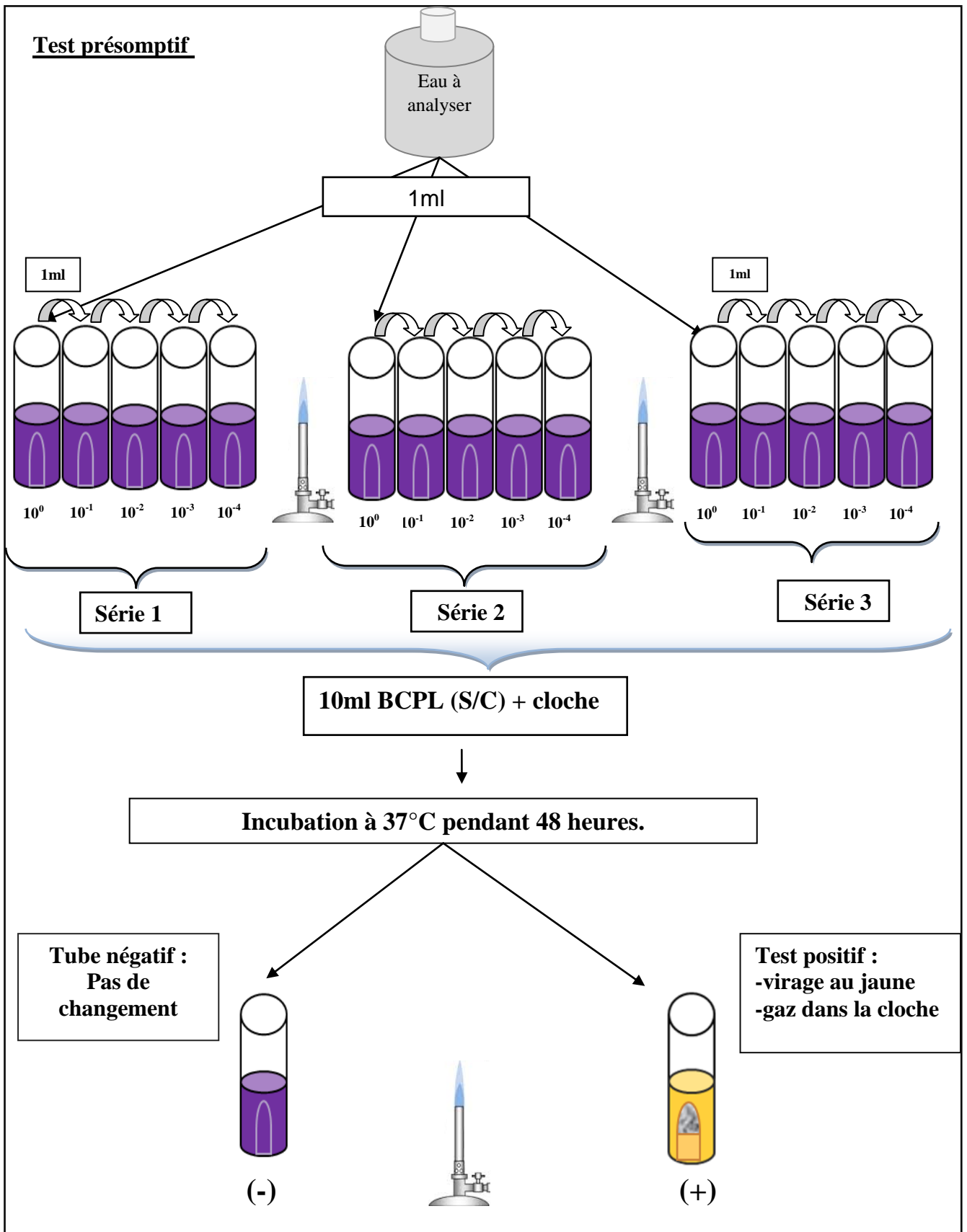


Figure 15 : Recherche et dénombrement des coliformes totaux (Test présomptif).

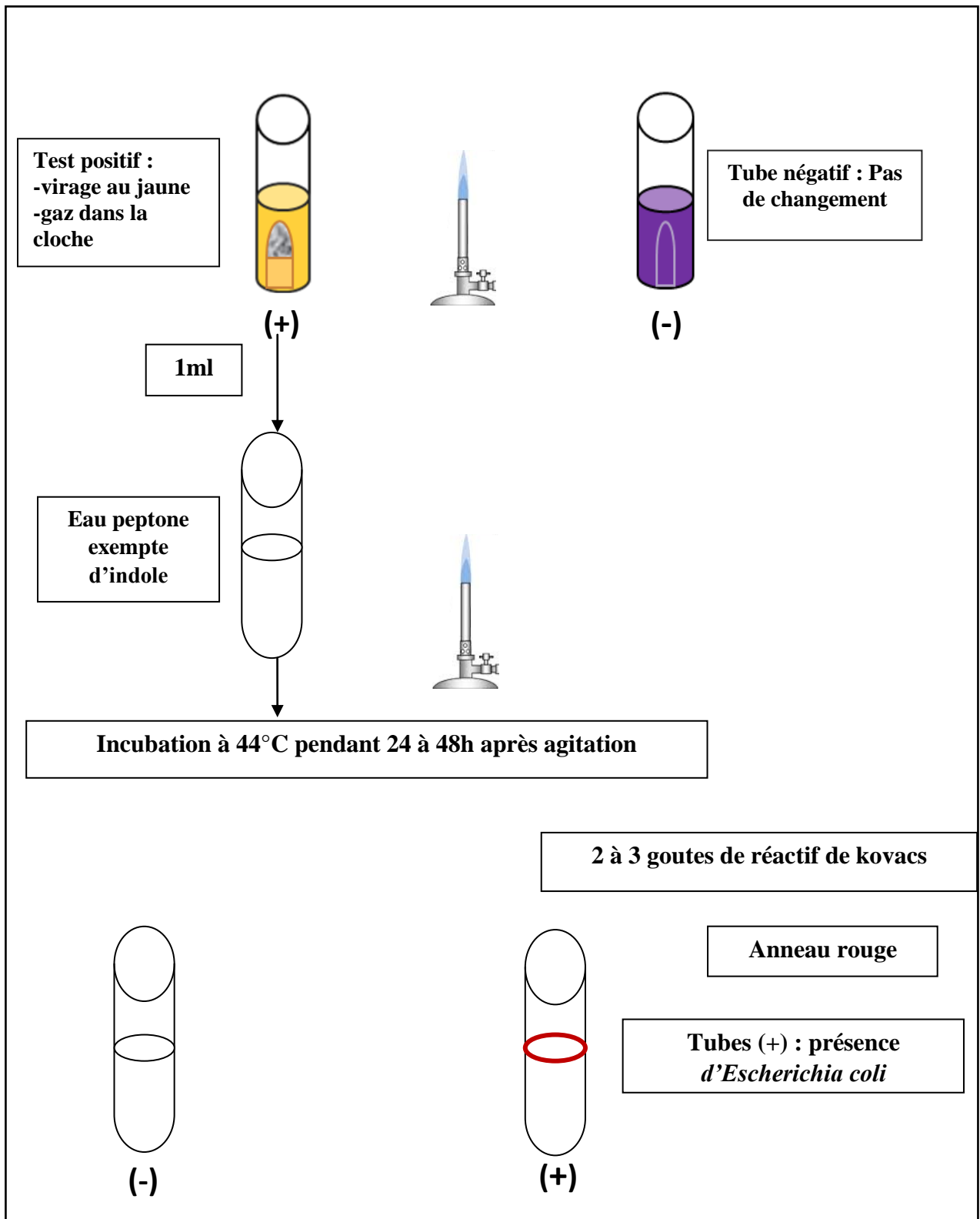


Figure 16 : Recherche et dénombrement des coliformes fécaux (**Test confirmatif**).

II-5-3 Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux

Le terme "streptocoques fécaux" désigne les streptocoques généralement présents dans les fèces de l'homme et des animaux. Ils se présentent sous forme de cocci, Gram +, formant des chaînettes, dépourvus de catalase mais possédant la substance antigénique caractéristique du groupe 'D' (Attab, 2011). La recherche et dénombrement des streptocoques fécaux se fait selon (Rodier, 2009).

- **Mode opératoire**

Les streptocoques fécaux dans les eaux sont dénombrées en milieu liquide à l'aide de deux bouillons de culture (milieu Roth et le milieu Eva-lisky), cette méthode fait appel à deux tests successifs :

- Test présomptif
- Test confirmatif
 - **Test présomptif**
 - A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement 1ml dans des tubes contenant 10 ml de Roth S/C.
 - Inoculer 1 ml du premier tube de chaque dilution dans le milieu Rothe de la même série, jusqu'à finir avec le cinquième tube de chacune des séries effectuées.
 - Une fois tous les tubes de Roth sont inoculés, en mélangeant bien le milieu avec l'inoculum.
 - L'incubation s'effectuer à 37°C pendant 24 à 48 heures.

- **Lecture**

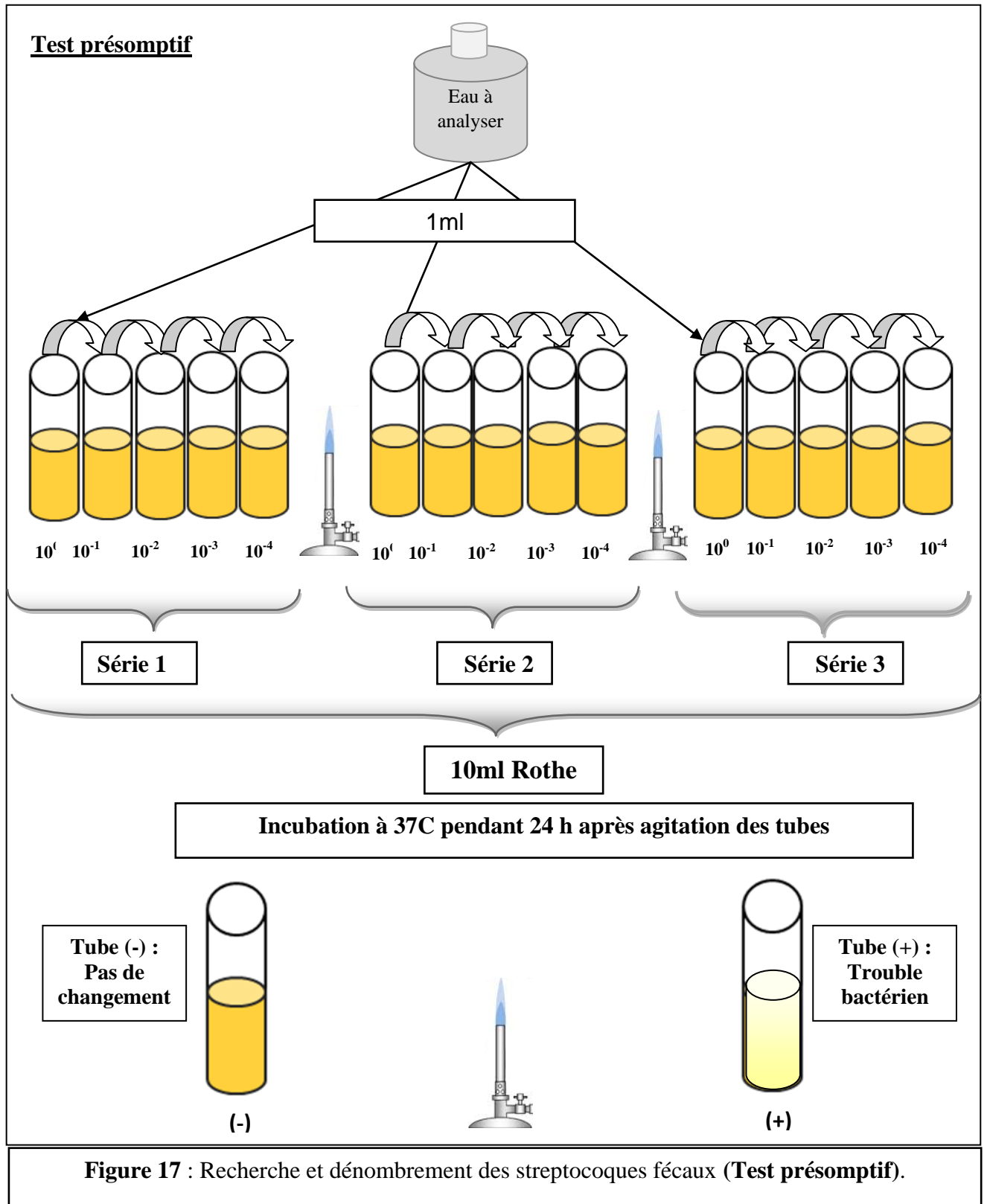
Les tubes présentant un trouble microbien lors de la période d'incubation seront susceptibles de contenir des streptocoques fécaux, doivent subir un test confirmatif.

- **Test confirmatif**

- Les tubes de Roth trouvés positifs subiront un repiquage sur le milieu Eva-lisky à l'aide d'une anse bouclée.
- S'assurer de bien mélanger le milieu avec l'inoculum, dont l'incubation se fait à 37°C pendant 24 heures.

- **Lecture**

Considérés comme positifs les tubes qui représentent un trouble due au développement bactérien ; avec ou sans dépôt violet.



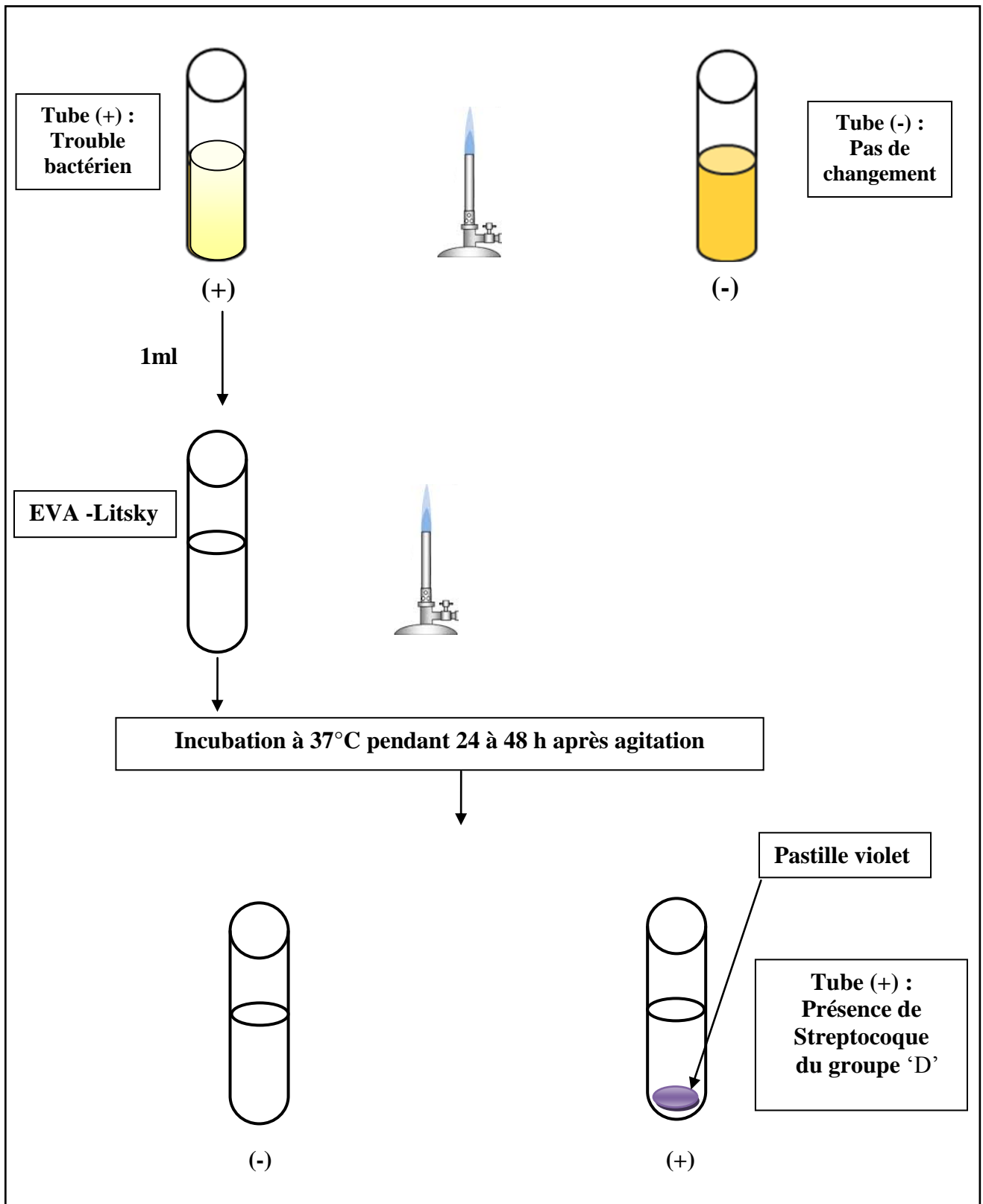


Figure 18: Recherche et dénombrement de streptocoques fécaux (**Test confirmatif**).

