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 D'ECOLOGIE ET GENIE DE L'ENVIRONNEMENT

Mémoire de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie
Filière : Biologie
Option/Spécialité : Microbiologie de l'environnement: Santé, Eau et Environnement

Thème

Evaluation physico-chimique et bactériologique de rejet Boumahra Ahmed (W. de Guelma) et purification par les Nanoparticules (TiO_2 et CAP)

Présenté par : LAYADA Selma
OUGHIDNI Fatima

Devant le jury composé de :

Président	**: Mr. ATOUSSI Sadek**	**(M.C.B)**	**Université de Guelma**
Examinateur	**: Mr. ROUABHIA Kamel**	**(M.A.A)**	**Université de Guelma**
Encadreur	**: M^{me}. GRARA Nedjoud**	**(M.C.A)**	**Université de Guelma**
Invitée	**: M^{me}. ABDI Soumia**	**(Doctorante)**	**Université de Souk Ahras**

Juin 2014

الحمد لله
بسم الله الرحمن الرحيم
السلام عليكم و رحمة الله و بركاته

République Algérienne démocratique et populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Université 8 Mai 1945 Guelma

Mémoire Présenté en vue de l'obtention d'un Diplôme de Master en écologie et génie de l'environnement
Option: Microbiologie de l'environnement: Santé, Eau et Environnement

Evaluation physico-chimique et bactériologique de rejet Boumahra Ahmed (W. Guelma) et purification par les nanoparticules (TiO_2 et CAP).

Présenté par :

LAYADA Selma
OUGHIDNI Fatima

Encadré par :

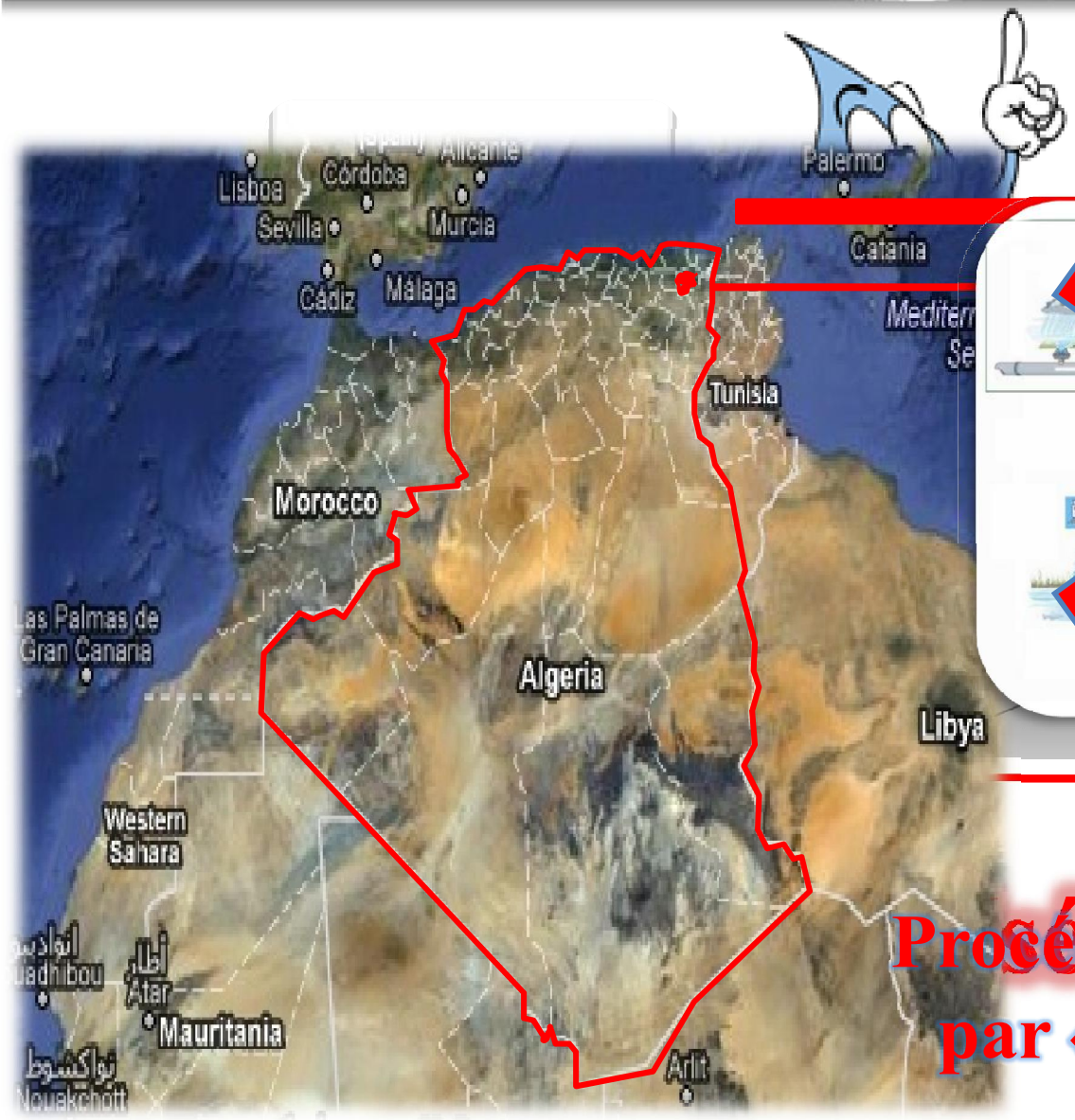
Mme : GRARA Nedjoud

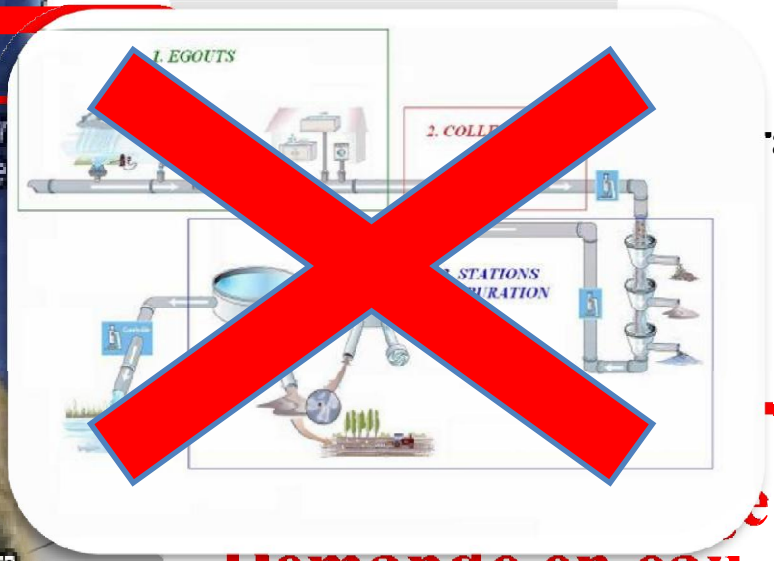
Juin 2014

Plan du travail

- Introduction
- Présentation de la région d'étude
- Matériel et méthodes
- Résultats et discussion
- Conclusion

Introduction





rable

Demande en eau

dépas très loin les

ressources disponibles

Procédé d'oxydation avancée

par « les nanoparticules »

Les objectifs

✓ Evaluer la qualité **physico-chimique** et **bactériologique** de rejet Boumahra Ahmed (Wilaya de Guelma) qui se verse dans l'Oued Seybouse avant et après des essais de traitements de ce rejet par **les nanoparticules** de **dioxyde de titane (TiO_2)** et **charbon actif en poudre CAP**.

Présentation de la région d'étude

Situation géographique

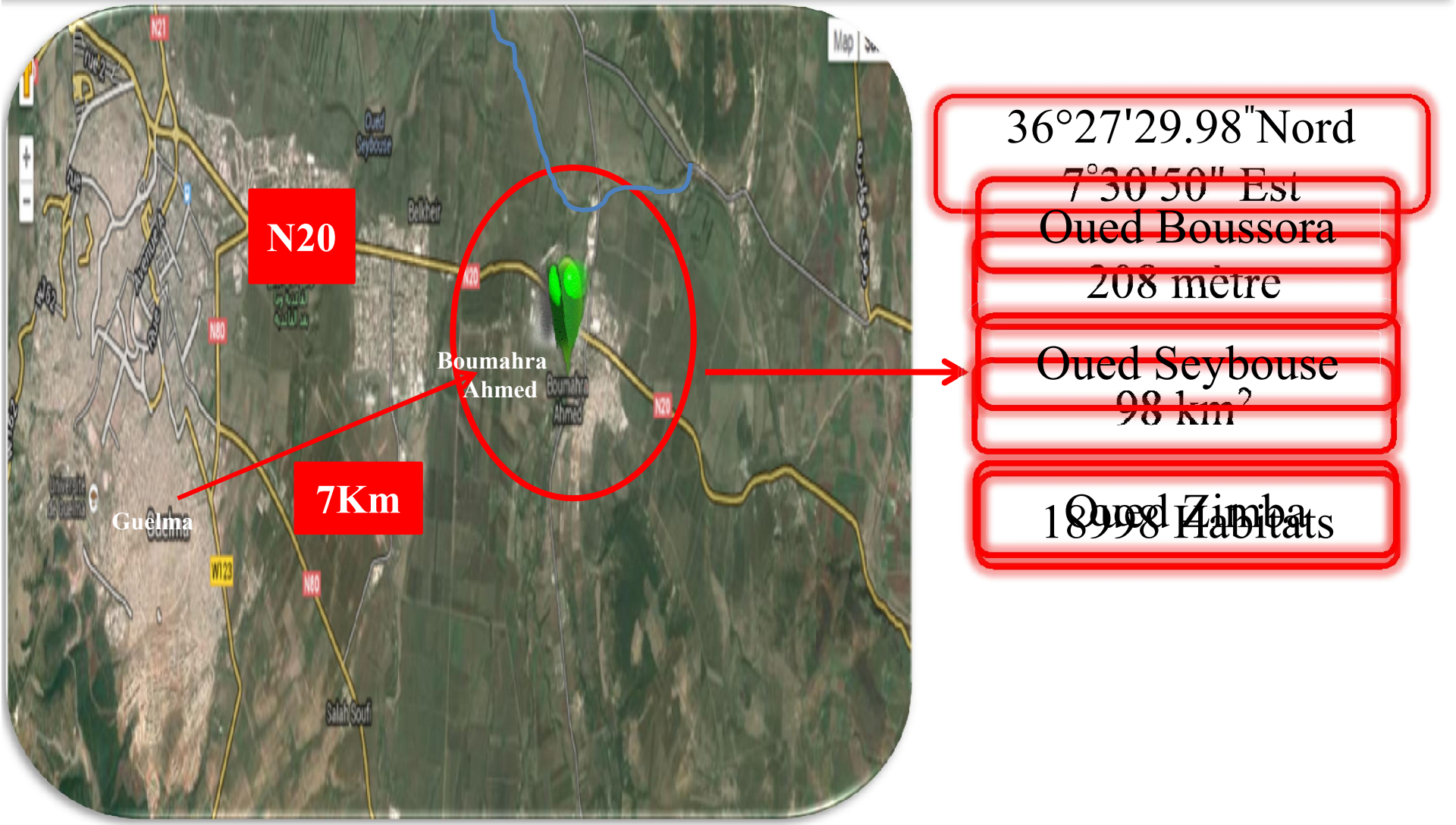


Figure 01 : Situation de la zone d'étude Boumahra Ahmed (Guelma) .

Bassin versant de la Seybouse

- 20 Km à Guelma
- 6471 Km^2
- 240 Km
- 07 Wilaya
- 68 Communes

Figure 02: Situation géographique de la zone d'étude dans le bassin versant de la Seybouse .

Dangers menaçant la Seybouse

Rejet industriel

4,5 millions/m³ Eaux usées

Rejet domestique

3 millions/m³ Huiles usagées

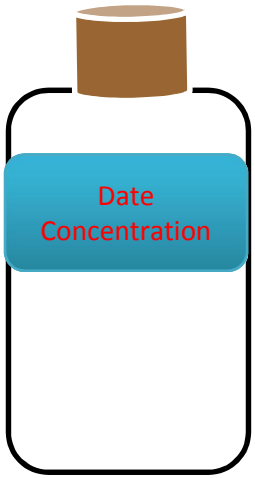
Rejet agricole

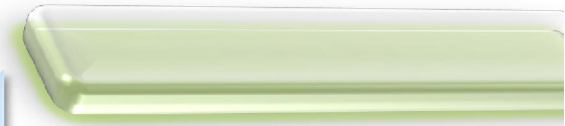
Matériel et méthodes

Site de prélèvement

Figure 07: Localisation de site de prélèvement.

Prélèvement





Méthodes d'analyses

Analyses physico-chimiques

analyses bactériologiques

Méthodes volumétrique

- La température
- MES
- Nitrate
- La
- DCO
- L'o
- DBO_5
- Salinité

Méthodes d'analyses

Les analyses bactériologiques

L'identification

- La recherche et la … mes de … ale
  - Macroscopique
    - Coliformes totaux et … aux
    - … ques fécaux
    - ASR
- Les germes
  - Microscopique
    - Coloration de Gram … ques
    - … io
- Recherche et isolement des germ…
  - Biochimique
    - Galerie classique
    - API 20
    - Shigelles

Méthodes d'analyses

Purification par les nanoparticules

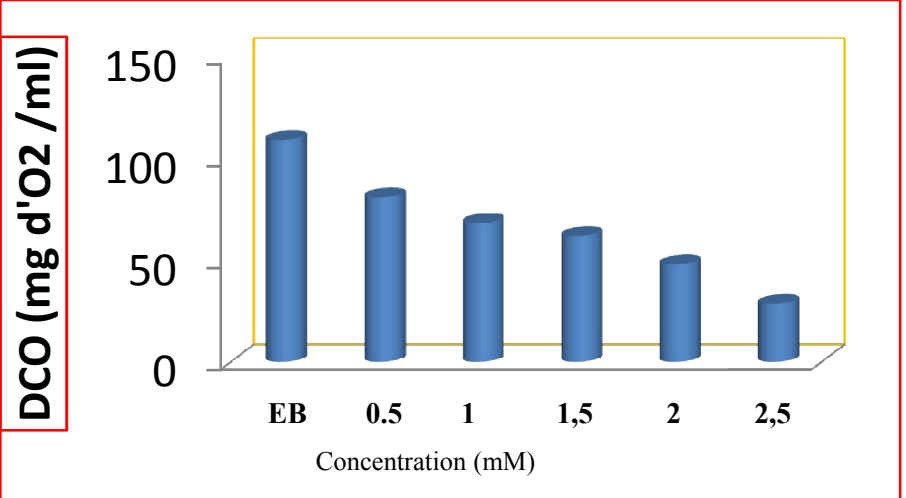
Résultats et discussion

Résultats des analyses physico-chimiques

Tab1: Résultats des analyses physico-chimiques de l'eau brute.

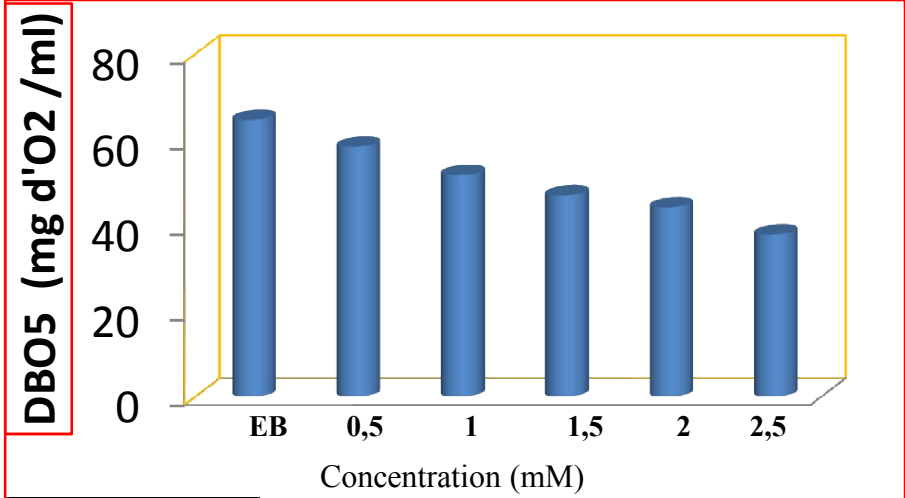
Paramètre / Prélèvement	DCO (mg/l)	DBO_5 (mg/l)	R :DCO/ DBO_5	MES (mg/l)	NO_3^- (mg/l)	PO_4^{-3} (mg/)
04/03/2014	57	32	1,64	176	2,26	12,4
22/03/2014						
07/04/2014	160	97	1,78	105	2,26	12,4
21/04/2014						
Moyenne	108,8	64,6	1,68	140,5	2,26	12,4

Résultats des analyses physico-chimiques après traitement par TiO_2.



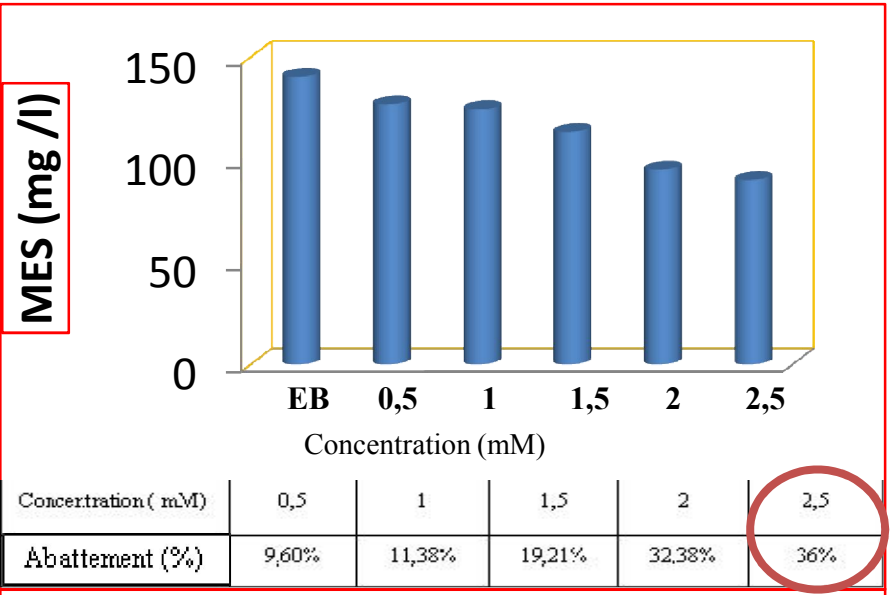
Concentration (mM)	0,5	1	1,5	2	2,5
Abattement (%)	25,82	37,38%	43,29%	56,06%	73,82%

Figure 22: Evolution de la DCO en fonction de concentration de (TiO_2).



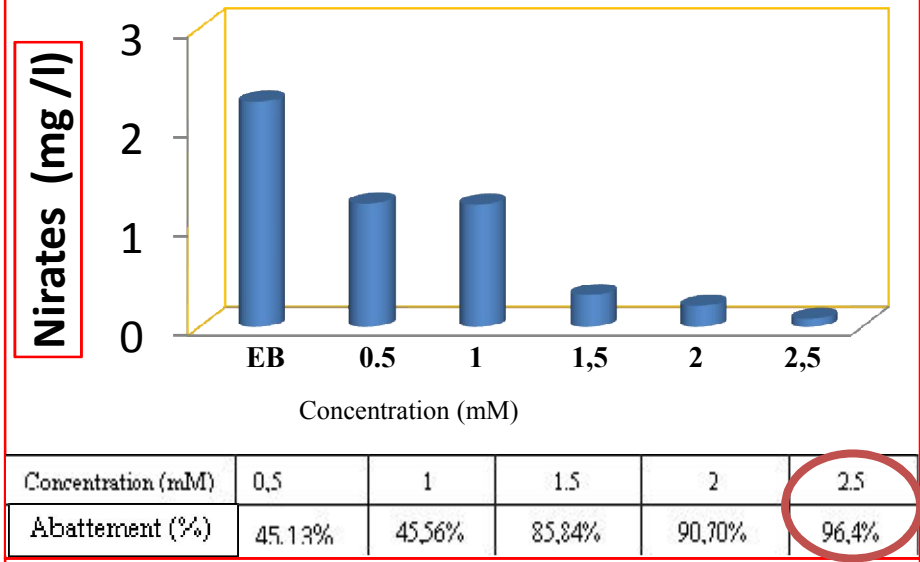
Abattement (%)	0,5	1	1,5	2	2,5
Abattement %	9 .73%	19.89%	27.30%	31.57%	41.4%

Figure 23: Evolution de la DBO_5 en fonction de concentration de (TiO_2)



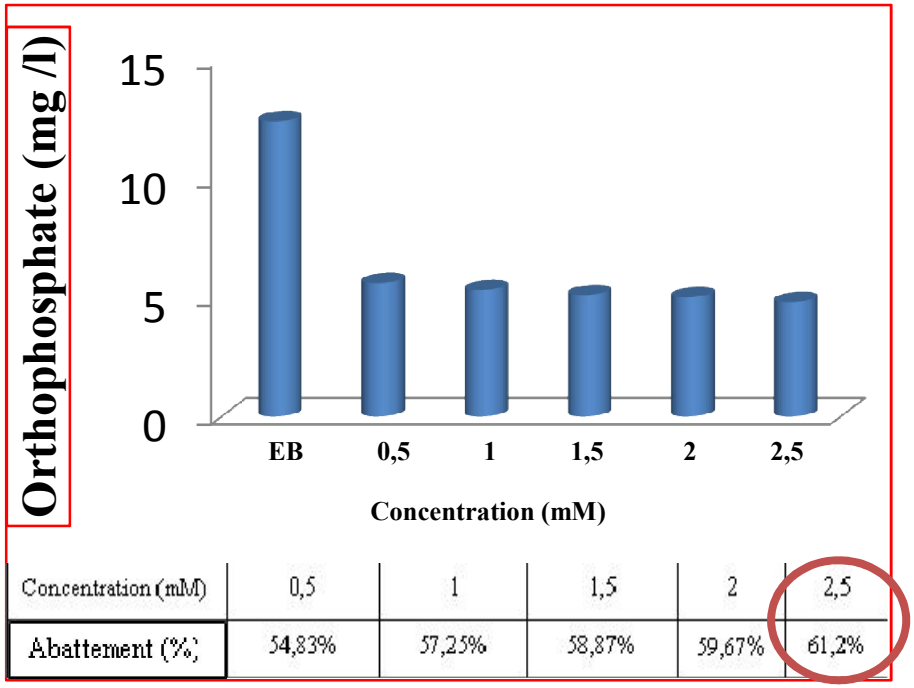
Concentration (mM)	0,5	1	1,5	2	2,5
Abattement (%)	9,60%	11,38%	19,21%	32,38%	36%

Figure 24: Evolution des MES en fonction de concentration (TiO_2)



Concentration (mM)	0,5	1	1.5	2	2.5
Abattement (%)	45,13%	45,56%	85,84%	90,70%	96,4%

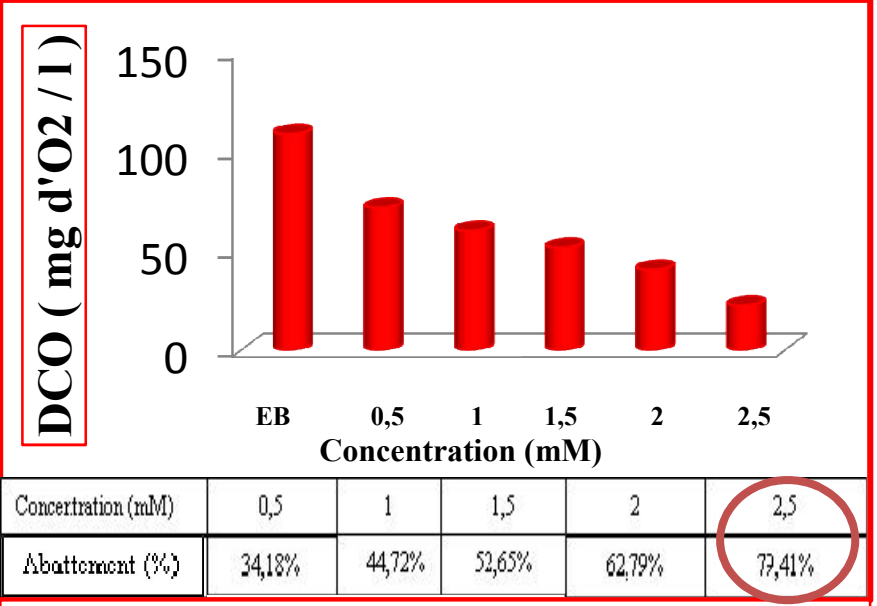
Figure 25 : Evolution des nitrates en fonction de concentration (TiO_2)



Concentration (mM)	0,5	1	1,5	2	2,5
Abattement (%)	54,83%	57,25%	58,87%	59,67%	61,2%

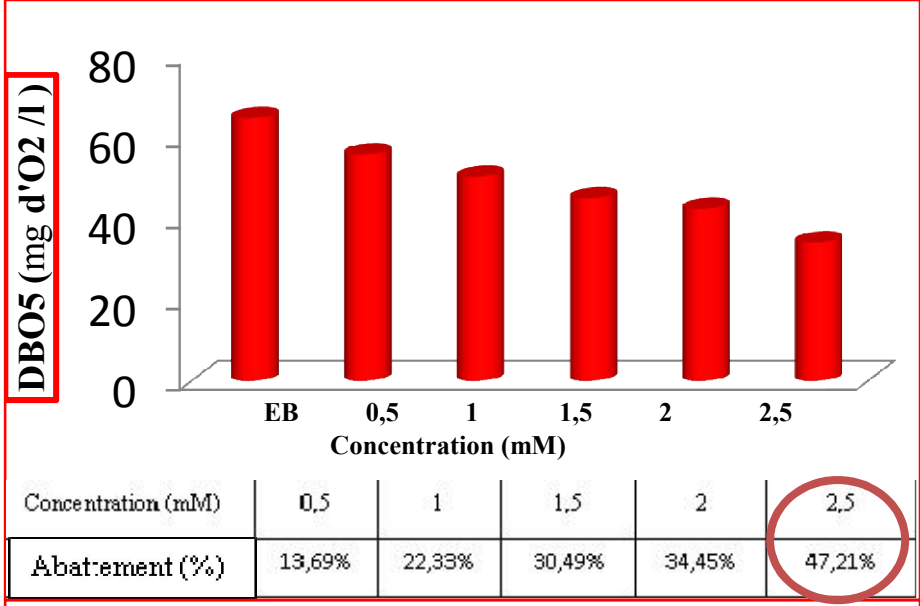
Figure 26 : Evolution des Orthophosphates en fonction de concentration (TiO_2).

Résultats des analyses physico-chimiques après traitement par **CAP**



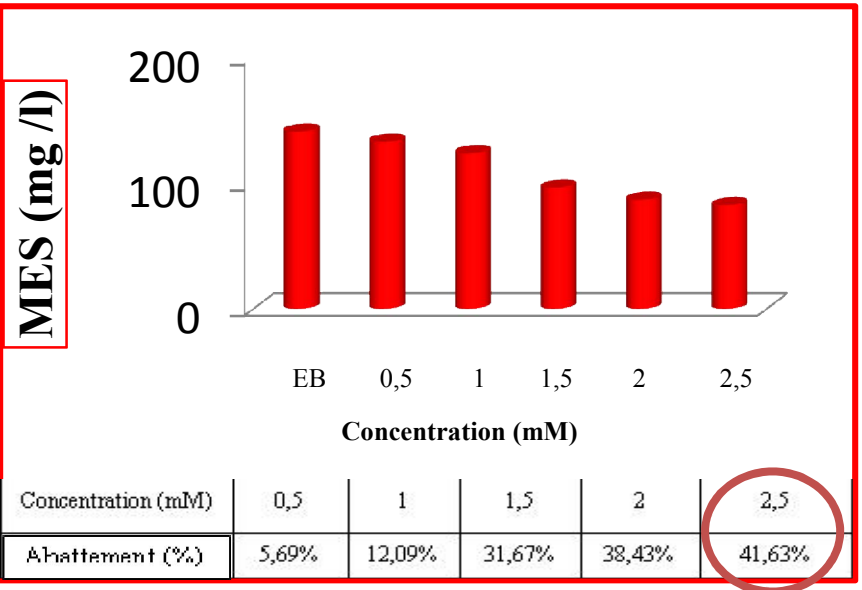
Concentration (mM)	0,5	1	1,5	2	2,5
Abattement (%)	34,18%	44,72%	52,65%	62,79%	72,41%

Figure 31 : Evolution de la DCO en fonction de concentration de (CAP).



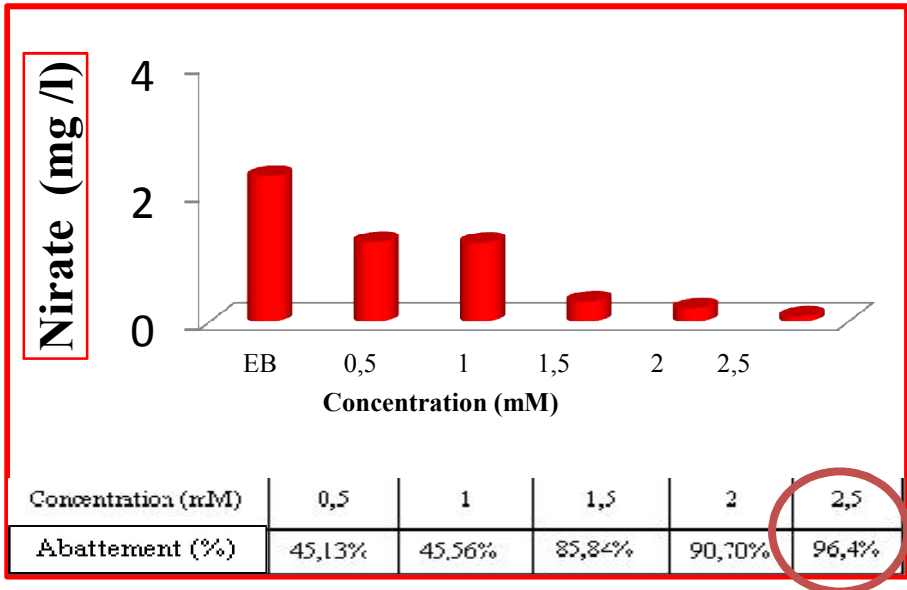
Concentration (mM)	0,5	1	1,5	2	2,5
Abattement (%)	13,69%	22,33%	30,49%	34,45%	47,21%

Figure 32 : Evolution de la DBO_5 en fonction de concentration de (CAP).



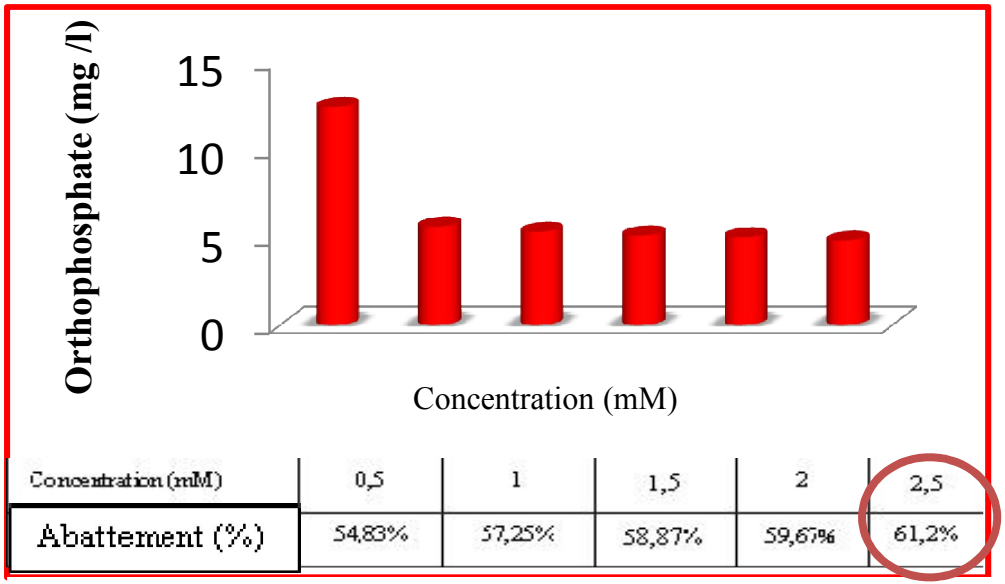
Concentration (mM)	0,5	1	1,5	2	2,5
Abattement (%)	5,69%	12,09%	31,67%	38,43%	41,63%

Figure 33 : Evolution des MES en fonction de concentration de (CAP).



Concentration (mM)	0,5	1	1,5	2	2,5
Abattement (%)	45,13%	45,56%	85,84%	90,70%	96,4%

Figure 34: Evolution des nitrates en fonction de concentration (CAP).



