

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 ET DE L'INGENIERIE  
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



## Mémoire de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie  
Spécialité : Biochimie Microbiologie Appliquée  
Option : Qualité des Produits et Sécurité Alimentaire

---

**Thème : EVALUATION DE LA QUALITE DES EAUX  
SOUTERRAINES DE LA GROTTTE OSMAN  
HAMMAM DEBAGH - GUELMA**

---

**Présenté par :** Fatima DARDAR  
Ibtissem BOUCHELAGHEM

**Devant le jury composé de :**

Président : M. GUETTAF Mohamed (M.A)  
Examineur : M. DJAKOUN Mohamed (M.A)  
Encadreur : M. BOUCHELAGHEM ELHadi (M.A)

Juin 2010

## REMERCIEMENTS

*Après avoir rendu grâce à DIEU,*

*J'adresse mes remerciements les plus chaleureux à :*

- Mes parents que je ne remercierai jamais assez,*
- M. BOUCHELAGHEM ElHadi qui m'a accueilli et encadrer durant toute la durée du stage, et qui a su patiemment et courageusement diriger ce mémoire.*
- Tout le corps enseignant du Département de Biologie de l'Université 8 mai 1945 de Guelma pour la qualité de leur enseignement.*
- Tous les membres du Labo de la Direction Départementale de la Santé (DDS) de Guelma, pour avoir bien accueilli et facilité mon intégration.*
- Nous remercions par la même occasion les membres du Labo de la STEP de Guelma, qui ont bien voulu accepter de nous accueillir et de nous soutenir sans cesse renouvelée durant notre stage.*
- Tout le personnel de la Station météorologique de Guelma, en particulier Monsieur Oumeddour Lekhmissi, pour la cordialité des échanges et la facilité qu'ils nous ont accordé dans la phase de collecte de données.*
- Toutes les personnes qui de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce document.*
- Nous voudrions remercier toutes celles et tous ceux qui ont bien voulu apporter leur contribution à la réalisation de ce mémoire.*
- Nous voudrions remercier notre technicienne de Lab de Biologie, Houria DJORFI, fidèle complice et compagnon mémorable pour ses soutiens multiformes et pour la bonne ambiance dans laquelle elle nous a permis de travailler. Merci à nos camarades étudiants, pour le soutien inestimable qu'ils nous ont apporté.*
- Nous tenons à exprimer nos reconnaissances envers Dr: Djakoun Mohamed et xxxxx A. qui ont eu la gentillesse de lire et corriger ce travail.*
- Nous remercions toute notre famille pour sa patience durant toutes ces années.*
- Que toutes celles et tous ceux qui ont bien voulu nous aider d'une manière ou d'une autre dans la réalisation de ce travail acceptent le témoignage de notre profonde gratitude.*

## DEDICACES

*Je dédie ce mémoire :*

*À ma mère*

*À mon père*

*À ma famille pour tout son soutien*

*À tous mes camarades de classe, pour ces 5 années de compagnonnage, je vous adore tous*