II-5-4 Recherche et dénombrement des spores de *Clostridium* sulfito-réducteurs

Les bactéries du genre *Clostridium* sont des bacilles à Gram positif, anaérobies strictes, mobiles sporulant, catalase négative. La recherche et dénombrement des spores de *Clostridium*

m sulfito- réducteurs, permettent de mettre en évidence un groupe de bactéries anaérobies, caractérisées par la résistance de leurs spores et par un équipement enzymatique réduisant plus au moins activement les sulfites en sulfures (Attab, 2011).

- **Mode opératoire**

- Dans quatre tubes stériles répartir 5ml de l'eau à analyser de chaque échantillon dont ils subiront un chauffage de l'ordre de 80°C pendant 15 min, dans le but de déduire la flore végétative des bactéries sulfito-réducteur présentes.
- Une fois le chauffage terminé, refroidir les tubes sous l'eau de robinet.
- Remplir les tubes avec environ 18 à 20 ml de gélose de viande foie, fondue et refroidie à 44°C ; additionnée de leurs additifs spécifiques (5 gouttes de l'Alun de fer et 10 gouttes de sulfite de sodium).
- Bien homogénéiser le milieu avec l'inoculum, tout en évitant d'introduire des bulles d'air et l'oxygène.
- Laisser les tubes se solidifier sur la paillasse pendant une demi-heure, puis incuber à 37°C durant 24 à 48 heures.

- **Lecture**

Dénombrer toutes colonies blanches entourées d'un halo noir et rapporter le nombre total des colonies dans les quatre tubes.

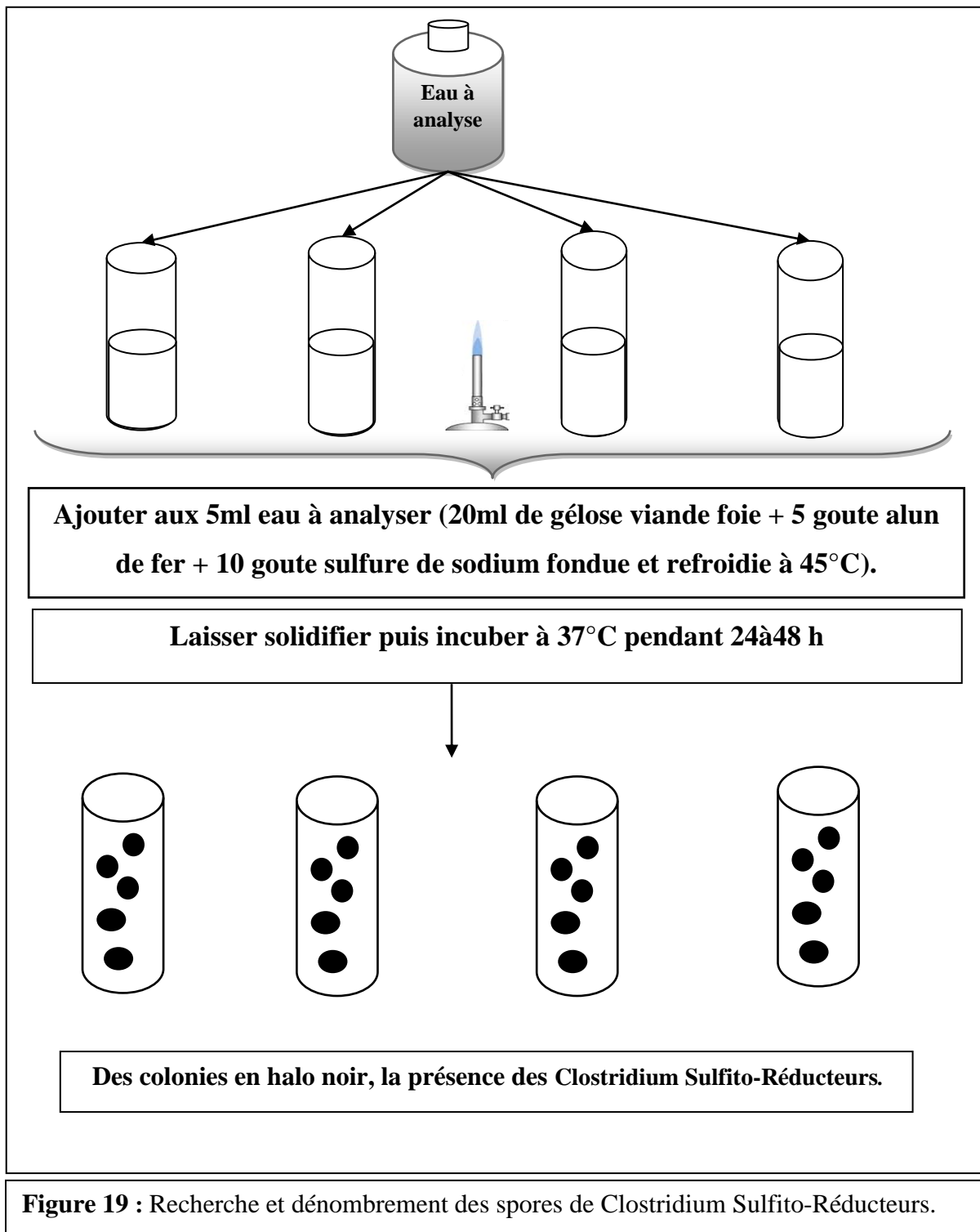


Figure 19 : Recherche et dénombrement des spores de Clostridium Sulfite-Réducteurs.

II-5-5 Recherche des germes pathogènes

II-5-5-1 Recherche des staphylocoques

Staphylocoques se présentent sous forme de cocci, en grappe de raisin, Gram +, possédant une catalase et une coagulase. Ils sont capables de se développer en 24 à 48 heures à 37°C sur un milieu sélectif Chapman au mannitol. L'espèce type du genre *Staphylococcus aureus*. Elle est pathogène et la plus redoutée (Rodier, 2009).

- **Mode opératoire**

- L'ensemencement se fait par des stries avec une anse de platine après avoir coulé la gélose (Chapman) dans les boîtes de pétri.
- Incuber à 37°C pendant 24 heures.

- **Lecture**

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

II-5-5-2 Recherches des salmonelles

Les salmonelles sont des entérobactéries qui se présentent sous formes de bacilles gram négatifs (BGN), mobiles pour la plupart avec des flagelles péritriches, ne fermentant pas le lactose, mais fermentant le glucose avec production de gaz et de H₂S (Bechaa et Khanfri, 2013).

- **Modes opératoire**

- **Etape 1**

- Effectuer un enrichissement dans des tubes contenant 9ml du milieu SFB (Sélénite F Broth).
- Ajouter 1ml de l'eau à analyser.
- Incuber à 37°C pendant 24 heures.

- **Etape 2**

- L'ensemencement se fait par des stries avec une anse de platine après avoir coulé la gélose (Hektoen) dans les boîtes de pétri.
- Incuber à 37°C pendant 24 heures.

- **Etape 3**

Après l'incubation, une lecture s'effectuera sur des boites contenant la gélose (Hektoen) sachant que les salmonelles se présentent sous forme de colonies moyennes de couleur vertes généralement, à centre noir.

- **Identification morphologique et biochimique**

- Etat frais (bacilles, mobilités).
- Test oxydase (+).
- Coloration de Gram (bacilles Gram négatifs).

II-5-5-3 Recherche des vibrions cholériques

Les *vibrionaceae* sont des bactéries qui se présentent sous formes de bacilles Gram négatif (BGN) ; très mobiles possédant une oxydase ; aéro-anaérobies facultatifs ; fermentent le glucose sans production de gaz ni H₂S ; hautement pathogènes (Bechaa et Khanfri, 2013).

- **Mode opératoire :**

- **Etape 1**

L'enrichissement primaire s'effectue sur le milieu Eau Peptone Alcaline (EPA), contenue dans le tube 9ml ; auquel 5ml d'eau à analyser sans oublier d'étiqueter les tubes. Les tubes seront ensuite incubés à 37°C pendant 24 heures.

- **Etape 2**

Une fois les boites de pétri sont coulées ; avec de la gélose GNAB, s'assurer aussi de l'étiquetage des boites.

Les tubes incubés qui représentent l'enrichissement, feront l'objectif d'un isolement sur milieu GNAB, dont le prélèvement sera effectué à partir de la surface du milieu (EPA). L'incubation se fait à 37°C pendant 24 heures.

- **Lecture**

Après l'incubation, la boite de gélose GNAB subira une lecture en tenant compte du fait que les vibrions se présentent le plus souvent sous forme de grosses colonies lisses, transparentes et très caractéristiques.

- **Identification morphologique et biochimique**

Elle est basée essentiellement sur :

- Etat frais (bacilles, mobilité).
- Test oxydase (+).
- Coloration de Gram (bacilles Gram négatifs).

Chapitre III

Résultats

et

Discussion

III-1 Résultats des analyses physico-chimiques

III-1-1 Résultats des analyses physico-chimiques de l'eau brute d'Oued El-Hammam

L'évaluation de la pollution d'une eau usée brute d'Oued El-Hammam se fait d'après la détermination d'un certain nombre de paramètre physico-chimique caractérisant cette eau usée. Les résultats physico-chimiques des eaux usées d'Oued El-Hammam (Guelma) avant traitement sont regroupés dans le tableau (2).

L'évolution de la température durant notre période d'étude est oscillent entre 11°C et 15°C avec une valeur moyenne de 14°C. Ces valeurs restent inférieurs à la norme algérienne et celles de l'OMS. L'échantillon des eaux usées analysé ont un pH relativement neutre qui comprit entre 6,5 et 7,25 avec une valeur moyenne de 7, respectant la norme de rejet délimitée entre 6,5 et 8,5 (algérienne et celle de l'OMS).

Pour l'ensemble des prélèvements l'oxygène dissous présente des faibles valeurs oscille entre 0,4 mg/l et 0,6 mg/l avec une valeur moyenne 0,5mg/l, donc elle négligeable par rapport a la norme algérienne et celles de l'OMS.

Pour la minéralisation des eaux, la valeur de la conductivité électrique enregistrée se situe entre 838 μ S/cm et 874 μ S/cm avec 856 μ S/cm comme valeur moyenne, ces résultats restent toujours inférieur à la norme algérienne.

En ce qui concerne la teneur enregistrée de la matière en suspension (MES) qui oscillent entre 109,6mg/l et 110,2mg/l et de 110mg/l comme valeur moyenne, ces résultats dépassent très loin la valeur admissible par la norme de rejet de l'OMS (30 mg/l) et à celle du Journal Officiel Algérien limitée à 35 mg/l (JORA, 2006).

Les principaux paramètres de qualité habituellement étudié pour évaluer de façon indirecte la charge organique globale contenue dans une eau usée sont la demande biochimique en oxygène (DBO₅) représentant la qualité de matière organique biodégradable, et la demande chimique en oxygène (DCO) qui rend compte de la qualité des principaux éléments carbonés biodégradables ou non, susceptibles d'être oxyder chimiquement dans le milieu récepteur.

Ainsi pour le site d'Oued El-Hammam et durant la période d'étude, les valeurs de la DBO₅ sont comprises entre 58 mgO₂/l et 57,4 mgO₂/l avec une valeur moyenne de 57,7 mgO₂/l.

La qualité de l'eau en DBO₅ est supérieure aux normes algériennes de rejet (35 mg O₂/l), et celles du Journal Officiel de la Communauté Européenne (30 mg O₂/l) ainsi qu'aux normes extrêmes, limitées aux eaux d'irrigations (<30 mg O₂/l).

Quant au DCO, les valeurs enregistrées sont de 103 à 132 mgO₂/l avec une valeur moyenne de 117.5 mgO₂/l, par ailleurs ces résultats admissibles par rapport à la norme algériennes de rejet (120 mgO₂/l), celle du Journal Officiel de la Communauté Européenne (125 mgO₂/l) et dépassent largement les normes de l'OMS (<90 mgO₂/l), et à celles des eaux destinées à l'irrigation (<40 mgO₂/l).

Tableau 2 : Les Paramètres physico-chimique d'Oued El-Hammam avant traitement.

Paramètres Date de prélèvement	T°C	pH	CE (μS/cm)	O₂ (mg/l)	MES (mg/l)	DCO (mgO₂/l)	DBO₅ (mgO₂/l)	Rapport DCO/DBO₅
09.3.2014	11	6,5	802	0,4	104	96	58	1,65
31.3.2014	15	7,25	874	0,5	115,2	110	58	1,89
14.4.2014	15	7,25	874	0,6	110,2	132,2	57,46	2,3

III-1-2 Résultats des analyses physico-chimiques d'eau d'Oued El-Hammam traitée

- **Le traitement par l'oxyde de zinc (ZnO)**

Les résultats obtenus sont représenté sur les figures (20 à 26).

Après 24h de contact avec la molécule d'oxyde de zinc (ZnO), la température est 12°C pour toutes les concentrations testées, alors que pour le pH est varié entre 6,5 et 6,87. En ce qui concerne la minéralisation, les valeurs de la conductivité électrique oscillent entre 786 et 806µS/cm qui reste toujours inférieur aux normes de rejets. Pour l'Oxygène dissous on note des faibles concentrations de 0,2 à 0,3 mg/l. Ces valeurs restent inférieur aux normes.

Il à été constaté une variation des indicateurs physico-chimique de la pollution, cette variation est orienté vers un croisement significatif des MES, DCO et DBO₅. En ce qui concerne les MES, les valeurs trouvés varient de 104 mg/l jusqu'à 252 mg/l avec une moyenne de 170 mg/l. Ces résultats dépassent largement les normes. Ces concentrations utiliser dans ce cas de figure sont nettement sans influence sur la charge des MES. Pour la DCO et la DBO₅, en fonction des concentrations testée montrent une augmentation qui varient entre 45mg O₂/l jusqu'à 62,2 mg O₂/l pour la DCO, les valeurs de la DBO₅ oscillent entre 20 et 30 mgO₂/l. Cette augmentation des valeurs de la DBO₅ et DCO reste toujours inférieur à l'eau brute.

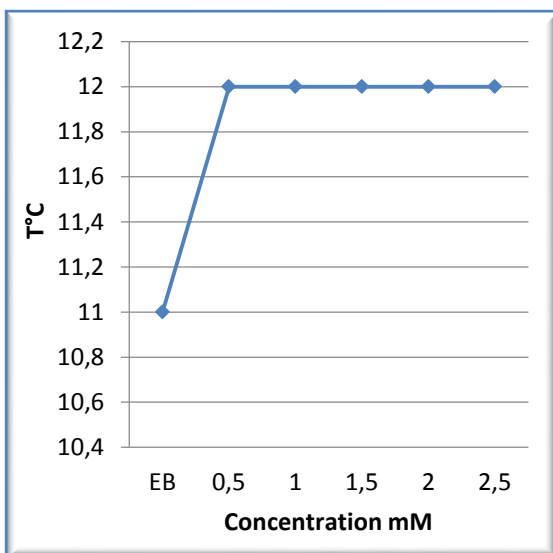


Figure 20 : Evolution de Temperature en fonction de concentration de ZnO.

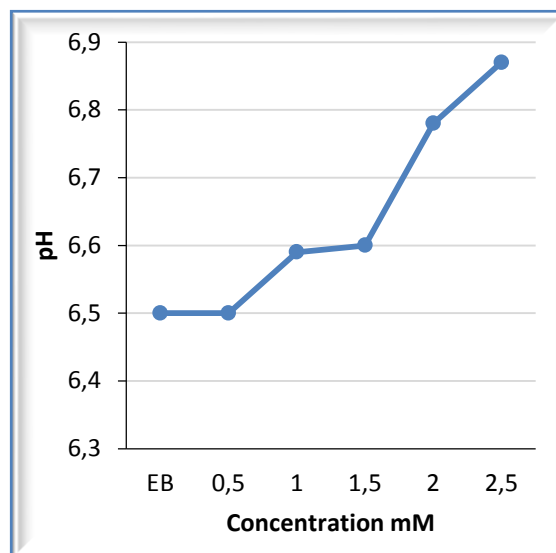


Figure 21: Evolution de pH en fonction de concentration de ZnO.