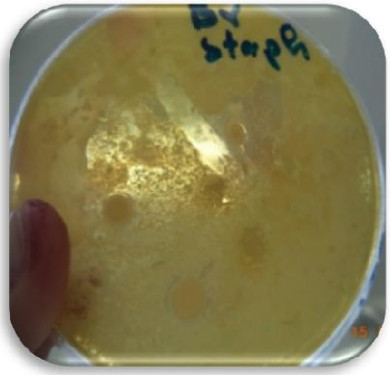
Concentration (mM)	0,5	1	1,5	2	2,5
Abattement (%)	54,83%	57,25%	58,87%	59,67%	61,2%

Figure 35 : Evolution des Orthophosphates en fonction de concentration (CAP).

Résultats des analyses bactériologiques

Tab2: Résultats des analyses bactériologiques de

Date de prélèvement	Flore mésophile aérobie total (UFC/ml)		Coliformes (germe/100ml)		S		
	Dilution		CT/100ml	CF /100 ml			
	10^{-1}	10^{-2}					
04/03/2014	400	210	70×10^5	17×10^3			
22/03/2014							Indénombrable
07/04/2014	800	450	140×10^5	2×10^5	70×10^5	-	Indénombrable
21/04/2014							Indénombrable
Moyenne	9600		105×10^5	1085×10^2	42×10^5	0,02	Indénombrable

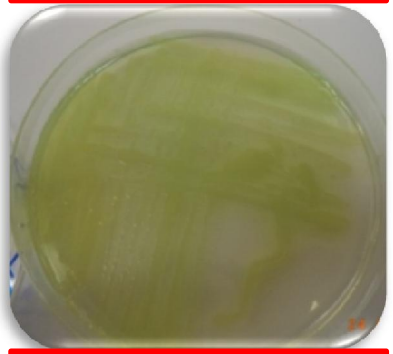


Chapman

Staphylococcus epidermidis

GNAB

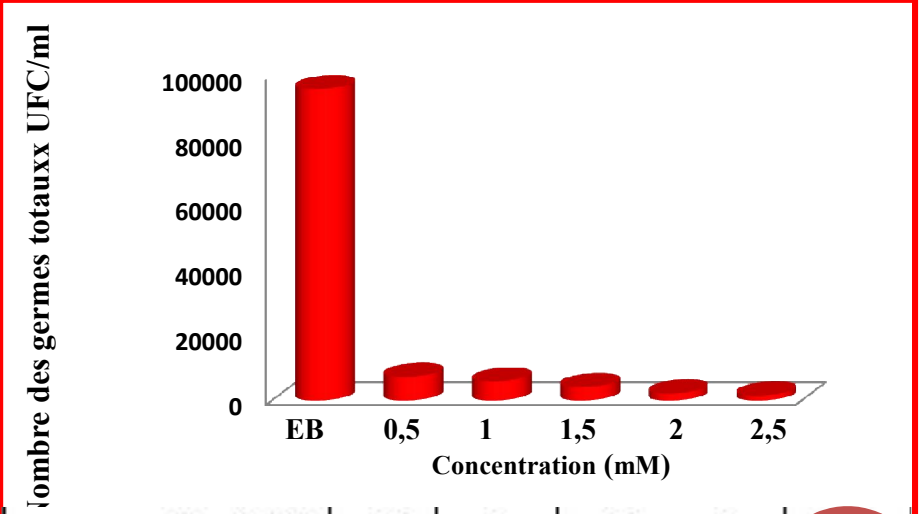
Vibrio vulnificus



Cétrimide

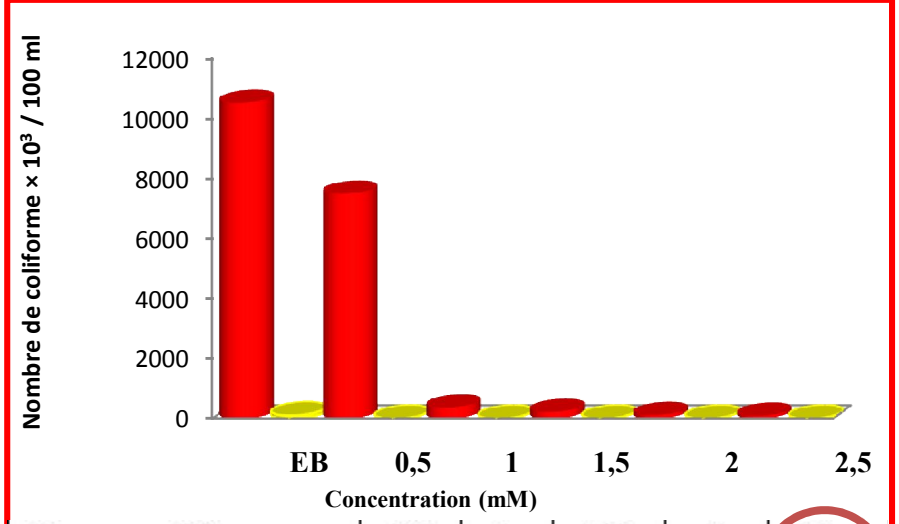
Pseudomonas fluerescens

Résultats des analyses bactériologique après traitement par TiO_2.



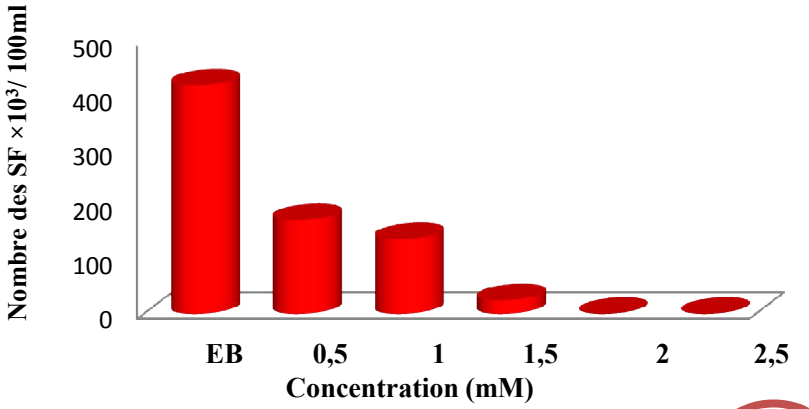
Concentration (mM)	0,5	1	1,5	2	2,5
Abattement(%)	22,62	38,55	66,25	77,39	83,13

Figure 36 : Evolution des germes totaux dans l'eau brute après traitement par (TiO_2)



Abattement (%)	0,5	1	1,5	2	2,5
Coliformes totaux	49,8	97,29	98,36	99,0	99,27
Coliformes fécaux	100	100	100	100	100

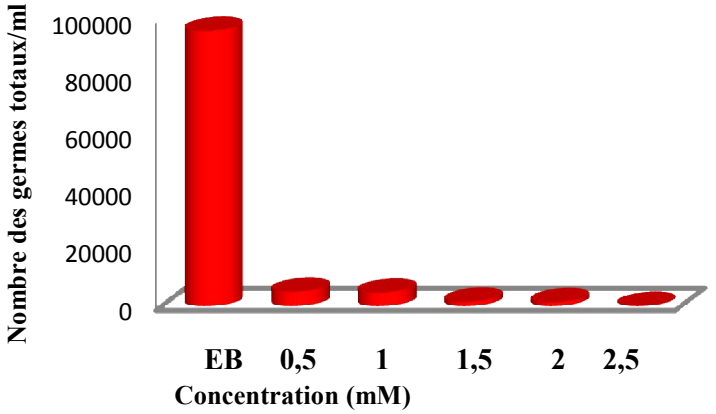
Figure 37 : Evolution des coliformes totaux et fécaux (*E. coli*) dans l'eau brute après traitement par (TiO_2).



Concentration (mM)	0 ,5	1	1,5	2	2,5
Abattement (%)	91,6	97,3	99,3	99,72	99,82

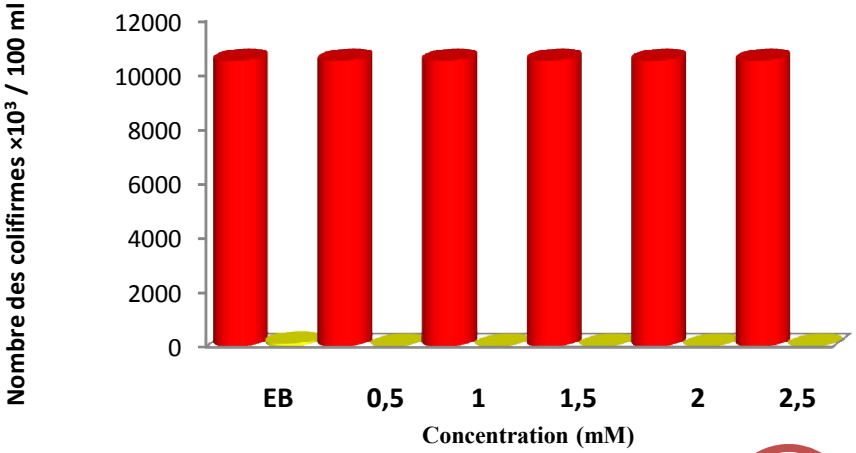
Figure 38 : Evolution des streptocoques fécaux dans l'eau brute après traitement par (TiO_2).

Résultats des analyses bactériologique après traitement par **CAP**



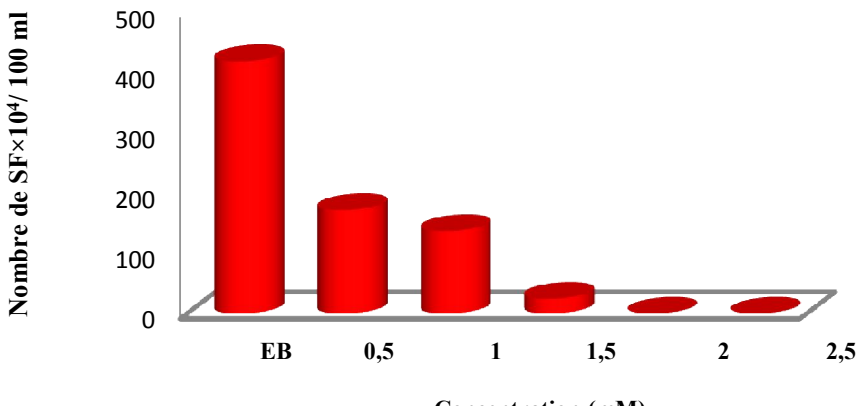
Concentration (mM)	0,5	1	1,5	2	2,5
Abattement (%)	32,3	47,9	83,6	85,21	97,61

Figure 39: Evolution des germes totaux dans l'eau brute après traitement par (CAP)



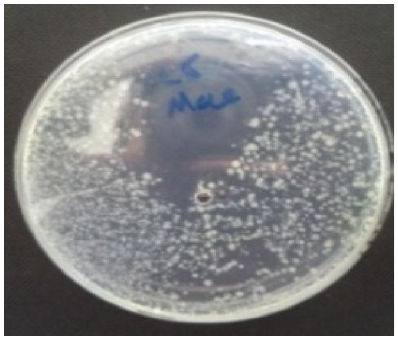
Abattement (%)	0,5	1	1,5	2	2,5
Coliformes totaux	0	0	0	0	0
Coliformes fécaux	100	100	100	100	100

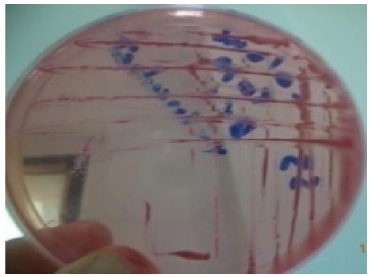
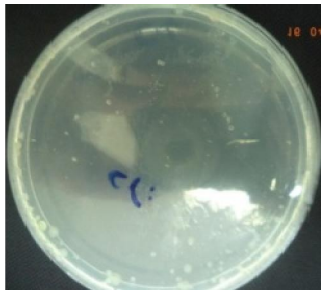
Figure 40 : Evolution des coliformes totaux et fécaux (*E. coli*) dans l'eau brute après traitement par (CAP).



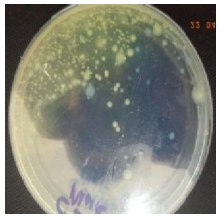
Concentration (mM)	0,5	1	1,5	2	2,5
Abattement (%)	87,6	90, 1	98,2	100	100

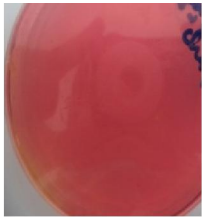
Figure 41 : Evolution des streptocoques fécaux dans l'eau brute après traitement par (CAP).



TiO_2





CAP

Conclusion

Paramètres physico-chimiques

- T° C
- pH
- Conductivité électrique
- Oxygène dissous

Conformes aux normes

Conclusion

Paramètres physico-chimiques

- **DBO_5**
- **DCO**
- **MES**
- **Orthophosphates**

Dépassent les normes admissibles

Conclusion

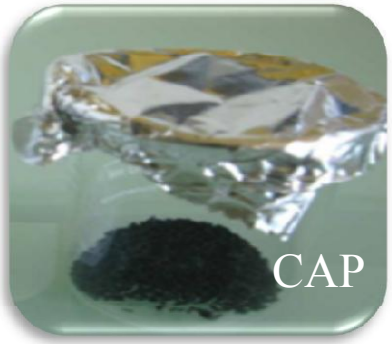
Paramètres bactériologiques

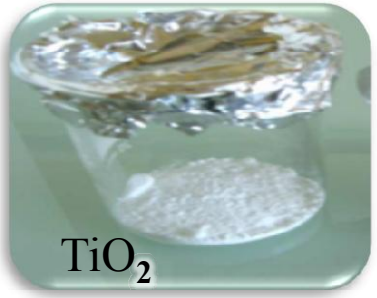
- CT et CF
- SF
- ASR
- Germes pathogènes

Confirme une contamination d'origine animale

Conclusion

Traitement catalytique





Amélioration de la qualité physico-chimique et bactériologique

Perspective

- Evaluer la pollution organique par détermination des rapports : MES / DBO_5, Matières oxydables, DBO_5 / DCO.
- Tester l'effet de la lumière (UV) sur l'effet des catalyseurs étudiés.
- Tester la toxicité des nanoparticules sur la faune et la flore aquatique.
- Dosage des métaux lourds dans les eaux.

Merci pour votre attention
الحمد لله
02 01 2012

REMERCIEMENTS

Nous tenons à exprimer nos remerciements et notre profonde gratitude à Mme. GRARA Nedjoud d'avoir accepté de nous encadrer et de nous conseiller pour réussir ce modeste travail.

Nous remercions également les membres de jury Dr. Atoussi et Dr. Rouabhia pour avoir accepté de juger ce travail.

Nous remercions Dr. Souiki d'avoir accepté de nous aider et nous orienter pour mener ce travail.

Nos vifs remerciements à Prof Houhamdi Moussa et tous le personnel de la Faculté et du département de biologie.

Ainsi, nos sincères remerciements aux doctorantes : Layada Samiha et Abdi Soumia, de nous avoir aidé et orienté pour réaliser ce travail.

Nous remercions chaleureusement le directeur de l'O.N.A. Guelma : Mr. Boudjehem et Mr. Boudjehem Professeur de chimie université de Guelma, Et les travailleurs de l'E.N.A marbre de Boumahra Ahmed. Guelma, de nous avoir guidé et aider lors du prélèvement.

Nos sincères remerciements à Mr Hassen Kbayech de nous avoir orienté tout le long de notre projet. Qu'il trouve ici, l'expression de nos profondes reconnaissances.

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail à:

Mes très chères parents : Dalila, Boubakeur « pour leurs encouragements et amour, qui m'a donner la volonté, pour réussir dans ma vie et mes études »

Mes très chères sœurs : "Karima" ; Mounia ; Radia ; Samiha et Amel.

Mes très chers frères: Azou, Chokri, Marouen, Salah, Amine et Ayoub.

Les fleurs de ma vie: Ibtihel, Iyed et Saja.

Toutes mes amies : Rima, Warda.

Et mes collègues de la promotion 2014 surtout le groupe de S.E.E.

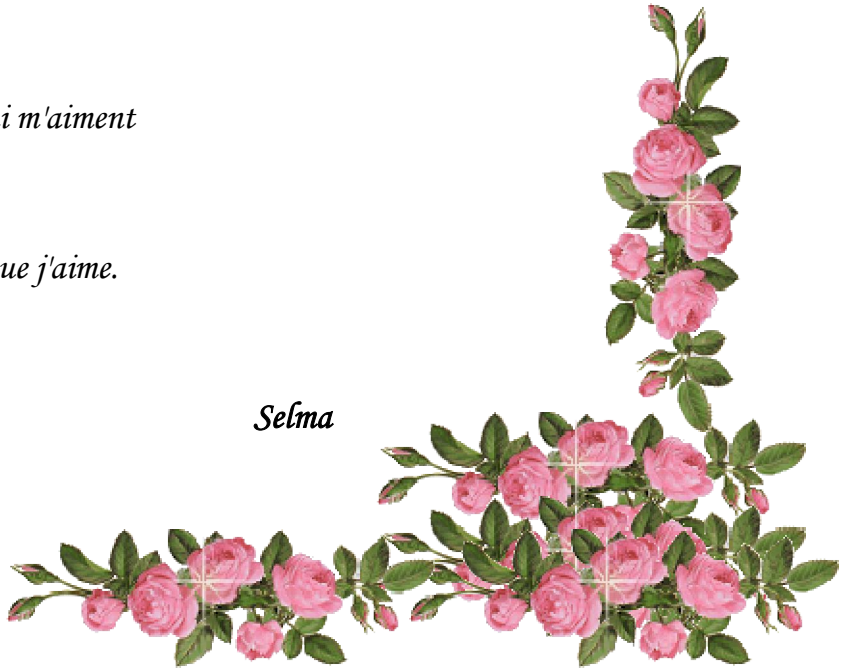
A ma binôme: Fatima

.

A tous ceux qui m'aiment

A tous ceux que j'aime.

Selma



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à ma famille qui m'a soutenue le long de cette belle expérience et durant toutes les expériences que j'ai vécues, les meilleures et les pires.

Surtout à ma chère mère Houria, qui a toujours été présente à mes côtés et qui m'a tant donné et appris et mon très cher père Salah pour sa patience et sa positivité face aux différentes épreuves de la vie. Je vous dédie ce travail pour vous exprimer mon immense et éternelle gratitude.

Mais c'est surtout grâce à vous et pour vous que j'ai entrepris cette étude.

Mes dédicaces particulières s'adressent à mes soeurs Bessma et à ses petites fleurs Maïs et Mina ; à Ilhem, Selma, Dikra

A mes cousins et cousines

Rabeh, Nasir, Ahme, dHouda, Sara, Iness et Malek.

A mes amies :

Selma, Madiha, Lwisa, Amina, Nedjet

Aux doctorantes Layada Samiha et Abdi Soumia.

Et mes collègues de la promotion 2014 surtout le groupe de S.E.E.

A ma binôme: Selma

Spécialement pour toi mon père.

FATIMA

Sommaire

Résumé

Abstract

ملخص

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste d'abréviations

Introduction Générale……..1

Chapitre I : Présentation de la région d'étude

1. Situation géographique 4
2. Le bassin versant de la Seybouse 5
2.1. Dangers menaçant le cours de la Seybouse 6
3. Climatologie 7
3.1. Température 8
3.2. Précipitation 8
3.3. L'humidité relative de l'air 9

Chapitre II: Matériel et méthodes

1. Matériel 11
1.1. Matériel chimique 11
2. Méthode de prélèvement et de transports des échantillons 12
2.1. Site de prélèvement 12
2.2. Mode de prélèvement 12
2.3. Transport et conservation des échantillons 14
2.4. Méthodes d'analyses 14
2.4.1. Méthodes d'analyses physico-chimiques 14
2.4.1.1. Mesures *in* situ 14
2.4.1.2. Méthodes spectrométriques 15
A. Dosage des nitrates NO_3^-……15
B. Dosage d'Orthophosphates PO_4^{3-} 15
C. Turbidité 16

2.4.1.3. Méthodes volumétriques 16
a. Détermination des matières en suspension (MES) 16
b. La demande chimique en oxygène (DCO) 17
c. La demande biochimique en oxygène (DBO_5) 17
2.4.2. Analyses bactériologiques 18
2.4.2.1. Recherche et dénombrement des germes revivifiables à 37°C (Germes totaux) 19
2.4.2.2. Recherche et dénombrement des germes indicateurs de contamination fécale 20
2.4.2.3. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et coliformes fécaux 21
2.4.2.4. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux 24
2.4.2.5. Recherche et dénombrement des spores des anaérobies sulfito-réducteurs (ASR) 26
2.4.2.6. Recherche des germes pathogènes 27
A .Recherche des Salmonelles 28
B. Recherches des Sighelles 29
C. Recherche des Staphylocoques 30
D. Recherche des Pseudomonas 31
E. Recherche de *Vibrio* 33

Chapitre III : Résultats et discussion

1. Résultats 35
1.1. Résultats des analyses physicochimiques de l'eau brute de rejet Boumahra Ahmed 35
1.2. Résultats des analyses physico-chimiques de l'eau brute après traitement par les Nps.... 38
1.2.1. Résultats des analyses physico-chimiques de l'eau brute après traitement par (TiO_2) . 38
1.2.2. Résultats des analyses physicochimiques de l'eau brute après traitement par (CAP) .. 42
1.3. Résultats des analyses bactériologiques de l'eau brute 46
1.4. Résultats des analyses bactériologiques de l'eau brute après traitement par les Nps 48
1.4.1 Résultats des analyses bactériologiques de l'eau brute après traitement par le TiO_2 48
1.4.2. Résultats des analyses bactériologiques de l'eau brute après traitement par (CAP) 49
2. Discussion 52
Conclusion Générale 62
Références bibliographiques……64
Annexes

Résumé

Notre étude porte en premier temps sur la caractérisation des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de pollution des eaux usées de rejet Boumahra Ahmed (W. Guelma) puis nous avons testé l'effet de purification de ces eaux par des molécules nanométriques (TiO_2 et CAP). La caractérisation physico-chimique des eaux usées a montré qu'elles constituent des mélanges complexes très chargées en matières organiques avec des valeurs moyennes de DCO (108,5 mg/l), en DBO_5 (64,6 mg/l) en MES (176 mg/l), de nitrate (2,26 mg/l) et en Orthophosphates (12,4 mg/l). Le rapport ($DCO/DBO_5 = 1,68$) articule bien le caractère biodégradable de ce rejet. Les analyses bactériologiques ont révèle une richesse de ces eaux en germes indicatrices de contamination fécale avec moyenne de 96×10^2 FMAT/ml, 105×10^5 CT/1ml, 1085×10^2 CF/1ml, 42×10^5 SF/1 ml et nombre indéterminé des spores de *Clostridium* sulfito-réducteurs. Le rapport (CF/SF=0,02) souligne que l'origine de contamination de ce rejet est animale. Ainsi qu'on à montré la présence d'une fructification bactérienne dans ces eaux dont les espèces identifiés sont : (*V. vulnificus, S. epidermidis, P. fluorescens)*. Le traitement catalytique a permis une réduction des indicateur physico-chimiques de l'ordre de 73,82% de DCO 41,4 % de DBO_5 et de 36% en MES pour les nitrates 96,4% et 61,29% d'Orthophosphates de l'eau traitée par leTiO_2. Alors que après traitement par le CAP sont de l'ordre de 79,41% de DCO, 47,21% de DBO_5 et de 41,63% des MES, 96,29% de nitrate et 61,2 % d'Orthophosphates. Concernant les indicateurs bactériologiques de pollution, le traitement catalytique a permis un abattement de l'ordre de 99,72 % de coliforme totaux ,100% des coliformes fécaux *E. coli*) et de 99,82 %des streptocoques fécaux dans l'eau traitée par (TiO_2). Un abattement de 100% des coliformes fécaux (*E. coli*) et des streptocoques fécaux dans l'eau traitée par (CAP).

Mots clés : Caractérisation, physico-chimique, bactériologique, purification catalytique TiO_2 CAP, rejet, Boumahra Ahmed.

Abstract

Our study focuses first on the characterization of physico-chemical and bacteriological parameters of wastewater pollution discharge Boumahra Ahmed (W. Guelma) then we tested the effect of purification of the water molecules nanometric (TiO_2 and CAP). The physicochemical characterization of wastewater mounted they are very complex mixtures of organic matter loaded with mean values of COD (108.5 mg/l), BOD_5 (64.6 mg / l) in MES (176 mg/l), nitrate (2.26 mg/l) and Orthophosphates (12.4 mg/l). The report (COD/BOD_5 = 1.68) articulates well the biodegradable nature of this rejection. The biological analyzes have revealed a wealth of these waters indicator of fecal contamination with average of 96×10^2 MTAF/ml, 105×10^5 CT/1ml, 1085×10^2 CF/1ml, 42×10^2 SF/1ml and number undetermined spores of Clostridium sulfite-reducing. The (CF / SF ratio = 0.02) emphasizes that the origin of contamination of animal is this rejection. As is shown in the presence of a bacterial fruiting in these waters which are identified species: (*V. vulnificus, S. epidermidis, P. fluorescens*). The catalytic treatment allowed a reduction in physicochemical indicator about 73.82% to 41.4% of COD and BOD_5 of 36% TSS for nitrates and 61.29% of orthophosphate treated water TiO_2. While are of the order of 79.41% of COD, 47.21% of BOD_5 and TSS 41.63%, 96.29% of nitro and 61.2% of orthophosphate treated water CAP. Concerning the bacteriological pollution indicators, catalytic treatment allowed a reduction of about 99.72% total coliforms, fecal coliforms 100% (*E. coli*) and 99.82% of faecal streptococci in water treated by TiO_2. An allowance of 100% of fecal coliforms (*E. coli*) and of faecal streptococci in water treated by the CAP.

Keywords: Characterization, physicochemical, biological, catalytic purification, TiO_2, CAP. rejection, Boumahra Ahmed,

ملخص

تهدف دراستنا إلى تحديد الخصائص الفيزيوكيميائية و البكتريولوجية لمياه صرف بلدية بومهرة احمد (ولاية قالمة) وثم اختبرنا تأثير تنقية هذه المياه بواسطة الجسيمات النانومية (TiO_2وCAP) . أثبتت الخصائص الفزيوكيميائية لمياه الصرف أنها تتكون من خليط معقد جد غني بالمواد العضوية بقيم متوسطة لكل من (DCO= 108,5 ملغ/ ل) ؛ (DBO_5 = 64,6 ملغ/ل) ؛ (MES= 176 ملغ/ل) ؛ (النترات = 2,26ملغ/ل) ؛ ($P\ O_4^{3-}$= 12,4 ملغ/ ل). توضح النسبة (DBO_5/DCO =1,68) خاصية التحلل الحيوى لهذه المطروحات. كما أثبتت التحاليل البكتريولوجية غنى هذه المياه بمؤشرات التلوث البرازي بمعدل (96 × 10^2 جراثيم كلية/ 100 مل)؛ مجموع القلونيات (105 × $1/10^5$مل) ؛ القلونيات البرازية (1085×10^2 /1مل) والعقديات البرازية (42 × 10^5 / 1مل) وعدد غير محدود من الجراثيم اللاهوائية المطثية. تؤكد النسبة (SF/CF = 0,02) أن أصل عدوة هذه المطروحات هو حيواني. كما أثبتنا تواجد تنوع بكتريولوجي لهذه المياه حيث تم التعرف على الأنواع التالية : *V.vulnificus, S.epidermidis, P. fluorescens.*

سمح العلاج التحفيزي بانخفاض في المؤشرات الفزيوكيميائية بنسبة : DCO %73,82 ؛ DBO_5 % 41,4 ؛ MES % 36 ؛ نترات % 96,29 ؛ PO_4^{3-} %61,2 بالنسبة للمياه المعالجة ب : (TiO_2). و بنسبة DCO % 79,41 ؛ DBO_5 % 47,21؛ MES % 41,63؛ نترات % 96,29؛ PO_4^{3-} % 61,2 بالنسبة للمياه المعالجة ب : (CAP). أما فيما يخص مؤشرات التلوث البكتريولوجي, فان العلاج التحفيزي يسمح بتخفيض : 99,72 % من مجموع القلونيات, 100% من مجموع القلونيات البرازية و99,82 % بالنسبة للعقديات في المياه المعالجة ب (TiO_2). و بنسبة انخفاض تعادل 100% من مجموع القلونيات البرازية والعقديات البرازية في المياه المعالجة ب (CAP).

الكلمات المفتاحية : الخصائص, الفيزيوكيميائية, البكتريولوجية, الصرف الصحي, , التنقية بالتحفيز(TiO_2 ,CAP) , بومهرة احمد.

Liste des figures

N°	Titre	Page
01	Situation géographique de la zone d'étude Boumahra Ahmed (Guelma)	**04**
02	Situation géographique de la zone d'étude dans le bassin versant de la Seybouse	**05**
04	Variation des températures moyennes mensuelles.	**09**
05	Variation des précipitations moyennes mensuelles en (mm).	**09**
06	Variation de l'humidité relative moyenne mensuelle.	**09**
07	Les nanoparticules à tester le dioxyde de titane (TiO_2) et le charbon actif (CAP)	**10**
09	Localisation de site des prélèvements	**11**
11	Recherche et dénombrement des microorganismes revivifiables à 37°C dans les eaux	**19**
12	Recherche et dénombrement des coliformes totaux, fécaux et *E. coli* dans les eaux.	**22**
13	Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux dans les eaux.	**24**
14	Recherche et dénombrement des spores des bactéries anaérobies sulfito-réductrice(ASR) dans les eaux.	**26**
15	Recherche de *Salmonella* dans l'eau.	**28**
16	Recherche des Staphylocoques, *Shigella* et *Pseudomonas* dans les eaux.	**31**
17	Recherche et identification de *Vibrio* dans les eaux.	**33**
18	Evolution du pH en fonction de concentration de TiO_2.	**39**
19	Evolution du Rh en fonction de concentration de TiO_2.	**39**
20	Evolution d'O_2 en fonction de concentration de TiO_2.	**39**
21	Evolution de CE en fonction de concentration de TiO_2.	**39**
22	Evolution de la DCO en fonction de concentration de TiO_2.	**40**
23	Evolution de la DBO_5 en fonction de concentration de TiO_2.	**40**
24	Evolution des MES en fonction de concentration de TiO_2.	**40**
25	Evolution des Nitrates en fonction de concentration de TiO_2.	**40**
26	Evolution des Orthophosphates en fonction de concentration de TiO_2.	**40**
27	Evolution du pH en fonction de concentration de CAP.	**43**

28	Evolution du Rh en fonction de concentration de CAP.	**43**
29	Evolution d'O_2 en fonction de concentration de CAP.	**43**
30	Evolution de CE en fonction de concentration de CAP.	**43**
31	Evolution de la DCO en fonction de concentration de CAP.	**44**
32	Evolution de la DBO_5 en fonction de concentration de CAP.	**44**
33	Evolution des MES en fonction de concentration de CAP.	**44**
34	Evolution des Nitrates en fonction de concentration de CAP.	**44**
35	Evolution des Orthophosphates en fonction de concentration de CAP.	**44**
36	Evolution des germes totaux dans l'eau brute après traitement par (TiO_2).	**49**
37	Evolution des coliformes totaux et fécaux (*E. coli*) dans l'eau brute après traitement par (TiO_2).	**49**
38	Evolution des streptocoques fécaux dans l'eau brute après traitement par (TiO_2).	**50**
39	Evolution des germes totaux dans l'eau brute après traitement par (CAP).	**49**
40	Evolution des coliformes totaux dans l'eau brute après traitement par (CAP).	**49**
41	Evolution des streptocoques fécaux dans l'eau brute après traitement par (CAP).	**50**

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
01	Les principales installations classées de Guelma et les milieux récepteurs de leurs rejets.	**10**
03	Nature et période de prélèvement.	**13**
05	Résultats de l'analyse physico-chimique de l'eau brute de rejet Boumahra Ahmed.	**37**
08	Résultats de l'analyse bactériologique de l'eau brute de rejet Boumahra Ahmed.	**47**

Liste des abréviations

- : Caractère négatif

+ : Caractère positif

± : plus ou moins

(*) Valeur fixé par le Décret exécutif n° 93-160 du 10 juillet 1993.