*À tous mes voisins de chambre (ceux de la H41 et de la H17)*

Produced with ScanTopDF

**SIGLES ET ABBREVIATIONS :**

**PH:** Potentiel d'Hydrogène.

**DCO :** Demande Chimique en Oxygène.

**DBO5 :** Demande Biochimique en Oxygène pendant 5 jours d'incubation.

**µS :** micro siemens.

**T° :** Température ;

**Turb :** Turbidité

**Condu :** Conductivité

**TH :** Titre Hydrotimétrique

**MES :** Matière En Suspension

**H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> :** Acide sulfurique.

**EDTA :** Ethyle Diamine Tétracétique

**TGEA :** Tryptone Glucose à l'Extrait de levure Agar.

**OMS :** Organisation Mondiale de la Santé

**CMA :** Concentration Maximale Admissible

**CEE :** Communauté Economique Européenne

Produced with ScanTOPDF

## LISTES DES FIGURES :

Figure 1.1 : Localisation de la zone d'étude (Grotte Osman-Hammam Debagh).....	06
Figure 1.2: Précipitations annuelles (mm) à Guelma de 1994-2009.....	07
Figure 1.3 : Précipitations moyennes mensuelles de 1994-2009.....	08
Figure 1.4 : Moyenne mensuelles des températures de 1994-2009.....	08
Figure 1.5 : Humidités relatives mensuelles moyennes sur la période de 1994-2009.....	09
Figure 1.6 : Profil des variations mensuelles moyennes de la vitesse du vent (m/s) - Année 2009.....	10
Figure 1.7 : Diaagramme ombrothermique de la région de Guelma.....	11
Figure 1.8 : Situation de la région de Guelma dans le climagramme d'Emberger (1994-2009).....	12
Figure 3.1 : appareil de DCO.....	37
Figure 3.2 : Sel de Mohr.....	37
Figure 3.3 : PH mètre.....	38
Figure 3.4 : spectromètre.....	38
Figure 3.5 : Oxymètre.....	39
Figure 3.6 : incubation des flacons de DBO5.....	40
Figure 3.7 : Bain marie.....	42
Figure 3.8 étuve 37°C.....	43
Figure 3.9: balance.....	43
Figure 3.10 : étuve 44°C.....	44
Figure 3.11 : BCPL positif.....	45
Figure 3.12: kowacks.....	46
Figure 3.13: test de confirmation anneau rouge.....	46
Figure 3.14 : Recherche et dénombrement des coliformes.....	48
Figure 3.15 : étuve 37°C.....	49
Figure 3.16 : Recherche et dénombrement du streptocoque.....	51
Figure 3.17 : étuve 37°C.....	52
Figure 3.18 : alun de fer.....	52
Figure 3.19 : recherche et dénombrement de sulfito-réductrices.....	53
Figure 3.20 : recherche et le dénombrement de salmonella.....	55
Figure 3.21 : Recherche et dénombrement de Staphylocoque.....	56

Figure 3.22: Recherche et dénombrement du Entérobactérie en milieu solide dilution.....	57
Figure 3.23: Recherche et dénombrement de la flore aérobie Mésophile totale en milieu solide.....	58
Figure 4.1 : Evaluation du taux des germes totaux dans la crotte OSMAN.....	65
Figure 4.2 : Evaluation du taux des coliformes fécaux dans la crotte OSMAN.....	65
Figure 4.3 : Evaluation du taux des Entérobactéries dans la crotte OSMAN.....	66
Figure 4.4 : Evaluation du taux des Streptocoques dans la crotte OSMAN.....	66
Figure 4.5 : Evaluation du taux de Température dans la crotte OSMAN.....	68
Figure 4.6 : Evaluation du taux de conductivité dans la crotte OSMAN.....	68
Figure 4.7 : Evaluation du taux du pH dans la crotte OSMAN.....	68
Figure 4.8 : Evaluation du taux de l'oxygène dessous dans la crotte OSMAN.....	69
Figure 4.9 : Evaluation du taux de nitrate dans la crotte OSMAN.....	69
Figure 4.10 : Evaluation du taux de nitrite dans la crotte OSMAN.....	69
Figure 4.11 : Evaluation du taux de $\text{NH}_4$ dans la crotte OSMAN.....	71
Figure 4.12 : Evaluation du taux d' $\text{OPO}_4$ dans la crotte OSMAN.....	71
Figure 4.13 : Evaluation du taux de DCO dans la crotte OSMAN.....	71
Figure 4.14 : Evaluation du taux des MES dans la crotte OSMAN.....	71
Figure 4.15 : Evaluation du taux des potentiels redox dans la crotte OSMAN.....	71

Produced with Scantopdf

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1.1.</b> Humidité relative mensuelles moyennes de la région d'étude de 1994-2009.....	09
<b>Tableau 1.2.</b> Profil des variations mensuelles moyennes de la vitesse du vent sur le site d'étude (Années 2009).....	10
<b>Tableau 2.1.</b> Les principaux indicateurs physico-chimiques de pollution.....	16
<b>Tableau 2.2.</b> Les principaux indicateurs microbiologiques de la pollution.....	17
<b>Tableau 2.3.</b> Les normes de la dureté de l'eau de boisson sont illustrées selon l'OMS.....	18
<b>Tableau 2.4.</b> Degré de potabilité suivant les résidus sec.....	19
<b>Tableau 2.5.</b> Données statistiques des MTH de la région de Guelma (2000-2008).....	31
<b>Tableau 4.1.</b> Les substances chimiques utilisées dans la région de Guelma.....	63