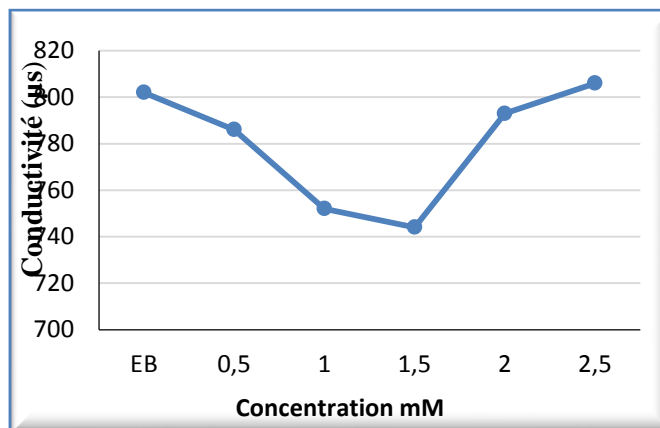


Figure 22: Evolution de CE en fonction de concentration de ZnO.

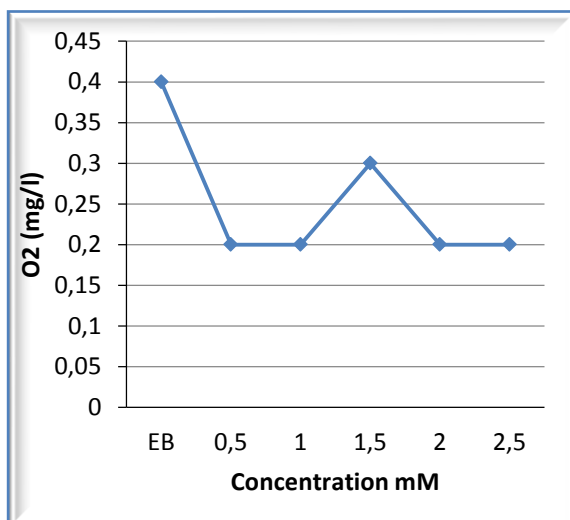


Figure 23: Evolution de l'O₂ en fonction de concentration de ZnO.

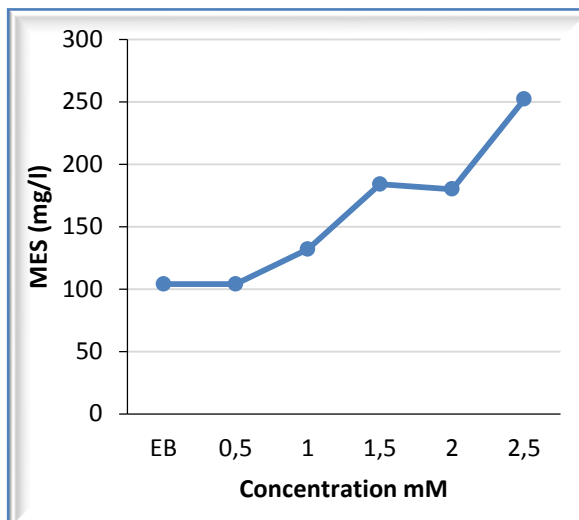


Figure 24: Evolution de MES en fonction de concentration de ZnO.

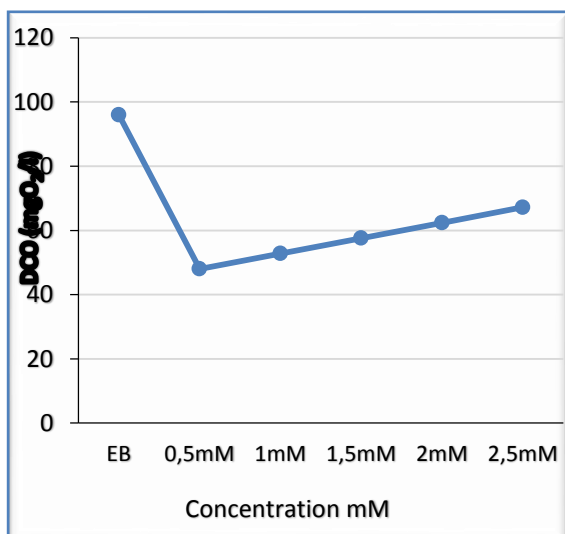


Figure 25: Evolution de DCO en fonction de concentration de ZnO.

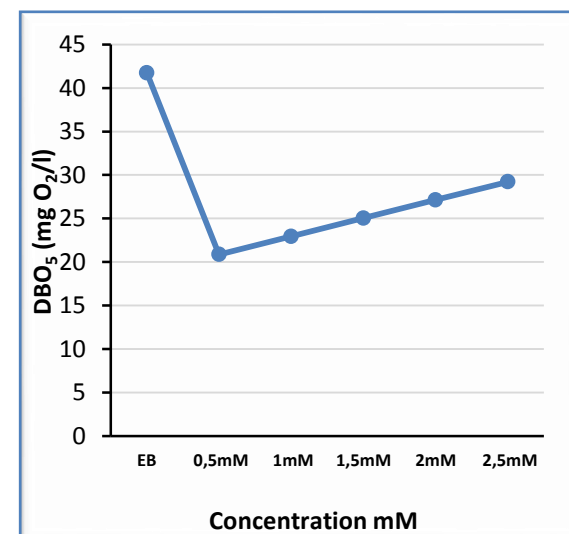


Figure 26: Evolution de DBO₅ en fonction de concentration de ZnO.

- **Le traitement par l'Argent (Ag)**

Les résultats obtenus sont représentés sur les figures (26 à 33).

Après le traitement par les différentes concentrations des nanoparticules d'argent, la température est variée de 14,7 °C et 15,6 °C, alors que pour le pH est variée de 7,66 et 7,7. En ce qui concerne la minéralisation, les valeurs de la conductivité électrique oscillent entre 1042 à 1050µS/cm qui reste toujours inférieure aux normes de rejets. Pour l'Oxygène dissous on note des faibles concentrations de 0,4 à 0,5 mg/l. Ces valeurs restent inférieures aux normes.

Nous avons constaté une légère diminution des indicateurs physico-chimique de la pollution. Cette diminution est représentée dans les paramètres étudiés pour l'évaluation de qualité et de la charge organique d'eau telle que, les MES, DCO et la DBO₅. Pour les MES, la diminution atteint 10 mg/l à 4,8 mg/l, par rapport à l'eau brute (110 mg/l). Ces résultats restent toujours inférieurs aux normes des rejets d'OMS (30 mg/l) et à celle du Journal Officiel Algérienne limitée à 35 mg/l. Les valeurs enregistrées de la DCO sont largement inférieures à celle de l'eau brute, elles varient entre 35 mg O₂/l et 4 mg O₂/l. Quant au DBO₅, les résultats obtenus après le traitement par les différentes concentrations sont largement inférieurs à celle de l'eau brute, elles varient entre 20 mgO₂/l et 2 mgO₂/l. Ces résultats restent inférieurs aux normes.

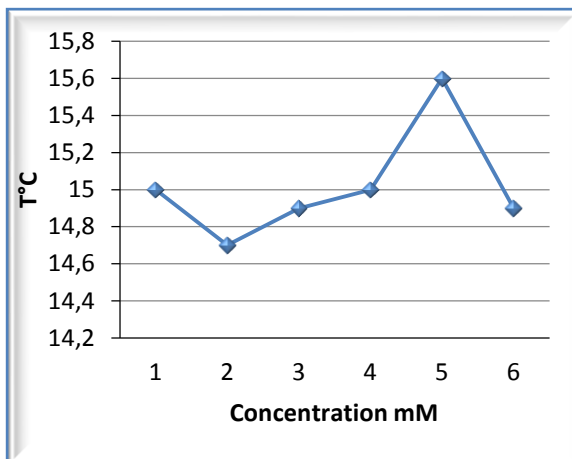


Figure 27: Evolution de Température en fonction de concentration d'Ag.

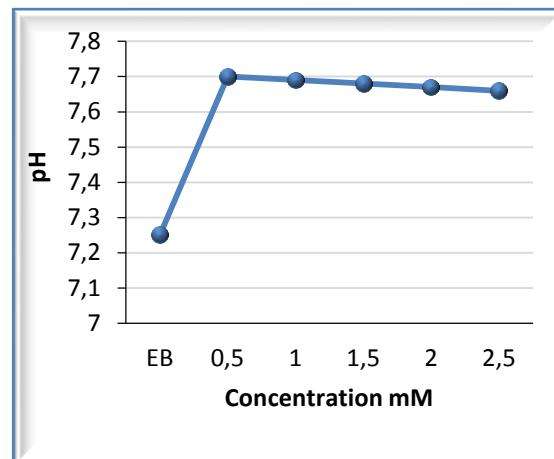


Figure 28: Evolution de pH en fonction de concentration d'Ag.

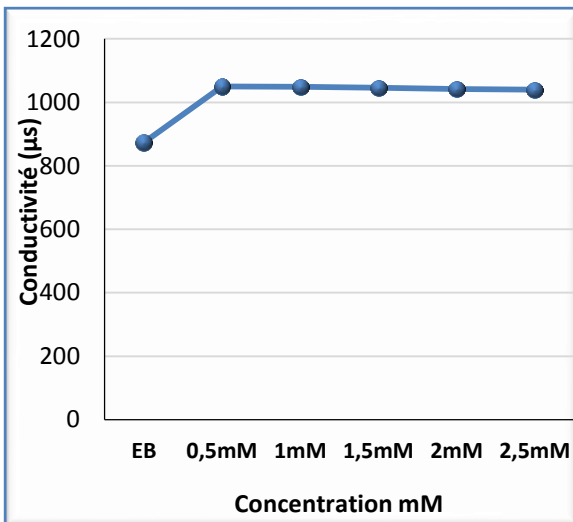


Figure 29 : Evolution de CE en fonction de concentration d'Ag.

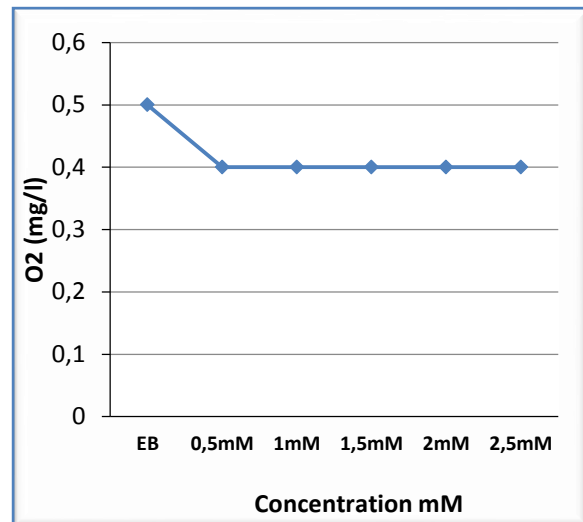


Figure 30 : Evolution d'O₂ dissous en fonction de concentration d'Ag.

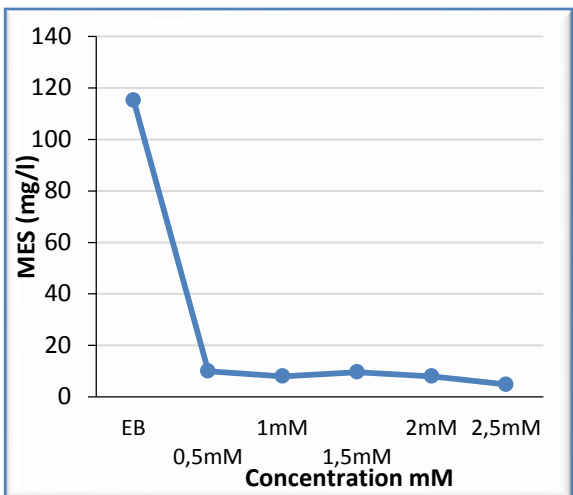


Figure 31 : Evolution de MES en fonction de concentration de Ag.

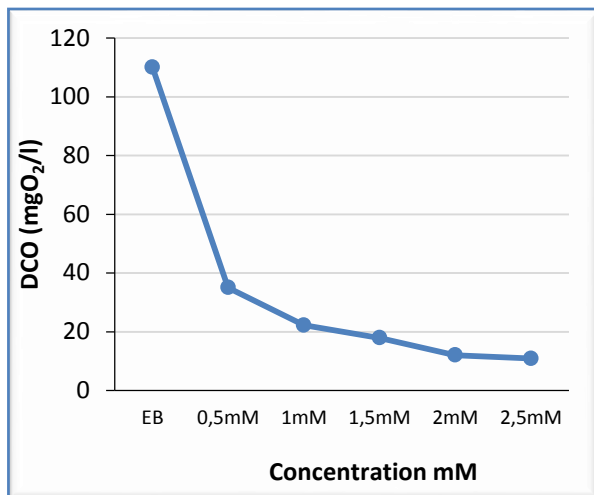


Figure 32 : Evolution de la DCO en fonction des concentrations d'Ag.

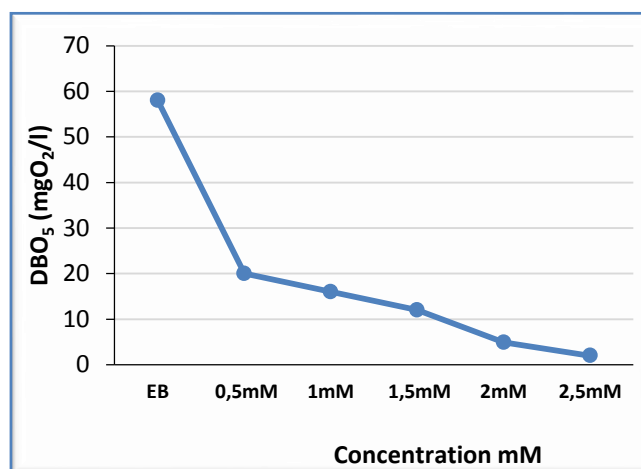


Figure 33: Evolution de la DBO₅ en fonction de concentration d'Ag.

• Le traitement par l'Oxyde de Fer (Fe_2O_3)

Les résultats obtenus sont représentés dans les figures (34 à 40)

Après 24h de contact de la molécule d'Oxyde de Fer avec l'eau d'Oued El-Hammam, la température est variée de 15 °C à 16 °C, alors que pour le pH est variée de 7,62 et 7,9. En ce qui concerne la minéralisation, les valeurs de la conductivité électrique oscillent entre 1014 à 1088 $\mu\text{S}/\text{cm}$ qui reste toujours inférieure aux normes de rejets. Pour l'Oxygène dissous on note des faibles concentrations de 0,5 à 0,6 mg/l. Ces valeurs restent inférieures aux normes.

Les résultats satisfaisants pour les différents indicateurs physico-chimiques de la pollution tels que les MES, DCO et la DBO_5 . Ainsi pour les MES, une légère diminution de 12 mg/l jusqu'à 6.5 mg/l pour toutes les concentrations testées, par rapport à l'eau brute (110,2 mgO₂/l). En ce qui concerne la demande chimique en oxygène (DCO), les valeurs sont comprises entre 60,64 mgO₂/l et 30,7 mgO₂/l, par rapport à l'eau brute (132,16 mgO₂/l). Ces valeurs restent inférieures à la norme algérienne de rejet (120 mgO₂/l), celle du Journal Officiel de la Communauté Européenne (125 mgO₂/l) ainsi qu'aux normes de l'OMS (<90 mgO₂/l), et supérieure à celles des eaux destinées à l'irrigation (<40 mgO₂/l). Pour la DBO_5 les valeurs oscillent entre 29,5 mgO₂/l et 16,4 mgO₂/l. Ces résultats restent inférieurs aux normes algériennes de rejet (35 mgO₂/l), et celles du Journal Officiel de la Communauté Européenne (30 mgO₂/l) ainsi qu'aux normes extrêmes, limitées aux eaux d'irrigations (<30 mgO₂/l).

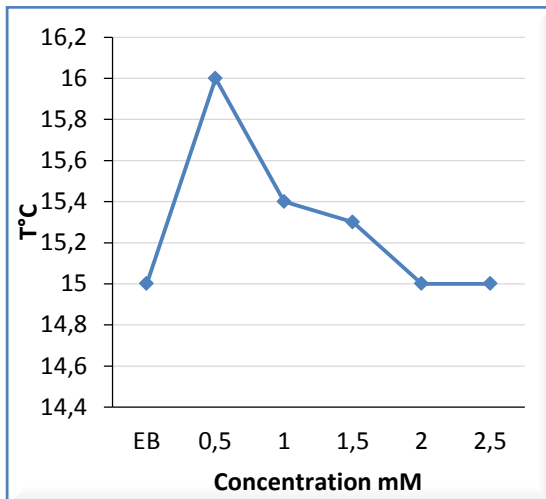


Figure 34 : Evolution de Température en fonction de concentration de Fe_2O_3 .