/ : Par

[ ] : Concentration

% : Pourcent

° : Degré

°C : Degré Celsius

ADH: Arginine Dihydrolase

Ag SO_4: Sulfate d' Argent

Ag: Argent

ASR: Anaérobies sulfito-réducteurs

BCPL: Bouillon lactose au pourpre de bromocrésol

BGN : Bacille Gram négative

CAP : Charbon actif en poudre

CE : Conductivité électrique

CF: Coliforme fécaux

CNR: Centre National de Recherche

CT: Coliformes totaux

DBO_5 : Demande biochimique en oxygène

DCO : Demande chimique en oxygène

DHW : Direction d'hydraulique de la wilaya de Guelma

E : Est

EB : Eau brute

E. coli : *Escherichia coli*

ENA marbre : Entreprise Nationale Algérienne de marbre

EPA : Eau Peptonée Alcaline

FeS : Sulfate de fer

FCA : Fibres de carbones activés

FMAT : Flore mésophile aérobie totale

g : gramme

GNAB : Gélose Nutritive Alcaline de Billé

h: heure

H_2SO_4 : Acide sulfurique

H_2S : Hydrogène sulfuré

J.O.R.A : Journal Officiel de la République Algérienne

Km: kilomètre

Km^2: kilomètre carré

K_2CrO_7: Dichromate de potassium

mg/l : Milligramme par litre

ml : Millilitre

mM : milli-molaire

mn : Minute

m3 : Mètre cube

mV : milliVolt

Min: minimum

Max: maximum

Moy: moyenne

N : Nord.

NaCl : Chlorure de Sodium.

NaOH : Hydroxyle de sodium

NO_3^- : Nitrate.

NTU: Nephelometric Turbidity Unit.

NPP : Nombre le plus probable.

Nps: Nanoparticules.

O_2: Dioxygène.

ODC : Ornithine Décarboxylase.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

ONPG: Ortho-Nitrophénol-B-D-Galactosidase.

P : prélèvement.

pH : Potentiel d'Hydrogène.

PO_4^{3-} : Orthophosphates.

RM: Rouge de Méthyle.

RN : Route nationale.

STEP : Station d'épuration. des eau usées

S: Station.

S/C: Simple concentration.

SFB : Bouillon Sélénite Cystéine.

SF : Streptocoque fécaux.

SS : *Salmonella-Shigella.*

t : temps.

T° : température.

TDA: Tryptophane Décarboxylase.

TiO_2 : Dioxyde de titane.

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

TSI : Triple SugarIron.

UFC: Unité formant colonie.

µm : Micromètre

UV : Ultra Violet

µs/cm: micro simens par centimètre.

VF : Viande Foi.

VP : Voges de Proskauer**.**

Introduction Générale

Le management environnemental est au centre des débats nationaux et internationaux. Elle devient donc une priorité dans les politiques de beaucoup de pays. Des structures étatiques cherchent de plus en plus à atteindre un bon niveau de performance environnemental en métrisant les impacts des activités industrielles, produits et services sur l'environnement (Sadek et *al.*, 2012).

Il est communément admis que la détérioration de la qualité des ressources en eau due aux activités humaines constitue une menace aussi importante que celle liée au déséquilibre quantitatif provoqué par la surexploitation des ressources hydriques. En effet, en plus de sa rareté, l'eau est sujette à des pressions croissantes et continues des besoins de développement industriel, de l'extension de l'agriculture et de l'amélioration du cadre de vie de la population sur le plan hygiénique et sanitaire (Fouad et *al.*, 2013). Au cours des dernières décennies, le rythme de développement des pays s'est accéléré et diverses activités anthropogéniques se sont installées dans plusieurs régions et zones à proximité des grandes villes et aussi en plein milieu rural. Il en résulte une production excessive d'eaux usées qui entrainent des déséquilibres sérieux des écosystèmes aquatiques et notamment les principaux cours d'eau (Aboulkacem et *al.*, 2013). Actuellement, l'agriculture consomme en moyenne 70% de l'eau douce disponible à l'échelle mondiale, viennent ensuite l'industrie avec 20%, puis l'utilisation de l'eau à usage domestique qui tourne autour de 10%.

Le niveau de satisfaction des besoins en eau domestiques et agricoles n'a cessé de baisser au cours de ces dernières années. Les conditions naturelles défavorables et une faible mobilisation des ressources en eau donnent une agriculture qui n'arrive pas à satisfaire les besoins d'une population en pleine croissance. Par contre, 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).

L'Algérie se trouve dans une des régions du monde les plus défavorisées en matière de disponibilités hydriques. Or, non seulement l'explosion démographique et la croissance économique entrainent une demande en eau qui dépasse de très loin les ressources disponibles, mais, en plus, rien n'indique que la sécheresse qui à sévi ces eaux dernières décennies laissera place à une pluviosité abondante (Loucif, 2002).

La région de Guelma, comme la plupart des villes algériennes endure des conséquences de la pollution hydrique. De nouvelles constructions industrielles telles que l'unité ENA-marbre de Guelma et l'unité de Carrelage qui s'y déverse ces eaux chargées en produits chimiques dans l'Oued Seybouse ont été créées en un temps très court et au mépris des règles élémentaires d'hygiène pour la population. Cet état de fait est à l'origine de dégradation de la qualité des écosystèmes aquatiques en influençant la croissance et le développement des différentes espèces constituants les microflores naturelles (Djabri, 2001).

Devant cette charge polluante élevée des industries et des rejets, le traitement de ces effluents et la réduction de la pollution à la source sont devenus une nécessité absolue. Parmi les procédés développés pour la dégradation des polluants organiques des eaux usées et les rejets industrielles figure le traitement catalytique (Dorion et *al.*, 1995). Dans laquelle les nanoparticules offrent la possibilité d'élimination efficace des polluants et des germes par procédé d'oxydation avancée (AOP), dans lequel un semi-conducteur absorbe la lumière et convertit l'énergie photonique en énergie chimique par un système rédox. En effet, des électrons passent de la bande de valence à la bande de conduction du catalyseur, libérant ainsi des sites électroniques (h+) dans la bande de valence. Ces charges peuvent alors se combiner ou bien migrer et se transférer par la suite à des espèces adsorbées à la surface du catalyseur, générant ainsi des réactions d'oxydation et de réduction. Des études sur l'AOP ont montré que la dégradation catalytique est une technique performante pour l'élimination de la pollution (Gebrati et *al*, 2010).

Dans le cadre de ce travail nous avons essayé d'étudier :

- la qualité physico-chimique et bactériologique des rejets de la commune de Boumahra Ahmed qui se versent dans l'Oued de Seybouse ; 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 . Ainsi que, le but de l'analyses bactériologiques est de rechercher les microorganismes qui sont susceptible d'êtres pathogènes (Salmonelles, Shigelles, Staphylocoques…etc) et ceux qui sont indicateurs de contamination fécales (coliformes et Streptocoques fécaux).
- Ensuite des essais de traitement des eaux brutes par les nanoparticules de dioxyde de titane (TiO_2) et le Charbon actif en poudre à travers l'évaluation des paramètres physico-chimique et bactériologique des eaux brutes après les périodes de traitements par les nanoparticules .

Dans le présent travail, et après une introduction générale une présentation de la région d'étude pour donner un aperçus générale comprenant une description de cadre physique avec les donnés climatiques. Après avoir les objectifs et la démarche retenue pour l'étude, matériel et méthodes utilisés seront décrits. Les résultats obtenus seront ensuite détaillés et discutés. Pour finir, une conclusion générale sera présentée.

I. Présentation de la région d'étude

1. Situation géographique

Boumahra Ahmed est une commune située à 7 km au Nord Est de la wilaya de Guelma, traversée par la RN 20 reliant Guelma à Souk-Ahras, via Bouchegouf, elle s'étend de 208 mètres d'élévation par apport au niveau de la mer avec altitude : 36°27□29.98□ de Nord et longitude : 7°30□50□ Est. Elle est située dans une région très fertile entourée de nombreux Oueds (Oued Seybouse, Oued Boussora, Oued Zimba), la Seybouse à la sortie Nord de la commune pas loin de l'ENA marbre. Son économie est principalement basée sur l'exploitation agricole ainsi que l'extraction de marbre destinée à l'exportation. Elle couvre une superficie de 98 km^2 et une population de 18998 Habitats (au dernier recensement en 2008) (Khadri, 2009).

La commune est limitée par :

- la commune de Djeballah, Au Nord.
- les communes de Béni Mezline et Hammam N'bail, à l'Est.
- la commune de Belkheir, à l'Ouest et la commune de khezara au Sud.

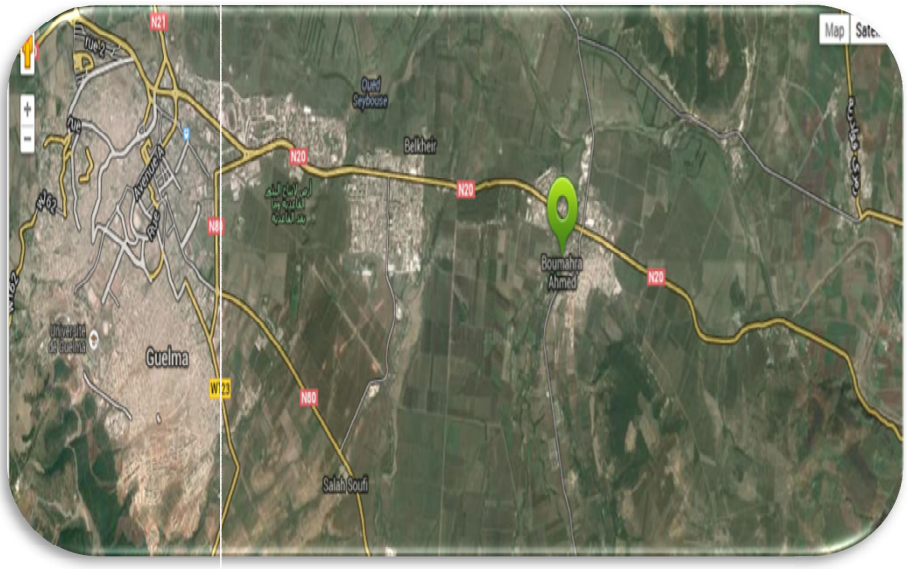


Figure 01 : Situation géographique de la zone d'étude Boumahra Ahmed (Guelma) (Google Earth).

2. Le bassin versant de la Seybouse :

Le bassin de la Seybouse est situé dans la région Nord Est de L'Algérie, prenant naissance à 20 Km da la ville de Guelma par la Jonction de l'Oued Cherf et Bouhemdane. Il s'étend sur une superficie de 6471 Km^2 avec longueur de 240 Km, ainsi qu'il couvre 68 communes dans sept Wilaya : Annaba, Tarf, Skikda, Constantine, Oum El Bouaghi, Guelma et Souk Ahras. Ses eaux représentent une source fondamentale de vie dans la région. Les eaux de la Seybouse sont utilisées à des fins domestiques, industrielles et agricoles (Mouchara, 2009). La figure (02) représente la situation géographique de la zone d'étude dans le bassin versant de la Seybouse.

Figure 02: Situation géographique de la zone d'étude dans le bassin versant de la Seybouse (Khadri, 2009).

2.1 . Dangers menaçant le cours de la Seybouse

Le bassin de la Seybouse est confronté à la pollution urbaine industrielle et agricole. Cette pollution provient des différentes villes (rejets domestiques), usines (rejets industriels) et les décharges publiques implantées sur ce bassin (Oued Seybouse recueille les eaux usées de près de 86 unités industrielles, dont la plupart d'entre elles ne disposent pas de stations de traitement et de recyclage des eaux) (Photo 03) (Annexe).

La pollution atteint un degré élevé, selon des statistiques, rendues publiques lors d'une rencontre consacrée à la gestion durables des ressources hydriques et à la protection des périmètres agricoles de la Seybouse, il a été révélé que prés de 4,5 millions de m^3 des eaux usées se déversent annuellement dans les Oueds de ce bassin. Le plus grave est que prés de 3 millions de m^3 de ce volume est des huiles usagées provenant des unités industrielles, potentiellement polluantes, et c'est pour ça, son eau est devenue tellement polluée (voir la couleur et l'odeur). (Tewfiq, 2008).

Le tableau (1) donne un aperçu sur les principales installations industrielles de la région de Guelma et les milieux récepteurs de leurs rejets.

Tableau 01 : Les principales installations classées de Guelma et les milieux récepteurs de leurs rejets (DHW, 2007).

Nature de l'activité	Nombre	Milieu récepteur	Caractéristiques de rejet
Raffinerie de sucre	1	Oued Maïz	Forte concentration en matière organique dissoute et en suspension.
Fabrication de la céramique vaisselle (Céramique)	1	Oued Maïz	Forte teneur en MES, Kaolin. Cd, Pb, Cr.
Fabrication de Marbre et/ou Carrelage	5	Oued Maïz Oued Seybouse chaâbet Maâmora Oued Boussora	Teneur élevée en MES et ciments blocs.
Fabrication de faïence	1	Oued Maïz	Teneur élevée en MES, Pb, Cd.
Station de lavage et graissage	15	Oued Bouhmadane Oued Skhoûn Oued Maïz Oued Zimba Oued Seybouse	Graisse, Pb.
Laiterie (la Guelmoise)	1	Oued Seybouse	Forte concentration en matière organique dissoute.
Conserverie de tomate	1	Oued Seybouse	Forte concentration en MES et matière organique dissoute, parfois pH alcalin.
Moulin	3	Oued Seybouse Oued Zimba	Teneur élevé en MES

3. Climatologie

Le climat est un facteur abiotique important dans l'étude de la typologie et le fonctionnement d'un milieu naturel. Les principaux facteurs climatiques qui interviennent souvent dans le bilan hydrique et qui gèrent les régimes hydrologiques sont la précipitation et la température, et les autres facteurs climatiques tels que, l'humidité de l'air et la vitesse du vent. Ainsi une bonne connaissance des conditions climatologiques d'une zone et des origines des écoulements des eaux peut jouer un rôle majeur pour la compréhension de l'évolution des éléments nutritifs et abouti à la protection et à la résolution des problèmes de pollution des eaux de surface (Ladlani, 2007).

Dans notre étude nous avons récolté les données météorologiques dans le tableau (01) (Annexe) auprès de la station météorologique de la wilaya de Guelma. Ces derniers s'étalent sur 10 ans de récolte (2004 - 2014).

3.1. Température

La température de l'air est un paramètre très important lié directement au développement de la majorité des êtres vivants et influe sur leurs activités, le climat et le bilan hydrique ; car il conditionne l'évaporation et l'évapotranspiration réelle. Elle est en fonction de l'altitude, la distance de la mer, des saisons et de la topographie (El Blidi et *al.*, 2006).

Les températures moyennes mensuelles confirment l'existence de deux saisons distinctes : l'une allant de (Novembre à Avril) constitue un période fraiche et douce, et l'autre de (Mai à Octobre) et indique une saison douce et chaude. Les valeurs de températures sont présentées dans la figure (4).

Nous constatons que les températures moyennes mensuelles les plus élevées sont enregistrées pendant l'été (Juin à Octobre) avec des températures varient de 21,9 à 25,1°C. Les températures moyennes les plus basses oscillent de 12,05 à 13,5°C, sont observées en Hiver (Décembre à Mars) avec une valeur minimal de température (2,5°C) durant le mois de Février.

3.2. Précipitations

La pluie est un facteur climatique essentiel conditionnant l'écoulement saisonnier et par conséquent le régime des cours d'eau. L'étude nécessite notamment une analyse minutieuse use des données pluviométriques. Cette analyse aboutit à l'évaluation et à la quantification de différentes franges d'eau de surface, souterraines et atmosphériques (Bedouh, 2014).

Les valeurs moyennes mensuelles pluviométriques montrent les variations de la distribution des précipitations à l'échelle annuelle. La figure (05) représente la variation de précipitations moyennes mensuelles durant (2004-2014). La valeur maximal des précipitations mensuelles est observée au mois de Mars et atteint une valeur de 87,7 mm. La valeur minimale observée au mois de Juillet était de l'ordre de 3,44 mm.

3.3. L'humidité relative de l'air

L'humidité de l'air joue un rôle important dans l'évaporation ; plus l'air est humide moins il apte à absorbé de l'humidité supplémentaire. L'humidité élevée atténuée la sécheresse conditionne favorablement le développement des plantes (Beltrando, 1995).

La figure (06) représente la variation de l'humidité relative de l'air mensuelle durant (2004-2014). Nous constatons cette dernière ne diminue pas au dissous de 50 %. L'humidité relative est en générale plus élevée pendant les mois les plus froids. Elle atteint son maximum le mois de Janvier (78,69 %) alors que le minimum est observé le mois de Juillet.

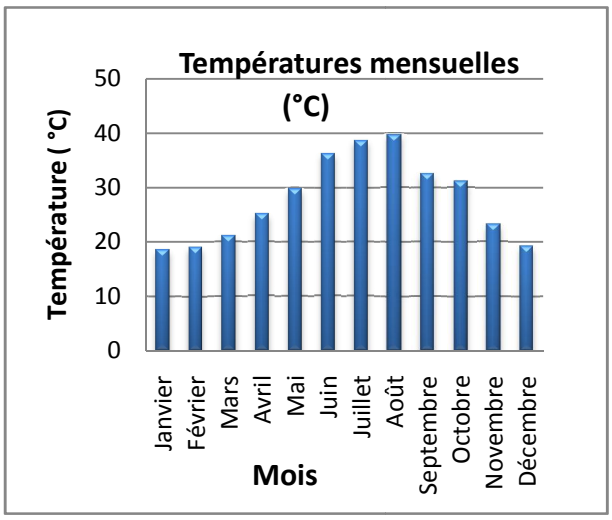


Figure 04 : Variation des températures moyennes mensuelles

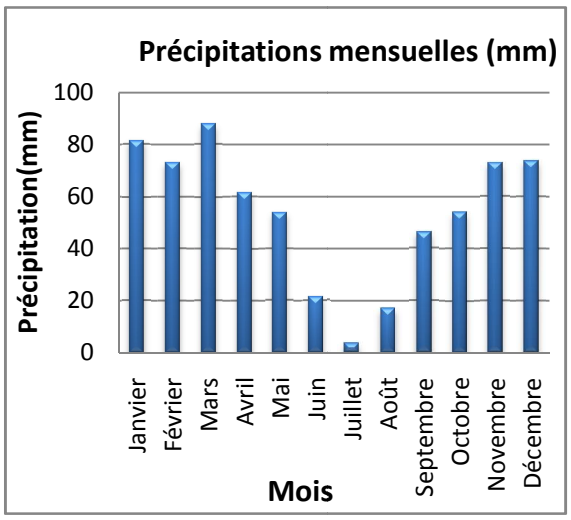


Figure 05 : Variation des précipitations moyennes mensuelles

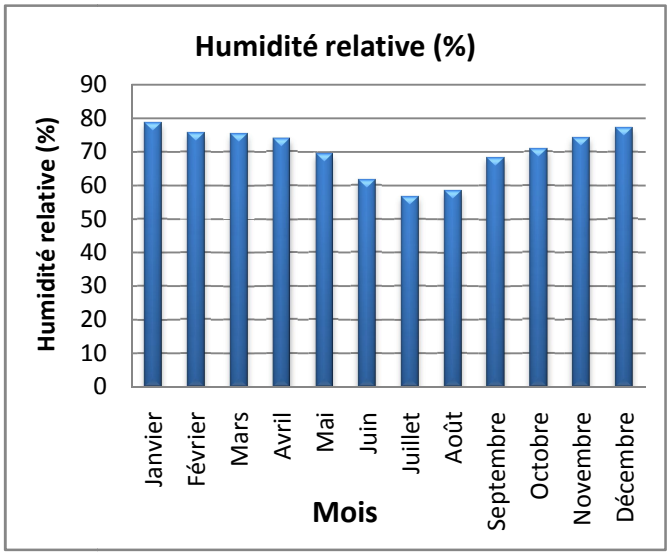


Figure 06 : Variation de l'humidité relative moyenne mensuelle.

II. Matériel et méthodes

La totalité de nos analyses bactériologiques ont été réalisés au niveau du laboratoire de microbiologie de l'université du 8 Mai 1945 de Guelma. Alors que les analyses physico-chimiques ont été réalisées au niveau de la station d'épuration (STEP) de la wilaya de Guelma.

1. Matériel

L'ensemble des milieux, réactifs et appareillages sera cité au fur et à mesure de leurs utilisation.

1.1. Matériel chimique

Les matériaux chimiques utilisés dans cette étude pour le traitement de rejet Boumahra Ahmed ce sont des nanoparticules le dioxyde de titane (TiO_2) et le charbon actif en poudre (CAP), ces molécules sont fournées par le laboratoire de Chimie de l'Université de Guelma (Figure 06).

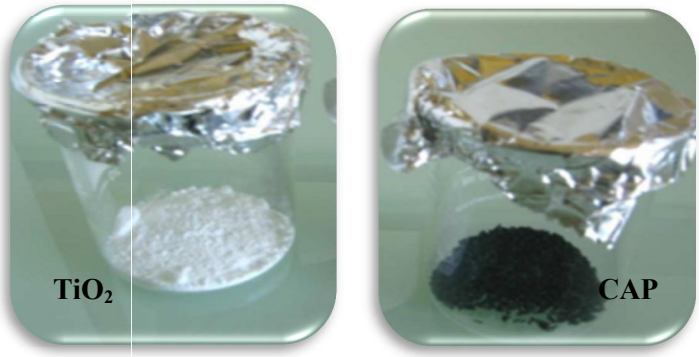


Figure 07 : Les nanoparticules à tester de dioxyde de titane (TiO_2) et le charbon actif (CAP).

2. Méthode de prélèvement et de transport des échantillons

2.1. Site de prélèvement

Nos prélèvements ont été effectués au niveau de rejet des eaux usées (domestiques et industrielles) de la région de Boumahra Ahmed qui sont déversés directement au niveau d'Oued Seybouse (Guelma) sans traitement préalable (Figure 08) (Annexe).

Le point de prélèvement situé à point d'élévation par apport au niveau de la mer de 170,7 mètres avec altitude : 36°27□934□ N et longitude : 7°30□885□ E.

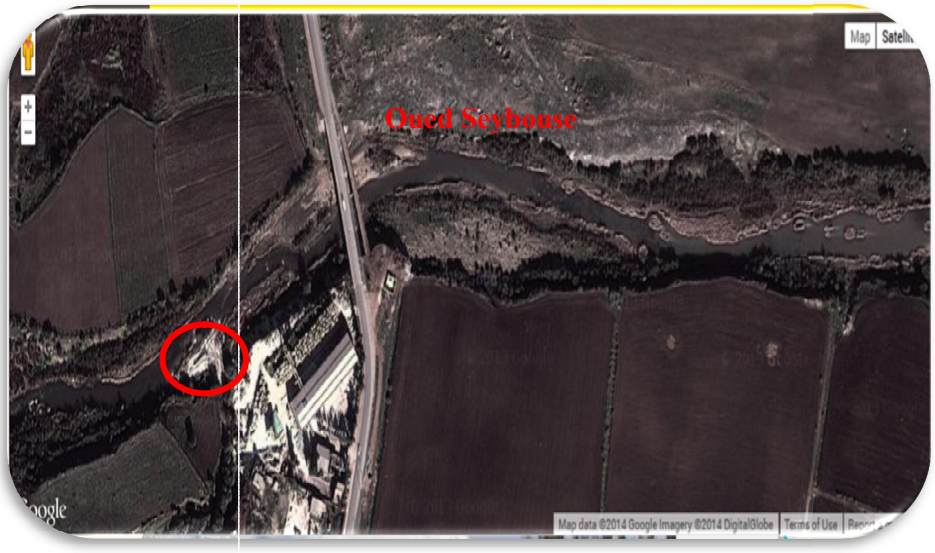


Figure 09: Localisation de site des prélèvements (Google Earth).

2.2 .Mode de prélèvement

En fonction de la nature des eaux analysées et de celle des microorganismes recherchés, les normes fixent des conditions à respecter. L'échantillon destiné à l'analyse est le plus souvent prélevé de façon à représenter les plus possible le milieu d'où il provient, la concentration étant supposée être la même dans le milieu d'origine et dans l'échantillon (Rodier, 1996).

Concernant les analyses bactériologiques et pour faciliter les prélèvements et éviter tout type de contamination, il est souhaitable d'utiliser des flacons en verre pyrex munis d'un large col et d'un bouchon à vise métallique d'une contenance égale à 250 ml (Rodier, 1996), et la même chose pour les différentes échantillons d'eau à analyser qui contient les différentes concentrations des nanoparticules.

Le prélèvement bactériologique de l'eau doit s'effectuer dans des conditions d'asepsie rigoureuse. La verrerie destinée aux prélèvements d'eau doit être munis d'un nettoyage avec un détergent puis rinçage avec l'eau propre (eau douce), et enfin stérilisé à la chaleur sèche (four Pasteur) à une température comprise entre 170 et 175 °C, pendant au moins 1h (Rodier, 2009).

Les flacons d'échantillonnage d'analyse bactériologique ne doivent être ouverts qu'au moment du prélèvement de l'échantillon. Une fois l'échantillon est prélevé, les flacons doivent être fermés hermétiquement jusqu'au moment de l'analyse (Rodier, 2009).

Rincés au moment de l'emploi avec l'eau à examiner et pour évité les risque de contamination, les flacons sont ouverts sous l'eau, goulot dirigé à contre courant d'eau, ensuite sont fermé hermétiquement sous l'eau sans laisser des bulles d'air. Le flacon ne doit pas être rempli entièrement. En effet, Laisser un petit volume d'air à la surface pour faciliter l'agitation de l'eau avant son analyse (Rodier, 1996).

Pour faciliter le travail et l'exploitation des résultats tout en évitant les erreurs, il est essentiel que les échantillons soient clairement étiquetés immédiatement avant les prélèvements et que les étiquettes soient lisibles et non détachables. Dans ces derniers, on doit noter avec précision : la date, l'heure, les conditions météorologiques, un numéro et toutes circonstances anormales (Rodier, 1996; Lightfoot., 2002). La nature et la période de prélèvement est présenté dans le tableau (02).

Tableau 03: Nature et période de prélèvement.

Station	**Conditions météorologiques**	**Nature de prélèvement**	**Période de prélèvement**		**Heures**	**Type des analyses effectuées**
S1	Au mois de Mars : Beau temps, ensoleillé. Au mois d'Avril : partiellement nuageux	Eaux usées (Rejet Industrielles + domestiques	P1	04/03/2014	08 :30	Mesures *in situ* Analyses physico-chimiques Analyses bactériologiques Traitement par nanoparticules
			P2	22/03/2014	08 : 30	
			P1	7/04/2014	08 : 30	
			P2	21/04/2014	08 :30	

2.3 . Transport et conservation des échantillons

Pour les analyses qui seront faites au laboratoire, il faut que les échantillons d'eau soient acheminés dans les meilleurs délais, surtout les demandes des analyses bactériologiques. Si la durée du transport dépasse 1 heure, et si la température extérieure est supérieure à 10 °C les prélèvements seront transportés dans des glacières dont la température doit être comprise entre 1 à 4 °C (Rodier, 2009).

Les échantillons soigneusement étiquetés sont placés dans une glacière contenant des poches de glace et transportés ensuite au laboratoire.

2.4 . Méthodes d'analyses

Nous sommes intéressés à la détermination de la qualité physico-chimique et bactériologique de rejet de la région de Boumahra Ahmed (Wilaya de Guelma) et pour chaque prélèvement on effectuer des essais de traitement par les différentes concentrations des nanoparticules le dioxyde de titane (TiO_2) et le charbon actif en poudre (CAP).

Nous avant retenus 5 concentrations des nanoparticules (TiO_2 et CAP) sont, 0,5, 1, 1,5, 2 et 2,5 (mM) et un milieu témoin dans chaque prélèvement.

Chaque flacon de 250 ml contenant une concentration de nanoparticule est conservée pendant 24 puis soumis au même temps à une analyse physico-chimique et bactériologique.

2.4.1. Méthodes d'analyses physico-chimiques

2.4.1.1. Mesures *in situ*

Les mesures *in situ* sont des analyses réalisées sur place en plongeant directement le multiparamètre dans l'eau. La température, pH, conductivité électrique, O_2 dissous, salinité ont été mesurés à l'aide d'un multiparamètre de type WTW Multi (1970i).

Ces paramètres sont très variables aux conditions du milieu et ils permettent une première estimation de la qualité générale de l'eau.

En effet, ces paramètres sont très sensibles aux conditions du milieu et sont susceptibles de changer dans des proportions importantes s'ils ne sont pas mesurés sur site.

2.4.1.2 . Méthodes spectrométriques

A. Dosage des nitrates NO_3^-

❖ **Principe**

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrodonylate de sodium coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique (Rodier, 2009).

❖ **Mode opératoire**

- Prendre 10 ml de l'échantillon à analyser.
- Ajouter 2 à 3 gouttes de NaOH à 30 %.
- Ajouter 1 ml de salicylate de sodium.
- Evaporer à sec au bain marie ou à l'étuve à température entre 75 et 88°C et laisser refroidir.
- Reprendre le résidu avec 2 ml H_2SO_4, laisser 10 mn.
- Ajouter 15 ml d'eau distillée.
- Ajouter 15 ml de tartrate de sodium et de potassium.

❖ **Lecture** :

Le résultat est donné directement en mg/l à longueur d'onde de 415 nm.

B. Dosage des Orthophosphates (PO_4^{3-}) :

❖ **Principe :**

Les ions orthophosphates en solution acide (H_2SO_4) et en présence d'ions molybdate et antimoine forment un complexe d'antimonyl-phosphomolybdate qui, après réduction par l'acide ascorbique, donne un complexe de molybdène fortement coloré en bleu. Le développement de la coloration et accélérée par l'utilisation d'un catalyseur, le tartrate double de potassium et d'antimoine (Rodier, 1996).

❖ **Mode opératoire**

- Prendre 40 ml d'eau à analyser.
- 1 ml d'acide ascorbique.
- Ajouter 2 ml du réactif-mélange.
- Attendre 10 mn.
- L'apparition de la coloration bleue indique la présence des $PO4^{3-}$.
- le résultat est donné directement en mg/l.

C. Turbidité :

❖ **Principe**

La mesure de la turbidité permet de préciser les informations visuelles sur l'eau. La turbidité traduit la présence des particules en suspension dans l'eau (débris organiques, argiles, microorganismes. l'instrument utilisé pour faire les mesures de la turbidité est le néphélométre (Rodier, 1996).

2.4.1.3. **Méthodes volumétriques**

a. Détermination des matières en suspension (MES)

❖ **Principe**

L'eau est filtrée et le poids des matières retenues par le filtre est déterminé par pesée différentielle (Rodier, 1996).

❖ **Mode opératoire**

- Mettre les membranes filtrantes ans une étuve à 105 °C pendant 20 minutes.
- Laisser refroidir dans le dessiccateur.
- Ensuite les peser soit (p1).
- Placer les membranes dans la rampe à filtration et faire passer 200 ml d'eau à analyser à travers.
- Rendre les membranes à l'étuve (105°C) afin de les sécher pendant 20 mn.
- Laisser les refroidir au dessiccateur puis les peser une 2^{éme} fois (p2)**.**

❖ **Lecture**

Le résultat est exprimé par la formule suivante :

$$MES\ (mg/l) = (p_1 - p_2) \times 5 \times 1000$$

- **p1 :** poids des membranes avant filtration.
- **p2** : poids des membranes après filtration.

b. La demande chimique en oxygène (DCO)

❖ **Principe**

La détermination de la demande chimique en oxygène comprend deux étapes : la première sert à l'oxydation chimique des matières organiques contenues dans l'eau par un excès de dichromate de potassium ($K_2C_rO_7$), et la deuxième au dosage de l'excès de dichromate de potassium par le sel de Mohr après refroidissement (Rejsek, 2002).

❖ **Mode opératoire**

Dans les tubes de DCO, on met

- 10 ml d'eau à analyser.
- 5 ml de ($K_2C_rO_7$).
- 3 à 4 granules régulateurs d'ébullition puis homogénéisé.
- 15 ml d'$AgSO_4$.
- Agiter soigneusement le tube.
- La demande chimique en oxygène DCO est exprimée en mg/l est donnée par la formule suivante.

$$DCO = -8COO\ C_{fe}\ (V_t - V_e) / E$$

C_{fe} : C'est la concentration exprimée en mol/l de la solution de sel de Mohr déterminée par étalonnage.

E: Volume d'essai pris en ml.

V_t : Volume de sel de Mohr nécessaire pour le virage de couleur de l'échantillon témoin.

V_e: Volume du sel de Mohr nécessaire pour le virage de couleur de l'échantillon.

c. La demande biochimique en oxygène (DBO_5)

❖ **Principe**

Le principe de mesure de la demande biochimique en oxygène consiste à déterminer la quantité d'oxygène consommée au bout de cinq jours d'incubation, dans des conditions d'essai à 20°C et l'obscurité. Pour déterminer la DBO_5 deux mesures de l'oxygène dissout doivent être effectuées (Rejsek, 2002).

A l'instant t=0, au moment d'incubation

A l'instant t=5 jours, après l'incubation

❖ **Mode opératoire**

Mettre la veille de prélèvement, dans un récipient de 100 ml l'eau du robinet dans laquelle on plonge pendant 24 h un aérateur puis la saturation en O_2, laisser reposer 12 h.

❖ **Préparation des flacons de mesure**

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

- Fermer le flacon hermétiquement d'une façon à ne pas laisser l'air pénètre.

- Répéter l'opération pour les autres flacons.

❖ **Mesure de temps**

- Doser l'O_2 dissous dans le flacon d'échantillon dilué (T° en mg/l).

- Placer les flacons restant au thermostat DBO_5 à 20°C et à l'obscurité pendant 5 jours.

2.4.2. Analyses bactériologiques

Dans la plupart des examens usuels, l'analyse bactériologique n'est pas seulement qualitative mais aussi quantitative. Elle fait appel à des diverses techniques de dénombrement basées pour la plupart sur l'obtention de culture à partir des cellules présentes dans le milieu. On oppose souvent analyse quantitative qui détermine un nombre du germe par « ml » ou par « g » de produit et analyse qualitative : test de présence et d'absence de microorganisme (Guiraud, 1998 ; Rodier, 2009).

L'analyse pourra s'effectuer directement à partir de l'eau ou de ses dilutions. Dans le cas d'une eau peu chargée en microorganismes, on pratique une filtration ou une numération en milieu liquide à partir de l'eau brute ; dans le cas d'une eau chargée, on réalise des dilutions (eaux de rivière, eaux usées,…etc.) pour pouvoir dénombrer les microorganismes présents (Rejsek, 2002).

Le choix des méthodes d'examen bactériologique des eaux dépendra de la nature de l'échantillon mais aussi de la sensibilité et de la précision souhaitées (Rodier, 2009).

La population microbienne qui se trouve dans l'eau peut avoir plusieurs origines ; soit elle est purement aquatique, terrestre (vient du sol, des végétaux au voisinage du cours d'eau …etc.), ou bien d'origine humaine ou animale (contamination fécale).

2.4.2.1. Recherche et dénombrement des germes revivifiables à 37 °C (germes totaux)

Microorganismes revivifiables nommés également mésophiles aérobies, Il s'agit de l'ensemble des micro-organismes capables de se multiplier en aérobiose à des températures optimales de croissance (après 24h à 37°C). Ce dénombrement est souvent considéré comme accessoire par rapport aux autres dénombrements réalisés dans le contrôle bactériologique des eaux (Rodier, 2009).

- **Mode opératoire**

A partir de l'eau à analyser et des dilutions décimales 10^{-1} et 10^{-2}, porter aseptiquement 2 fois 1 ml dans deux boites de Pétrie vides, numérotées et préparées à cet usage. Compléter ensuite chacune des boites avec environ 20 ml de gélose TGEA fondue puis refroidie à 45 °C ± 1 °C. Le temps qui s'écoule entre le moment où l'on a distribué l'inoculum dans la boite et celui où le milieu est coulé ne doit pas excéder 15 minutes. Faire ensuite des mouvements circulaires et de va-et-vient en forme de « 8 » sur une surface horizontale pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose , sans faire de bulles et sans mouiller les bords de la boîte. Laisser solidifier les boites sur la paillasse (Figure 11) (Lebres, 2002 ; Rodier, 2009).

Les boites seront incubées couvercles en bas à 37 °C ± 0,5 °C pendant 24 ± 1 °C heures. Examiner les boites dès que possible après la période d'incubation, sinon les conserver à 4 °C pendant 48 heures au maximum. Les germes revivifiables se présentent dans les deux cas sous forme de colonies lenticulaires poussant en masse, ne dénombrer que les boites contenant entre 30 et 300 colonies (Rodier, 1996).

- **Interprétation :**

Calculer la valeur du nombre N de microorganismes revivifiables à 37°C ± 2 °C en tenant que la moyenne pondérée, à l'aide de l'équation suivante (Rodier, 1996; Lebres, 2002).

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

Où :

∑ c : est la somme des colonies dénombrées sur deux boites de dilutions successives retenues.
d : est le taux de dilution correspondant à la première dilution.

Arrondir les résultats calculés à deux chiffres significatifs après la virgule. Le résultat final de microorganismes revivifiables dénombrés à 37 °C par ml d'eau est noté par un nombre compris entre 1,0 et 9,9 multiplié par 10^x où x est la puissance appropriée de 10. Exprimer les résultats en UFC/ml (Rodier, 2009).

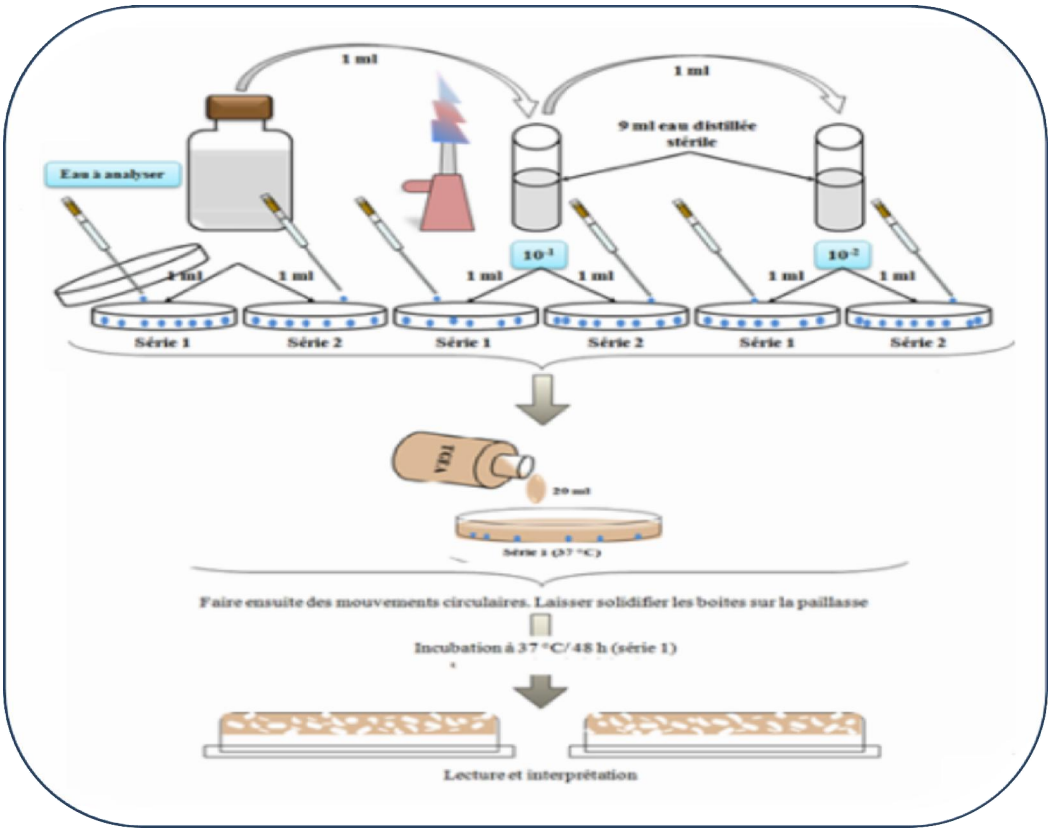


Figure 11: Recherche et dénombrement des microorganismes revivifiables à 37°C dans l'eau (Rodier, 2009).

2.4.2.2. Recherche et dénombrement des germes indicateurs de contamination fécale

Les indicateurs de contamination fécale permettent d'apprécier, avec plus ou moins de sûreté ou de précocité, le risque d'une contamination par des matières fécales pouvant véhiculer des microorganismes pathogènes. On peut distinguer deux groupes de bactéries indicatrices de contamination fécale : les indicateurs spécifiques et les indicateurs non spécifiques (Rodier, 2009).

Les indicateurs spécifiques sont des espèces que l'on rencontre exclusivement dans les matières fécales : les streptocoques fécaux et les coliformes fécaux ou thermotolérants présents en concentration importante dans les selles des mammifères. Les indicateurs non spécifiques qui sont essentiellement les coliformes totaux et les *Clostridium* sulfito-réducteurs, peuvent se retrouver dans les matières fécales mais également vivre et se multiplier dans les milieux naturels (Rejsek, 2002).

2.4.2.3. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et coliformes fécaux

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

Les coliformes fécaux, ou coliformes thermotolérants, sont un sous-groupe des coliformes totaux capables de fermenter le lactose à une température de 44 °C et de produire du gaz dans les 24 h à 44,5 °C (Roux, 2003).

L'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est *l'Escherichia coli*, dans une moindre mesure, certaines espèces des genres *Citrobacter*, *Enterobacter* et *Klebsiella*. La bactérie *E. coli* représente toutefois 80 à 90 % des coliformes thermotolérants détectés. (Prescott et *al*, 2003).

La recherche et le dénombrement des coliformes et l'identification d'*E coli* ont été effectués par la méthode de nombre le plus probable (NPP) appelée aussi la colimétrie (Figure 12) (Délarras, 2007).

❖ **Mode opératoire :**

Test présomptif :

Après avoir bien homogénéisé l'échantillon afin d'obtenir une répartition homogène des microorganismes, nous avons réalisé cinq dilutions décimales successives (10^{-1}, 10^{-2}, 10^{-3}, 10^{-4}, 10^{-5}) avec trois répétitions par dilution. Les dilutions sont toujours effectuées dans des conditions aseptiques.

- Nous prenons les tubes de BCPL (bouillon lactose au pourpre de bromocrésol, simple concentration) munis d'une cloche de Durham.

- Prélever 1ml d'eau à analyser à l'aide d'une pipette Pasteur stérile et la porte dans le premier tube de la série contenant 10 ml de BCPL, pour obtenir la dilution 10^{-1}.
- Nous prélevons 1ml de la dilution 1/10 précédente et l'ajouter à un tube contenant 10ml de BCPL, pour obtenir la dilution 10^{-2}.
- Transférer 1ml de la dilution 10^{-2} dans un tube contenant 10ml de BCPL, pour obtenir la dilution 10^{-3}.
- Refera la technique pour 2 autres tubes de BCPL afin d'obtenir 5 tubes de BCPL, et refaire pour 2 autres séries.

Lecture :

Après incubation seront considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois:

✓ Un dégagement de gaz (supérieur au 1/10éme 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).

On retient le nombre caractéristique constitue par les trois chiffres écrit dans l'ordre des dilutions croissantes en commençant par le nombre correspondant à la plus grande dilution pour laquelle tous les tubes sont positifs.

Ce nombre caractéristique obtenu correspond d'après la table de Mac Grady (Tableau 04) (Annexe) au nombre de bactéries présentes (NPP) dans le prélèvement correspondant à la plus faible dilution prise en compte. Le calcul de concentration cellulaire dans la suspension initiale se fait en tenant compte les dilutions effectuées (Rodier, 2009)

b- Test confirmatif (test de Mac Kenzie)

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

Repiquer chaque tube de BCPL trouvé positif avec une anse bouclée ou une pipette Pasteur dans le (ou les) milieu (x) de confirmation. Comme milieu de confirmation, on a utilisé dans le premier prélèvement : le milieu eau peptonée exempte d'indole et pour le deuxième prélèvement : le milieu Schubert muni d'une cloche de Durham.

Chasser l'air éventuellement présent dans les cloches de Durham et bien mélanger le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait cette fois-ci à 44 °C pendant 24 h.

- **Lecture**

Seront considérés comme positifs, les tubes présentant :

✓ Un anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole par *Escherichia coli* après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kovacs.

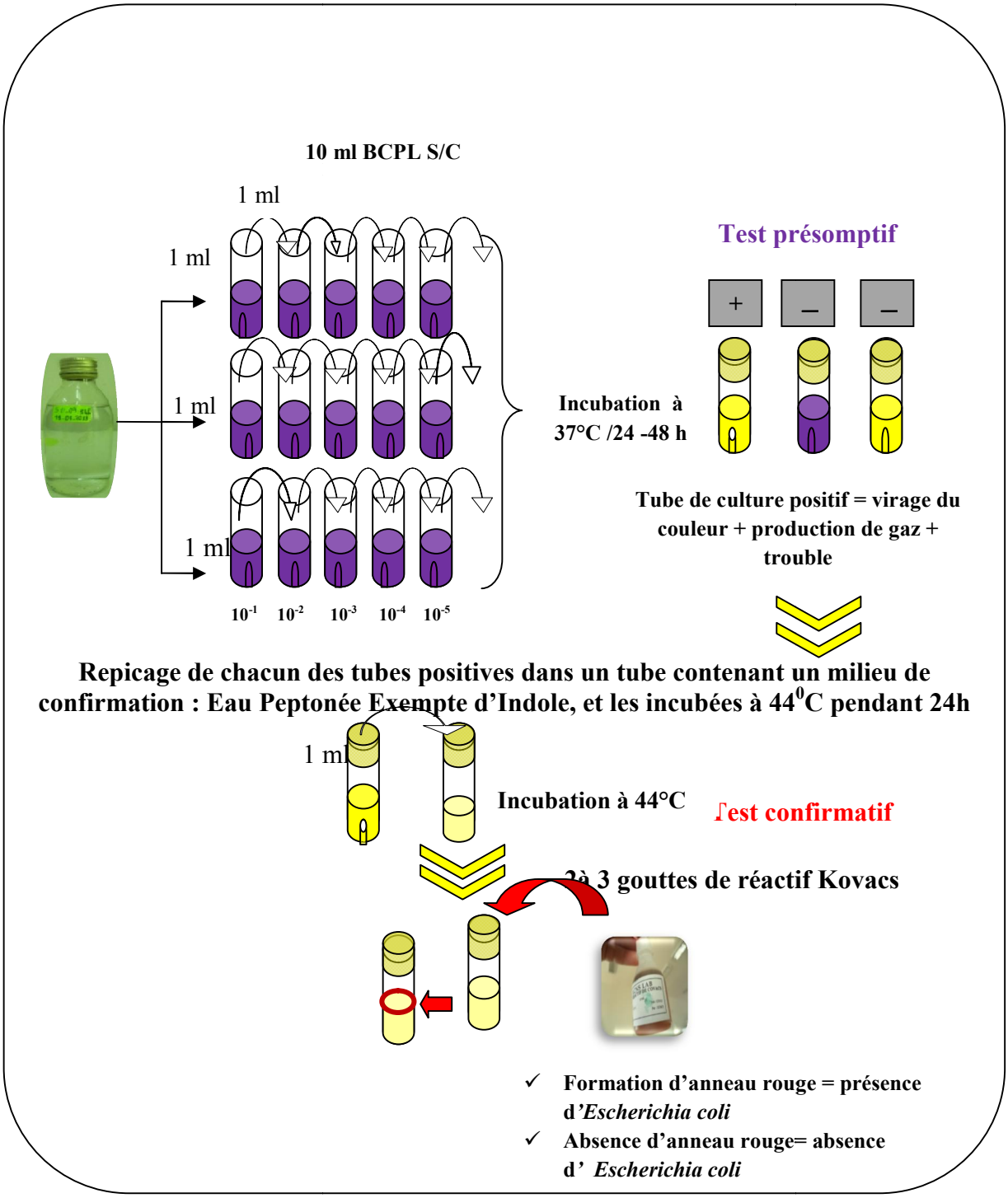


Figure 12: Recherche et dénombrement des coliformes totaux, fécaux (*E .coli*) dans les eaux.

2.4.2.4. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux :

Cette méthode consiste à la recherche des streptocoques fécaux ou streptocoques du groupe D ; se présentent sous forme de cocci à Gram (+), formant quand ils sont cultivés en milieu liquide des diplocoques et/ou des chainettes, de catalase (–), immobile, anaérobie facultative, non sporulant et possédant de l'antigène de groupe D. Ils produisent de l'acide lactique par fermentation du glucose et sont anaérobies-aérotélorants (Engelkirk, 2008).

- **Test présomptif**

- **Mode opératoire**

La recherche et le dénombrement des streptocoques fécaux dans les eaux, en milieu liquide par la technique du NPP, se fait en deux étapes consécutives (Figure 13) (Rejsek, 2002)

- A partir de l'eau à analyser, après homogénéisation ; porter aseptiquement 1ml dans un tube contenant 10 ml de milieu Rothe S/C pour obtenir la dilution 10^{-1}.
- Prélevé 1ml de tube précédent 10^{-1} et mètre dans le seconde tube Rothe pour avoir la dilution 10^{-2}.
- Refera la technique pour 2 autres tubes de Rothe afin d'obtenir 5 tubes, et refaire pour les deux autres séries.

- **Lecture**

Après incubation, considérer comme positifs les tubes pour lesquels on observe un trouble dû à une croissance microbienne. Ces tubes doivent absolument faire l'objet d'un repiquage sur milieu Eva Litsky dans le but de confirmation des streptocoques du groupe D.

- **Test confirmatif**

Les tubes de Rothe trouvés positifs feront l'objet d'un repiquage à l'aide d'une pipette pasteur ou une ose bouclée dans tube contenant le milieu Eva Litsky. Bien mélanger le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait à 37°C ; pendant 24 heures.

- **Lecture**

Sur le milieu de Eva Litsky, la présence de streptocoque du groupe D se caractérise par l'apparition d'un trouble dû au développement bactérien, avec ou sans dépôt violet. La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table du NPP de Mac Grady.

.

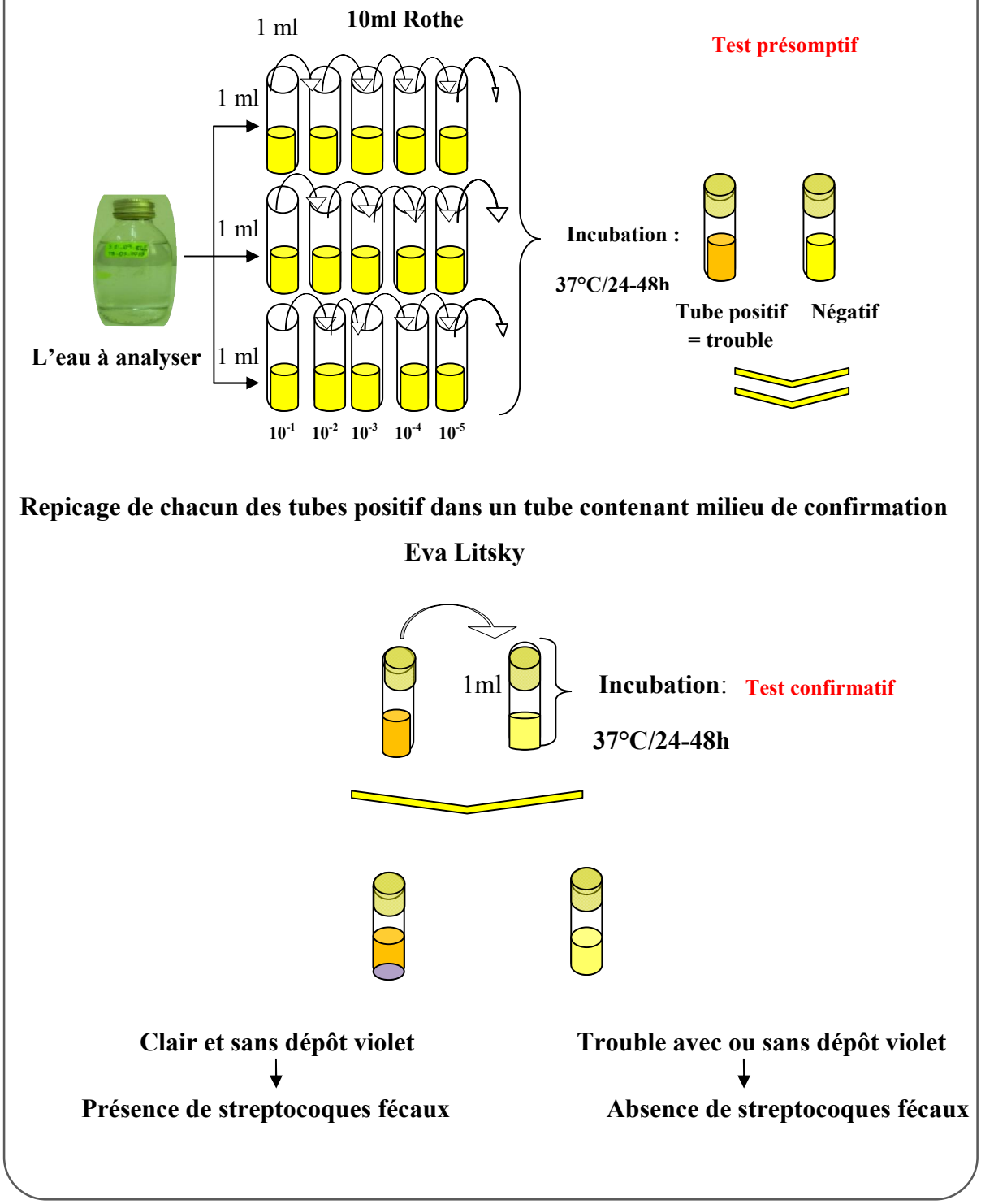


Figure 13: Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux dans les eaux.

2.4.2.5. Recherche et dénombrement des spores des anaérobies sulfto-réducteurs (ASR)

Les bactéries anaérobies sulfito-réducteurs se présentent sous forme de bacilles Gram positif, ils sont anaérobies strictes, capables de sporuler et résistent longtemps dans l'environnement ; se développent à une température de 36 ± 2 °C en 24 à 48 heures sur une gélose viande foie en donnant des colonies typiques réduisant le sulfite de sodium (Na_2SO_3) qui se trouve dans le milieu, en sulfure qui en présence de Fe^{+2} donne FeS (sulfure de fer) de couleur noire) (Lebres, 2002).

- **Mode opératoire**

La recherche et le dénombrement des spores des ASR dans l'eau se fait par la méthode d'incorporation en gélose en tubes profonds (Figure14) (Rodier. 2009).

– Après l'avoir homogénéiser soigneusement, prendre environ 25 ml d'eau à analyser dans un tube stérile, qui sera par la suite soumis à un chauffage de l'ordre de 80 °C pendant 8 à 10 minutes, dans le but de détruire toutes les formes végétatives des ASR éventuellement présentes.

– Après chauffage, refroidir immédiatement le tube en question, sous l'eau de robinet.

– Répartir ensuite le contenu de ce tube, dans 4 tubes différents et stériles, à raison de 5 ml par tube.

– Ajouter dans chacun d'eux environ 20 ml de gélose viande foie, fondue puis refroidie à 45 ± 1 °C, additionnée de 1 ml de la solution de sulfite de sodium et 4 gouttes de la solution d'alun de fer.

– Mélanger doucement le milieu et l'inoculum en évitant les bulles d'air.

– Laisser solidifier sur paillasse pendant 30 minutes environ, puis incuber à 37 °C pendant 24 à 48 heures.

- **Lecture et interprétation**

Considérer comme résultant d'une spore de bactérie anaérobie sulfito-réductrice toute colonie noire entourée d'un halo noir. Il est indispensable de procéder à une lecture après 24 heures : en présence de nombreuses colonies, une diffusion des halos peut conduire à une coloration noire uniforme du tube et tout dénombrement devient impossible après 48 heures. Par contre, s'il y a une faible quantité de colonies à la première lecture, et si les colonies sont petites, il peut y avoir un développement de nouvelles colonies dans les 24 heures suivantes Dénombrer toute colonie noire de 0,5 mm de diamètre, ayant poussé en masse et rapporter le nombre total des colonies dans les quatre tubes à 20 ml d'eau à analyser.

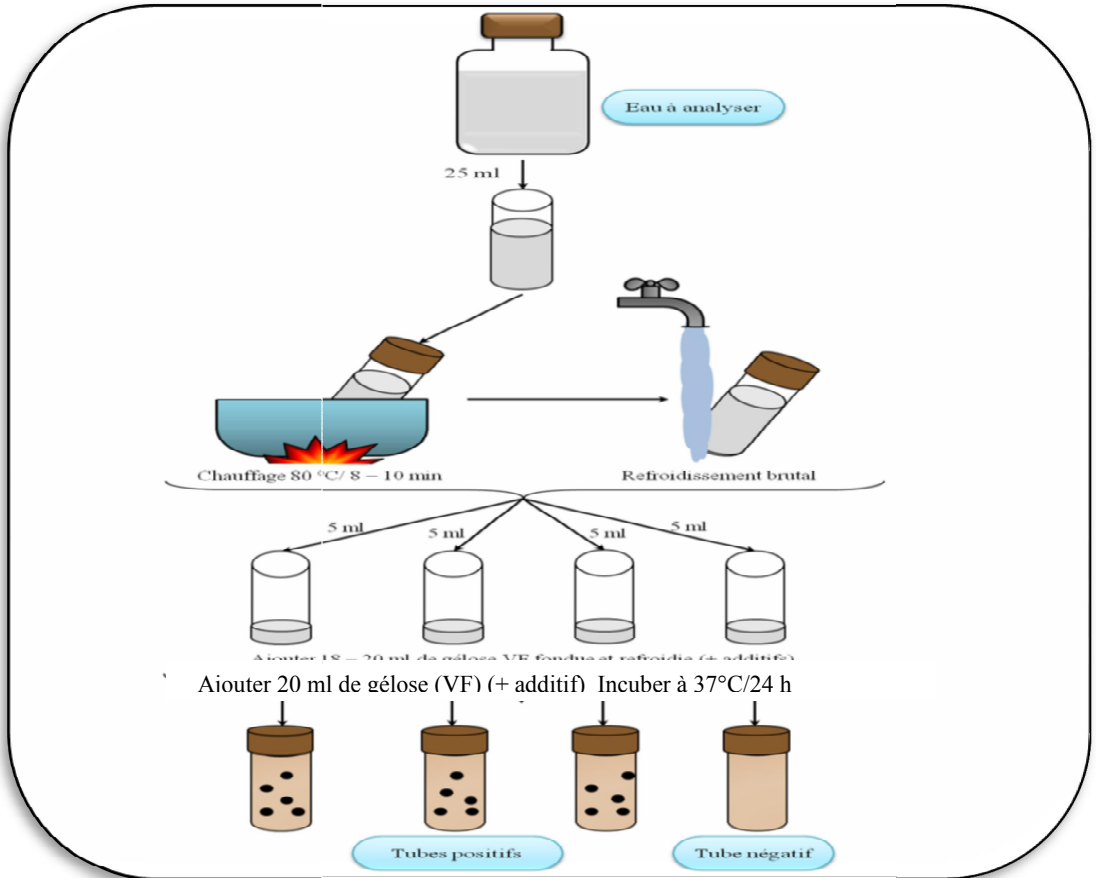


Figure 14: Recherche et dénombrement des spores des bactéries anaérobies sulfito-réducteurs.

2.4.2.6. Recherche des germes pathogènes :

Il existe une grande variété de bactéries pathogènes ou potentiellement pathogènes (opportunistes) pour l'homme dans tous les types d'eaux. Celles-ci vivent ou survivent dans l'environnement, soit provenant des rejets humains, éliminées par des sujets malades ou des porteurs sains, soit étant autochtones et pouvant s'adapter à l'homme : *Campylobacter jejuni*, *Legionella pneumophila*, leptospires, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella*, *Shigella*, staphylocoques pathogènes, *Vibrio*, *Yersinia enterocolitica* (Rodier, 2009).

Le travail d'ensemencement des microorganismes se pratique sur une paillasse conforme à la règlementation autour de la flamme d'un bec Bunsen. L'ensemencement par stries sur boites de Pétrie est pratiqué le plus souvent dans un but d'isolement. L'inoculum est prélevé directement à partir de l'eau à analyser est déposé sur un point périphérique de la gélose puis disséminé par stries sur toute la surface (méthode des quadrants). Un isolement est

effectué à l'aide d'une anse de platine ou une pipette Pasteur à usage unique stérile (Denis et *al*, 2007).

A. Recherche des Salmonelles

Les salmonelles sont des bacilles Gram négatifs (BGN), anaérobies facultatives, mobiles pour la plupart avec des flagelles péritriches, ne fermentant pas le lactose, mais fermentant le glucose avec production de gaz et de H_2S (Labres et *al*, 2008).

Mode opératoire

- **Premier enrichissement**

Introduire 1 ml de l'échantillon d'eau dans 10 ml de Sélénite Cystéine (SFB), puis incubé à 37°C pendant 18 à 24 heures (Figure 15).

- **Deuxième enrichissement et isolement**

– un deuxième enrichissement sur milieu SFB en tubes à raison de 1 ml.
– un isolement sur les géloses Hektoen, SS et Mac Conkey.

– **Lecture des boites et identification**

– D'une part, le tube de Sélénite fera l'objet d'un isolement.
– D'autre part, les boites des géloses Hektoen SS et Mac Conkey subira une lecture.

Identification morphologique et biochimique

– Etat frais et coloration de Gram (bacilles Gram négatifs).
– Ensemencement d'un tube de TSI qui sera incubé à 37°C pendant 24 h, qui vat être identifié soit par :
* la galerie biochimique classique (ONPG, Oxydase, LDC, ODC, ADH, Urée, TDA, VP, RM…).
* la galerie biochimique , API 20 E.

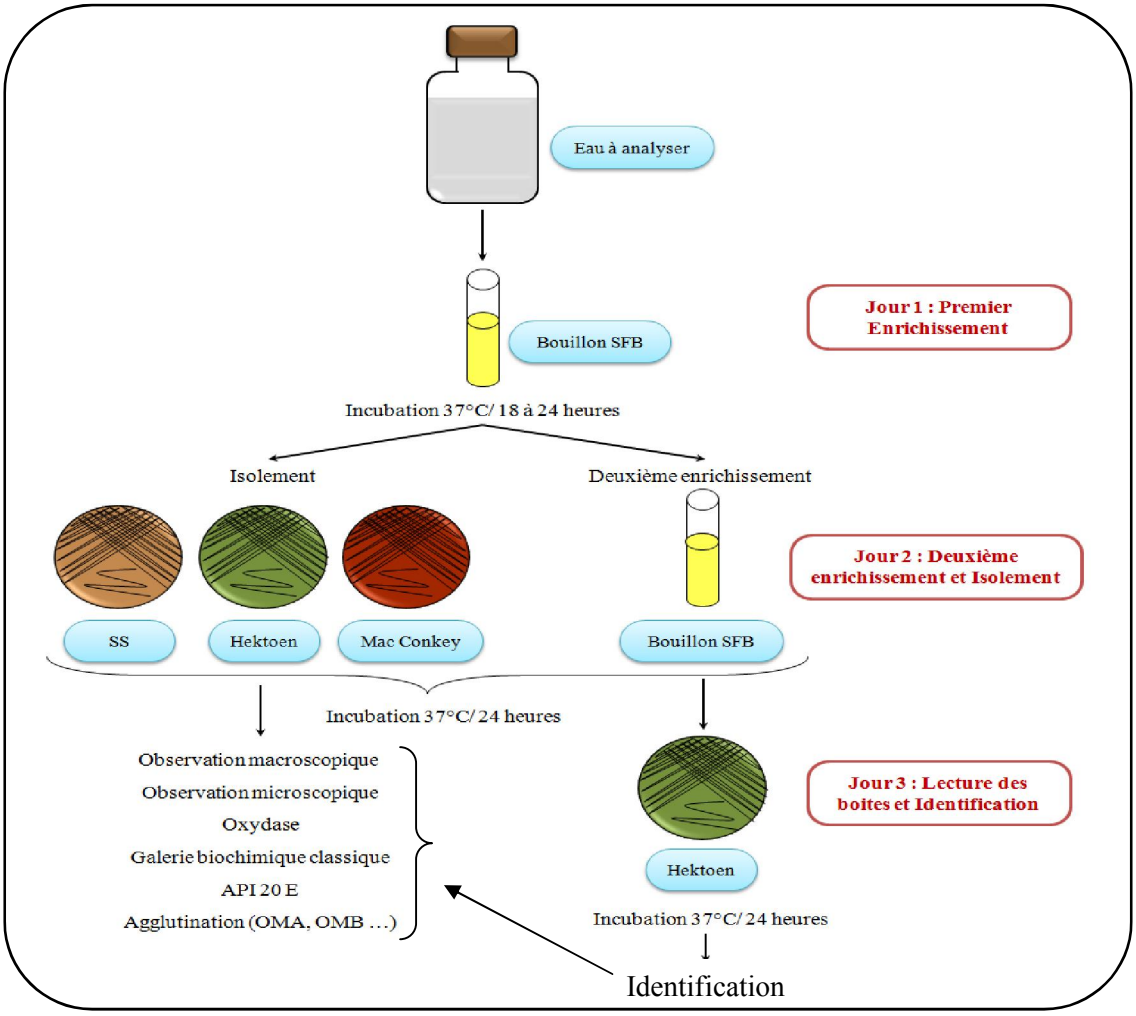


Figure 15: Recherche des *Salmonelles*.