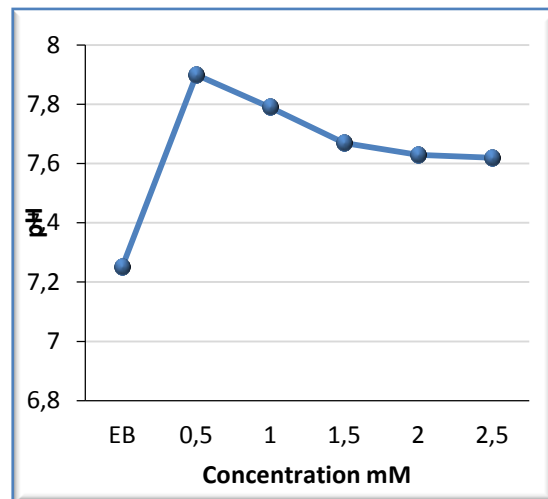


Figure 35 : Evolution de pH en fonction de concentration de Fe_2O_3

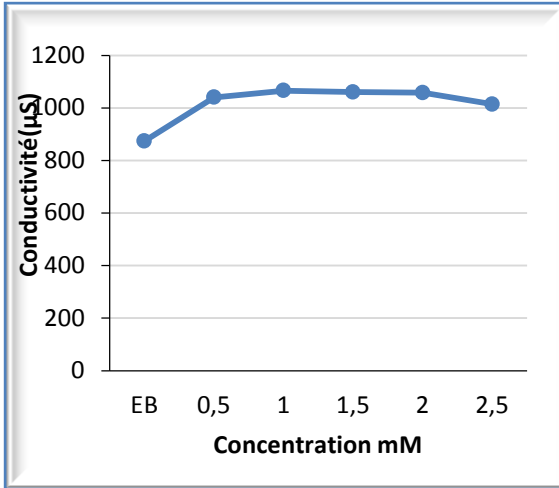


Figure 36: Evolution de CE en fonction de concentration de Fe_2O_3 .

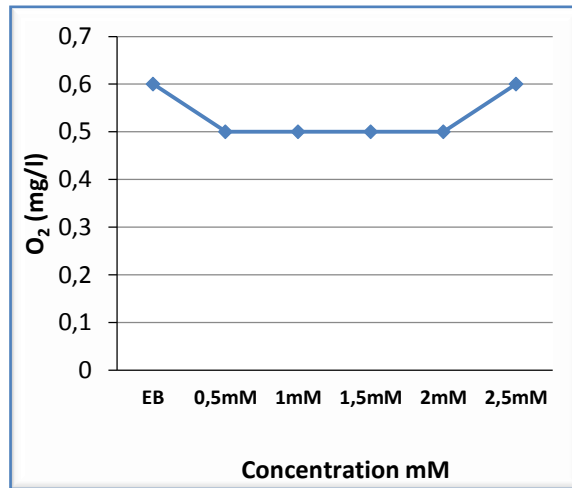


Figure 37: Evolution de l'O₂ en fonction de concentration de Fe_2O_3 .

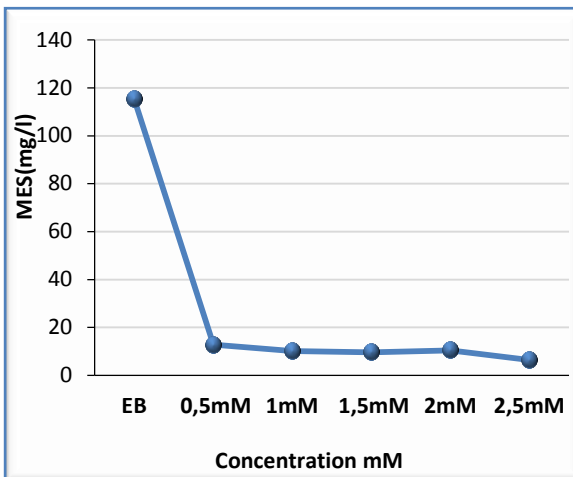


Figure 38: Evolution de MES en fonction de concentration de Fe_2O_3 .

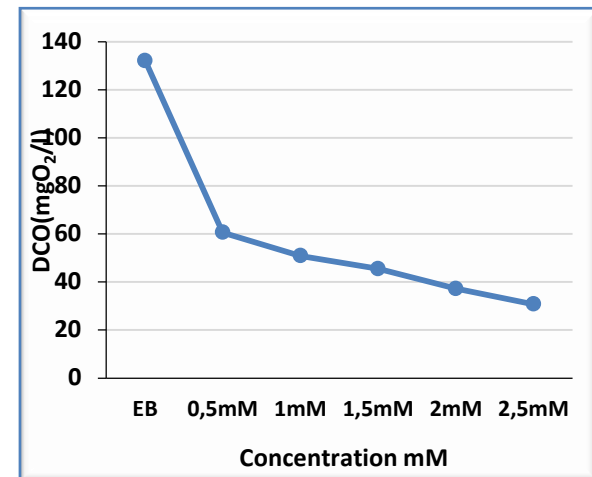


Figure 39 : Evolution de DCO en fonction de concentration de Fe_2O_3 .

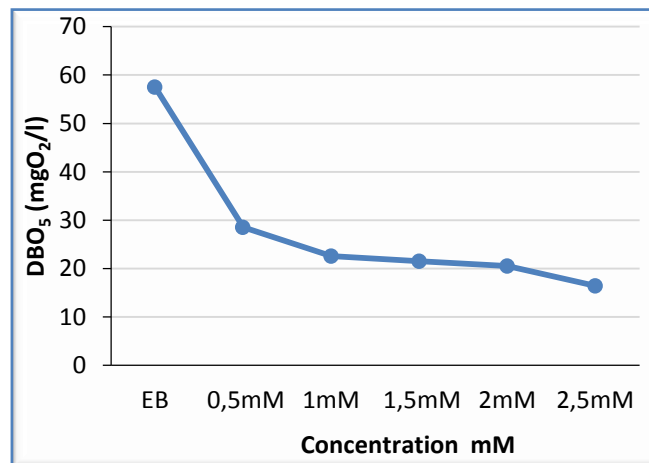


Figure 40: Evolution de DBO₅ en fonction de concentration de Fe_2O_3 .

III-2 Résultats des analyses bactériologiques

III-2-1 Résultats des analyses bactériologiques de l'eau brute d'Oued El Hammam

Les résultats des différentes analyses bactériologiques de l'eau brute sont représentés dans les tableaux (3 et 4). Pour la flore mésophile aérobies totales (FMAT) montre un nombre compris entre (34966,6 et 21380 UFC/ml) avec une valeur moyenne de 22916,6 UFC/ml, avec une maximal valeur est observée au mois de Mars.

Le dénombrement des coliformes totaux fluctue entre (140.10^2 CT/100ml et 180.10^2 CT/100ml) avec une moyenne de $156,6.10^2$ CT/100ml. La répartition des coliformes totaux montre une diminution du nombre de germes au mois de Mars et une augmentation au mois d'Avril.

Le nombre des coliformes fécaux oscille entre 140.10^2 CF/100ml et 180 CF/100ml. Avec une moyenne de 156.10^2 CT/100ml. Nous constatons que la valeur maximale est enregistrée au mois d'avril et la valeur minimale au mois de mars. Ces résultats dépassent largement les normes de la directive OMS (< 1000 g/100 ml) pour les eaux destiné à l'irrigation.

Concernant les résultats de la recherche et le dénombrement des streptocoques fécaux, les concentrations déterminées variant entre 45 germes/100ml et 60 germes/100ml avec une valeur moyen de 50 germes/100ml. La valeur moyenne maximale est enregistrée aux mois de Mars et une minimale valeur au mois d'Avril.

En ce qui concerne la recherche et le dénombrement des Clostridium sulfito réducteur dans l'eau brute, les concentrations déterminées variant entre 46 et 54 germes /20ml avec une valeur moyenne de 50 germes/20ml. La valeur maximale est enregistrée au mois d'avril et la valeur minimale au mois de Mars.

Pour les germes pathogènes tell que (salmonelles, les vibrions cholérique, staphylocoques), les résultats montrent l'absence de ces germes dans tous les prélèvements effectués (Tableau4).

Tableau 3 : Résultat d'analyse bactériologique de l'eau brute d'Oued El-Hammam.

Date de prélèvement	Flore mésophile aérobie total (UFC/ml)	Coliformes (germe / 100ml)		Streptocoques Fécaux (germe / 100ml)	Clostridium sulfito réducteur (germe /20ml)	Rapport CF/SF
		Totaux	Fécaux			
9-03-2014	34966,66	140.10 ²	140.10 ²	45	58	3,11
31-03-2014	12463,33	150.10 ²	150.10 ²	60	34	2.5
13-04-2014	21380	180.10 ²	180.10 ²	45	54	4

Tableau 4 : Résultat de recherche des germes pathogènes d'eau brute d'Oued El-Hammam.

	Germes pathogènes		
Date de prélèvement	Staphylocoque	Salmonelle	Vibrion cholérique
9-03-2014	Absence	Absence	Absence
31-03-2014	Absence	Absence	Absence
13-04-2014	Absence	Absence	Absence

III-2-2 Résultats des analyses bactériologiques de l'eau d'Oued El-Hammam traitée

- **Le Traitement par l'oxyde de zinc (ZnO)**

Après 24 h de contact d'eaux brute avec l'Oxyde de zinc, les résultats obtenus sont illustrée dans les figure (41 à 44). L'évolution de la flore mésophile aérobie totale des eaux traitées par les différentes concentrations est oscillent entre 13750 germes/ml et 45316,66 germes/ml.

Pour le dénombrement des coliformes totaux les valeurs enregistrée sont compris entre 45.10^2 et 140.10^2 CT/100ml, pour les coliformes fécaux sont varie entre 45.10^2 et 140.10^2 CF/100ml, quant aux streptocoques fécaux les valeurs enregistrée oscillent entre 45 SF/100ml et 9 SF/100ml, l'évolution des Clostridium sulfito-réducteur pour les différentes concentrations à montré une variation de 41 à 53 germes/20ml, ces résultats dépassent largement les normes.

Concernant les germes pathogènes tell que (staphylocoque, salmonelle, vibriion cholérique), on note une absence totale de ces germes pour l'eau traitée avec les différentes concentrations de ZnO par apport a l'eau brute.

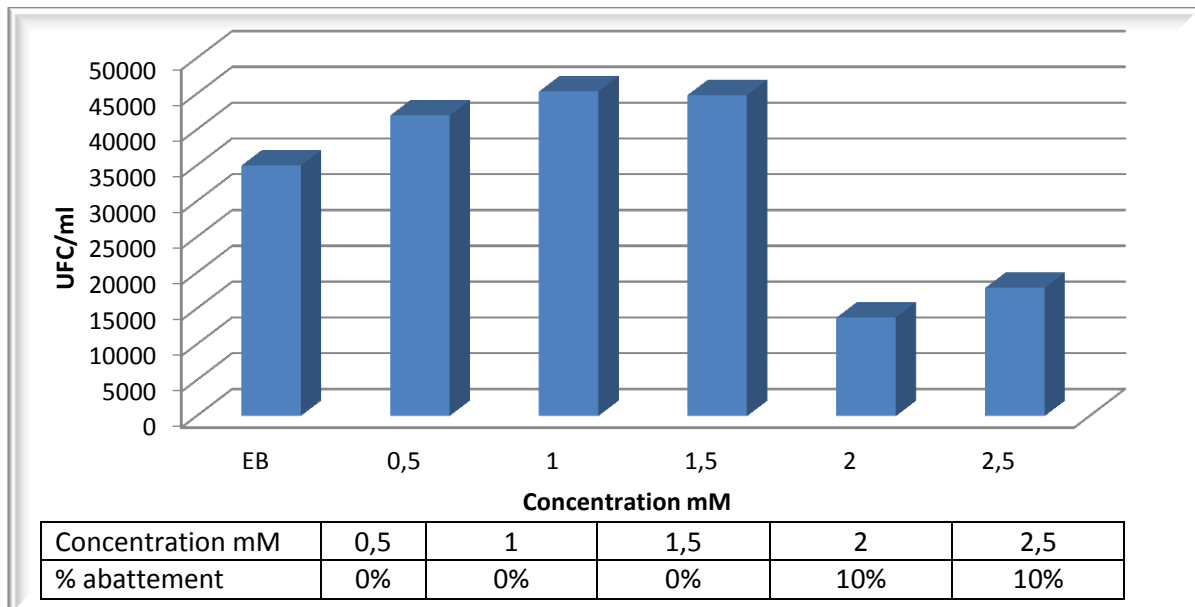


Figure 41 : Evolution de la flore aérobie mésophile totale (FMAT) dans l'eau traitée par les différentes concentrations d'oxyde de zinc.

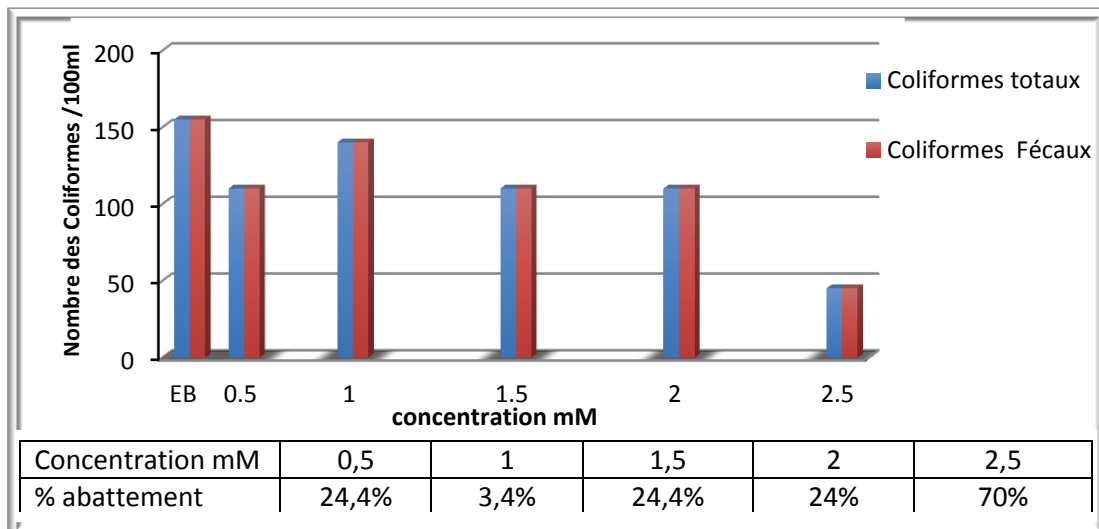


Figure 42 : Evolution de coliformes en fonction de différente concentration d'oxyde de zinc.

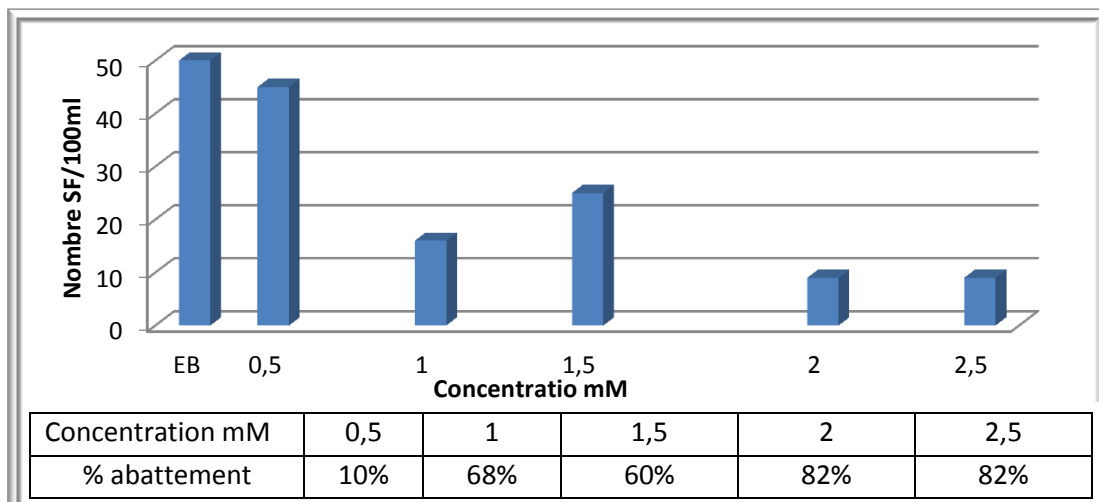


Figure 43: Evolution de streptocoques fécaux en fonction de différente concentration d'oxyde de zinc.