B. Recherche des Shigelles

Les Shigelles sont des *Enterobacteriaceae*, rencontrées exclusivement chez l'homme, elles ne font partie d'aucune flore commensale chez l'homme, elles sont toutes pathogènes et spécifiques du tube digestif, éliminées par les selles et dispersées dans les sols et les eaux où elles ne survivent que peu de temps. Classiquement elles sont divisées en 4 espèces sur la base des caractères biochimiques et antigéniques : *S. dysenteriae* subdivisée en 16 sérotypes, *S. flexneri* en 6 sérotypes, *S. boydii* en 20 sérotypes, et *S. sonnei* (un seul sérotype) (Lebres, 2002).

Culture

Il n'existe pratiquement pas un milieu d'enrichissement adapté à *Shigella*. Pour chercher du *Shigella*, à partir de l'échantillon mère on prélève 0,1 ml et on l'étale sur la surface des

géloses Hektoen, SS et Mac Conkey par la méthode des quatre quadrants. L'incubation se fait à 35 – 37 °C pendant 18 - 24 heures (Figure 16).

- **Identification**

Les *Shigella* sont caractérisées par de nombreuses réactions négatives :

– Etat frais ;
– Coloration de Gram (bacilles Gram négatifs) ;
– Ensemencement d'un tube de TSI qui sera incubé à 37 °C, 24 h (Lactose, Saccharose, Glucose, Gaz et H_2S),
– Ensemencement : * Soit d'une galerie biochimique classique (ONPG, Oxydase, LDC, ODC, ADH, Urée, TDA, VP, RM …),
* Ou d'une galerie biochimique API 20 E.

C. Recherche des Staphylocoques :

Le nom commun « *Staphylococcus* » qui dérive du grec « staphylé », grappe de raisin, et « kokkos », grain), a été proposé par Ogston en 1883 pour désigner des coques regroupés en amas irréguliers sous forme de grappes de raisin responsables d'infections suppurées chez l'homme. Les espèces de genre *Staphylococcus* peuvent être classées en fonction de leur capacité à coaguler le plasma de lapin. Ce sont des cocci à Gram positif, ils sont immobiles, non sporulés, et aérobies ou anaérobies facultatifs. (Parmi les espèces retrouvées chez l'homme, trois occupent une place privilégiée : *S. aureus*, *S. epidermidis* et *S. saprophyticus* (Federighi, 2005).

- **Culture :**

Pour les produits polymicrobiens, on a recours à des milieux sélectifs tels que le milieu de Chapman qui est un milieu gélosé hypersalé (7,5 % de NaCl) et contient du mannitol. L'incubation se fait à 37 °C pendant 24 à 48 heures (Figure16) (Denis et *al*, 2007).

- **Identification :**

Les colonies sont alors entourées d'un halo jaune puisqu'elles fermentent le mannitol tout comme parfois *S. saprophyticus*, *S. epidermidis* et *S. cohnii*.

Les souches de *Staphylococcus aureus* sont de taille importante et élaborent leurs propre pigment; elles apparaissent en jaune, surmontant une zone jaune par la suite de la fermentation du mannitol. L'identification des staphylocoques nécessite la mise en œuvre de réactions spéciales au genre (Rodier, 1996):

- Etat frais et coloration de Gram
- Test à la catalase
- Oxydase
- Mannitol
- Recherche de la coagulase libre

D. Recherche de *Pseudomonas* :

Le genre *Pseudomonas* est fait de bacilles Gram négatif, droits et fins, aux extrémités arrondies, mobiles (à ciliature polaire), aérobies stricts, oxydase positive et se caractérise par la pigmentation bleu-vert de ses colonies. *P. aeruginosa* (ou bacille pyocyanique) est mésophile tandis que la majorité des espèces sont psychrotrophes. La bactérie est très répandue dans l'eau et les milieux humides. Elle peut aussi coloniser l'homme (Nauciel et *al.*, 2005).

Culture :

P. aeruginosa cultive facilement sur milieux ordinaires en développant une odeur de seringa (fleur de la famille des *Philadelphacées* encore appelée « jasmin des poètes »). La température optimale de croissance est de 30 °C. A partir de prélèvement polymicrobiens, il est nécessaire d'avoir recours à un milieu sélectif contenant du Cétrimide. L'incubation se fait à 37 °C pendant 48 heures (Figure 16) (Denis et *al.*, 2007).

Identification :

Considérer comme colonie caractéristique toute colonie présentant une fluorescence. Du fait de la sélectivité du milieu Cétrimide, on peut suspecter les colonies présentes d'être *Pseudomonas*. Dans tous les cas, il faudra réaliser une identification de l'espèce:

- Coloration de Gram.
- Examen directe entre lame et lamelle (état frais), il permet d'observer la mobilité des germes

- Oxydase
- Recherche de la pyocyanine : pigment bleu caractéristique de *Pseudomonas aeruginosa* responsable de la teinte bleue intense des milieux de culture : sa production est favorisée sur milieu de King A.
- Recherche de la pyoverdine : présente une teinte vert fluorescent (*P. fluorescens*) est souvent masquée par la pyocyanine, sa production est maximale sur milieu de King B.

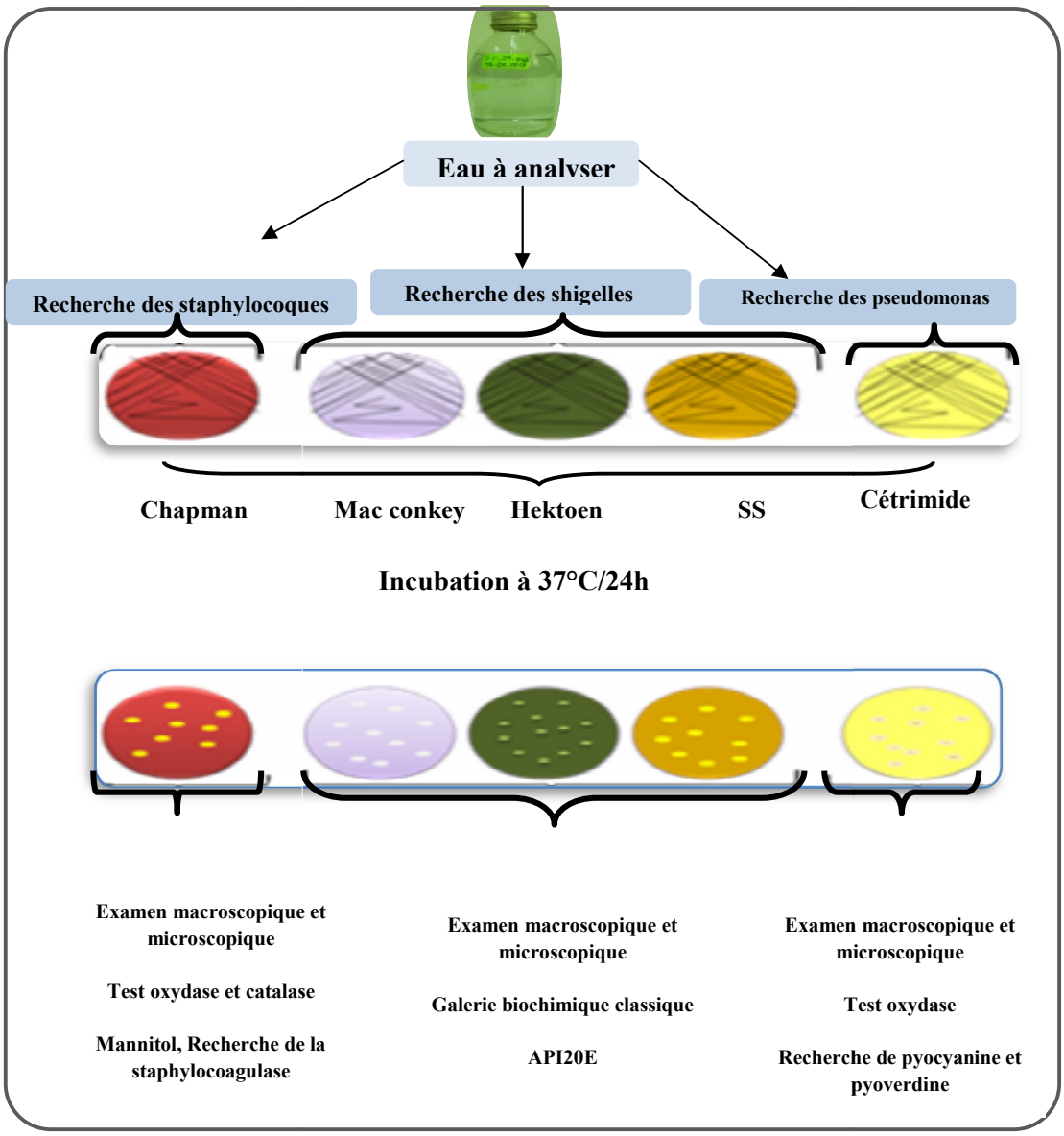


Figure 16: Recherche des Staphylocoques, *Shigella* et *Pseudomonas*.

E. Recherche de *Vibrio*:

Le genre *Vibrio* fait partie de la famille des *Vibrionaceae*. Les espèces de *Vibrio* qui sont le plus souvent à l'origine de phénomènes pathologiques chez l'homme sont: *V. cholerae*, *V. parahaemolyticus* et *V. vulnificus*. Leur température de croissance va de 18 à 40 °C et la zone de pH permettant leur culture va de 6 à 9 (Cohen et Karib, 2007).

Les *Vibrio* sont des bacilles à Gram négatif, droits ou incurvés, assez court, d'un diamètre compris entre 0,5 et 0,8 µm et une longueur comprise entre 1,4 et 2,6 µm , très mobiles grâce à une ciliature polaire, le plus souvent monotriche. Ils sont aéroanaérobies facultatifs et possédant une oxydase et fermentant le glucose sans production de gaz ni d'H_2S (Harvey et *al*, 2007).

Mode opératoire :

- **Premier enrichissement**

Le premier enrichissement s'effectue sur le milieu eau peptonée alcaline (EPA) réparti à raison 7 ml en tubes. On ajoute aseptiquement 1ml d'eau à analyser, ce dernier sera par la suite incubé à 37 °C pendant 18 à 24 heures (Figure 17) (Lebres, 2002).

- **Deuxième enrichissement et isolement**

Le premier enrichissement fera l'objet (Lebres, 2002) :

– D'une part, d'un deuxième enrichissement sur milieu EPA en tubes à raison de 1 ml ;
– D'autre part, d'un isolement sur gélose GNAB. L'incubation se fait donc à 37 °C pendant 24 heures.

- **Lecture des boites et identification**

– D'une part, le tube d'EPA fera l'objet d'un isolement sur GNAB (Lebres, 2002) ;
– D'autre part, les boites de gélose GNAB subiront une lecture en tenant compte du fait que les Vibrions se présentent le plus souvent sous forme de grosses colonies lisses et transparentes caractéristiques.

<u>Identification morphologique et biochimique</u>

Sur GNAB, les colonies sont rondes, plates, bord réguliers, surface lisse brillantes, translucides sous forme de goutte de rosée.

Une identification morphologique et biochimique basée essentiellement sur :

- Etat frais et coloration de Gram ;
- Oxydase (+) ;
- Ensemencement d'une galerie API 20 NE.

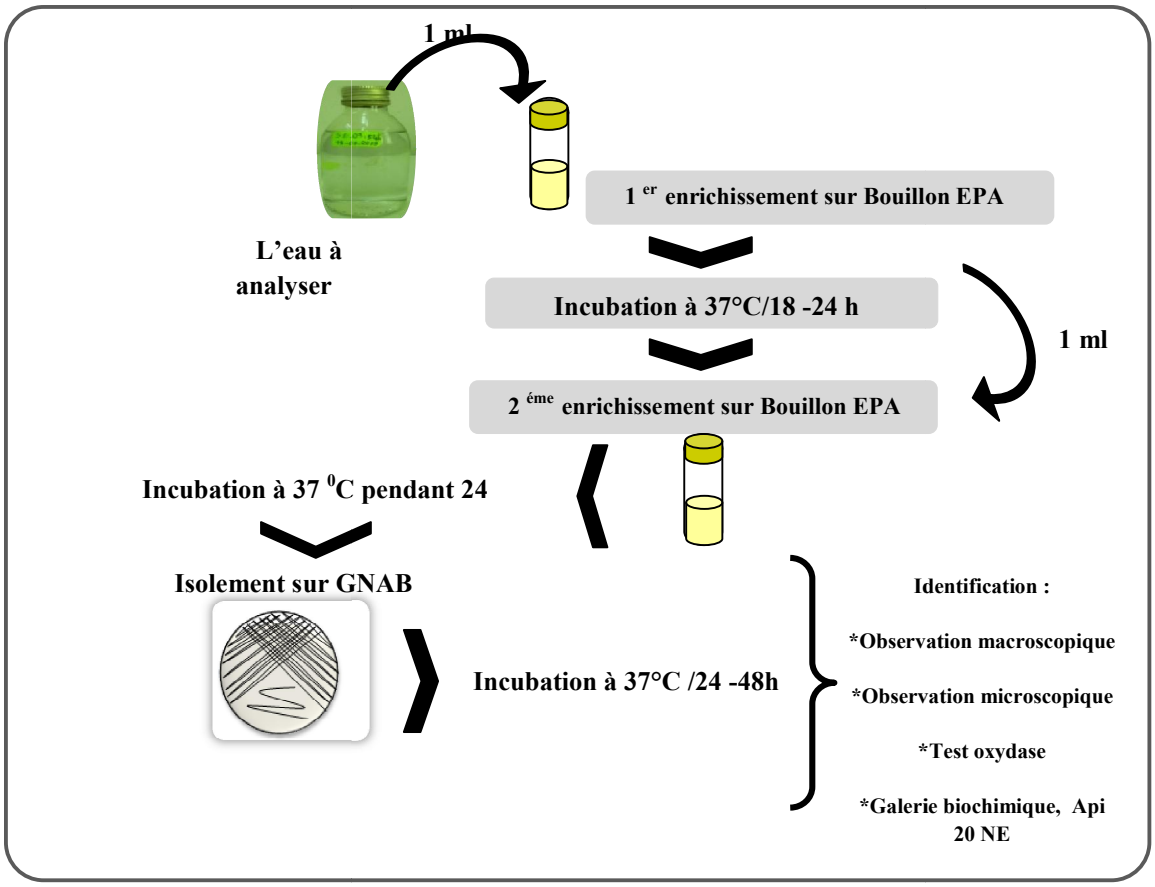


Figure 17: Recherche et identification de *Vibrio* dans les eaux.

III. Résultats et discussion

1. Résultats

1.1 Résultat des analyses physico-chimiques de l'eau brute de rejet (Boumahra Ahmed):

Les résultats des différents paramètres physico-chimiques d'eau brute au niveau de rejet Boumahra Ahmed sont enregistrés dans le tableau (05).

Durant notre période d'étude nous avons constaté que la couleur des eaux usées de la région de Boumahra Ahmed est blanchâtre et trouble à cause de déversement des rejets industrielle (ENA marbre et unité de carrelage), qui se trouvent en voisinage avec Oued Seybouse.

La température nécessite une mesure momentanée qui dépend de l'heure de prélèvement et du lieu, les résultats de la température montrent une valeur comprise entre (12,6 - 18,2°C) avec une moyenne égale à 15,4°C pendant la période d'étude. Ces valeurs sont inferieures à la norme 30°C, considérée comme valeur limite de rejets des eaux usées (OMS, 1989).

Le pH est un caractère fondamental, c'est un indice d'acidité d'une substance dans l'eau. Notre résultat montre un pH varie de (7,87 - 8,3) avec une valeur moyenne de (8,08), respectant la norme de rejet des eaux usées délimitées [6 - 9] (OMS, 1989).

Concernant le potentiel redox, les valeurs enregistrées oscillent entre (291 - 305 mV) avec une valeur moyenne de 298 (mV). Ces valeurs sont inférieures aux normes de (l'OMS, 1989).

Pour l'oxygène dissous, les valeurs oscillent entre (0,6 et 1,90 mg/l) avec une valeur moyenne de l'ordre de 0.98 mg/l, ces valeurs sont inférieures à (5mg/l) qui est la norme citée par le Journal Officiel de la République Algérienne (J.O.R.A, 2006) et l'OMS (1989).

Pour la minéralisation des eaux, les valeurs de la conductivité électrique (CE) enregistrées varient de (1261 et 1300 µs/cm) avec une valeur moyenne de l'ordre de 1280,5 µs/cm. Ces résultats dépassent la valeur admissible par l'OMS (OMS, 1989) et celle du journal officiel de république Algérienne (.J.O.R.A ,2006).

Les valeurs de turbidité varient de (468 NTU à 825 NTU) avec une valeur moyenne de l'ordre de 646,5 NTU. Ces résultats dépassent la valeur admissible par la Norme du

Journal Officiel de la République Algérienne limitée à (50 NTU) (J.O.R.A, 2006), ce qu'indique que l'eau brute est excessivement polluée.

L'évolution de la DCO et de la DBO_5 montre respectivement les teneurs suivants : (57 mg/l-160 mg/l) avec moyenne de 108,8 mg/l et (32 mg/l – 97 mg/l) avec moyenne de (64,6 mg/l), les valeurs de la DCO sont inférieures à (120 mg O_2/l) la norme du Journal Officiel de la République Algérienne (J.O.R.A, 2006) et dépassent largement la norme de l'OMS (<90 mg O_2/l). Les valeurs de la DBO_5 enregistrées sont supérieures à la norme Algérienne (35mg/l) (J.O.R.A, 2006) et à celle de l'OMS qui fixe la teneur de la DBO_5 à 30 mg/l (OMS ,1989).

En ce qui concerne les MES, les valeurs enregistrées varient de (105 à 176 mg/l) avec une valeur moyenne de l'ordre de 140,5 mg/l. Ces valeurs dépassent la valeur admissible par la norme de rejet de l'OMS (30 mg/l) et à celle du Journal Officiel de la République Algérienne limitée à 40 mg/l (J.O.R.A, 2006).

Les nitrates qui se trouvent naturellement dans l'eau, jouent un rôle prépondérant, les résultats de nitrate montrent une teneur égale à (2,26 mg/l). Les teneurs en nitrate ne dépassent pas (30 mg/l) (J.O.R.A, 2006) et celle de l'OMS (50 mg/l).

Pour les Orthophosphates ils sont de (12,4 mg/l), la valeur dépasse la norme (10 mg/l) admissible par le Journal Officiel de la République Algérienne (J.O.R.A, 2006).

Tableau 05: Résultats des analyses physico-chimiques de l'eau brute de rejet Boumahra Ahmed

Paramètre / Date de prélèvement	T (°C)	pH	Rh (mV)	L'O_2 dissous (mg/l)	CE (µs/cm)	Turbidité (NTU)	DCO (mgd'O_2/l)	DBO_5 (mgd'O_2/l)	R : DCO/ DBO_5	MES (mg/l)	Nitrate (mg/l)	Ortho-Phosphate (mg/)
04/03/2014	12,6	7,87	305	1,90	1261	468	57	32	1,64	176	2,26	12,4
22/03/2014												
07/04/2014	18,2	8,3	291	0,06	1300	825	160	97	1,78	105	2,26	12,4
21/04/2014												
Moyenne	15,4	8,08	298	0,98	1280,5	646,5	108,8	64,6	1,68	140,5	2,26	12,4

1.2 Résultat des analyses physico-chimiques de l'eau brute Après traitement par les nanoparticules:

1.2.1. Résultats des analyses physico-chimiques de l'eau brute après traitement par dioxyde de titane (TiO_2) :

Les résultats des paramètres physico-chimiques de l'eau brute traitée par le (TiO2) après (24h) sont illustrés dans le tableau (06) (Annexe).

La couleur apparente des eaux brutes est devenue claire après 24 h de traitement par le dioxyde de titane (TiO_2).

La figure (18) représente l'évolution de pH en fonction de concentrations de (TiO_2), montre une valeur égale à 6,90 pour la concentration (0,5 mM) puis on observe une diminution en fonction de différentes concentrations de TiO_2, elle atteint une valeur de (6,61) à [2,5 mM].

Concernant le potentiel redox, les résultats sont illustrés dans les figures (19). On constate une légère diminution en fonction de différentes concentrations de TiO_2, avec une valeur minimale de l'ordre de (256 mV) à [2,5 mM] et une valeur maximale de (289,5 mV) à la concentration (0,5 mM).

En ce qui concerne l'oxygène dissous et la conductivité électrique les résultats sont représentés dans les figures (20,21) : On constate une légère diminution en fonction de différentes concentrations de TiO_2, ils atteignent leur maximum à la concentration (2,5 mM), les résultats sont respectivement de l'ordre de (0,03 mg/l) et (1112,5 µs/cm). Ces valeurs restent inférieures à la norme de l'OMS et celle citée par le Journal Officiel de la République Algérienne (J.O.R.A, 2006).

Nous constatons une diminution de la DCO de l'eau brute traitée par le (TiO_2), elle atteint jusqu'au 28,48 mg/l de l'eau brute traitée par la concentration (2,5 mM) et ce toujours par rapport à l'eau brute. Ces valeurs restent inférieures à la Norme Algérienne et l'OMS. Les résultats obtenus sont présentés dans la figure (22).

Pour la DBO_5; nous constatons une diminution en fonction de différentes concentrations de TiO_2, avec une valeur maximale de l'ordre de 58,31 mg/l est enregistrée à [0,5 mM] et une valeur minimale de l'ordre de 37,84 mg/l à [2.5 mM], ces valeurs dépassent la norme Algérienne de Journal Officiel de la République Algérienne (J.O.R.A, 2006) et celles de l'OMS (OMS, 1989). Les résultats obtenus sont présentés dans la figure (23)

En ce qui concerne les MES; les valeurs enregistrés montrent une valeur maximale de (127 mg/l) pour la concentration (0,5 mM) et une valeur minimal de (90 mg/l) pour la concentration (2,5mM). Ces valeurs restent supérieures à la norme Algérienne et celle de l'OMS (OMS, 1989). Les résultats obtenus sont présentés dans la figure (24).

Pour les nitrates, nous constatons une diminution des valeurs enregistrées en fonction de différentes concentrations de dioxyde de titane, La valeur minimale de l'ordre de 0,08 mg/l à [2,5 mM]. Les teneurs en nitrate ne dépassent pas les Normes de Journal Officiel de la République Algérienne (J.O.R.A, 2006). Les résultats obtenus sont présentés dans la figure (25).

Selon la figure (26) ; les Orthophosphates, montrent une diminution en fonction de différentes concentrations de (TiO_2), les valeurs enregistrées oscillent entre (4,8 à 5,6 mg/l), Ces valeurs sont inférieures à la Norme du Journal de la République Algérienne (J.O.R.A, 2006).

.

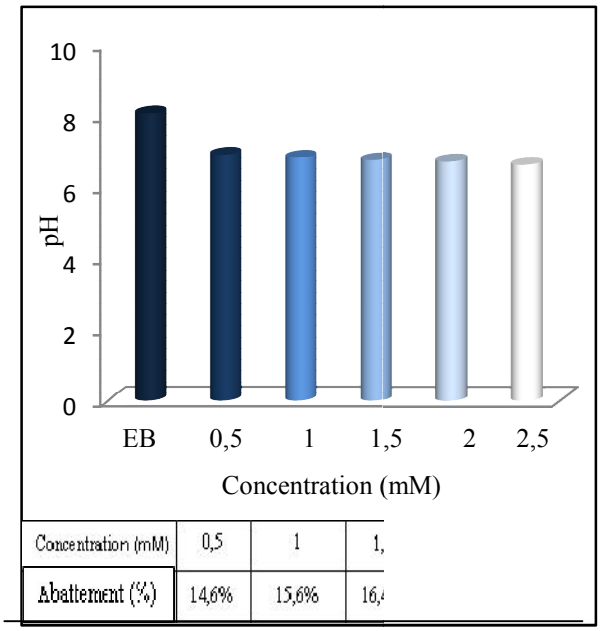


Figure 18 : Evolution du pH en fonction de concentration de TiO_2.

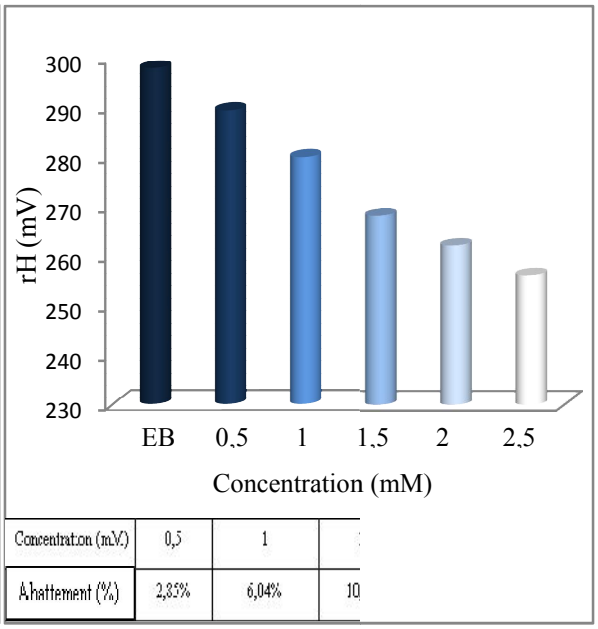


Figure 19**:** Evolution du Rh en fonction de concentration de TiO_2.

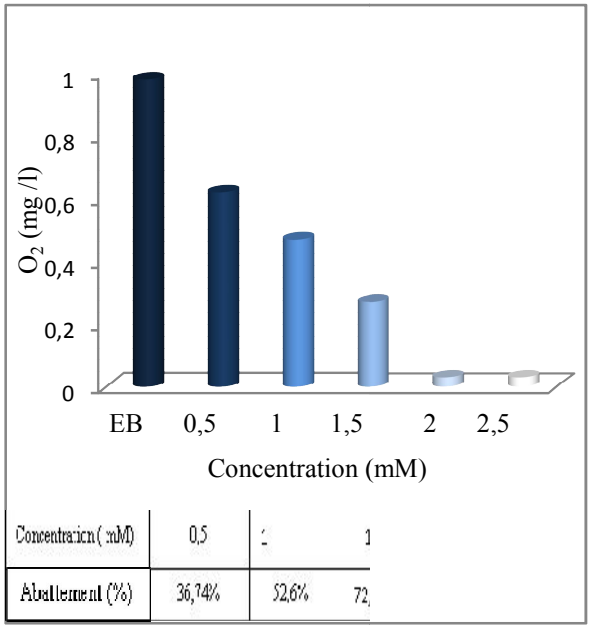


Figure 20: Evolution d'O_2 en fonction de concentration de TiO_2.

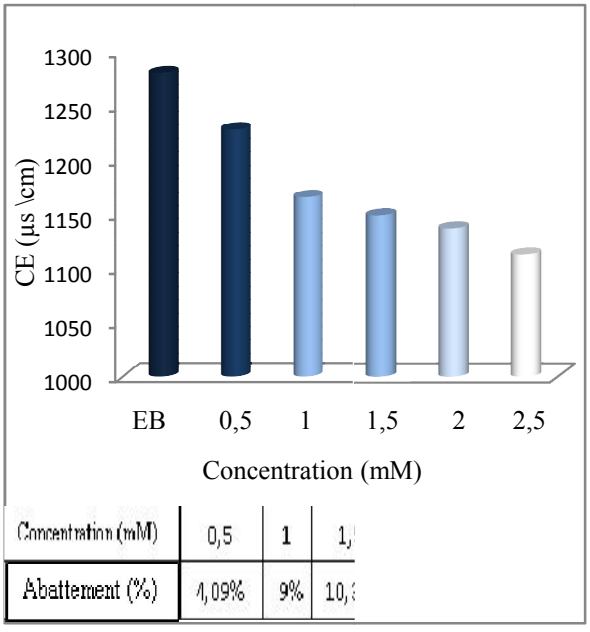
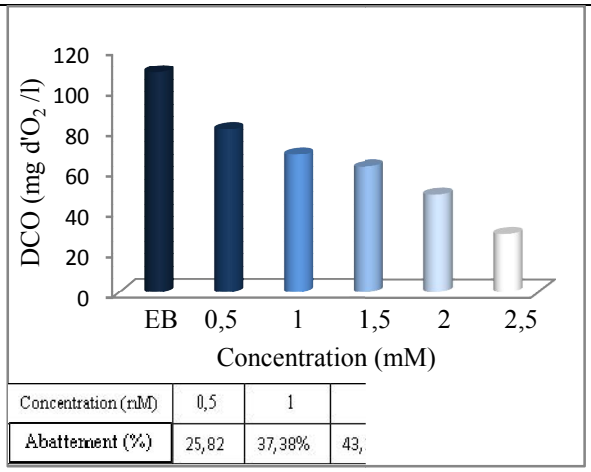
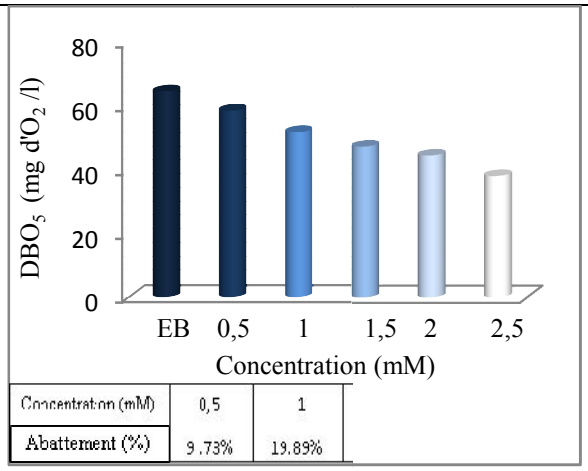


Figure 21: Evolution de CE en fonction de concentration de TiO_2



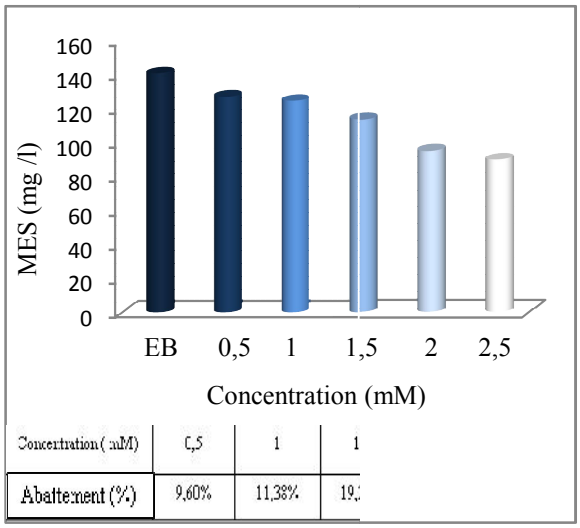
Concentration (mM)	0,5	1	
Abattement (%)	25,82	37,38%	43,

Figure 22: Evolution de la DCO en fonction de concentration de (TiO_2).



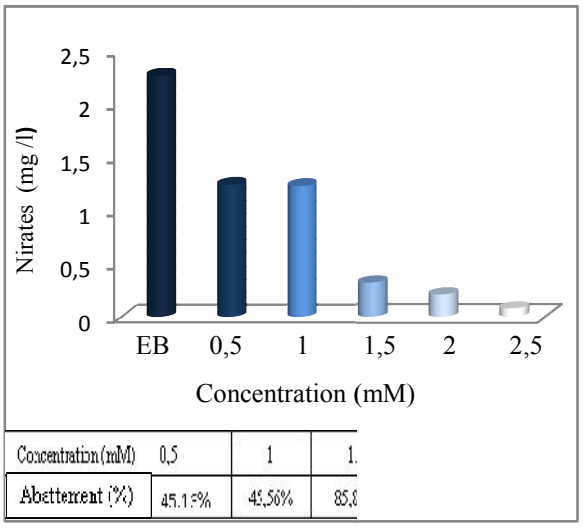
Concentration (mM)	0,5	1
Abattement (%)	9,73%	19,89%

Figure 23: Evolution de la DBO_5 en fonction de concentration de (TiO_2)



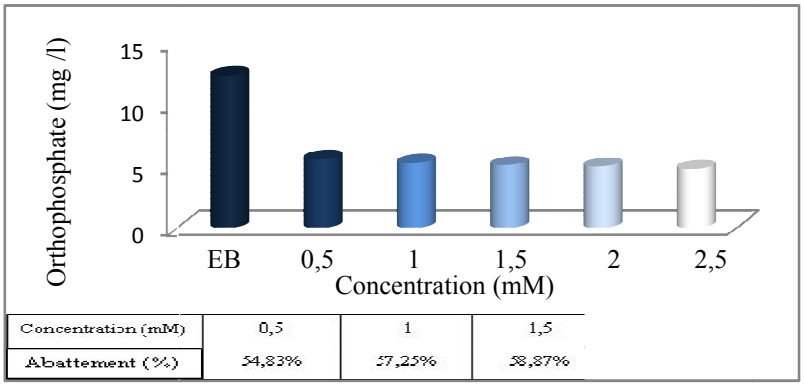
Concentration (mM)	0,5	1	1
Abattement (%)	9,60%	11,38%	19,

Figure 24: Evolution des MES en fonction de concentration (TiO_2)



Concentration (mM)	0,5	1	1.
Abattement (%)	45,13%	45,56%	85,8

Figure 25 : Evolution des nitrates en fonction de concentration (TiO_2)



Concentration (mM)	0,5	1	1,5
Abattement (%)	54,83%	57,25%	58,87%

Figure 26 : Evolution des Orthophosphates en fonction de concentration

1.2.2 Résultats des analyses physico-chimiques de l'eau brute après traitement par le charbon actif (CAP) :

Les résultats des paramètres physico-chimiques de l'eau brute traitée par le charbon actif en poudre après (24h) sont illustrés dans le tableau (07) (Annexe).

La couleur apparente des eaux brutes est devenue claire après 24 h de leur traitement par le (CAP).

Le pH de l'eau brute traitée par le charbon actif oscille entre (7,75 et 7,34), nous constatons une diminution en présence des différentes concentrations, il atteint (7,75) à la concentration (0,5 mM) (Figure 27). Cette valeur respectant la norme de rejet des eaux usées délimitées (OMS, 1989).

Pour le potentiel redox, les résultats sont illustrés dans la figure (28) ; on constate une légère diminution en fonction de différentes concentrations de CAP, avec une valeur minimale de l'ordre de (214 mV) enregistrée à (2,5 mM) et une valeur maximale de (278 mV) à la concentration (0,5 mM). Ces valeurs sont inférieures aux normes de l'OMS (OMS, 1989)

Ainsi que, l'O_2 dissous montre que les valeurs diminuent, dont la valeur maximale est de l'ordre de 0,47 mg/l à la concentration (0,5 mM) et la valeur minimale est de l'ordre de 0,06 mg/l à la concentration (2,5 mM). Ces valeurs restent inférieures aux normes de l'OMS et celles citées par le Journal Officiel de la République Algérienne (J.O.R.A, 2006) (Figure 29).

Pour la conductivité électrique, nous constatons une diminution des valeurs en fonction de différentes concentrations du CAP ; les valeurs enregistrées oscillent entre (1109 et 1219,5 µs/cm) (Figure 30).

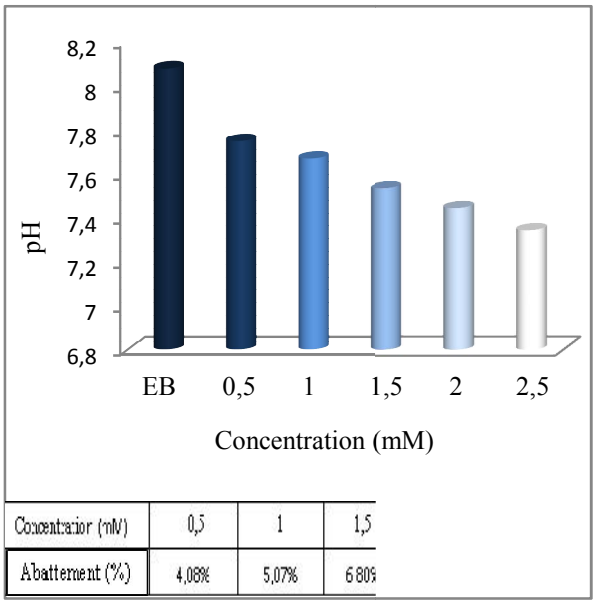
Concernant les résultats de la DCO et DBO_5, nous notons une diminution en fonction de différentes concentrations de CAP, les valeurs enregistrées de la DCO varient entre (22,4 mg/l à 71,61), ces valeurs sont inférieures à la Norme de l'OMS et aux normes admissibles parle Journal Officiel de la République Algérienne (J.O.R.A, 2006) (Figure 31).

Pour la DBO_5, les résultats obtenus varient de 34,1à 55,75 mg d'O_2/ml, ces valeurs restent supérieures à la Norme de l'OMS (OMS 1989) (Figure 32).

Pour la MES l'analyse des résultats montre une réduction en fonction de différentes concentrations de (CAP), Les valeurs enregistrées varient de (82 mg/l à 132,5 mg/l). Ces valeurs restent supérieures à la norme Algérienne et celle de l'OMS (OMS, 1989) (Figure 33).

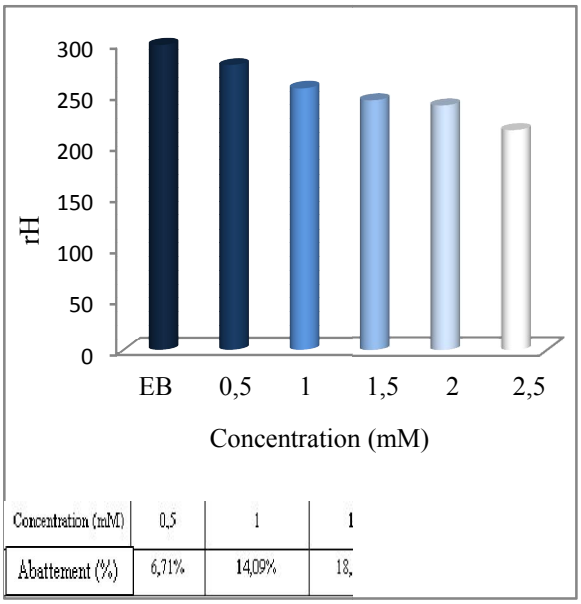
Concernant les teneurs en nitrates, les résultats montrent une diminution en fonction de différentes concentrations de (CAP) ; les valeurs obtenues varient de (0,08 mg/l à 1,24 mg/l). Les teneurs en nitrate ne dépassent pas les Normes de Journal Officiel de la république Algérienne (J.O.R.A, 2006) (Figure 34).

L'analyse des résultats obtenus des Orthophosphates montre une diminution en fonction de différentes concentrations de (CAP), les valeurs enregistrées fluctuent entre (4,8 mg/l à 5,6 mg/l), Ces valeurs sont inférieures à la Norme du Journal Officiel de la république Algérienne (J.O.R.A, 2006) (Figure 35).



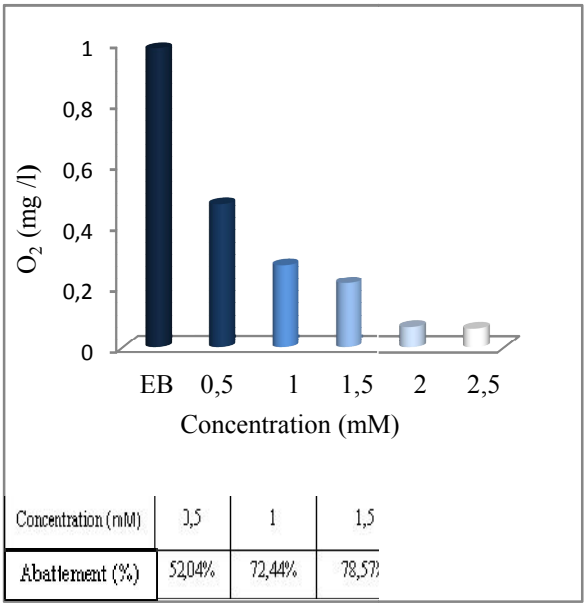
Concentration (mM)	0,5	1	1,5
Abattement (%)	4,08%	5,07%	6,80%

Figure 27 : Evolution du pH en fonction de concentration de (CAP).



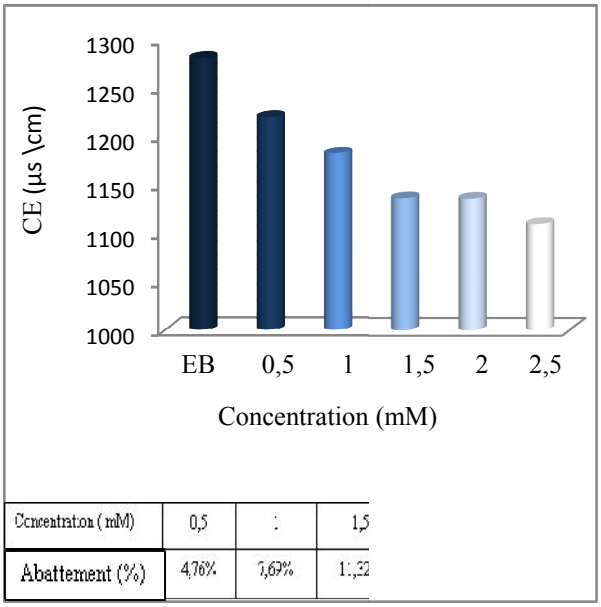
Concentration (mM)	0,5	1	1
Abattement (%)	6,71%	14,09%	18,

Figure 28 : Evolution du Rh en fonction de concentration de (CAP).



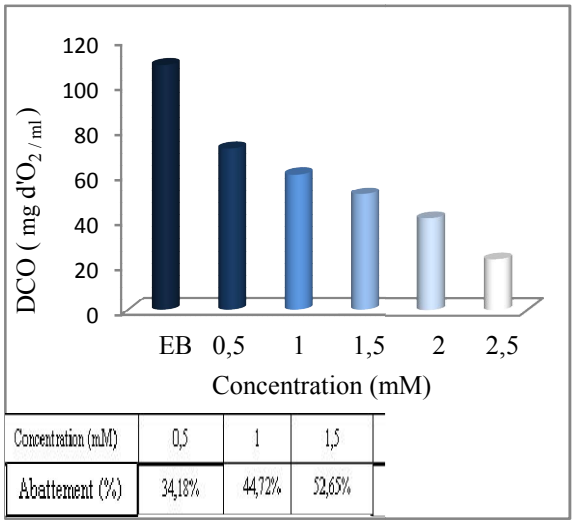
Concentration (mM)	0,5	1	1,5
Abattement (%)	52,04%	72,44%	78,57%

Figure 29 : Evolution d'O_2 en fonction de concentration de (CAP).



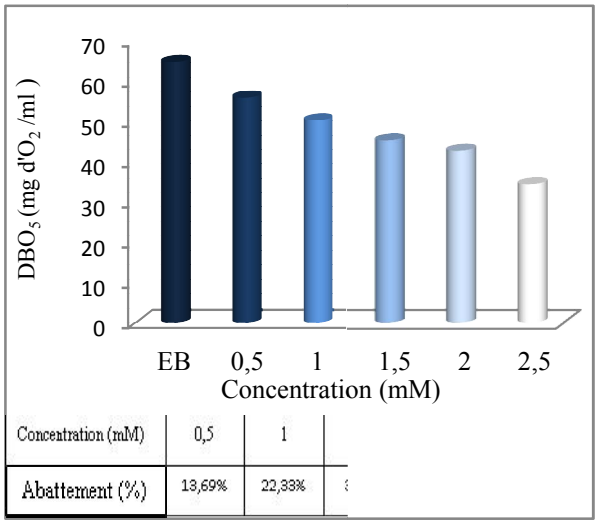
Concentration (mM)	0,5	:	1,5
Abattement (%)	4,76%	7,69%	11,32

Figure 30 : Evolution de CE en fonction de concentration de (CAP).



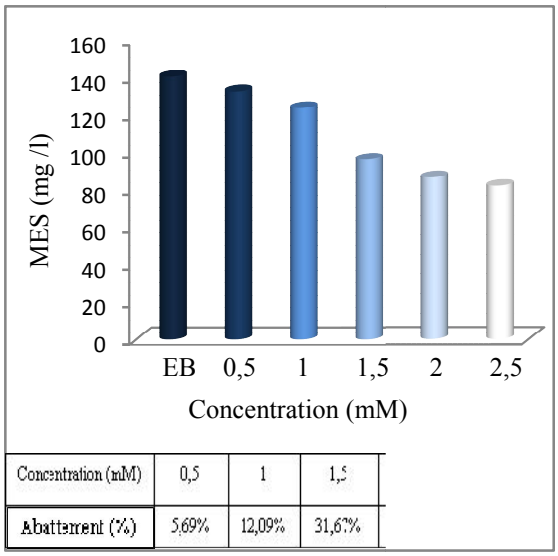
Concentration (mM)	0,5	1	1,5
Abattement (%)	34,18%	44,72%	52,65%

Figure 31 : Evolution de la DCO en fonction de concentration de (CAP).



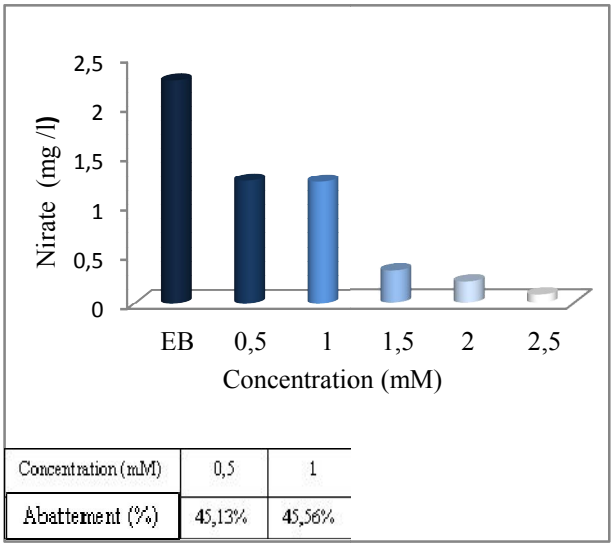
Concentration (mM)	0,5	1
Abattement (%)	13,69%	22,33%

Figure 32 : Evolution de la DBO_5 en fonction de concentration de (CAP).



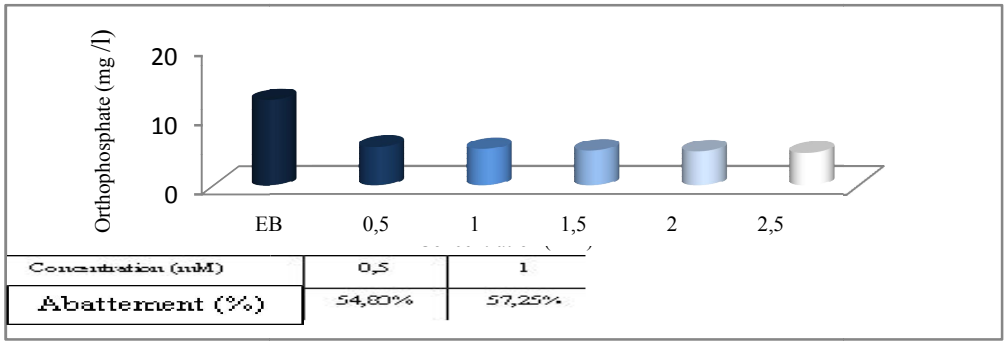
Concentration (mM)	0,5	1	1,5
Abattement (%)	5,69%	12,09%	31,67%

Figure 33 : Evolution des MES en fonction de concentration de (CAP).



Concentration (mM)	0,5	1
Abattement (%)	45,13%	45,56%

Figure 34: Evolution des nitrates en fonction de concentration (CAP).



Concentration (mM)	0,5	1
Abattement (%)	54,80%	57,25%

Figure 35 : Evolution des Orthophosphates en fonction de concentration (CAP).

1.3 Résultats des analyses bactériologiques de l'eau brute :

Les résultats de différentes analyses bactériologiques de l'eau brute de rejet Boumahra Ahmed pendant toute la période d'étude sont enregistrés dans le tableau (08).

Les résultats de dénombrement de la flore mésophile aérobie totale (FMAT) montrent un nombre compris entre (77×10^2 et 115×10^2 UFC/ml) avec moyenne de 96×10^2 UFC/ml.

Le dénombrement des coliformes totaux fluctue entre (70×10^5 et 115×10^5 germes /100 ml]) avec valeur moyenne de 105×10^5 germes/1ml.

Le nombre des coliformes fécaux oscille entre (17×10^3 et 2×10^5 CF/1ml) avec valeur moyenne de 1085×10^2 CF/1ml.

Concernant les résultats de la recherche et le dénombrement des streptocoques fécaux les concentrations déterminés varient entre (14×10^5 et 70×10^5 SF/1ml) avec valeur moyenne de 42×10^5 SF/1ml.

Les résultats de recherche et de dénombrement de *Clostridium* sulfito-réducteur dans l'eau brute indiquent que les concentrations déterminées sont indénombrables.

On note une absence des germes pathogènes (Salmonelles, Shigelles) avec présence des germes (*S. epidermidis, V. vulvificus, P. fluorescens*) dans l'eau brute de rejet Boumahra Ahmed (Tableau 09) (Annexe).

Tableau (08): Résultats des analyses bactériologiques de l'eau brute de rejet Boumahra Ahmed.

Date de prélèvement	Flore mésophile aérobie total (UFC/ml)		Coliformes (germe/1ml)		Streptocoques fécaux (Germe/1ml)	Rapport CF/SF	*Clostridium* sulfito-réducteur (germe/20ml)	Germes pathogènes				
	Dilution		Coliformes totaux /1ml	Coliformes fécaux /1ml				Salmonelles	Shigelles	Staphylocoques	*Pseudomonas*	*Vibrio*
	10^{-1}	10^{-2}										
04/03/2014	400	210	70×10^5	17×10^3	14×10^5	-	Absence	Absence	Absence	Présence	Présence	Présence
22/03/2014							Indénombrable	Absence	Absence	Présence	Présence	Présence
7/04/2014	800	450	140×10^5	2×10^5	70×10^5	-	Indénombrable	Absence	Absence	Présence	Présence	Présence
21/04/2014							Indénombrable	Absence	Absence	Présence	Présence	Présence
Moyenne	9600		105×10^5	1085×10^2	42×10^5	0,02	Indénombrable	Absence	Absence	Présence	Présence	Présence

1.4 Résultats des analyses bactériologiques de l'eau brute après traitement par les nanoparticules :

1.4.1 Résultats des analyses bactériologiques de l'eau brute après traitement par (TiO_2) :

Les résultats de différentes analyses bactériologiques de l'eau brute traitée par (TiO_2) sont enregistrés dans le tableau (10) (Annexe).

Les résultats de dénombrement de la flore mésophile aérobie totale sont illustrées dans la figure (36) nous constatons un nombre moyenne varie de (74×10^2 à 1620 UFC/ml) dans l'eau bute traitée par les différentes concentrations de (TiO_2) la valeur maximale est enregistrée dans l'eau brute traité par [0,5 mM] et la valeur minimale est enregistrée dans l'eau brute traitée par [2,5 mM].

La figure (37) représente l'évolution des coliformes totaux et fécaux dans l'eau traitée par les cinq concentrations de (TiO_2). Le nombre des coliformes totaux fluctue entre ($74,75 \times 10^5$ à 101250 germes /1 ml).

Nous Constatons un nombre moyen des coliformes totaux dont le maximum est enregistré dans l'eau brute traitée par [0,5 mM] et le minimum dans l'eau brute traitée par [2,5 mM]. Alors qu'on a enregistré l'absence des coliformes fécaux (*E. coli*) dans l'eau brute traitée par les différentes concentrations de (TiO_2).

La figure (38) représente l'évolution des streptocoques fécaux dans l'eau brute traitée par les différentes concentrations de (TiO_2). Nous constatons une valeur moyenne des streptocoques fécaux dont le maximum ($12,85 \times 10^3$germes /1ml) est enregistré dans l'eau brute traitée par [0,5 mM] et le minimum ($0,35 \times 10^3$) est enregistré à la [2,5 mM].

Concernant la recherche et le dénombrement des *Clostridium* sulfito-réducteurs dans l'eau brute traité par les différentes concentrations de (TiO_2) ; nous constatons une diminution de nombre des *Clostridium*. Dont le maximum est enregistré à la [0,5mM] et le minimum (1 spore) à la [2,5 mM].

Les résultats concernant la recherche des germes pathogènes dans l'eau brute traitée par les différentes concentrations de (TiO_2) montrent une absence des Salmonelles et des Shigelles avec la présence (*S. epidermidis)* à les [0,5 ; 1 et 1,5 mM] et absence totale à les [2 et 2,5 mM]. Tandis qu'on a noté l'absence (*P. fluorescens*) à les [1,5 ; 2 ; 2,5 mM].

Concernant la recherche de *Vibrio* on noté la présence de l'espèce *Vibrio vulnificus* avant et après traitement par les différentes concentrations, nous notons également une diminution des UFC en fonction des différentes concentrations testées (Tableau 11) (Annexe).

1.4.2 Résultats des analyses bactériologiques de l'eau brute après traitement par (CAP) :

Les résultats de différentes analyses bactériologiques de l'eau brute traitée par le (CAP) sont enregistrés dans le tableau (12) (Annexe).

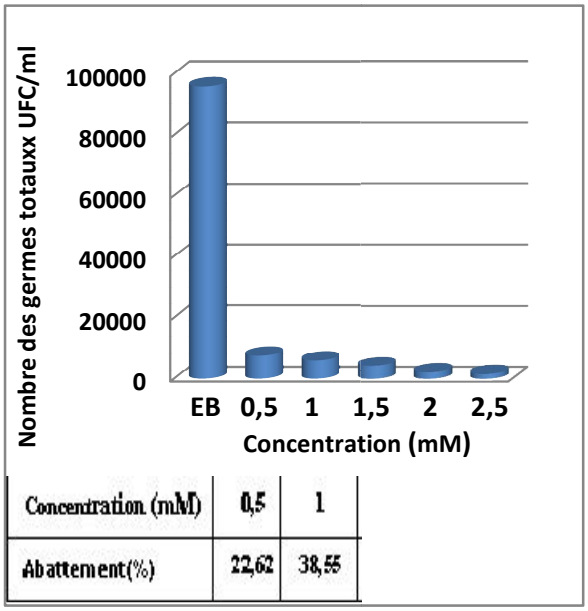
Les résultats de dénombrement de la flore mésophile aérobie totale sont illustrées dans la figure (39) nous constatons une valeur moyenne varie de (6500 à 230 UFC/ml) dans l'eau bute traitée par les différentes concentrations de (CAP) la valeur maximale est enregistrée dans l'eau brute traité par [0,5 mM] et la minimale est enregistrée dans l'eau traitée par [2,5 mM].

La figure (40) représente l'évolution des coliformes totaux et fécaux dans l'eau traitée par les cinq concentrations de (CAP). Nous constatons une valeur moyenne de 105×10^5 CT/1ml avec absence des coliformes fécaux (*E. coli*) dans l'eau traitée par les différentes concentrations de (CAP) (0 germes/1 ml).

La figure (41) représente l'évolution des streptocoques fécaux dans l'eau traitée par les différentes concentrations de (CAP). Nous constatons une valeur moyenne des streptocoques fécaux oscille entre ($17,25\times10^5$ à 0 germes /1ml) la valeur maximale est enregistrée dans l'eau brute traitée par [0,5 mM] et le minimale à la [2 et 2,5 mM].

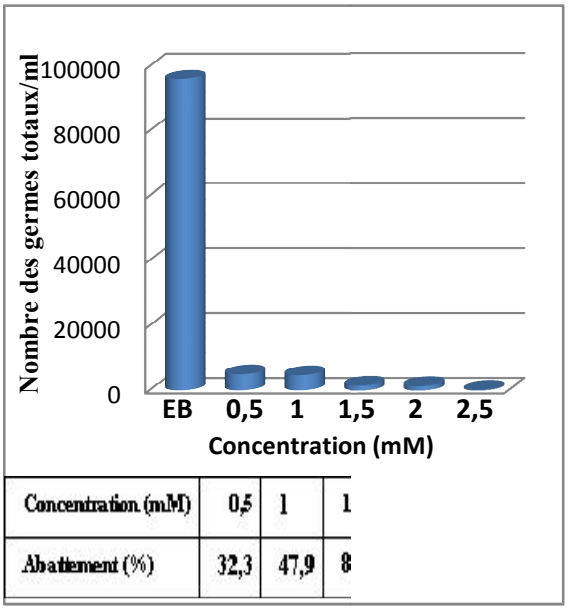
Les résultats de la recherche et le dénombrement de *Clostridium* sulfito-réducteur dans l'eau brute traité par les différentes concentrations de (CAP), montrent l'absence des spores des anaérobies sulfito-réducteurs (*Clostridium*).

Concernant la recherche des germes pathogènes dans l'eau traitée par les cinq concentrations de (CAP), on a enregistré l'absence des Salmonelles et les Shigelles (avant et après traitement) la présence des Staphylocoques (*S. epidermidis*) et de *Vibrio* (*V. vulnificus).* et l'absence de *P. fluorescens*. Nous notons également une diminution des UFC en fonctions des différentes concentrations testées. Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau (13) (Annexe).



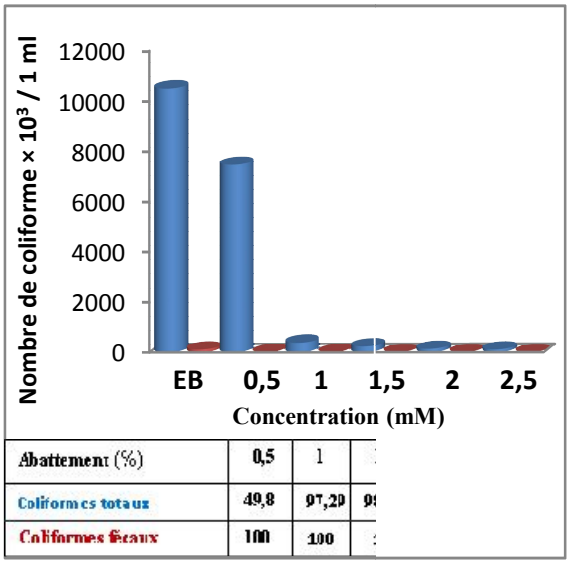
Concentration (mM)	0,5	1
Abattement(%)	22,62	38,55

Figure 36 : Evolution des germes totaux dans l'eau brute après traitement par (TiO_2)



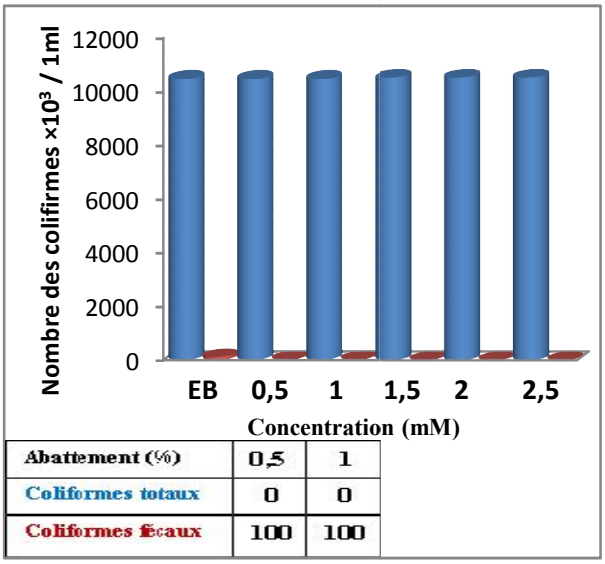
Concentration (mM)	0,5	1	1
Abattement (%)	32,3	47,9	8

Figure 39: Evolution des germes totaux dans l'eau brute après traitement par (CAP)



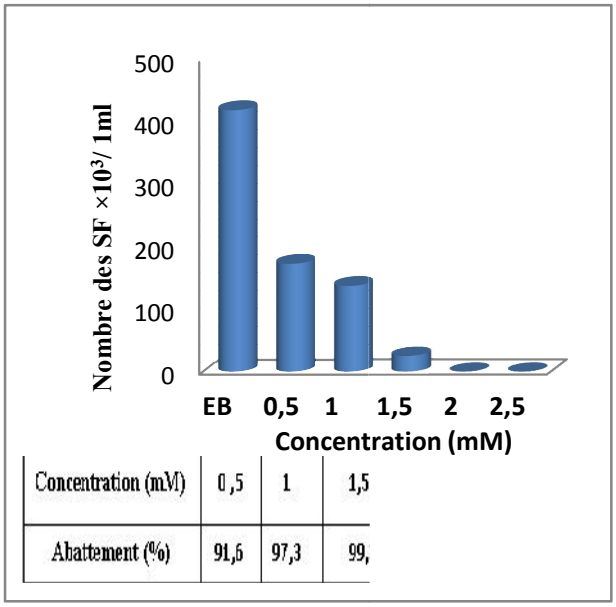
Abattement (%)	0,5	1	
Coliformes totaux	49,8	97,20	9
Coliformes fécaux	100	100	

Figure 37 : Evolution des coliformes totaux et fécaux (*E. coli*) dans l'eau brute après traitement par (TiO_2).



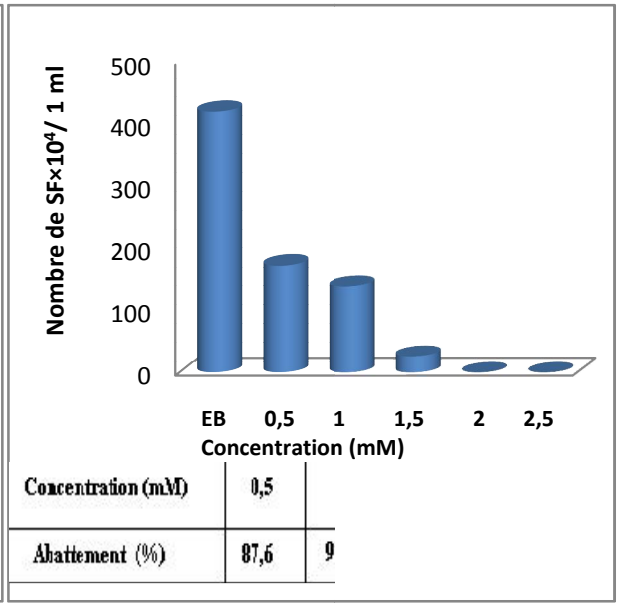
Abattement (%)	0,5	1
Coliformes totaux	0	0
Coliformes fécaux	100	100

Figure 40 : Evolution des coliformes totaux et fécaux (*E. coli*) dans l'eau brute après traitement par (CAP).



Concentration (mM)	0,5	1	1,5
Abattement (%)	91,6	97,3	99,

Figure 38 : Evolution des streptocoques fécaux dans l'eau brute après traitement par (TiO_2).



Concentration (mM)	0,5	
Abattement (%)	87,6	9

Figure 41 : Evolution des streptocoques fécaux dans l'eau brute après traitement par (CAP).

2. Discussion :

Les nanoparticules manufacturées sont porteuses d'espoirs et d'attentes et notamment dans le domaine environnemental. Elles sont utilisées sous forme de membranes de filtration nano-poreuses, de 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. Le traitement des eaux usées par les nanoparticules, c'est une nouvelle technologie qui mit des nouveaux catalyseurs supportés pour la dépollution des eaux usées (Auffan, 2007 ; Alahiane et *al.*, 2012).

Dans cette étude, nous nous sommes fixés pour but d'évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux brutes de rejet Boumahra Ahmed (Willaya de Guelma) avant et après traitement par les nanoparticules (TiO_2 et CAP).

La couleur blanchâtre apparente de ces rejets avant traitement est due souvent au décharge des déchets industrielle par l'unité de fabrication de marbre et de carrelage et aux activités de la population urbaine; ces résultats sont en accord avec ceux de Charchar (2009). Cette couleur devenu claire après 24h de traitement par les catalyseurs (TiO_2 et CAP). La dégradation de cette couleur est due à l'adsorption des polluants solubles dans l'eau par ces catalyseurs. Nos résultats sont en accord à ceux de Armand (2011) et Gebrati (2013).

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 brutes de rejet Boumahra Ahmed au cours des périodes d'étude varient entre 12,6°C et 18,2 °C avec une valeur moyenne de 15,4°C avant traitement par les nanoparticules utilisées. Les valeurs de la température sont inferieures à la norme (30°C), considérées comme valeurs limites de rejets directs dans le milieu récepteur. Nos résultats concordent avec les travaux de El-Guamri et *al.*, (2007) et Oulkheir (2002).

La turbidité d'une eau est due à la présence des matières en suspension finement divisées: argile, limons, grains de silice, matières organiques,…etc. L'appréciation de l'abondance de ces matières mesure son degré de turbidité (Sadek et *al.*, 2012). Celui-ci sera d'autant plus faible que le traitement de l'eau aura été plus efficace. Les valeurs de la turbidité des eaux de rejet Boumahra Ahmed au cours des périodes d'étude varient entre 468 et 825 NTU, avec une valeur moyenne de (646,5 NTU), ces valeurs sont supérieures à la

norme (50 NTU), considérées comme valeurs limites de rejets directs dans le milieu récepteur (J.O.R.A, 2006).