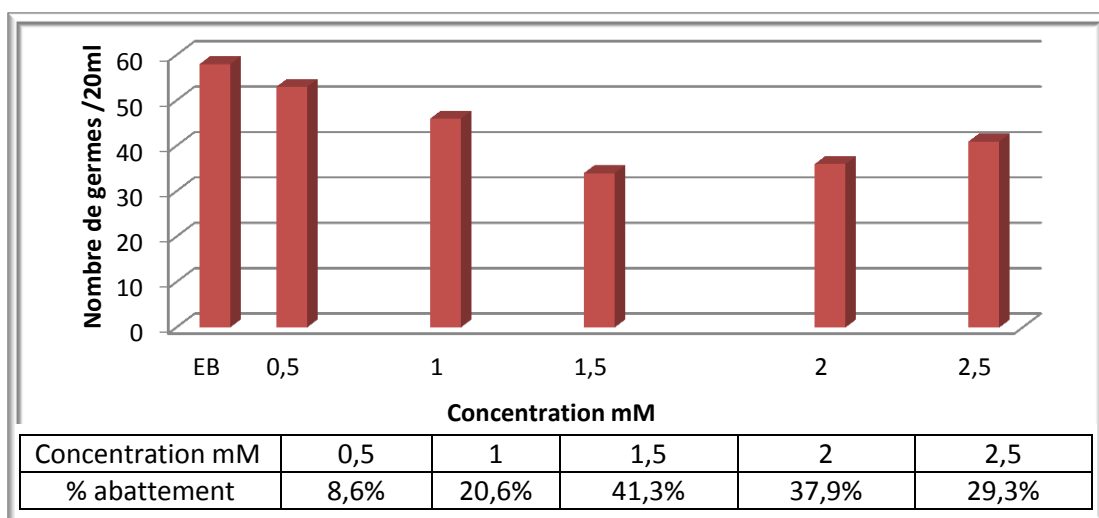


Figure 44 : Evolution de clostridium sulfite réducteur dans l'eau traitée par les différentes concentrations d'oxyde de zinc.

- **Le Traitement par l'argent (Ag)**

Après le traitement par les différentes concentrations des nanoparticules d'Argent, les résultats obtenus sont illustrée dans les figures (45 à 49).

Ces résultats présentent une diminution rapide pour tous les indicateurs de la pollution bactérienne qui atteindre (0 germes/ml) pour la flore mésophile aérobie totale (FMAT), une absence totale pour les coliformes (totaux et fécaux) pour toutes les concentrations testée, et de 0 germes/20ml pour le dénombrement des clostridium sulfito-réducteur, par apport à l'eau brute.

Concernant les germes pathogènes on note une absence totale de tous les germes pour les différentes concentrations de la molécule d'argent. Ces résultats sont en accord avec les normes de l'OMS.

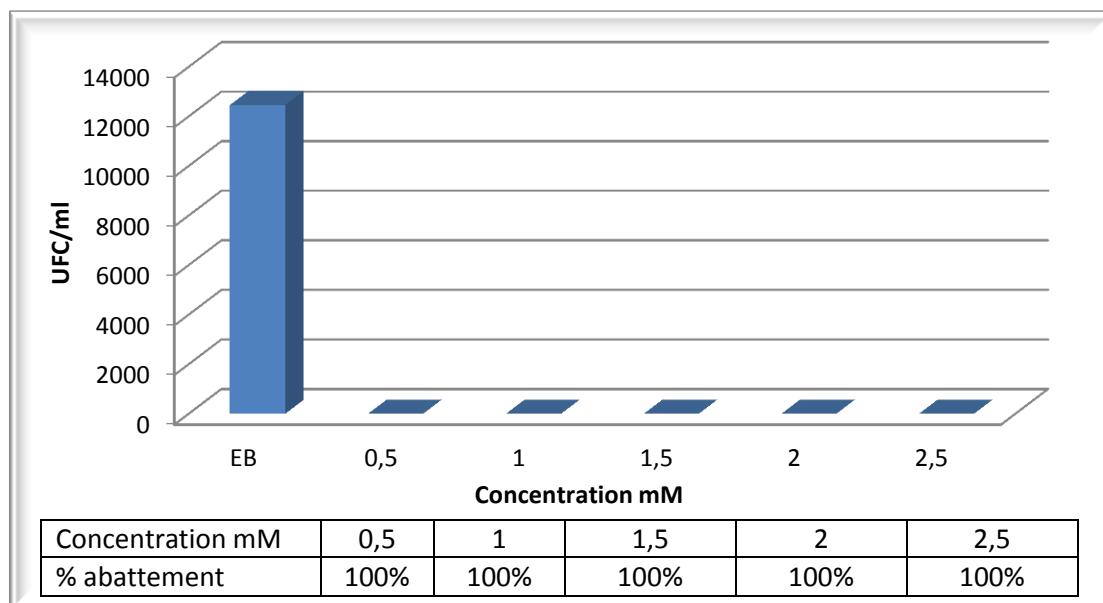


Figure 45 : Evolution de la flore aérobie mésophile totale dans l'eau traitée par les différentes concentrations des Nps d'Ag.

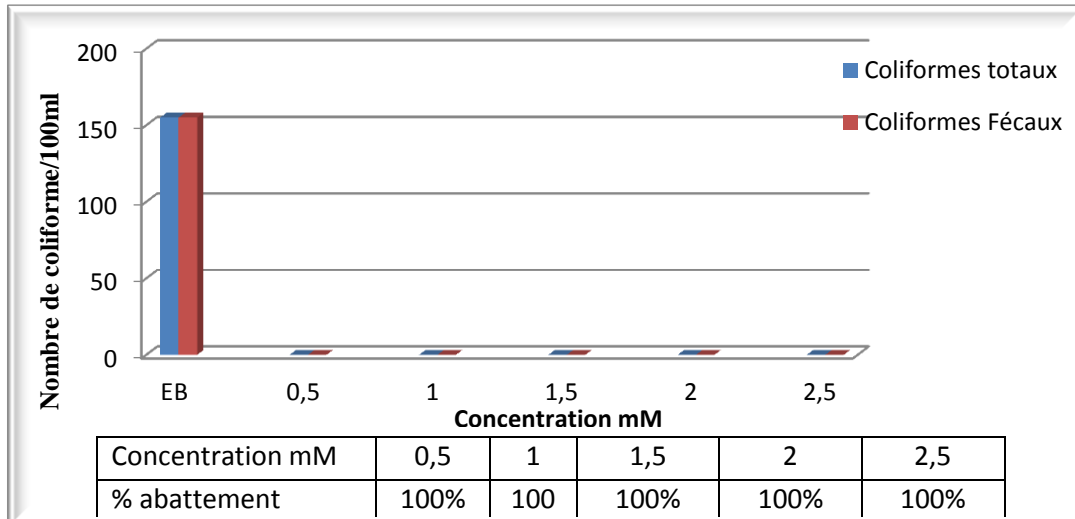


Figure 46: Evolution de coliformes (totaux et fécaux) dans l'eau traitée par les différentes concentrations des NP d'Ag

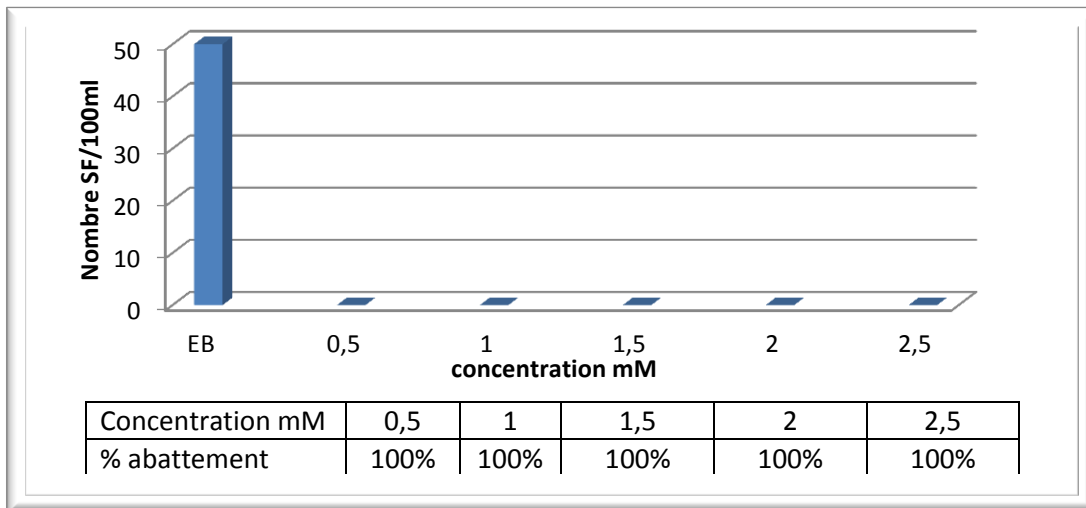


Figure 47: Evolution de streptocoques fécaux dans l'eau traitée par les différentes concentrations des Nps d'Ag.

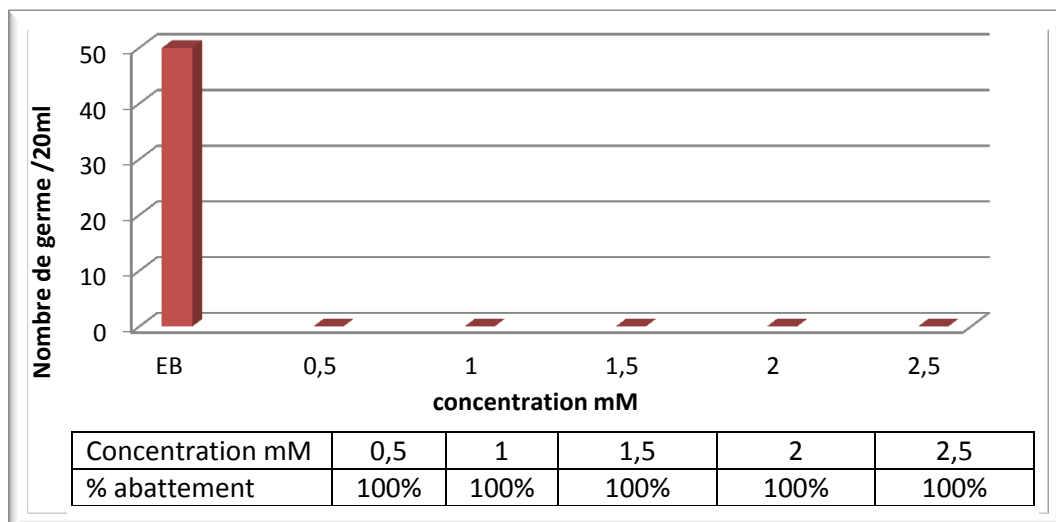


Figure 48 : Evolution de clostridium sulfito- réducteur dans l'eau traitée par les différentes concentrations des Nps d'Ag.

• **Le Traitement par d'oxyde de fer (Fe_2O_3)**

Les résultats obtenus après le traitement par les différentes concentrations des nanoparticules d'oxyde de fer sont illustré dans les figures (49 à 52), qui représenté une légère diminution concernant les indicateurs bactériologiques de la pollution.

La concentration de la flore mésophile aérobie totale (FMAT) est atteint 10 germes/ml pour la concentration (2,5mM) qui restent inférieur par apport à l'eau brute, concernant le dénombrement des coliformes totaux on remarque une variation de 2.5 CT/100ml et 140 CT/100ml, pour les coliformes fécaux les valeurs sont oscillent entre 140 CF/100ml et 0,9 CF/100ml , l'évolution de la streptocoque fécaux est de l'ordre de 25 SF/100ml et 9,5 SF/100ml. Quant aux clostridium sulfite réducteur on note une absence totale de ces germes pour toutes les concentrations testées par apport à l'eau brute.

Et pour les germes pathogènes montrent une absence totale de ces germes pour les différentes concentrations testées.

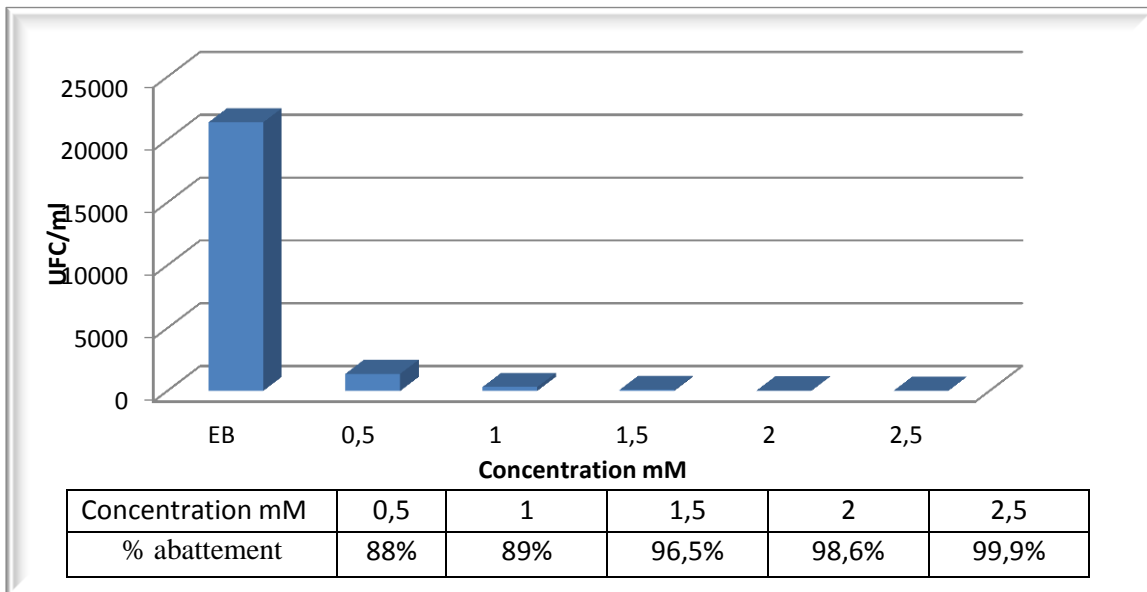


Figure 49: Evolution de la flore aérobie mésophile totale dans l'eau traitée par les différentes concentrations Nps de Fe_2O_3 .

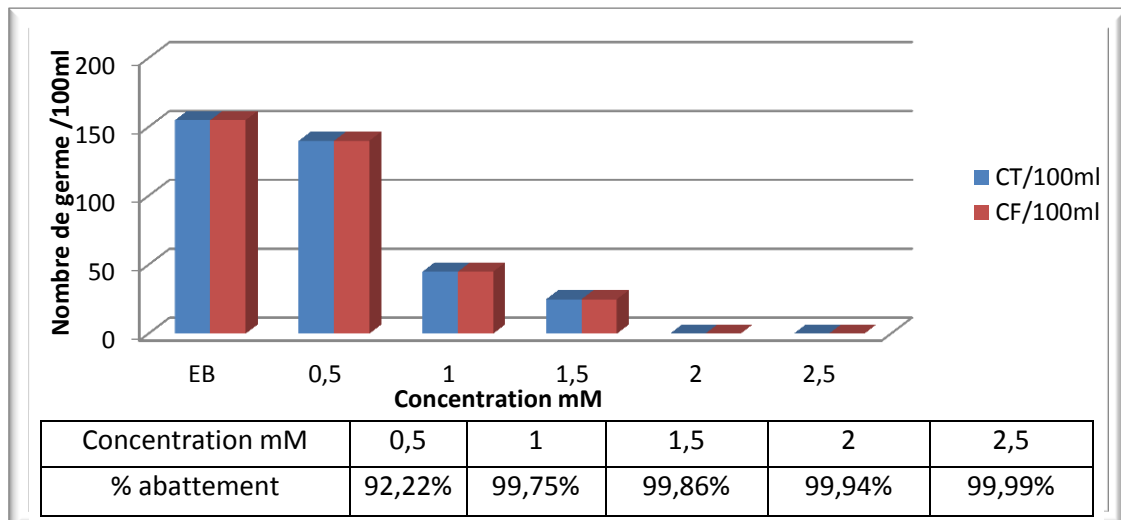


Figure 50: Evolution de coliformes (totaux et fécaux) dans l'eau traitée par les différentes concentrations des Nps de Fe_2O_3 .

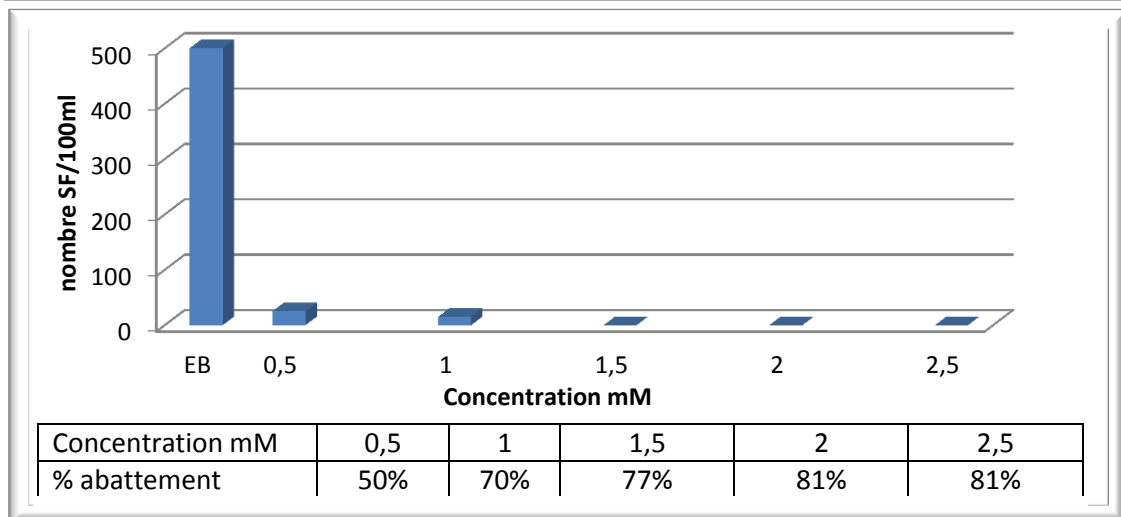


Figure 51 : Evolution de streptocoques fécaux dans l'eau traitée par les différentes concentrations des Nps de Fe_2O_3 .

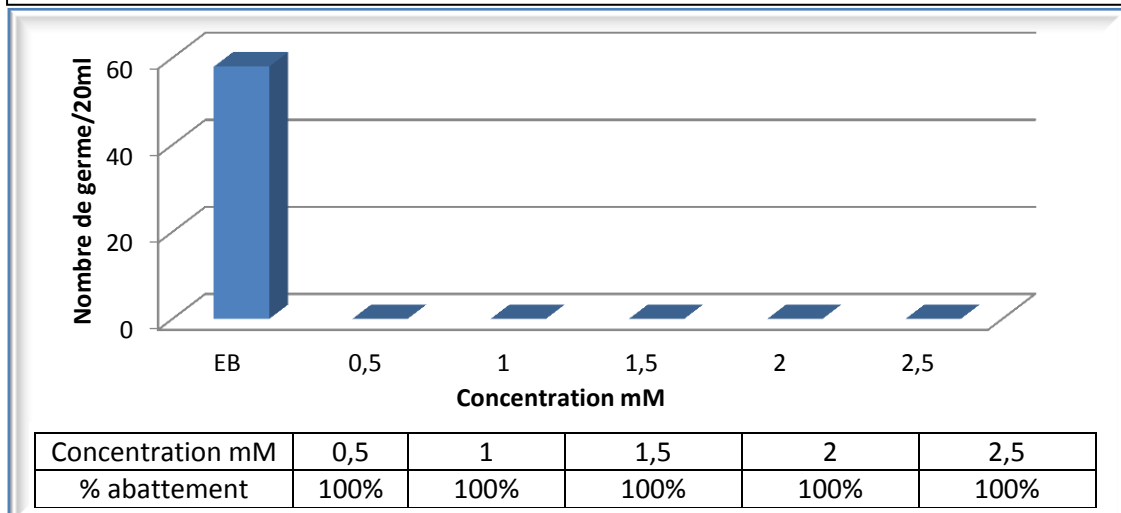


Figure 52: Evolution de clostridium sulfite réducteur en fonction de différente concentration des Nps de Fe_2O_3 .

III-3 Discussion

Les nanoparticules manufacturées sont porteuses d'espoirs et d'attentes et notamment dans le domaine environnemental. Elles sont utilisées sous forme des membranes de filtration nano-poreuses, des catalyseurs ou de nano-adsorbants pour le traitement de pollutions, contrôle de la pollution de l'eau et de la qualité de l'air, la dépollution des eaux souterraines ou encore le traitement de l'eau potable (Auffan, 2007).

L'activité antibactérienne de certains éléments métalliques comme l'argent, le zinc et le cuivre...etc est connue depuis l'époque romaine. Le rôle thérapeutique de zinc a été établi dans plusieurs maladies dans ces dernières années, de plus l'oxyde de zinc de taille nanométrique offre des propriétés intéressantes pour entrer dans le domaine clinique (Thati et *al.*, 2009).

Dans cette étude, nous nous sommes fixés pour but l'évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux brutes d'Oued El-Hammam avant et après traitement par les nanoparticules métalliques (ZnO, Ag et Fe₂O₃).

La température joue un rôle important dans la solubilité des sels et surtout des gaz et conditionne les équilibres de dissociation (El Maroufy, 1992). Elle agit sur la conductivité électrique.

Généralement, les valeurs moyennes et extrêmes de la température des eaux d'Oued El-Hammam au cours des périodes d'étude varient entre 11°C et 16°C avant et après traitement par les nanoparticules métalliques. Les valeurs de la température sont inférieure à la norme 30°C, considérée comme valeur limite des rejets directs dans le milieu récepteur. Nos résultats concordent avec les travaux d'El-Guamri et *al* (2007) à Kenitra et Oulkheir (2002).

Le potentiel d'Hydrogène est un indicateur de la pollution, il varie suite à la nature des effluents basiques (Cuisson, lavage...) ou acide (les acide acétique et les dérivés chlorés...). La gamme du pH biologique se situe entre 6,5 et 8,5. En dehors de cette gamme, le pH a des effets néfastes sur la vie aquatique et bloque les processus d'autoépuration, une baisse de pH peut augmenter la toxicité (Rodier, 1996). Pendant notre période d'étude, les analyses effectuées montrent que le pH de l'ensemble des échantillons des eaux brutes d'Oued El-Hammam utilisées avant et après traitement par les différentes molécules nanométriques varie entre 6,5 et 7,66. Les valeurs de pH mesurés sont proches de celles proposées par les normes Algériennes de qualité des eaux usées destinées à l'irrigation, se trouve dans l'intervalle

admis (6,5-8,5) considéré comme valeur limite des rejets des effluents liquide déversés dans le milieu naturel (JORA, 2006).

L'oxygène dissous (O_2) est très important par le fait qu'il conditionne l'état de plusieurs sels minéraux, la dégradation de la matière organique et la vie des animaux aquatiques. Il joue un rôle primordial dans le maintien de la vie aquatique dans l'autoépuration. Sa présence dans les eaux naturelles est déterminée principalement par la respiration des organismes, par l'activité photosynthétique de la flore, par l'oxydation et la dégradation des polluants et enfin par les échanges air-eau, L'oxygène dissous est un paramètre important à prendre en considération, car il renseigne sur l'état de l'eau et d'autre part il favorise la croissance des micro-organismes qui dégradent la matière organique. En général, les valeurs faibles de l'oxygénées dissous favorisent le développement des germes pathogènes (Belghiti et *al.*, 2013).

Les analyses effectuées montrent que l'oxygène dissous (O_2) de l'ensemble des échantillons des eaux brutes d'Oued El-Hammam utilisées avant et après traitement varie entre 0,2 et 0,6, ces valeurs restent inférieure aux normes de l'OMS (1989) et celle du Journal Officiel de la République Algérienne (JORA, 2006).

La conductivité électrique (CE) d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1cm^2 de surface séparés l'une de l'autre de 1cm . Elle est l'inverse de la résistivité électrique. Elle permet d'évaluer la minéralisation globale et d'estimer la totalité des sels solubles dans l'eau. La teneur de la conductivité électrique est probablement l'une des plus simples et des plus importantes pour le contrôle de la qualité des eaux usées (Rodier, 1984).

Les analyses effectuées montrent que les valeurs de la conductivité électrique de l'ensemble des échantillons des eaux brutes d'Oued El-Hammam utilisées avant et après traitement par les différentes molécules nanométriques varient de 802 à 1058 $\mu\text{S}/\text{cm}$ notamment inférieure à 3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ qui est la norme européenne des rejets et inférieure à 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ qui est la norme Algérienne (JORA, 2006).

Les matières en suspension, représentent l'ensemble des particules minérales et organiques contenues dans les eaux brutes d'Oued El-Hammam. La connaissance de la concentration des éléments colloïdaux dans les eaux d'Oued El-Hammam est nécessaire dans l'évaluation de l'impact de la pollution sur le milieu aquatique. La quantité de la matière en suspension varie dans les eaux brutes d'Oued El-Hammam avant et après traitement par le

ZnO de (104 à 252 mg/l). Elle dépasse la norme Algérienne qui fixe la teneur de MES à 35mg/l (JORA, 2006) et celle de l'OMS (1989). Ces résultats sont liés souvent à la charge importante en matières organique et minérale engendrées par les diverses activités de la population urbaine (Souiki, 2008), Nos résultats concordent ceux de (Sadek et *al.*, 2012).

La demande Biochimique en Oxygène exprime la quantité d'oxygène nécessaire à la dégradation de la matière organique biodégradable d'une eau par le développement de micro organismes, dans des conditions données (5 jours à 20°C, à l'abri de la lumière et de l'air) on parle alors de la DBO₅ (Belghiti et *al.*, 2013). Les valeurs enregistrées de la DBO₅ des eaux brutes d'Oued El-Hammam avant traitement sont comprises entre 41,73mg/l d'O₂ et 58 mg/l d'O₂, ces valeurs de la DBO₅ dépassent la norme Algérienne qui fixe la teneur de la DBO₅ à 35mg/l (JORA, 2006) et celle de l'OMS (1989).

La demande chimique en oxygène (DCO) est un indicateur de la teneur en matière organique et en sels minéraux oxydable. Les valeurs enregistrées de la DCO des eaux brutes sont comprises entre 96 mg O₂/l et 132,16 mg O₂/l avec une valeur moyenne de 117,5mg O₂/l, ces valeurs de la DCO restent inférieure aux normes de l'OMS (1989) et celle du Journal Officiel de la République Algérienne (JORA, 2006).

Les pourcentages d'abattelements de l'ordre de 66% ,64% et de 92% respectivement pour la DCO, la DBO₅ et les MES sont observés après traitement des eaux brutes par (Fe₂O₃), de l'ordre de 84% ,81% et de 92% respectivement pour la DCO, la DBO₅ et les MES après traitement de l'eau brute par l'argent et de l'ordre de 53% , 64,5% respectivement pour la DCO, la DBO₅ après traitement par la seule concentration de (0,5mM) d'oxyde de zinc toujours par rapport à l'eau brute avant traitement.

Ces abattelements sont expliqués par l'effet du catalyseur (Ag ou le Fe₂O₃) seul qui a été à l'origine d'une diminution de la teneur de la matière organique. Cette diminution, s'accroissant en fonction des concentrations, pourrait être expliquée par l'adsorption de la matière organique sur la surface du catalyseur (Gebrati et *al.*, 2010) .

Ce résultat est en parfait accord avec une étude réalisée par Méndez-Arriaga et *al* (2008) sur la dégradation de NSAID (No Steroidal Anti-inflammatory Drugs) par traitement catalytique. Ce phénomène d'adsorption d'après Chen *et al* (1995) présentait au cours du processus un effet sur la cinétique de dégradation catalytique. Le processus d'adsorption sur la surface de TiO₂ est dû à la formation d'une surface complexe par des bonds covalentes

avec les ions (Hohl et Stumm, 1992) ou à la formation des liaisons hydrogènes avec les molécules polaires (Bowers et Huang, 1985).

Le pourcentage maximal d'abattement avec le ZnO est observé avec la concentration de (0,5mM) concernant la DCO, la DBO₅ avec une augmentation des MES en fonction de différentes concentration de ZnO peut être expliqué par les valeurs de pH qui varie de 6,5 à 6,87 des eaux brutes d'Oued El-Hammam avant et après traitement par les différentes concentrations de ZnO, l'oxydation catalytique dépend étroitement du pH de la solution ce ci est en accord avec les travaux de (Gebrati et *al.*,2010) qui ont montré que l'oxydation photocatalytique dans les effluents d'industrie de textile par photocatalyse avec le TiO₂ dépend étroitement du pH de la solution avec un pourcentage maximal d'abattement de la DCO et de la coloration est obtenu à pH acide (égale à 4).

D'autre part, l'effet des nanoparticules est efficace uniquement lors de l'irradiation par la lumière UV (Bennabbou et *al.*, 2007).

Le rapport DCO/DBO₅ évalue la biodégradabilité d'une eau usée, c'est-à-dire la faculté de transformation de la matière organique en matière minérale, admissible par le milieu naturel. Les résultats de ce rapport constituent une indication de l'importance des matières polluantes peu ou pas biodégradable (Belghyti et *al.*, 2009).

Le rapport DCO/DBO₅ des eaux brutes d'Oued El-Hammam varie de (1,65 à 2,3), ce rapport varie de (1,87 à 2), de (1,39 à 2) et de (2 à 2,21) respectivement dans les eaux brutes d'Oued El-Hammam traitées par le Fe₂O₃, Ag et le ZnO. Ces rapports sont inférieurs à 3 (conforme avec celui des eaux usée urbaines à dominance domestique présentant un rapport DCO/DBO₅ inférieur à 3 (Belhadj, 2006), ces résultats sont en accord avec les travaux de Souiki (2008) et ceux de Belhadj (2006).

La numération de la flore mésophiles aérobies totales n'a que peu de valeurs si elle n'est pas réalisée régulièrement et à divers moment de l'année, en effet il n'as pas d'indicateurs spécifique d'un type de pollution autre d'origine fécale, susceptible de contenir également des pathogènes tels que la pollution urinaire....etc (Rodier, 2009).

La (FMAT) est utilisé comme indicateur de pollution globale, cependant le dénombrement de ces germes nous donne une idée sur la charge en microorganismes dans les eaux usées traitées, il est également utilisé comme indicateur d'efficacité de traitement biologique (Fagrouch et *al.*, 2010 ; Rodier, 2009).

Les résultats montrent que les eaux brutes d'Oued El-Hammam sont caractérisées par des concentrations de la flore mésophile aérobie totale (FMAT) comprises entre 34966,6 et 21380 FMAT/ml avec une concentration moyenne est de 22916,6 FMAT/ml, ce nombre important de la (FMAT) peut indiquer la présence des germes pathogène (El-Amiri et *al.*, 2010). Nos résultats concordent avec les travaux de (Bedouh, 2013).

Le pourcentage maximal d'abattement de la (FMAT) est de l'ordre de 100%, 99,5% et de 10% respectivement dans les eaux brutes d'Oued El-Hammam après traitement par Ag, Fe₂O₃ et ZnO (avec la concentration 2,5 mM). Les pourcentages maximaux d'abattement de la (FMAT) sont observés avec les deux molécules Ag, Fe₂O₃ constituent un témoin de l'efficacité de traitement des eaux brutes d'Oued El-Hammam par ces molécules.

Le dénombrement des bactéries indicatrices de la contamination fécale est réalisé selon la méthode du Nombre le Plus Probable (NPP), Les coliformes totaux sont utilisés comme indicateurs de la qualité microbienne de l'eau, ils peuvent indirectement associe à une pollution d'origine fécale (Rodier, 2009), les valeurs enregistrés varient de 140.10² à 180.10² CT/100 ml avec une valeur moyenne de 156.10² CT/100ml dans les eaux brutes avant traitement par les Nps.

Après traitement par les Nps, les pourcentages maximaux d'abattement sont respectivement de l'ordre de 71%, 99,99% et 100% des eaux brutes après traitement par le ZnO, Fe₂O₃ et Ag.

La présence de coliformes totaux dans les eaux traitées ou leur dépassement par rapport aux normes réglementaires n'implique pas nécessairement un risque pour la santé publique, en effet, la plupart des espèces de ce groupes se trouvent naturellement dans le sol ou la végétation (Edberg et *al.*, 2000).

La présence de coliformes fécaux témoigne d'une habituellement d'une contamination d'origine fécale ou provenant d'eaux enrichies en matières organiques (Barthe et *al.*, 1998). Les valeurs enregistrés reste supérieur à la norme de l'OMS (1000 germes /100ml) (OMS, 1989).

Nous constatons que les pourcentages maximaux d'abattelements sont respectivement de l'ordre de 71% ,99.99% et100% des eaux brutes d'Oued El-Hammam après traitement par le ZnO, Fe₂O₃ et Ag.

Les streptocoques fécaux sont susceptibles de contaminer les approvisionnements, ils sont typique des déjections animales. Ils peuvent parfois êtres présents chez l'homme ou dans

les végétaux (Bitton, 1999). Les résultats de la recherche et du dénombrement des Streptocoques fécaux dans les eaux brutes avant traitement par les Nps montrent que les concentrations déterminées varient entre 45germes/100ml et 60germes/100ml avec une moyenne 50germes/100ml. Ces valeurs demeurent faibles comparées à ceux obtenus par Ait Hamou (2000).

Nous constatons que les pourcentages maximaux d'abattements sont respectivement de l'ordre de 82% ,81% et 100% des eaux brutes après traitement par le ZnO, Fe₂O₃ et Ag.

L'origine de la contamination fécale est déterminée par le rapport quantitatif R: CF/SF. Selon les critères définis par Borrego et Romero (1982), la contamination est d'origine animale si le rapport R est inférieur à 0,7, elle est d'origine humaine si R est supérieur à 4. L'origine de la contamination est mixte à prédominance animale si R est compris entre 0,7 et 1. Cette origine est incertaine si R est compris entre 1 et 2 et l'origine est dite mixte à prédominance humaine si R se situe entre 2 et 4. L'origine de la contamination des eaux brutes d'Oued Hammam est mixte à prédominance humaine (R inférieur à 4).