Pendant notre période d'étude, les analyses effectuées montrent que le pH de l'ensemble des échantillons des eaux brutes de rejet Boumahra Ahmed utilisées avant et après traitement par les différentes molécules nanométriques varie entre 6,90 et 8,08. Les valeurs de pH mesurés sont proches de celles proposées par les normes Algériennes de qualité des eaux usées destinées à l'irrigation (J.O.R.A ,2006). Les pourcentages d'abattements sont de l'ordre de 14.61% et 18.20%, sont observés après traitement par (TiO_2) et de l'ordre de 4.08% et 9.15% après traitement par CAP par rapport à l'eau brute avant traitement. Ces résultats sont expliqués par l'adsorption des polluant à la surface des catalyseurs utilisés, nos résultats sont en accord avec les travaux de Youcef et *al.*, (2014) qui ont mis en évidence l'élimination du phosphate des eaux naturelle par adsorption sur CAP ; ils ont montrés que la diminution de pH est due à la compétition entre les ions phosphates et les ions hydroxyles (OH^-) pour les sites d'adsorption du charbon actif.

Le potentiel redox est une grandeur de mesure permettant de quantifier la présence d'oxydant dans un fluide dans certaines conditions. Lorsqu'il est positif il traduit une activité électronique faible, donc une capacité à prendre des électrons (pouvoir oxydant), inversement quand les valeurs du potentiel redox sont négatives (ils absorbent des électrons), il entend une capacité importante à prendre les électrons (Sadek et *al.*, 2012). Durant notre étude, toutes les valeurs du potentiel redox sont positives, dans les deux cas de l'eau de rejet Boumahra Ahmed ; pour l'eau brute la valeur est de l'ordre de 298 mV indique un pouvoir oxydant important (Rejesk, 2002).

Dans le cas de l'eau traitée par les deux molécules (TiO_2 et CAP), La valeur est de l'ordre de 256 mV, avec un pourcentage d'abattement 14.09%, sont observés après traitement par TiO_2 et une valeur de 214 mV, avec un pourcentage d'abattement 28.18% après traitement par CAP. Nos résultats sont en accord avec les travaux de Bedouh (2014) qui ont montré que les valeurs du potentiel redox des eaux usées brutes traitées par la STEP de Guelma oscillent entre 228 et 345 (mV).

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 les valeurs de l'oxygène dissous (O_2) analysé avant et après traitement varient de 0.03 mg/l à 0.98 mg/l, ces valeurs restent inferieures à la norme de l'OMS (OMS, 1989) et celle du Journal Officiel de la République Algérienne (J.O.R.A ,2006).

Les pourcentages d'abattements de l'oxygène dissous (O_2) observés dans les eaux brutes après traitement par le TiO_2 et le CAP sont successivement de l'ordre de 97% et 93,87%. Cette diminution de l'O_2 dissous est due à son utilisation par les catalyseurs pendant les réactions d'adsorption des polluants soluble dans l'eau. Nos résultats sont en accord avec les travaux de Poulios et *al.,* (1998) qui ont étudié l'évaluation de l'efficacité de l'oxydation avancée par photo-catalyse hétérogène UV/TiO_2 sur un effluent industriel contaminé par des composés organiques non biodégradables.

La conductivité électrique 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 (Rejesk, 2002).

Les analyses effectuées ont montré que les valeurs de la conductivité électrique de l'ensemble des échantillons des eaux brutes de rejet Boumahra Ahmed utilisées avant et après traitement par TiO_2 varient de 1112,5 à 1280,5 µs/cm ; qui sont notamment inferieures à la Norme Européenne des rejets qui est de 3000µs/cm et inferieures à La norme Algérienne qui est de 2000 µs /cm (J.O.R.A ,2006). Les pourcentages d'abattements observés dans les eaux brutes du rejet de Boumahra Ahmed après traitement par le TiO_2 et le CAP sont respectivement de l'ordre de 13,11% et 13,39%.

La demande chimique en oxygène (DCO) est un indicateur de la teneur en matière organique et en sels minéraux oxydables. La valeur moyenne enregistrée de la DCO des eaux brutes de rejet Boumahra Ahmed avant traitement est de l'ordre de 108,8 mg/l d'O_2, cette valeur reste inferieure aux norme du Journal Officiel de la République Algérienne qui fixe la teneur de la DCO à 120 mg/l (J.O.R.A , 2006), et supérieure aux normes de l'OMS qui fixe la teneur à 90 mg/l (OMS, 1989).

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 microorganismes, dans des conditions données (5 jours à 20°C, à l'abri de la lumière et de

l'air) on parle alors de la DBO_5 (Belghiti et *al*., 2013). La valeur moyenne enregistrée de la DBO_5 des eaux brutes de rejet Boumahra Ahmed avant traitement est de l'ordre de 64,6 mg/l d'O_2, cette valeur de la DBO_5 dépasse la Norme Algérienne qui fixe la teneur de la DBO_5 à 35mg/l (J.O.R.A ,2006) et celle de l'OMS qui fixe la teneur de la DBO_5 à 30 mg/l (OMS ,1989).

Les matières en suspension, représentent l'ensemble des particules minérales et organiques contenues dans les eaux usées, leurs effets sur les caractéristiques physico-chimique de l'eau est très néfaste (modification de la turbidité des eaux, réduction de la pénétration de la lumière donc de la photosynthèse) (Souiki, 2008).

La connaissance de la concentration des éléments colloïdaux dans les eaux brutes de rejet Boumahra Ahmed est nécessaire dans l'évaluation de l'impact de la pollution sur le milieu aquatique. La quantité de MES varie dans les eaux brutes de rejet Boumahra Ahmed avant et après traitement par le TiO_2 et CAP sont respectivement (140,5 ; 90 et 82 mg/l). Elle dépasse la Norme Algérienne qui fixe la teneur de MES à 35 mg/l (J.O.R.A, 2006) et celle de l'OMS qui fixe la teneur de la MES à 30 mg/l (OMS ,1989). Ces résultats sont liés souvent à la charge importante en matières organiques et minérales produites par l'unité de fabrication de marbre et de carrelage et aux diverses activités de la population urbaine. Nos résultats sont en accord à ceux de Charchar (2009) et Sadek et *al.*, (2012) .

Les pourcentages d'abattements sont de l'ordre de 73,82%, 41,82% et de 36% respectivement pour la DCO, la DBO_5 et les MES sont observés après traitement des eaux brutes de rejet Boumahra Ahmed par TiO_2 et de l'ordre de 79,41%, 47,21% et de 41,63% respectivement pour la DCO, la DBO_5 et les MES après traitement de l'eau brute par CAP par rapport à l'eau brute avant traitement.

Ces abattements sont expliqués par l'effet des catalyseurs (TiO_2 et CAP) qui sont à l'origine d'une diminution de la teneur de la matière organique. Cette diminution, s'accentuant en fonction des concentrations, pourrait être expliquée par l'adsorption de la matière organique sur la surface du catalyseur (Gebrati et *al.*, 2013).

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 TiO_2 est dû à la formation d'une surface complexe par des bondes covalentes

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

Le pourcentage maximal d'abattement est observé avec la DCO par rapport à la DBO_5 et les MES cela peut être expliqué par les valeurs de pH qui varient de (6,01 à 7,75) de l'eau brute après traitement par les différentes concentrations de (TiO_2 et CAP) , l'oxydation photo-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 photo-catalytique dans les effluents d'industrie de textile par photo-catalyse avec le TiO_2 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, d'après Ince et *al*., (1997) ; pour des pH basiques, l'oxydation photo-catalytique est très lente, Legrini et *al*., (1993) ont aussi montré que la réactivité de dégradation de plusieurs composés organiques augmente avec l'alcalinité du milieu. Une étude menée par Hung et *al*., (2001) ont révélés que la meilleure dégradation du colorant orange G en présence de TiO_2 a été observée pour les pH acides et que la vitesse de dégradation à pH= 3 était deux fois plus rapide que celle pour un pH =7, ce qui montre que l'efficacité du processus dépend généralement de la nature du catalyseur, du pH de la solution et aussi de la nature des composées organiques (Gebrati et *al.,* 2009 ; Haddou, 2010).

Le rapport DCO/ DBO_5 évalue la biodégradabilité d'une eau usée, c'est-à-dire la difficulté 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 (Rodier, 2009). Le rapport DCO/ DBO_5 des eaux brutes de rejet Boumahra Ahmed est de 1,68. Ces rapports varient de (0,75 à 1,38) et de (0,65 à 1,28) respectivement dans les eaux brutes traitées par le TiO_2 et le CAP. Ces rapports sont inférieurs à 3 ce qui est en accord parfait avec les travaux de Souiki (2008) et ceux de Gebrati et *al.*, (2013).

La valeur moyenne en nitrate dans les eaux brutes est de l'ordre de (2,26 mg/l). Tandis que ; après traitement par les différentes molécules nanométriques les valeurs obtenus sont varient entre 0,08 mg/l et 1,24 mg/l avec un pourcentage d'abattement maximal égal à 96,4%. Ces faibles teneurs sont dues à la réduction des nitrates en nitrites par les anaérobies sulfito-réducteurs. Elles peuvent également être liées à l'oxydation bactérienne de l'ammoniac. Nos résultats sont en accord avec ceux de Bedouh (2014) qui ont montré des valeurs en nitrates dans les eaux usées brutes traitées par la station de Guelma entre (5,3 et 17,7mg /l).

La valeur moyenne des Orthophosphates dans l'eau brute est de l'ordre de 12,4mg/l ainsi que ; les valeurs des Orthophosphates (PO_4^{-3}) dans les eaux brutes après traitement par les différentes molécules nanométriques varient de (4,8 à 5,6 mg/l), avec pourcentage maximal d'abattement égale à 61,2%. Ces valeurs sont supérieures à la norme (2 mg/l), considérée comme valeur limite de rejets directs dans le milieu récepteur (J.O.R.A, 2006).

Cette augmentation en Orthophosphates dans les eaux brutes de rejet Boumahra Ahmed peut traduire un éventail déversement d'effluent riche en composés phosphatés (Souiki, 2008).

La présence des Orthophosphates dans les plantes est impérative pour la photosynthèse, la floraison, la précocité de la reproduction, le grossissement des fruits et la maturation des graines (Bedouh, 2014). Le pourcentage d'abattements de l'ordre de 61,2% est expliqué par l'élimination des Orthophosphates par adsorption à la surface des deux molécules utilisées. Ces résultats sont en accord avec ceux de Youcef et *al.*, (2014), qui ont montré le pouvoir d'adsorbant du charbon actif en poudre pour l'élimination des phosphates des eaux naturelles.

De plus, l'effet des nanoparticules le TiO_2 et le CAP est efficace uniquement lors de l'irradiation par la lumière UV (Gebrati et *al.,* 2009).

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 tells que la pollution urinaire….etc, 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 les eaux brutes de rejet Boumahra Ahmed sont caractérisées par des concentrations de la flore mésophile aérobie totale (FMAT) comprises entre (77×10^2 et 115×10^2 UFC/ml) avec moyenne concentration de (96×10^2 UFC/ml). Ce nombre important de la (FMAT) peut indiquer la présence des germes pathogènes (El-Amiri et *al.*, 2010).

Nos résultats concordent avec les travaux de (Bedouh, 2013), il a enregistré des valeurs importante de la (FMAT) avec une moyenne de (38520 germes /ml) dans une période qui s'étale de Mars à Avril dans les eaux usées traitées par la station d'épuration de Guelma.

Le pourcentage maximal d'abattement de la (FMAT) est de l'ordre de 83,13% et de 97,61% respectivement dans les eaux brutes de rejet Boumahra Ahmed après traitement par TiO_2) et CAP) (avec la concentration 2,5 mM). Les pourcentages maximaux d'abattement de la (FMAT) observés avec les deux molécules constituent un témoin de l'efficacité de traitement des eaux brutes du rejet Boumahra Ahmed 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 (70×10^5 et 115×10^5 germes /1 ml) avec valeur moyenne de 105×10^5 germes /1ml dans les eaux brutes du rejet Boumahra Ahmed avant traitement par les nanoparticules. Après traitement par les nanoparticules, les pourcentages d'abattement est respectivement de l'ordre de 99,27% et 0% des eaux brutes de rejet Boumahra Ahmed après traitement par le (TiO_2) et le (CAP).

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) mai ils peuvent indirectement associer à une pollution d'origine fécale (Rodier, 2009).

La présence de coliformes fécaux témoigne habituellement d'une contamination d'origine fécale ou provenant d'eaux enrichies en matières organiques (Barthe et *al*., 1998).

Les valeurs enregistrés varient de (17×10^3 et 2×10^5 CF/1 ml) avec valeur moyenne de 1085×10^2 CF/1ml, dans les eaux brutes du rejet Boumahra Ahmed avant traitement par les Nps. ces valeurs reste supérieurs à la norme de l'OMS (1000 germes /1ml) (OMS, 1989), nous constatons que les pourcentages maximaux d'abattements sont respectivement de l'ordre 100% des eaux brutes du rejet Boumahra Ahmed après traitement par les deux molécules.

Les streptocoques fécaux sont susceptibles de contaminer les d'approvisionnement, 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 de dénombrement des

Streptocoques fécaux dans les eaux brutes du rejet Boumahra Ahmed avant traitement par les Nps montrent que les concentrations déterminées varient entre (14×10^5 et 70×10^5 SF/1ml) avec valeur moyenne de (42×10^5 SF/1ml). Ces valeurs reste supérieurs à la norme de l'OMS (1989), Ces valeurs demeurent faibles comparées à ceux obtenus par. Les pourcentages maximaux d'abattements sont respectivement de l'ordre de 99,82% et100% des eaux brutes de rejet Boumahra Ahmed après traitement par le TiO_2 et CAP.

L'origine de la contamination fécale est déterminée par le rapport quantitatif R: CF/SF. Selon les critères définis par Borrego & 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 du rejet Boumahra Ahmed est animale (R inferieur à 0,7).

Les *Clostridium* sulfito-réducteurs sont souvent considérés comme des témoins de pollution fécale. La forme spore, beaucoup plus résistante que les formes végétatives des coliformes fécaux et des streptocoques fécaux, permettrait ainsi de déceler une pollution fécale ancienne ou intermittente. Sans débattre de l'intérêt réel d'une telle indication concernant la date de la pollution, il faut cependant considérer que si les *Clostridium* sulfito-réducteurs peuvent certes être des germes fécaux, ce sont également des germes telluriques et que, de ce fait, aucune spécificité d'origine fécale ne peut être attribuée à leur mise en évidence.

La présence de *Clostridium* sulfito-réducteurs dans les eaux brutes de rejet Boumahra Ahmed 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), nous constatons que le pourcentage d'abattement des *Clostridium* sulfito-réducteurs est de l'ordre 100% des eaux brutes de rejet Boumahra Ahmed après traitement par le CAP et nous notons une diminution des UFC dans les eaux brutes ce rejet en fonction de différentes concentrations de TiO_2 par rapport à l'eau brute .

La présence des Staphylocoques (*S. epidermidis*) dans les eaux brutes de rejet Boumahra Ahmed démontrant ainsi leur résistance au chlore et au produits de désinfection, ces germes ont la capacité à survivre longtemps dans les sols et à la surface des plantes (CEAEQ, 2012) Ce résultat ne correspondent pas 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) , nous notons la présence de ces germes dans les eaux brutes après traitement par (TiO_2) et (CAP) avec absence de ces germes aux concentrations (2 et 2,5 mM) de TiO_2 et une diminution des UFC dans les eaux brutes traitée par le (CAP) en fonction de différentes concentration par rapport à l'eau brute.

La recherche des germes pathogènes a révélé l'absence de Salmonelles et Shigelles dans les eaux de rejet Boumahra 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,2001).

La recherche de vibrion a révélé la présence de (*V. vulnificus*) dans les eaux brutes du rejet Boumahra avant et après traitement par les Nps, ce résultat ne correspond pas aux normes de l'OMS qui exigent une absence absolue de ces germes dans les eaux destinées à l'irrigation des cultures maraichères (OMS, 1989).

La recherche des *Pseudomonas* a révélé la présence de (*P. fluorescens*) dans les eaux brutes du rejet Boumahra avant et après traitement par les Nps avec absence de ce germes dans les eaux brutes traitées par les concentrations (1.5 ; 2 ; 2.5 mM) de (TiO_2) et toutes concentrations de (CAP). Ce résultat ne correspond pas aux normes de l'OMS qui exigent une absence absolue de ces germes dans les eaux destinées à l'irrigation des cultures maraichères (OMS, 1989).

Nos résultats concernant les pourcentages d'abattements observés après traitement des eaux brutes du rejet Boumahra par les nanoparticules étudiées et l'absence de certains germes pathogènes après traitement par certaines concentrations de (TiO_2) et de (CAP) sont expliqués par l'activité antibactérienne des nanoparticules en particulier l'activité bactéricide de (TiO_2) vis-à-vis d'*E. coli* et aux propriétés physico-chimiques des nanoparticules, le charbon actif est capable de fixer, emprisonner les substance nocives et les micropolluants présents dans les eaux usées et à sa capacité d'adsorbé des virus, des bactéries pathogènes et des toxines bactériennes ce qui inhibe leur développement (Sumana, 2013; Hammes, 2006 ; Margot, 2011).

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.

Nos résultats vont dans le même sens que ceux de Helali (2012) qui a étudié l'efficacité d'un traitement photocatalytique pour traiter les eaux contaminées par des polluants chimiques (méthylamine et diméthylamine) et bactériologique (*E. coli*) en utilisant des catalyseurs irradiés de (TiO_2). D'autre résultats concordent nos résultats ceux de Rossignol (2007) qui a mis en évidence un effet antibactérien de (TiO_2) sur les bactéries Gram négatives et Gram positives *(E. coli, S .aureus et P .aeruginosa)*.

De même pour les travaux de Le pape (2003), il a été remarqué que lorsque les fibres de carbones activés sont utilisées pour le traitement des fluides (liquides ou gaz) ou dans le milieu médical pour le traitement des plaies (pansements), les microorganismes étaient capable d'adhérer sur ces matériaux carbonés. Une adsorption de 4.10^{10} bactéries (*E. coli*) /g de FCA est envisageables, cette adsorption a également démontrée avec une souche de *Saccharomyces cerevisiae* et quelques autres souches bactériennes (*Bacillus subtilis*, *S .aureus et P .aeruginosa)*.

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 (10^3UFC/ml -10^5UFC/ml) avec la mousse de polyuréthane recouverte d'argent pendant 10 mn ensuite la mousse est retirée du tube ,pressé et l'eau extraite (eau traité) est mise en culture . Aucune bactérie (*E. coli*) n'est détectée dans l'eau traitée.

D'autre par, 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'émettent pas les bonnes longueurs d'ondes pour avoir un effet bactéricide (Chen et *al.*, 1995).

Conclusion Générale et perspectives

La qualité des eaux rejetées dépend essentiellement de la qualité de l'eau consommée, du pourcentage de cette quantité qui se retrouve à l'égout et qui dépend des conditions climatiques, du niveau de vie de la population raccordé ou réseau d'assainissement, des habitudes sociales et du type d'habitat.

Au terme de cette évaluation de la pollution chimique, nous pouvons constater que l'ensemble des paramètres étudiés (T°C, pH, O_2 dissous, conductivité électrique) sont généralement conformes aux normes du journal officiel de la république algérienne et de l'OMS.

Les paramètres DCO, DBO_5, MES, Orthophosphates dépassent les normes admissibles parle journal officiel de la république algérienne et de l'OMS ce qui prouve une pollution organique d'origine domestique et industrielle.

Les rejets d'eaux usées (domestique et industrielle) dans le milieu naturel sans traitement préalable, peuvent avoir un impact environnementale considérable surtout, lorsqu'ils sont vecteurs de germes à transmissions hydriques. En effet le suivi bactériologique effectué confirme une contamination d'origine animale par la présence de coliforme totaux, coliforme fécaux, streptocoque fécaux et un nombre indéterminé des ASR et en germes pathogènes (*S.epidermidis, V.vulnificus, P.,fluorescens,)*

Ces eaux usées entrainent la contamination des cours d'eau récepteurs et par voie de conséquence, causent des nuisances importantes pour la population urbaine, les usagers (irrigation) et les ressources faunistiques.

Le traitement catalytique des eaux usées en utilisant les catalyseurs nanométriques (dioxyde de titane et charbon actif en poudre) a permis des abattements de l'ordre de 73,82% DCO, 41,4% DBO_5, 30% MES, 96,4% nitrate, 61,2% ortho-phosphate avec (TiO_2), et de l'ordre de 79,41% DCO, 47,2% DBO5, 41,63% MES, 96,4% nitrate et 61,2% ortho-phosphate avec l'eau traitée par (CAP).

L'abattement enregistré dans les indicateurs bactériologiques de pollution est de l'ordre de 83,13% de germes totaux, 99,27% de coliformes totaux, 82% streptocoques fécaux avec (TiO_2), de l'ordre de 100% (coliformes totaux, streptocoques fécaux et des *Clostridium* sulfito-réducteurs) avec (CAP).

Une réduction des germes pathogènes (*Staphylococcus*, *Pseudomonas*) est enregistrée dans les eaux traitées par le dioxyde de titane et le charbon actif en poudre.

En perspective, il sera intéressant :

- ✓ d'évaluer la pollution organique par détermination des rapports : MES/DBO_5, Matières oxydables, DBO_5/DCO.
- ✓ Tester l'effet de la lumière (UV) sur l'effet des catalyseurs étudiés.
- ✓ Tester la toxicité des nanoparticules sur la faune et la flore aquatique.
- ✓ Dosage des métaux lourds dans les eaux.

-A-

- Aboulkacem A., Chahlaoui A., Soulaymani F., Rhazi F., Benali D., 2007. « Etude comparative de la qualité bactériologique des eaux des oueds Boufekrane et Ouislane à la traversée de la ville de Meknès (Maroc) », REMISE, vol1, N°1, p : 10-22.

- Alahiane S., Qourzal S., El Ouardi M., Belmouden M., Assabbane M., Ait-Ichou. Adsorption et photodégradation du colorant indigo carmine en milieu aqueux en présence de TiO_2/UV/O_2 (Adsorption and photocatalytic degradation of indigo carmine dye in aqueous solutions using TiO_2/UV/O_2). Université Ibn Zohr ,Maroc. pp239-250.

- Angélique S. D., 2008. Effets biologiques de nanoparticules manufacture : influence de leurs caractéristiques. Thèse de Doctorat, l'institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement (Agro Paris Tech). France. pp194.

- Armand L., 2011. Effet des nanoparticules de dioxyde de titane sur les métalloprotéases, influence des paramètres physicochimiques. Thèse de Doctorat, L'institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement. p164.

- Auffan M., 2007. Nanoparticules d'oxydes métalliques relations entre la réactivité de surface et des Réponses biologiques. Thèse de Doctorat. Marseille, Université Paul Cézanne aix. p163.

-B-

- Barth C., Perron J., Perron J., 1998. Guide d'interprétation des paramètres microbiologiques d'intérêt dans le domaine de l'eau potable. Document de Travail (version préliminaire). Canada, Ministère de l'Environnement du Québec. p155.

- 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. Annaba, Université Badji Mokhtar. p128.

- 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. Maroc, Université Moulay Ismail. pp 34-37.

- Bentir M., 1996. L'épuration des eaux résiduaires industrielles en Algérie : Etat actuel et perspectives, Edil Inf eau, 5. pp 4-5.

- Bitton G., John W., Sons S., 1999. Waste Water Microbiologiogy USA. pp 578.

- Bouziani M., 2000. L'eau, de la pénurie aux maladies. Edition Ibn-Khaldoun, Algérie. p233.

- Bowers A.R., Huang C.P., 1985. Adsorption characteristics polyaceticamino acids onto hydrous Y-Al_2O_3, Colloid Interface Sci. 105. pp 197–215.

- C -

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

- Ceaeq A., 2012. Recherché et dénombrement de *Staphylococcus aureus* : Méthode par filtration sur membrane MA 700-STA 1.0. Centre D'expertise En Analyse Environnementale Du Québec, Ministère du Développement durable, de L'environnement et des Parcs du Québec, Rév. 4, Canada. p19.

- Charchar N., 2009. Contribution à l'étude de la pollution d'Oued Seybouse (Guelma) par les tensioactifs anionique (LAS). Diplôme Magister. Université 08 Mai 1945, Guelma. Hydroécologie. p128.

- Chen H.Y., Zahra O., Bouchy M., Thomas F., Bottero J.Y., 1995. Adsorption properties of TiO_2 related to the photocatalytic degradation of organic contaminants in water, J. Photochemistry Photobiol. pp 281–288.

- Cohen N., Karib H., 2007. *Vibrio* spp. dans les produits de la pêche : Risques et prévention. Les technologies de laboratoire. pp3-7.

-D-

- Dellarras C., 2007. Microbiologie pratique pour le laboratoire d'analyses ou de contrôle sanitaire. Lavoisier : Tec & Doc. Paris. p 463.

- Denis F., Ploy M.C., Martin C., Bingen E., Quentin R., 2007. Bactériologie médicale : Techniques usuelles. Elsevier Masson. p594

- Dorion O., Zahraa O., Bouchy M., 1995. Reacteur photocatalytique à lit fixe pour le traitement des eaux usées, Récents progrès en génie des procédés. INPL, 1rue Grandville, France. pp 105–110.

- DWH., 2006. Bilan des rejets domestiques et industriels du bassin de Guelma. Rapport inédit, Direction de l'hydraulique de Guelma. p 20.

-E-

- Edberg S.C., Karlin R.J. 2000. *E.coli:* The best biological drinking water indicator for public health protection. 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. pp14-19.

- El Blidi S., Fekhaoui M., Serghini A., El Abidi A., 2006. Rizières de la plaine du Gharb (Maroc) : qualité des eaux superficielles et profondes. *Bulletin de l'Institut Scientifique*. pp55-60.
- 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.

- 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. Maroc, Université de Meknès. p133.
- Engelkirk P.G., 2008. Laboratory Diagnosis of Infectious Diseases: Essentials of Diagnostic Microbiology. 1st edition. Lippincott Williams & Wilkins. p754.

-F-

- Fagrouch A., Amyay S., Berrahou A., El Halouani H., Abdel moumen H., 2010. Performances d'abattementdes germes pathogènes en lagunage naturel sous climat aride : Cas de la filière de traitement des eaux usées de la ville de Taourirt. Afrique Science. pp 87-102.
- Federighi M., 2005. Bactériologie alimentaire- Compendium d'hygiène des aliments. 2ème édition: Economica. Paris. p292.

-G-

- Gebrati L., Loukili Idrissi L., Mountassir Y., Nejmeddine A., 2010. Détoxification of textile industry effluents by photocatalytic treatment. Environmental Technology. pp 625 -632.
- Guiraud J. P., (1998). Microbiologie alimentaire. Dunod. Paris. France. 651 p.

-H-

- Haddou M., 2010. Dégradation de dérivés de l'acide benzoïque par les procédés d'oxydation avancée en phase homogène et hétérogène : procédés Fenton, photo-Fenton et photocatalyse. Thèse de Doctorat. Université de Toulouse, Paul Sabatier. p189.
- Hammes, F. et al. (2006): Mechanistic and kinetic evaluation of organic disinfection by-product and assimilable organic carbon (AOC) formation during the ozonation of drinking water. Water Research 40(12): p. 2275–2286.
- Harvey R.A., Champe P.C., Fisher B.D., (2007). Microbiology. 2éme edition. Lippincott Williams & Wilkins. p432.

- Helali S., 2012. Application de la photodégradation pour la dégradation des polluants chimiques, bactériologiques dans l'eau en utilisant des catalyseurs irradiés. Thèse de Doctorat. L'Université Claude Bernard Lyon 1'école Doctorale de Chimie. p200.

- Hohl H., Stumm W., 1992. Interaction of Pb^{2+} with hydrous Y-Al_2 O_3, J. Colloid Interface science v.55, pp. 281–288.

- Hung C.F., Berenbaum M.R., Schuler M.A., 2001. Isolation and characterization of CYP6B4, a furanocoumarin-inducible cytochrome from a polyphagous caterpillar (Lepidoptera papilionidae). Insect Biochemistry and Molecular Biology. pp 377-385.

-I-

- Ince P G., Perry EK. Morris CM. 1998. Dementia with Lew y bodies. A distinct non-Alzheimer dementia syndrome. Brain Pathol. pp 299 –324.

-J-

- J.O.R.A, 2006. Valeurs limites des paramètres de rejets diffluents liquides industriels. Journal Officiel de la République Algérienne, 23 Avril 2006, p27.

-K-

- Khadri A., 2009. Qualité des eaux de la vallée de la Seybouse dans sa partie aval impacts des néofacteurs de pollution. Mémoire de Magister. Université Badji Mokhtar, Annaba Hydroécologie. p 105.

-L-

- Labres E., Moufffok F., (2008). Les cours national d'hygiène et de microbiologie des eaux de boisson. Manuel des travaux pratiques des eaux. Institut Pasteur d'Algérie. Algérie. p53.

- Ladlani I., 2007. Contribution à la gestion optimale de la ressource en eau mobilisée «choix de formule empirique pour l'estimation de l'évapotranspiration potentielle "ETP" dans les régions de Tébessa et Annaba». diplôme de Magister. Université de BATNA. p130.
- Lebres E., 2002. Cours national d'hygiène et de microbiologie des aliments « Microbiologie des eaux, des boissons et des produits de la mer ». Institut Pasteur d'Algérie. p34.
- Leclerc M., 1996. Microbiologie générale. Doin. France. p368.
- Legrini O., Oliveros E., Braun A.M., 1993. Photochemical Processes for Water Treatment. Chem Rev. pp. 671-698.
- Le pape H., 2003. Etude de Propriété Germicides de fibre de Charbon active « Application à La décontamination de l'aire en cabine d'avion ». Thèse Doctorat. Université de LIMOGES, Biologie cellulaire. p 167.
- Lightfoot N.F., (2002). Analyses microbiologiques des aliments et de l'eau. Directive pour l'assurance qualité. France. p387.
- Loucif S.N., 2002. Les ressources en eau et leur utilisation dans le secteur agricole en Algérie. Institut National Agronomique. Alger. p14.

-M-

- Margot J., Mangnet A., 2011. Traitement des micropolluants dans les eaux usées. gwa7/ 2010, P 487-492.
- Méndez F., Espulugas S., Giménez J., 2008. Photocatalytic degradation of non steroidal anti-inflamatory drugs with TiO_2 and simulated solar irradiation, *Water Res*. 42), pp. 585–594.
- Mouchara N., 2009. Impacts des lâchées de barrage Hammam Debagh sur la qualité des eaux de la vallée de la Seybouse dans sa partie amont (Nord-est Algérien). Mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar, Annaba, Hydrogéologie. p123.

-N-

- Nauciel C., Vildé J.L., 2005. Bactériologie médicale. Masson. 2ème édition. p 257.

-O-

- OMS, 1989. L'utilisation des eaux usées en agriculture recommandation à visés sanitaire. Rapport technique 778, Genève. p79.
- Oulkheir S, 2002. Caractérisation physico-chimique et bactériologique des eaux usées de la ville Kenitra. Mémoire de DESS. Fac Kenitra, Agro-ressource et chimique fine. pp 97.

-P-

- Poulios L., Kositzi M., Kouras A., 1998. PdaPhotocatalytic decomposition of triclopyrover aqueous semiconductor suspensions. Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry 115. pp 175-183.
- Pradeep R.A., Boucher D., Sime-Ngando T., Debroas D., Romdgoux J.c., 2005. Phage bacteriolysis, protistandac-Terivory potential, and bacterial production in a Fresh Water reservoir. Coupling With Temperatore Microb Ecol, 50. PP 64 – 72.
- Prescott L.M., Harley J.P., Klein D.A., 2003. Microbiologie. 2ème édition. De Boeck. Paris. p1163.

-R-

- Rejsek F., 2002. Analyse de l'eau: Aspect et règlementaire et technique, Ed CRDP d'Aquitaine, France. pp 385.
- Rodier J., 1996. L'analyse de l'eau, eau naturelles, eau résiduaires, eau de mer. 8ème éd, Dunod, pp1383.
- Rodier J., 2005. L'analyse de l'eau .Eau naturelles, eau résiduaires, eau de mer. 8ème éd, Dunod. pp1320.
- Rodier J, 2009. L'analyse de l'eau. Eau naturelles, eau résiduaires, eau de mer. 9ème éd, Dunod. pp 97-370.
- Rossignol B., 2007. Insulionorésistance et stress sxydant dans le syndrome métabolique: Etude expérimentale des effets protecteurs de microconstituants nutritionnels (polyphénols du thé, de la cannelle et chrome III). Thèse Doctorat, Université Joseph Fourier – Grenoble 1.pp 150.
- Roux, (2003). TP de microbiologie : Analyses de l'eau. IUP SIAL, Université Paris. p12.

-S-

- Sanae S., Elkharrim K., Khadmaoui A., Guissouss M., Benelharkati F., Elmarkhi M., Driss B., 2012. Caractérisation physico-chimique des eaux usées de l'hôpital provincial de Sidi Kacem (Maroc). *ScienceLib Editions Mersenne(*4), N ° 120713.
- Souiki L., 2008. Caractérisations biochimiques et microbiologiques des eaux usées de la ville de Biskra et purification par le procédé biologique phragmifiltre. Thèse de Doctorat, Université Badji mokhtar , Annaba. p104.
- Stoimenov P., 2000. Evaluation of antibacterial activity of nanoparticles. Coeted Sonochemically onto textile fabrics JMBFS.P; 109 (106-120). pp111.
- Sumana F., (2003). Disinfection by-products and other emerging contaminants in drinking water. TrAC – Trends in Analytical Chemistry 22(10): p 666–684.

-Z-

- Zhang L., Jimmy C., Hoyinyi P., Quanli R., Waikwoy K., 2003. Anbient lignt reduction strategy to synthesize silver Nanoparticules and siliver-coated TiO_2 with En hanced photocatalytic and Bactericidal Activities. 19(24) pp 10372-10350.

-A-

- Aboulkacem A., Chahlaoui A., Soulaymani F., Rhazi F., Benali D., 2007. « Etude comparative de la qualité bactériologique des eaux des oueds Boufekrane et Ouislane à la traversée de la ville de Meknès (Maroc) », REMISE, vol1, N°1, p : 10-22.

- Alahiane S., Qourzal S., El Ouardi M., Belmouden M., Assabbane M., Ait-Ichou. Adsorption et photodégradation du colorant indigo carmine en milieu aqueux en présence de TiO_2/UV/O_2 (Adsorption and photocatalytic degradation of indigo carmine dye in aqueous solutions using TiO_2/UV/O_2). Université Ibn Zohr ,Maroc. pp239-250.

- Angélique S. D., 2008. Effets biologiques de nanoparticules manufacture : influence de leurs caractéristiques. Thèse de Doctorat, l'institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement (Agro Paris Tech). France. pp194.

- Armand L., 2011. Effet des nanoparticules de dioxyde de titane sur les métalloprotéases, influence des paramètres physicochimiques. Thèse de Doctorat, L'institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement. p164.

- Auffan M., 2007. Nanoparticules d'oxydes métalliques relations entre la réactivité de surface et des Réponses biologiques. Thèse de Doctorat. Marseille, Université Paul Cézanne aix. p163.

-B-

- Barth C., Perron J., Perron J., 1998. Guide d'interprétation des paramètres microbiologiques d'intérêt dans le domaine de l'eau potable. Document de Travail (version préliminaire). Canada, Ministère de l'Environnement du Québec. p155.

- 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. Annaba, Université Badji Mokhtar. p128.

- 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. Maroc, Université Moulay Ismail. pp 34-37.

- Bentir M., 1996. L'épuration des eaux résiduaires industrielles en Algérie : Etat actuel et perspectives, Edil Inf eau, 5. pp 4-5.

- Bitton G., John W., Sons S., 1999. Waste Water Microbiologiogy USA. pp 578.

- Bouziani M., 2000. L'eau, de la pénurie aux maladies. Edition Ibn-Khaldoun, Algérie. p233.

- Bowers A.R., Huang C.P., 1985. Adsorption characteristics polyaceticamino acids onto hydrous Y-Al_2O_3, Colloid Interface Sci. 105. pp 197–215.

- C -

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

- Ceaeq A., 2012. Recherché et dénombrement de *Staphylococcus aureus* : Méthode par filtration sur membrane MA 700-STA 1.0. Centre D'expertise En Analyse Environnementale Du Québec, Ministère du Développement durable, de L'environnement et des Parcs du Québec, Rév. 4, Canada. p19.

- Charchar N., 2009. Contribution à l'étude de la pollution d'Oued Seybouse (Guelma) par les tensioactifs anionique (LAS). Diplôme Magister. Université 08 Mai 1945, Guelma. Hydroécologie. p128.

- Chen H.Y., Zahra O., Bouchy M., Thomas F., Bottero J.Y., 1995. Adsorption properties of TiO_2 related to the photocatalytic degradation of organic contaminants in water, J. Photochemistry Photobiol. pp 281–288.

- Cohen N., Karib H., 2007. *Vibrio* spp. dans les produits de la pêche : Risques et prévention. Les technologies de laboratoire. pp3-7.

-D-

- Dellarras C., 2007. Microbiologie pratique pour le laboratoire d'analyses ou de contrôle sanitaire. Lavoisier : Tec & Doc. Paris. p 463.

- Denis F., Ploy M.C., Martin C., Bingen E., Quentin R., 2007. Bactériologie médicale : Techniques usuelles. Elsevier Masson. p594

- Dorion O., Zahraa O., Bouchy M., 1995. Reacteur photocatalytique à lit fixe pour le traitement des eaux usées, Récents progrès en génie des procédés. INPL, 1rue Grandville, France. pp 105–110.

- DWH., 2006. Bilan des rejets domestiques et industriels du bassin de Guelma. Rapport inédit, Direction de l'hydraulique de Guelma. p 20.

-E-

- Edberg S.C., Karlin R.J. 2000. *E.coli:* The best biological drinking water indicator for public health protection. 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. pp14-19.

- El Blidi S., Fekhaoui M., Serghini A., El Abidi A., 2006. Rizières de la plaine du Gharb (Maroc) : qualité des eaux superficielles et profondes. *Bulletin de l'Institut Scientifique*. pp55-60.
- 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.

- 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. Maroc, Université de Meknès. p133.

- Engelkirk P.G., 2008. Laboratory Diagnosis of Infectious Diseases: Essentials of Diagnostic Microbiology. 1st edition. Lippincott Williams & Wilkins. p754.

-F-

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

- Federighi M., 2005. Bactériologie alimentaire- Compendium d'hygiène des aliments. 2ème édition: Economica. Paris. p292.

-G-

- Gebrati L., Loukili Idrissi L., Mountassir Y., Nejmeddine A., 2010. Détoxification of textile industry effluents by photocatalytic treatment. Environmental Technology. pp 625 -632.

- Guiraud J. P., (1998). Microbiologie alimentaire. Dunod. Paris. France. 651 p.

-H-

- Haddou M., 2010. Dégradation de dérivés de l'acide benzoïque par les procédés d'oxydation avancée en phase homogène et hétérogène : procédés Fenton, photo-Fenton et photocatalyse. Thèse de Doctorat. Université de Toulouse, Paul Sabatier. p189.

- Hammes F., (2006). Mechanistic and kinetic evaluation of organic disinfection by-product and assimilable organic carbon (AOC) formation during the ozonation of drinking water. Water Research 40(12): p. 2275–2286.

- Harvey R.A., Champe P.C., Fisher B.D., (2007). Microbiology. 2éme edition. Lippincott Williams & Wilkins. p432.

- Helali S., 2012. Application de la photo-dégradation pour la dégradation des polluants chimiques, bactériologiques dans l'eau en utilisant des catalyseurs irradiés. Thèse de Doctorat. L'Université Claude Bernard Lyon 1'école Doctorale de Chimie. p200.

- Hohl H., Stumm W., 1992. Interaction of Pb^{2+} with hydrous Y-Al_2 O_3, J. Colloid Interface science v.55, pp. 281–288.

- Hung C.F., Berenbaum M.R., Schuler M.A., 2001. Isolation and characterization of CYP6B4, a furanocoumarin-inducible cytochrome from a polyphagous caterpillar (Lepidoptera papilionidae). Insect Biochemistry and Molecular Biology. pp 377-385.

-I-

- Ince P G., Perry EK. Morris CM. 1998. Dementia with Lew y bodies. A distinct non-Alzheimer dementia syndrome. Brain Pathol. pp 299 –324.

-J-

- J.O.R.A, 2006. Valeurs limites des paramètres de rejets diffluents liquides industriels. Journal Officiel de la République Algérienne, 23 Avril 2006, p27.

-K-

- Khadri A., 2009. Qualité des eaux de la vallée de la Seybouse dans sa partie aval impacts des néofacteurs de pollution. Mémoire de Magister. Université Badji Mokhtar, Annaba Hydroécologie. p 105.

-L-

- Labres E., Moufffok F., (2008). Les cours national d'hygiène et de microbiologie des eaux de boisson. Manuel des travaux pratiques des eaux. Institut Pasteur d'Algérie. Algérie. p53.

- Ladlani I., 2007. Contribution à la gestion optimale de la ressource en eau mobilisée «choix de formule empirique pour l'estimation de l'évapotranspiration potentielle "ETP" dans les régions de Tébessa et Annaba». diplôme de Magister. Université de BATNA. p130.
- Lebres E., 2002. Cours national d'hygiène et de microbiologie des aliments « Microbiologie des eaux, des boissons et des produits de la mer ». Institut Pasteur d'Algérie. p34.
- Leclerc M., 1996. Microbiologie générale. Doin. France. p368.
- Legrini O., Oliveros E., Braun A.M., 1993. Photochemical Processes for Water Treatment. Chem Rev. pp. 671-698.
- Le pape H., 2003. Etude de Propriété Germicides de fibre de Charbon active « Application à La décontamination de l'aire en cabine d'avion ». Thèse Doctorat. Université de LIMOGES, Biologie cellulaire. p 167.
- Lightfoot N.F., (2002). Analyses microbiologiques des aliments et de l'eau. Directive pour l'assurance qualité. France. p387.
- Loucif S.N., 2002. Les ressources en eau et leur utilisation dans le secteur agricole en Algérie. Institut National Agronomique. Alger. p14.

-M-

- Margot J., Mangnet A., 2011. Traitement des micropolluants dans les eaux usées. gwa7/ 2010, P 487-492.
- Méndez F., Espulugas S., Giménez J., 2008. Photocatalytic degradation of non steroidal anti-inflamatory drugs with TiO_2 and simulated solar irradiation, *Water Res*. 42), pp. 585–594.
- Mouchara N., 2009. Impacts des lâchées de barrage Hammam Debagh sur la qualité des eaux de la vallée de la Seybouse dans sa partie amont (Nord-est Algérien). Mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar, Annaba, Hydrogéologie. p123.

-N-

- Nauciel C., Vildé J.L., 2005. Bactériologie médicale. Masson. 2ème édition. p 257.

-O-

- OMS, 1989. L'utilisation des eaux usées en agriculture recommandation à visés sanitaire. Rapport technique 778, Genève. p79.
- Oulkheir S, 2002. Caractérisation physico-chimique et bactériologique des eaux usées de la ville Kenitra. Mémoire de DESS. Fac Kenitra, Agro-ressource et chimique fine. pp 97.

-P-

- Poulios L., Kositzi M., Kouras A., 1998. Photocatalytic decomposition of triclopyrover aqueous semiconductor suspensions. Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry 115. pp 175-183.
- Pradeep R.A., Boucher D., Sime-Ngando T., Debroas D., Romdgoux J.c., 2005. Phage bacteriolysis, protistandac-Terivory potential, and bacterial production in a Fresh Water reservoir. Coupling With Temperatore Microb Ecol, 50. PP 64 – 72.
- Prescott L.M., Harley J.P., Klein D.A., 2003. Microbiologie. 2ème édition. De Boeck. Paris. p1163.

-R-

- Rejsek F., 2002. Analyse de l'eau: Aspect et règlementaire et technique, Ed CRDP d'Aquitaine, France. pp 385.
- Rodier J., 1996. L'analyse de l'eau, eau naturelles, eau résiduaires, eau de mer. 8ème éd, Dunod, pp1383.
- Rodier J., 2005. L'analyse de l'eau .Eau naturelles, eau résiduaires, eau de mer. 8ème éd, Dunod. pp1320.
- Rodier J, 2009. L'analyse de l'eau. Eau naturelles, eau résiduaires, eau de mer. 9ème éd, Dunod. pp 97-370.
- Rossignol B., 2007. Insulionorésistance et stress sxydant dans le syndrome métabolique: Etude expérimentale des effets protecteurs de microconstituants nutritionnels (polyphénols du thé, de la cannelle et chrome III). Thèse Doctorat, Université Joseph Fourier – Grenoble 1.pp 150.
- Roux, (2003). TP de microbiologie : Analyses de l'eau. IUP SIAL, Université Paris. p12.

-S-

- Sanae S., Elkharrim K., Khadmaoui A., Guissouss M., Benelharkati F., Elmarkhi M., Driss B., 2012. Caractérisation physico-chimique des eaux usées de l'hôpital provincial de Sidi Kacem (Maroc). *ScienceLib Editions Mersenne(*4), N ° 120713.
- Souiki L., 2008. Caractérisations biochimiques et microbiologiques des eaux usées de la ville de Biskra et purification par le procédé biologique phragmifiltre. Thèse de Doctorat, Université Badji mokhtar , Annaba. p104.
- Stoimenov P., 2000. Evaluation of antibacterial activity of nanoparticles. Coeted Sonochemically onto textile fabrics JMBFS.P; 109 (106-120). pp111.
- Sumana F., (2003). Disinfection by-products and other emerging contaminants in drinking water. TrAC – Trends in Analytical Chemistry 22(10): p 666–684.

-Z-

- Zhang L., Jimmy C., Hoyinyi P., Quanli R., Waikwoy K., 2003. Anbient lignt reduction strategy to synthesize silver Nanoparticules and siliver-coated TiO_2 with En hanced photocatalytic and Bactericidal Activities. 19(24) pp 10372-10350.

Photo 03 : Rejet des eaux usées de la commune de Boumahra Ahmed (Wilaya du Guelma) (Photo prise par OUGHIDNI).

a **b** **c**

Photo 04 : Mesures *in situ* (a) et prélèvement (b,c) (Photo prise par LAYADA)

Tableau 02 : Données climatiques de la station météorologique de la wilaya de Guelma (2004-2013)

Mois	Min	Max	Moy	Précipitation (mm)	Humidité relative (%)
Janvier	2.6	18.4	10.5	81.36	78.69
Février	2.5	18.9	10.7	73.11	75.56
Mars	5.3	21.1	13.2	87.7	75.24
Avril	7.6	25.1	16.35	61.55	73.7
Mai	9.8	29.7	19.75	53.91	69.54
Juin	14	36.2	25.1	21.34	61.55
Juillet	17.2	38.6	27.9	3.44	56.6
Août	18.1	39.6	28.85	16.76	58.48
Septembre	16	32.5	24.25	46	68.14
Octobre	12.7	31.1	21.9	53.98	70.76
Novembre	7.6	23.1	15.25	72.65	74.14
Décembre	4.9	19.2	12.05	73.6	77.16

Tableau 04 : Nombre le plus probable et l'intervalle de confiance (Rodier, 2009)

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

Tableau 06: Résultats de l'analyse physico-chimique de l'eau brute après traitement par dioxyde de titane (TiO_2).

paramètres			pH	Rh (mV)	O_2 dissous (mg/l)	CE (µs/cm)	DCO (mgd'O_2/ml)	DBO_5 (mgd'O_2/ml)	R=DCO/DBO_5	MES (mg/l)	Nitrates (mg/l)	Ortho-phosphates (mg/l)
Valeurs moyennes	Concentration (mM)	0,5	6,90	289,5	0,62	1228	80,46	58,31	1,38	127	1,24	5,6
		1	6,82	208	0,47	1166	68,12	51,75	1,31	124,5	1,23	5,3
		1,5	6,75	268	0,27	1148,5	61,7	46,96	1,31	113,5	0,32	5,1
		2	6,70	262	0,03	1136,5	47,8	44,2	1,08	95	0,21	5
		2,5	6,61	256	0,03	1112,5	28,48	37,84	0,75	90	0,08	4,8

Tableau 07: Résultats de l'analyse physico-chimique de l'eau brute après traitement par charbon actif en poudre (CAP).

paramètres			**pH**	**Rh (mV)**	**O_2 dissous (mg/l)**	**CE (µs/cm)**	**DCO (mgd'O_2/ml)**	**DBO_5 (mgd'O_2/ml)**	**R=DCO/DBO_5**	**MES (mg/l)**	**Nitrates (mg/l)**	**Orth-phosphates (mg/l)**
Valeurs moyennes	**Concentration (mM)**	**0,5**	**7,75**	**278**	**0,47**	**1219,5**	**71,61**	**55,75**	**1,28**	**132,5**	**1,24**	**5,6**
		1	**7,67**	**256**	**70,2**	**1182**	**60,14**	**50,17**	**1,19**	**123,5**	**1,23**	**5,3**
		1,5	**7,53**	**243**	**0,21**	**1135,5**	**51,51**	**44,9**	**1,14**	**96**	**0,32**	**5,1**
		2	**7,44**	**238**	**0,065**	**1135**	**40,48**	**42,34**	**0,95**	**86,5**	**0,21**	**5**
		2,5	**7,34**	**214**	**0,06**	**1109**	**22,4**	**34,10**	**0,65**	**82**	**0,08**	**4,8**

Tableau 10 : Résultats des analyses bactériologiques de l'eau brute après traitement avec (TiO_2)

Germes			Flore mésophile aérobie total (UFC/ml)	Coliformes (germe/1ml)		Streptocoques fécaux (Germe/1ml)	*Clostridium* sulfito-réducteur (germe/20ml)	Germes pathogènes				
				Coliformes totaux /1ml	Coliformes fécaux /1 ml			Salmonelles	Shigelles	*Staphylococcus epidermidis*	*P. fluorescens*	*V. vulnificus*
Valeurs moyennes	Concentration (mM)	0,5	7400	$74,75\times10^5$	0	$12,85\times10^3$	Indénombrables	Absence	Absence	Présence (16 colonies)	Présence	Présence
		1	5900	$3,78\times10^5$	0	$2,4\times10^3$	21	Absence	Absence	Présences (12 colonies)	Présence	Présence
		1,5	4200	$2,27\times10^5$	0	$1,25\times10^3$	8	Absence	Absence	Présence (08 colonies)	Absence	Présence
		2	2200	$1,2\times10^5$	0	$0,55\times10^3$	2	Absence	Absence	Absence	Absence	Présence
		2,5	1620	101250	0	$0,35\times10^3$	1	Absence	Absence	Absence	Absence	Présence

Tableau 12 : Résultats des analyses bactériologiques de l'eau brute après traitement avec (CAP).

Germes			Flore mésophile aérobie total (UFC/ml)	Coliformes (germe/1ml)		Streptocoques fécaux (Germe/1ml)	*Clostridium* sulfito-réducteur (germe/20ml)	Germes pathogènes				
				Coliformes totaux /1ml	Coliformes fécaux /1 ml			Salmonelles	Shigelles	*S. epidermidis*	*P. fluorescens*	*V. vulnificus*
Valeurs moyennes	Concentration (mM)	0,5	6500	105×10^5	0	$17,25\times10^5$	0	Absence	Absence	Présence	Absence	Absence
		1	5070	105×10^5	0	$13,75\times10^5$	0	Absence	Absence	Présences	Absence	Absence
		1,5	1570	105×10^5	0	$2,5\times10^5$	0	Absence	Absence	Présence	Absence	Absence
		2	1420	105×10^5	0	0	0	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence
		2,5	230	105×10^5	0	0	0	Absence	Absence	Présence	Absence	Absence

Tableau 09 : Résultats de la recherche des germes pathogènes dans l'eau brute (prise par LAYADA et OUGHIDNI)

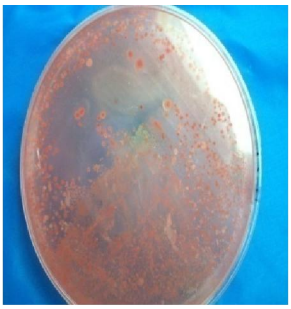
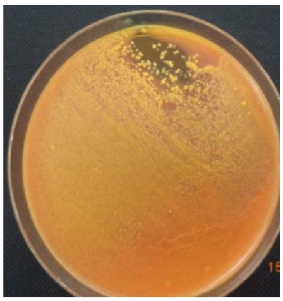
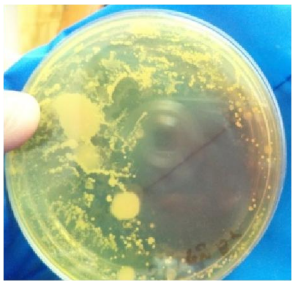
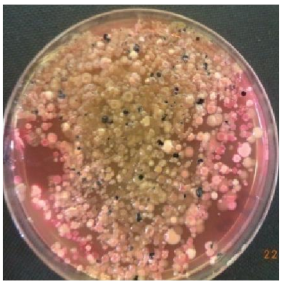
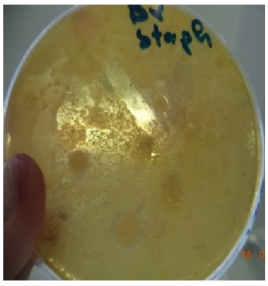
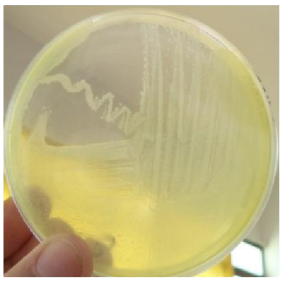
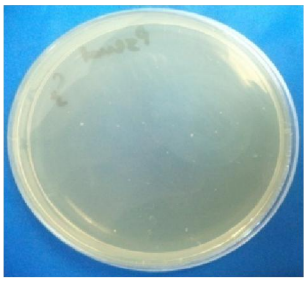
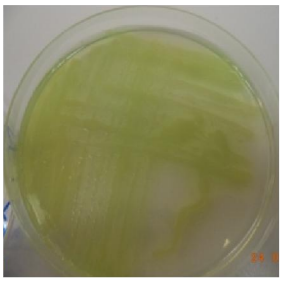
Mars	Avril
 **A** **B** Aspect des colonies sur gélose Mac- Conkey(A) et Hektoen (B)	 **a** **b** Aspect des colonies sur gélose Mac- Conkey(a) et Hektoen (b)
 **C** **D** Aspect des colonies sur gélose SS (C) et Chapman (D)	  **c** **d** Aspect des colonies sur gélose SS (c) et Chapman (d)
  **E** **F** Aspect des colonies sur gélose GNAB (E) et résultat négative sur gélose Cétrimide (F)	 **e** **f** Aspect des colonies sur gélose GNAB (e) Cétrimide (f)

Tableau 11: Résultats des analyses bactériologiques de l'eau brute après traitement avec (TiO_2) (prise par LAYADA et OUGHIDNI)

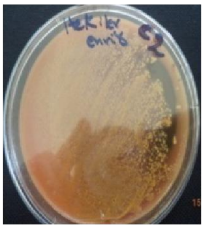
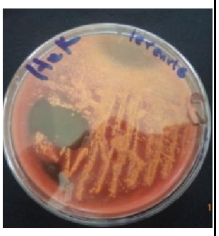
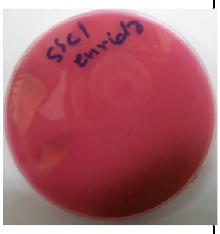
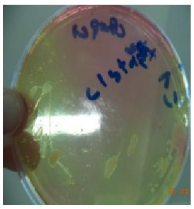
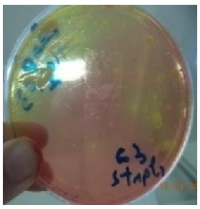
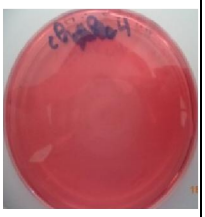
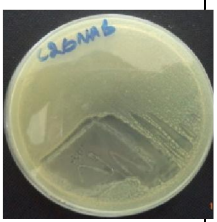
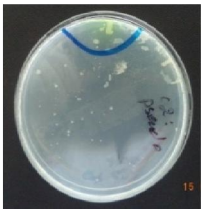
Milieu	Concentration (mM)				
	0 ,5	**1**	**1,5**	**2**	**2,5**
Mac Conky					
Hektoen					
SS					
Chapman					
GNAB					
Cétrimide					

Tableau 13: Résultats des analyses bactériologiques de l'eau brute après traitement avec (CAP) prise par LAYADA et OUGHIDNI)

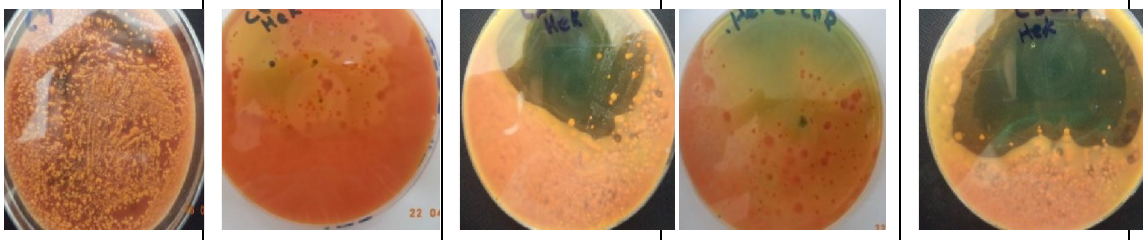
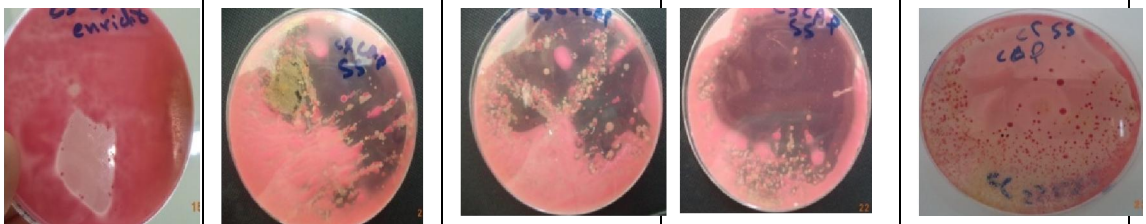
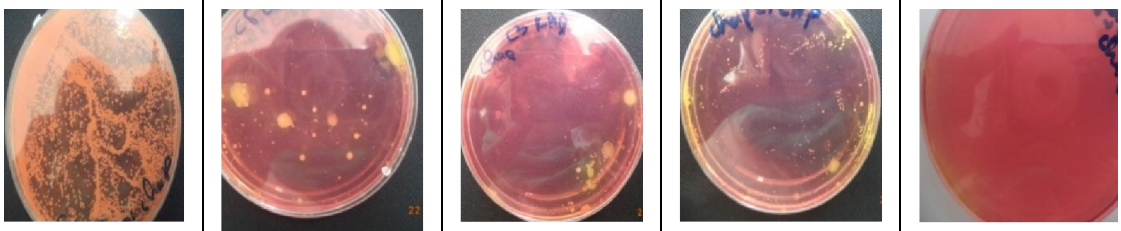
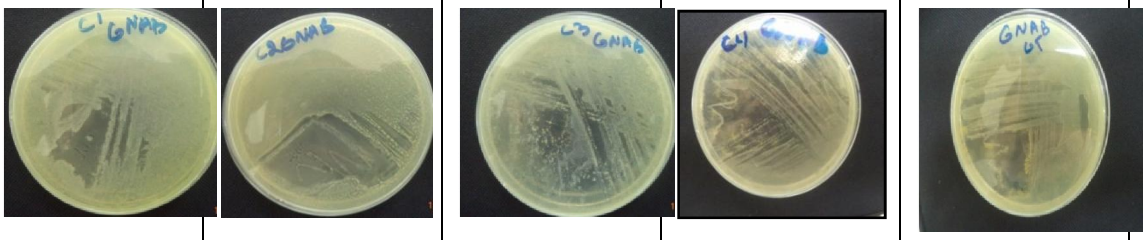
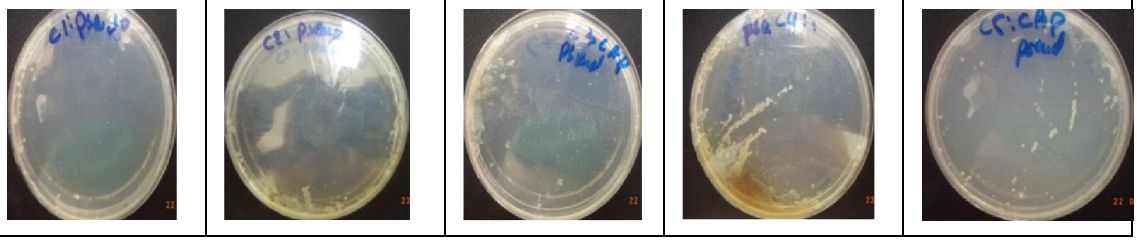
Milieu	Concentration (mM)				
	0 ,5	**1**	**1,5**	**2**	**2,5**
Mac Conky					
Hektoen					
SS					
Chapman					
GNAB					
Cétrimide					

Tableau 14: des normes physico-chimiques de rejet de l'OMS (1989)

Paramètres	Normes
T°	30°C
pH	6 ,5-8,5
O_2 dissous	5 mg/l
DCO	30 mg/l
DBO_5	90 mg/l
MES	30 mg/l
Azote total	30 mg/l
Phosphore total	10 mg/l

Tableau 15: les valeurs limites des paramètres physico-chimiques de rejet dans un milieu récepteurs (Journal Officiel de la Républiques Algérienne, 2006)

Paramétrés	Unités	Valeurs limites
Température	°C	30
pH	-	6,5 à 8,5
MES	mg/l	35
Turbidité	NTU	50
DCO	mg/l	35
DBO_5	mg/l	120
Azote Kjeldahl	mg/l	30
Phosphates	mg/l	02
Phosphore total	mg/l	10
Aluminium	mg/l	03
Cadmium	mg/l	0,2
Fer	mg/L	03
Manganèse	mg/l	01
Mercure total	mg/l	0,01
Nikel total	mg/l	0,5
Plomb total	mg/l	0,5
Cuivre totale	mg/l	0,5
Zinc total	mg/l	03
Huile et graisse	mg/l	20
Hydrocarbures totaux	mg/l	10
Indice phénols	mg/l	0,3
Fluor et composés	mg/l	15
Composés organiques chlorés	mg/l	05
(*) Chrome III+	mg/l	03
(*) Chrome VI+	mg/l	0,1
(*) solvants organiques	mg/l	20
(*) Chlore actif	mg/l	01
(*) PCB	mg/l	0,001
(*) Détergents	mg/l	02

(*) Valeur fixé par le Décret exécutif n° 93-160 du 10 juillet 1993.

LAYADA Selma; OUGHIDNI Fatima.

MEMOIRE Pour l'obtention d'un Diplôme de Master en Biologie
Option : Microbiologie de l'environnement: Santé, Eau et Environnement

Evaluation physico-chimique et bactériologique de rejet Boumahra Ahmed (W. de Guelma) et purification par les Nanoparticules (TiO_2 et CAP)

Résumé

Notre étude porte en premier temps sur la caractérisation des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de pollution des eaux usées de rejet Boumahra Ahmed (W. Guelma) puis nous avons testé l'effet de purification de ces eaux par des molécules nanométriques (TiO_2 et CAP). La caractérisation physico-chimique des eaux usées a montré qu'elles constituent des mélanges complexes très chargées en matières organiques avec des valeurs moyennes de DCO (108,5 mg/l), en DBO_5 (64,6 mg/l) en MES (176 mg/l), de nitrate (2,26 mg/l) et en Orthophosphates (12,4 mg/l). Le rapport ($DCO/DBO_5 = 1,68$) articule bien le caractère biodégradable de ce rejet. Les analyses bactériologique ont révèle une richesse de ces eaux en germes indicatrices de contamination fécale aves moyenne de 96×10^2 FMAT/ml, 105×10^5 CT/1ml, 1085×10^2 CF/1ml, 42×10^5 SF/1ml et nombre indéterminé des spores de *Clostridium* sulfito-réducteurs. Le rapport (CF/SF=0,02) souligne que l'origine de contamination de ce rejet est animale. Ainsi qu'on à montré la présence d'une fructification bactérienne dans ces eaux dont les espèces identifiés sont : (*V. vulnificus, S. epidermidis, P. fluorescens).* Le traitement catalytique a permis une réduction des indicateur physicochimiques de l'ordre de 73,82% de DCO 41,4 % de DBO_5 et de 36% en MES pour les nitrates 96,4% et 61,29% d'Orthophosphates de l'eau traitée par le TiO_2. Alors que sont de l'ordre de 79,41% de DCO, 47,21% de DBO_5 et de 41,63% des MES, 96,29% de nitrate et 61,2 % d'Orthophosphates. Concernant les indicateurs bactériologiques de pollution, le traitement catalytique a permis un abattement de l'ordre de 99,72 % de coliforme totaux ,100% des coliformes fécaux *E. coli*) et de 99,82 %des streptocoques fécaux dans l'eau traitée par le TiO_2.Un abattement de 100% des coliformes fécaux (*E. coli*) et des streptocoques fécaux dans l'eau traitée par le CAP.

Mots clés : Caractérisation, physico-chimique, bactériologique, purification catalytique, TiO_2, CAP, rejet, Boumahra Ahmed

MEMBRES DU JURY :

Président :	**ATOUSSI Sadek**	**(M.C.B)**	**Université de Guelma**
Examinateur :	**ROUABHIA Kamel**	**(M.A.A)**	**Université de Guelma**
Encadreur :	**GRARA Nedjoud**	**(M.A.A)**	**Université de Guelma**
Invitée :	**ABDI Soumia**	**(Doctorante)**	**Université de Souk Ahras**