Les Clostridium sulfito réducteurs, permettent de mettre en évidence un groupe de bactéries anaérobies, caractérisées par la résistance de leurs spores et par un équipement enzymatique réduisant plus au moins activement les sulfites en sulfures (Attab, 2011).

Les résultats de recherche et dénombrement des Clostridium sulfito réducteurs dans les eaux brutes avant traitement par les Nps montrent que les concentrations déterminées varient entre 34 germes/20ml et 58 germes/20ml avec une moyenne 48,66 germes/20ml.

La présence de Clostridium sulfito réducteur témoigne d'une contamination tellurique (Rejesk, 2002), leur action protéolytique est mise en évidence par l'odeur putride qui se dégage des rejets, Nos résultats sont en accord avec ceux de Souiki (2008) et de Attab (2011).

Les valeurs d'abattement de Clostridium sulfito réducteurs dans les eaux brutes d'Oued El-Hammam après traitement par les Nps sont de l'ordre de 100% pour celle traitées par le Fe₂O₃ et Ag, le pourcentage maximal d'abattement est de 82% pour celle traitée par la concentration 2,5mM d'oxyde de zinc.

La recherche des germes pathogènes a révélé l'absence de Salmonelles et de Vibriion cholérique et les Staphylocoques dans les eaux d'Oued El-Hammam avant et après traitement par les Nps, ces résultats correspondent aux normes de l'OMS qui exigent une absence

absolue de ces germes dans les eaux destinées à l'irrigation des culture maraichères (OMS,1989). Ces résultats sont on accord avec celle de Bechaa et Khanfri (2013).

Nos résultats concernant les pourcentages d'abattelements observés après traitement des eaux brutes d'Oued El-Hammam par les Nps sont expliqués par l'activité antibactérienne des Nps, nos résultats sont en accord avec les résultats de Stoimenov (2000) qui a mis en évidence l'activité bactéricide des oxydes nanométrique sur des formes végétative (d'*E.coli* , *Bacillus megaterium*) et sporulées (*Bacillus subtilis*). Un effet sur les membranes bactériennes ainsi qu'un effet de rupture sur les spores a pu être mis en évidence.

D'autres travaux concordent nos résultats ceux de Zhang et al (2003) qui ont montré des propriété antibactérienne pour des nanocomposites composé de titane recouvert de nanoparticule d'argent, l'effet bactéricide a été mesuré dans l'eau sur *Micrococcus lylae* . Nos résultats vont aussi dans le même sens que ceux de Jain et Pradeep (2005), qui ont produit une mousse de polyuréthane saturé de nanoparticule d'Ag par imbibition dans une solution de nanoparticule d'Ag pendant une nuit, l'effet antibactérien est mis en évidence par le contact de deux solutions (10^3 UFC/ml - 10^5 UFC/ml) avec la mousse de polyuréthane recouverte d'argent pendant 10min ensuite la mousse est retirée du tube, pressé et l'eau extraite (eau traité) est mise en culture, aucune bactérie (*E.coli*) n'est détecté dans l'eau traitée.

D'autre part, l'activité antibactérienne de certaines nanoparticules est efficace uniquement lors de l'irradiation par la lumière UV et que la lumière visible. N'est pas assez puissante et/ou n'émette pas dans les bonnes longueurs d'ondes pour avoir un effet bactéricide (Chen et Mao, 2007).



Conclusion et perspective

Conclusion et perspective

L'environnement est depuis longtemps connu pour sa capacité à véhiculer des substances toxiques pour l'homme ou les écosystèmes. Les chimistes ont pris l'habitude de mesurer la concentration d'un certain nombre de molécules présentes dans l'eau, l'air ou les sols afin de surveiller ainsi la qualité de ces milieux. Cette surveillance permet de mettre en évidence le respect ou le dépassement de norme de sécurité mises en place par les autorités publiques afin de protéger la santé humaine ou bien la qualité des milieux naturels. Cette convergence entre les avancées scientifiques et les besoins de gestion de l'environnement ouvre la voie au développement des technologies de biosurveillance.

L'incapacité des procédés de traitement d'eaux à éliminer efficacement plusieurs produits industriels réfractaires ou toxiques oriente la communauté scientifique de se mobilise et travaille sur la mise d'une nouvelle procédés de dépollution des eaux usées faisant appel à des matériaux composites magnétisables. De nombreuses recherches sont faites sur ces matériaux qui combinent à la fois une bonne capacité d'adsorption des polluants et de fortes propriétés magnétiques. En utilisant ces deux caractéristiques, il est possible de capter un polluant présent dans l'eau et de l'extraire se qui primordiale à notre époque ou la protection de l'environnement joue un rôle important.

Notre travail a pour but d'étudier la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux d'Oued El-Hammam (Guelma) et des essais de traitement des eaux brutes par les nanoparticules d'oxyde de zinc (ZnO), d'oxydes de fer (Fe_2O_3) et l'argent (Ag).

Cette étude montre clairement la qualité physico-chimique de l'eau brute d'Oued El-Hammam qui présente des concentrations supérieures aux normes algérienne et celles de l'OMS. De point de vue bactériologique, les eaux étudiées présentent une forte pollution dans tous les prélèvements effectués. La présence très élevée des germes microbiens dans l'eau pourrait constituer un risque sanitaire important. On peut dire que l'eau d'Oued est de qualité mauvaise à très mauvaise.

Les essais d'épuration d'eaux par les nanoparticules (ZnO, Ag et Fe_2O_3), Au vu des résultats obtenus, il paraît que le procédé de traitement par l'Ag permettant de réduire efficacement la pollution particulaire, 97% des matières en suspension et de 81% pour DBO_5 et la DCO. Quant aux bactéries est de 100% d'abattement. Ainsi pour les Fe_2O_3 l'efficacité de cette molécule est important pour la dépollution pour les matières organique le rendement est d'ordre de 92%, 64%, 66% respectivement pour les MES, DBO_5 et la DCO et pour la

diminution du nombre des microorganismes est 99%, 99%, 99% et 77% pour la FMAT, CT, CF et SF. Alors que pour le traitement par le ZnO l'abattement est très faible par rapport aux deux autres molécules.

La qualité de l'eau d'Oued El-Hammam traité par les nanoparticules est correspond à la classe A (excellent qualité) de l'O.M.S pendant toute la durée de cet essai ce qui permettait sa réutilisation en irrigation sans aucune restriction et la diminution de risque de consommation d'eau de barrage qui prendre sa source a partir de ce Oued.

Dans le domaine de la purification de l'eau, les nanotechnologies offrent la possibilité d'une élimination efficace des polluants et les germes. Aujourd'hui les nanoparticules révèlent un bon résultat que les autres techniques utilisées dans le traitement des eaux usées. L'épuration des eaux usées par les nanoparticules s'avère une méthode d'avenir qui peut être appliquée à faible cout et sans dépense d'énergie.

A la fin de notre étude nous proposons quelques recommandations et perspective pour bien préservé l'environnement des rejets.

- Pour une meilleure appréciation de l'origine des eaux usées, le calcul des rapports DCO/DBO₅, DBO₅/DCO, MES/DBO₅ et l'estimation de la Matière Oxydable (MO) présente des intérêts très importants pour l'évaluation de la pollution organique des eaux usées.
- Elaborer des directives interministérielles concernant les mesures à prendre par branche d'activité pour prévenir la pollution d'origine industrielle.
- Les nanoparticules peuvent être dangereuses en tant que telles lorsqu'elles sont absorbées directement par les organismes, mais également indirectement par transport de polluants fixés sur leur surface ou présents dans leur structure.
- Toxicité des nanoparticules pour la flore, Il n'existe à notre connaissance aucune donnée portant sur les toxicités des nanoparticules sur la flore. Nous pouvons cependant avancer que les différentes plantes peuvent absorber, par leurs racines, les nanoparticules transportées par le sol, ainsi que les nanoparticules présentes dans l'air, par leurs stomates. La flore pourrait donc être indirectement contaminée par les nanoparticules transportant des polluants.
- A partir des connaissances acquises sur le devenir des nanoparticules dans l'environnement, évaluer les modalités d'entrée dans la chaîne alimentaire via l'eau.

|| Références bibliographiques

Références bibliographiques

-A-

- ✚ Abda H., 2009. Caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques des eaux usées des rejets d'Oued EL MAIZ et traitement avec le *typha latifolia*. Mémoire de Magister, Université de Guelma, 80 p.
- ✚ Ait Hamou R., Boulahbal O. & Haddadi F., 2000. Impact microbiologique des eaux usées Traitées sur le Poivron et le Maïs Fourrage. *Recherche Agronomique*, 7, pp 77-85.
- ✚ Angélique S., 2008. Effets biologiques des nanoparticules manufacturées : influence de leur caractéristique. Thèse de Doctorat, Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement de France, 194p.
- ✚ Attab S., 2011. Amélioration de la qualité microbiologique des eaux épurées par boues activées de la station d'épuration haoud berkaoui par l'utilisation d'un filtre à sable local. Mémoire de Magister, Université d'Ouargla, 91p.
- ✚ Auffan M., 2007. Nanoparticules d'oxydes métalliques relations entre la réactivité de surface et des Réponses biologiques. Thèse de Doctorat, Université de Marseille, 163p.

-B-

- ✚ Barth C., Perron J. & Perron M., 1998. Guide d'interprétation des paramètres microbiologiques d'intérêt dans le domaine de l'eau potable. Document de Travail (version préliminaire), Ministère de l'Environnement du Québec, Canada, 155p.
- ✚ Bechaa B. & Khanfri A., 2013. Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de rejets industriels. Cas de la conserverie Amor Benamor (CAB). Mémoire de Master, Université de Guelma, 57p.
- ✚ Bedouh Y., 2014. Evaluation de la Toxicité des eaux usées Traitées par la station d'épuration de Guelma et son impact sur l'oignon « *Allium cepa* ». Thèse de Doctorat, Université d'Annaba, 128p.
- ✚ Balanosky E., Merrera F., Lopez A. & Kiwi J., 2000. Oxidative degradation of textile wastewater, Modelling reactor performance. *Water Res*, 34, pp 582–596.
- ✚ Belhadj M.Z., 2006. Etude de la pollution du Barrage de Zit-Emba. Mémoire de Magistère, Université de Batna, 89p.
- ✚ Belghyti D., El Guamri Y., Ztit G., Ouahidi L., Jotit B., Harchrassa A., Amghar H., Bouchouata O., El Kharrim K. & Bounouira H., 2009. Caractérisation des eaux

d'abattoir en vue de la mise en œuvre d'un traitement Adéquat : cas de Kénitra au Maroc. *Afrique science*, 5, pp 199-216.

- ✚ Belghiti M. L., Chahlaoui A., Bengoumi D. & El Moustaine R., 2013. Etude de la Qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe plio-Quaternaire dans la région de Meknès. *Larhyss Journal*, 14, pp 21-36.
- ✚ Benabbou A., Derriche Z., Felix C. & Guillard P. L., 2007. Photocatalytic Inactivation of *Escherichia coli*. Effect of concentration of TiO₂ and microorganism, nature, and intensity of UV radiation. *Applied catalysis B: Environmental*, 76, pp 257–263.
- ✚ Bentir M., 1996. L'épuration des eaux résiduaires industrielles en Algérie : Etat actuel et perspectives. *Edil Inf Eau*, 5, pp 4-5.
- ✚ Bitton G., 1999. Waste water Microbiology. John Wiley & sons, USA, 578p.
- ✚ Borrego A.F. & Romero P., 1982. Study of the Microbiological pollution of a Malaga littoral area II. Relationship between fecal coliforms and fecal streptococci. *Vie Journée étud pollutions*, France, 23, pp 561-569.
- ✚ Bouziani M., 2000. L'eau, de la pénurie aux maladies. Edition Ibn-Khaldoun, Algérie, 233p.
- ✚ Bowers A.R. & Huang C.P., 1985. Adsorption characteristics polyacetit amino acids onto hydrous Y-Al₂O₃. *Colloid Interface Sci*, 105, pp 197–215.

-C-

- ✚ Chen H.Y., Zahra O., Bouchy M., Thomas F. & Bottero J.Y., 1995. Adsorption properties of TiO₂ related to the photocatalytic degradation of organic contaminants in water. *Photochemistry Photobiol*, 85, pp 281–288.
- ✚ Chen X. & Mao S.S., 2007. Titanium dioxide nonmaterial's: Synthesis, properties, modifications, and applications. *Chemical Reviews*, 107, pp 2891–2959.

-D-

- ✚ Daifllah T., 2008. Resource en Eau et Gestion Intégré dans le Bassin Versant de l'Oued El-Kebir Ouest. Mémoire de Magistère, Université d'Annaba, 191p.
- ✚ Dhermendra K., Tiwari J., Behari Z. & Prasenjit S., 2008. Application of Nanoparticles in Waste Water Treatment. *World Applied Sciences Journal*, 3, pp 1818-4952.
- ✚ Dorion C., Zahraa O. & Bouchy A., 1995. Reacteur photocatalytique à lit fixe pour le traitement des eaux usées. *Récents progrès en génie des procédés*, 19, pp 105-110.

-E-

- ✚ Edberg S.C., Rice E.W., Karlin R.J. & Allen M.J., 2000. *Escherichia coli*: The best biological drinking water indicator for public health protection. *Journal of Applied Microbiology*, 88, pp 106-116.
- ✚ El Amiri B., Sibaoueih M., Hadarbach D., Cohen N. & Chriyaa A., 2010. Impact de l'utilisation des eaux usées sur le bovin dans la commune des Mzamza, province de Settat. *Les Technologies de laboratoire*, 17, pp 14-19.
- ✚ El Guamri Y. & Belghiti D., 2006. Etude de la qualité physico-chimique des eaux usées brutes de commune urbaine de Saknia, rejetées dans le lac Fouarat (Kénitra, Maroc). *Journal Africain de Sciences de l'Environnement*, 7, pp 15-21.
- ✚ El Maroufy M., 1992. Traitement des eaux usées dans les bassins de stabilisation d'Ouarzazate et leur réutilisation en agriculture : Aspect parasitologique. Thèse de Doctorat, Université de Meknès, 133p.

-F-

- ✚ Fagrouch A., Amyay S., Berrahou A., El Halouani H. & Moumen H., 2010. Performances d'abattement des germes pathogènes en lagunage naturel sous climat aride : Cas de la filière de traitement des eaux usées de la ville de Taourirt. *Afrique Science*, 3, pp 87-102.

-G-

- ✚ Gharsalah., 2008. Le rôle de l'espèce le musée et dans l'exposition : Analyse du processus communication et signifiant. Thèse de Doctorat, Université du Québec Montréal, 269p.
- ✚ Gebrati L., Loukili I.L., Mountassir Y. & Nejmeddine A., 2010. Détoxification of textile industry effluents by photocatalytic treatment. *Environmental Technology*, 6, pp 625 -632.

-H-

- ✚ Harrat N. & Achour S., 2011. Qualité et réactivité des eaux de Barrage de Zit-Emba alimentant la station de traitement d'Azzaba. *Larhyss Journal*, 11, pp 113-117.
- ✚ Hohl H. & Stumm W., 1992. Interaction of Pb^{2+} with hydrous $Y-Al_2O_3$. *Colloid Interface Sci*, 55, pp 281-288.

-J-

- ✚ Jain P. & Pradeep T., 2005. Potential of silver nanoparticle-Coated Polyurethane foam as an antibacterial water filter. *Biotechnology and Bioengineering*, 90, pp 59-63.
- ✚ Jain R., Mathur M., Sikarwar S. & Mittal A., 2007. Removal of the hazardous dye Rhodamine B through photocatalytic and adsorption treatments. *Journal Environ Manag*, 85, pp 956–964.
- ✚ JORA., 2006. Valeurs limites des paramètres des rejets diffluent liquides industriels. *Journal Officiel de la République Algérienne*, 27p.

-M-

- ✚ Méndez-Arriaga S., Espulugas R. & Giménez J., 2008. Photocatalytic degradation of nonsteroidal anti-inflammatory drugs with TiO₂ and simulated solar irradiation. *Water Res*, 42, pp 585–594.
- ✚ Mebarki A. & Bencheikh H., 1997. Sources et charges de pollution dans le bassin du Kébir- Rhumel (Eléments d'étude pour la protection des Ressources en eau). *Revue Rhumel Tome*, 32, pp 33-52.

-N-

- ✚ Neal C., Fox K., Harrow M. & Neal M., 2000. Boron in the majeure UK Riversn entering the North Sea. *Sci Total Environ*, 21, pp 41-51.
- ✚ Norme AFNOR., 1973. (NF T 01-012). Solution étalons pour l'étalonnage d'un pH mètre.
- ✚ Norme AFNOR., 1977. (NF T 90-031). Détermination de la résistivité ou de la conductivité électrique.
- ✚ Norme AFNOR., 1999. (NF EN ISO 6222). Qualité de l'eau. Dénombrement des micro-organismes révivifiable, comptage de la colonie par ensemencement dans le milieu de culture.
- ✚ Norme AFNOR., 2000. (NF EN ISO 9308-1). Qualité de l'eau. Recherche et dénombrement de l'*Escherichia coli* et de coliforme.

-O-

- ✚ Oulkheir S., 2002. Caractérisation physico-chimique et bactériologique des eaux usées de la ville Kenitra. Mémoire de DESS, Université de Kenitra, 97p.
- ✚ OMS., 1989. L'utilisation des eaux usées en agriculture et en aquiculture recommandation à visés sanitaire. Rapport technique, n°778, Genève, 79p.

- ✚ Ophélie Z., 2008. Etude des interactions physico-chimiques et biologiques entre des nanoparticules manufacturées et des bactéries de l'environnement. Thèse Doctorat, Université de Paris, 321p.

-P-

- ✚ Peralta Zamora P., Kunz A., Moraes S.G., Pelegrini R., Moleiro P.C., Reyes J. & Duran N., 1998. Evaluation of TiO₂ and supported ZnO on the photo assisted remediation of black liquor cellulose and textile mill effluents, *Chemosphere*, 38, pp 835–852.

-R-

- ✚ Rejsek F., 2002. Analyse de l'eau: Aspect réglementaire et technique. Ed CRDP d'Aquitaine, France, 385p.
- ✚ Rodier K.R., 1984. L'analyse de l'eau. Eau naturelles, eau résiduaires, eau de mer. 7^{ème} éd, Dunod, 1365p.
- ✚ Rodier J., 1996. L'analyse de l'eau. Eau naturelles, eau résiduaires, eau de mer. 8^{ème} éd, Dunod, 1383p.
- ✚ Rodier J., 2005. L'analyse de l'eau. Eau naturelles, eau résiduaires, eau de mer. 8^{ème} éd, Dunod, 1320p.
- ✚ Rodier J., 2009. L'analyse de l'eau. Eau naturelles, eau résiduaires, eau de mer. 9^{ème} éd, Dunod, 1579 p.

-S-

- ✚ Sadek S., Elkharrim K., Khadmaoui A., Guissouss M., Benelharkati F., Elmarkhi M. & Belghyt D., 2012. Caractérisation Physico-chimique des eaux usées de l'hôpital provincial de Sidi Kacem (Maroc). *Science Lib Editions Mersenne*, 4, pp 2111-4706.
- ✚ Sandra G.M., Renato S.F. & Nelson D., 2000. Degradation and toxicity reduction of textile effluent by combined photocatalytic and ozonation process. *Chemosphere*, 40, pp 369–373.
- ✚ Souiki L., 2008. Caractérisation biochimiques et bactériologiques des eaux usées de la ville de Biskra et purification par le procédé biologique phragmifiltre. Mémoire de Doctorat, Université d'Annaba, 105p.
- ✚ Stoimenov K., Marchin G.L. & Klabunde P. K., 2000. Metaloxide nanoparticles as bactericidal agents. *Langmuir*, 18, pp 6679-6686.

-T-

- ✚ Tarmoul F., 2000. Détermination de la pollution résiduelle d'une station d'épuration par lagunage naturel -cas de la lagune de BENI-MESSOUS -. Mémoire de DEUA, Institut des Science de la Mer et de l'Aménagement du Littoral, 66p.
- ✚ Thati V., Aashis S., Roy M.V., Ambika C.T., Shivannavaret S. & Gaddad M., 2009. Nanostructured Zinc oxydeenhances the activity of antibiotic against *staphylococcus aureus*. These de Doctorat, University de Inde, 163p.

-Z-

- ✚ Zhang L., Yu J.C., Yip H. & Li Q., 2003. Ambient light reduction strategy to synthesize silver nanoparticles and silver-coated TiO₂ with enhanced photocatalytic and bacterial activity. *Langmuir*, 19, pp 10372-10380.

|| Annexe

Tableau 1 : Résultats des analyses bactériologiques après traitement par les Nps ZnO

Concentration des Np Fe ₂ O ₃	Flore mésophile aérobie total (UFC/ml)	Coliformes (germe/100ml)		Streptocoques Fécaux (germe/100ml)	Clustridium sulfito reducteur	Germes pathogènes		
		totaux	Fécaux			Staphylocoque	Salmonelle	Vibrion cholérique
0.5	41966,66	110.10 ²	110.10 ²	45	53	Absence	Absence	Absence
1	45316,66	140.10 ²	140.10 ²	16	46	Absence	Absence	Absence
1.5	44833,33	110.10 ²	110.10 ²	25	34	Absence	Absence	Absence
2	13750	110.10 ²	110.10 ²	9	36	Absence	Absence	Absence
2.5	17900	45.10 ²	45.10 ²	9	41	Absence	Absence	Absence

Tableau 2 : Résultats des analyses bactériologiques après traitement par les Nps Ag.

Concentration des Np Ag (mM)	Flore mésophile aérobie total (UFC/ml)	Coliformes (germe / 100ml)		Streptocoques Fécaux (germe / 100ml)	Clustridium sulfito reducteur	Germes pathogènes		
		totaux	Fécaux			staphylocoque	Salmonelle	Vibrion cholérique
0.5	0	0	0	0	0	Absence	Absence	Absence
1	0	0	0	0	0	Absence	Absence	Absence
1.5	0	0	0	0	0	Absence	Absence	Absence
2	0	0	0	0	0	Absence	Absence	Absence
2.5	0	0	0	0	0	Absence	Absence	Absence

Tableau 3 : résultats des analyses bactériologiques après traitement par les Nps Fe₂O₃

Concentration des Nps Fe ₂ O ₃	Flore mésophile aérobie total (UFC/ml)	Coliformes (germe / 100ml)		Streptocoque Fécaux (germe / ml)	Clustridium sulfito reducteur (germe/ 20ml)	Germe pathogènes		
		Totaux	Fécaux			Staphylocoque	Salmonelle	Vibrion cholérique
0.5	1366,66	140	140	25	Absence	Absence	Absence	Absence
1	310	45	45	15	Absence	Absence	Absence	Absence
1.5	80	25	25	11.5	Absence	Absence	Absence	Absence
2	30	9.5	2.5	9.5	Absence	Absence	Absence	Absence
2.5	10	2.5	0.9	9.5	Absence	Absence	Absence	Absence

Tableau 4 : Caractérisation physico-chimique des eaux usées après traitement par ZnO

	C1	C2	C3	C4	C5
T°C	12	12	12	12	12
pH	6.5	6.59	6.6	6.78	6.87
CE	786	752	744	793	806
O₂	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2
MES	104	132	184	180	252
DCO	45	50.8	57.6	59.4	62.2
DBO₅	20.86	22.95	29.09	29.13	30.21
Rapport DCO/DBO₅	2.16	2.21	1.9	2.0	2.05

Tableau 5: Pourcentage d'abattement des Nps ZnO

	C1	C2	C3	C4	C5
DCO	53%	48%	40%	38%	35%
DBO₅	64.5%	60.5%	50%	50.2%	48%
MES	0%	0%	0%	0%	0%

Tableau 6: Caractérisation physico-chimique des eaux usées après le traitement par les Np d'Ag

	C1	C2	C3	C4	C5
T°C	14.7	14.9	15	15.6	14.9
pH	7.7	7.69	7.68	7.67	7.66
CE	1050	1049	1046	1042	1040
O₂	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5
MES	10	8	9.6	8	4.8
DCO	35	22.2	17.6	9	4
DBO₅	20	16	12	4.9	2
Rapport DCO/DBO₅	1,75	1,39	1,49	1,83	2

Tableau 7: Pourcentage d'abattement d'Ag

	C1	C2	C3	C4	C5
DCO	68.2%	79.8%	83.7%	91.8%	96.4%
DBO₅	65.5%	72.5%	79.3%	91.5%	96.5%
MES	91.32%	93%	91.7%	93.1%	95.84%

Tableau 8 : Caractérisation physico-chimique des eaux usées après le traitement par les Np
Fe₂O₃

Concentration Paramètre	C1	C2	C3	C4	C5
T°C	16	15.4	15.3	15	15
pH	7.9	7.79	7.67	7.63	7.62
CE	1040	1066	1060	1088	1014
O₂	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6
MES	12.8	10.1	9.6	10.4	6.4
DCO	60.64	50.9	45.5	37.2	30.7
DBO₅	29.5	24.5	22.52	19.5	16.4
Rapport DCO/DBO₅	2.05	2.07	2.04	1,9	1.87

Tableau 9: Pourcentage d'abattement de Fe₂O₃

	C1	C2	C3	C4	C5
DCO	54.2%	61.6%	65.6%	71.9%	76.8%
DBO₅	49%	57.4%	60.9%	66.1%	71.5%
MES	88.9%	91.3%	91.7%	91%	94.5%

Tableau 10: Table de Mac Grady

5 tubes par dilution							
Nombre caractéristique	Nombre de cellules	Nombre caractéristique	Nombre de cellules	Nombre caractéristique	Nombre de cellules	Nombre caractéristique	Nombre de cellules
000	0.0	203	1.2	400	1.3	513	8.5
001	0.2	210	0.7	401	1.7	520	5.0
002	0.4	211	0.9	402	2.0	521	7.0
010	0.2	212	1.2	403	2.5	522	9.5
011	0.4	220	0.9	410	1.7	523	12.0
012	0.6	221	1.2	411	2.0	524	15.0
020	0.4	222	1.4	412	2.5	525	17.5
021	0.6	230	1.2	420	2.0	530	8.0
030	0.6	231	1.4	421	2.5	531	11.0
100	0.2	240	1.4	422	3.0	532	14.0
101	0.4	300	0.8	430	2.5	533	17.5
102	0.6	301	1.1	431	3.0	534	20.0
103	0.8	302	1.4	432	4.0	535	25.0
110	0.4	310	1.1	440	3.5	540	13.0
111	0.6	311	1.4	441	4.0	541	17.0
112	0.8	312	1.7	450	4.0	542	25.0
120	0.6	313	2.0	451	5.0	543	30.0
121	0.8	320	1.4	500	2.5	544	35.0
122	1.0	321	1.7	501	3.0	545	45.0
130	0.8	322	2.0	502	4.0	550	25.0
131	1.0	330	1.7	503	6.0	551	35.0
140	1.1	331	2.0	504	7.5	552	60.0
200	0.5	340	2.0	510	3.5	553	140.0
201	0.7	341	2.5	511	4.5	554	160.0
202	0.9	350	2.5	512	6.0	555	180.0

Tableau 11: précipitations (m/m) de la période (2002-2013) de la région de Guelma.

Années	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Annuel
2002	31.6	66.4	15.3	32.3	12.4	3.6	10.2	45.9	27.1	30.2	120.2	108.6	503.8
2003	238.3	104.6	19.9	187.6	41.9	0.0	0.0	0.2	72.0	48.6	25.1	200.3	938.5
2004	86.8	9.7	71.1	82.6		93.3	0.1	4.1	41.6	20.3	177.1	129.9	748.9
2005	69.8	97.5	64.3	85.7	5.3	19.4	3.0	5.3	11.0	17.4	17.1	145.2	541.0
2006	140.1	76.7	42.7	14.2	43.0	1.3	4.5	12.6	12.3	12.8	28.6	89.5	478.3
2007	33.5	43.7	215.9	94.4	17.4	28.3	3.5	0.8	63.9	84.2	64.7	72.7	723.0
2008	16.6	11.5	91.8	22.3	53.5	14.8	5.9	4.3	29.5	25.4	70.5	35.7	381.8
2009	160.4	67.1	98.0	134.2	88.5	0.3	7.9	49.3	140.3	58.7	22.5	62.6	890.3
2010	102.6	27.1	60.7	46.4	53.5	23.5	0.8	10.0	23.4	69.8	147.9	48.4	614.1
2011	30.3	148.5	78.6	42.1	62.0	29.5	1.2	1.3	18.6	178.3	40.5	80.1	711.0
2012	82.8	141.4	89.0	51.6	4.7	1.8	1.3	25.1	65.3	38.7	34.9	34.4	571.0
2013	90.7	107.9	64.9	42.0	14.5	1.2	6.2	54.8	54.1	34.2	122.6	37.5	630.6

Tableau 12: Température Moyenne Minimal (°C) de la période (2002-2013) de la région de Guelma.

Années	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Annuel
2002	2.6	4.5	6.2	8.1	11.2	15.4	19.0	19.9	16.8	12.8	10.8	7.1	11.2
2003	5.9	4.2	5.7	9.1	11.8	17.0	20.8	20.9	17.9	16.0	9.3	5.4	12.0
2004	5.1	5.1	7.1	8.1	9.8	14.5	17.3	19.4	16.1	13.6	8.2	7.4	11.0
2005	2.8	3.4	6.7	9.7	11.3	16.3	18.9	18.1	16.0	13.4	9.0	5.3	10.9
2006	4.7	5.0	6.0	9.9	14.5	16.2	18.8	19.2	16.0	13.8	9.1	6.8	11.7
2007	4.4	6.1	6.0	9.8	10.9	16.7	17.2	18.5	17.0	14.3	7.4	5.3	11.2
2008	3.4	3.3	5.3	7.6	12.8	14.9	19.3	19.4	17.8	13.8	8.1	5.5	11.0
2009	5.7	5.2	5.6	8.4	11.9	14.0	18.9	19.3	16.7	12.9	8.7	7.5	11.4
2010	6.0	6.1	6.1	9.9	10.4	14.0	17.7	18.5	16.5	12.7	10.1	6.1	11.2
2011	5.2	4.5	6.5	9.3	11.4	14.5	18.6	18.2	17.2	12.8	10.6	6.1	11.3
2012	3.8	2.5	6.0	8.7	10.3	17.0	19.6	19.5	17.4	14.5	10.8	5.2	11.3
2013	4.7	4.1	7.9	8.7	10.9	16.7	18.2	18.4	18.7	15.6	10.2	4.9	11.6

Tableau 13: Température Moyenne Maximal (°C) de la période (2002-2013) de la région de Guelma.

Années	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Annuel
2002	16.0	18.5	20.4	23.8	28.7	35.2	35.1	35.1	30.8	28.0	20.5	17.5	25.8
2003	14.6	14.3	19.3	22.2	26.4	35.4	38.6	38.9	30.6	27.5	21.1	15.7	25.4
2004	15.9	18.9	19.4	20.7	23.3	30.4	35.1	37.2	31.5	30.6	18.5	15.5	24.8
2005	13.2	12.8	19.4	22.2	29.1	32.9	36.3	34.2	31.1	28.5	22.1	15.5	24.9
2006	13.6	15.6	21.1	25.1	29.7	34.8	36.6	34.5	32.0	30.0	22.8	17.0	26.1
2007	18.4	17.9	18.1	22.0	27.1	32.5	36.8	36.4	31.7	25.6	19.3	15.5	25.2
2008	17.5	18.2	19.2	23.8	28.0	31.4	36.7	37.1	31.9	27.7	20.6	15.9	25.7
2009	15.4	15.0	18.9	19.6	28.0	33.0	38.4	36.8	29.5	24.5	21.4	19.2	25.2
2010	16.2	18.4	20.5	23.1	25.8	31.1	36.6	36.1	31.2	27.6	20.8	18.6	25.5
2011	16.9	15.7	19.4	24.3	26.6	31.1	36.0	37.2	32.5	25.8	21.3	17.2	25.4
2012	15.5	13.1	20.1	22.6	28.4	36.2	37.2	39.6	32.3	27.9	23.1	17.8	26.2
2013	16.1	15.4	20.8	23.6	26.0	30.6	36.4	35.0	30.3	31.1	19.7	16.9	25.2

Tableau14: Normes de rejet des eaux résiduaires traitées d'après le Journal Officiel de la République Algérienne (Avril 2006)

Paramètres Unités	Valeurs Maximales
Température	30°C
PH	6,5 à 8,5
DCO	120 Mg/l
Matière en Suspension	35 Mg/l
Hydrocarbures dissout	20 Mg/l
DBO₅	35 Mg/l
Zinc	3 mg/l
Cuivre	0.5mg/l

Tableau 15 : Normes physico-chimiques de rejets de l'OMS (1989).

Paramètres	Normes
T°	30 °C
pH	6.5-8.5
O ₂	5mg/l
DBO ₅	30mg/l
DCO	90mg/l
MES	30mg/l
Zinc	2mg/l

Tableau 16 : La Grille de la qualité d'eaux

Classe de QUALITE	UNITE	Excellent	Bonne	Passable	Médiocre
DBO₅	Mg/l	<3	3à5	5 à 10	10 à 25
DCO	Mg/l	<20	20 à 25	25 à 40	40à 80
O₂	Mg/l	>7	5 à 7	3 à 5	<3