Produced with ScanTopDF

## TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS	
DEDICACE	
SIGLES ET ABREVIATIONS	
LISTE DES FIGURES	
LISTE DES TABLEAUX	
<b>PRESENTATION DE L'ETUDE</b>	<b>01</b>
<b>INTRODUCTION GENERALE</b>	<b>02</b>
<b>CHAPITRE 1. CARACTERISTIQUES GENERALES DE LA REGION D'ETUDE</b>	<b>04</b>
1.1. Situation géographique et reliefs	05
1.1.1. Localisation géographique	05
1.1.2. Description du site d'étude	05
1.1.3. Occupation du sol	05
1.1.4. Les conditions climatiques et hydrologiques	07
1.1.5. Relations entre la température et la précipitation	10
1.2. L'impact des changements climatiques	12
<b>CHAPITRE 2. DEGRADATION DE LA QUALITE DE L'EAU ET RISQUES SANITAIRES</b>	<b>13</b>
2.1. Généralité sur l'eau	14
2.1.1. L'eau dans le monde	14
2.1.2. Rôle de l'eau	14
2.1.3. Usages des eaux	14
2.2. Les sources de l'eau	15
2.3. Les principaux indicateurs de pollution	16
2.4. Paramètres de Qualité	17
2.4.1. Paramètres organoleptiques	17
2.4.2. Paramètres physicochimiques	18
2.4.3. Paramètres indésirables	20
2.4.4. Paramètres microbiologiques	21
2.5. Les maladies à transmission hydriques (MTH)	23
2.5.1. Les maladies d'origines biologiques	23
2.5.1.1. Bactéries	23
2.5.1.1.1. La famille des Enterobacteriaceae	23
2.5.1.1.2. La famille des Vibrionaceae	27
2.5.1.2. Virus	29
2.5.1.3. Parasites	29
2.5.2. Les maladies d'origines chimiques	29

2.5.3. Les MTH à Guelma.....	31
2.6. Problématiques d'environnement.....	32
<b>CHAPITRE 3. MATERIEL ET METHODES.....</b>	<b>34</b>
3.1. Mode du prélèvement des échantillons d'eau.....	35
3.2. Analyse physicochimique.....	35
3.2.1. Mesure sur terrain.....	35
3.2.1.1. Mesure de la température.....	36
3.2.1.2. Mesure de l'oxygène dissous.....	36
3.2.1.3. Mesure de la conductivité.....	36
3.2.1.4. Mesure de pH.....	36
3.2.2. Mesure au laboratoire.....	36
3.2.2.1. Détermination de la demande chimique en oxygène (DCO).....	36
3.2.2.2. Détermination de potentiel redox (RH).....	38
3.2.2.3. Dosage des ortho phosphates ( $\text{OPO}_4^-$ ).....	38
3.2.2.4. Détermination de la demande biochimique en oxygène après 5jours.....	39
3.2.2.5. Détermination de la pollution azotée ( $\text{NH}_4$ ).....	40
3.2.2.6. Dosage des nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ).....	41
3.2.2.7. Dosage des nitrates $\text{NO}_3^-$ méthode au salicylate de sodium.....	42
3.2.2.8. Dosage des matières en suspension (MES).....	43
3.3. Analyses bactériologiques.....	44
3.3.1. Recherche et dénombrement de Coliformes totaux et thermo tolérants.....	44
3.3.2. Recherche et dénombrement de streptocoques.....	49
3.3.3. Recherche et dénombrement des bactéries anaérobies sulfite-réductrices.....	52
3.3.4. Recherche et le dénombrement de salmonella.....	54
3.3.5. Recherche et Dénombrement de Staphylocoque.....	56
3.3.6. Recherche et dénombrement de la flore aérobie Mésophile total.....	58
3.3.7. Coloration de Gram.....	59
3.3.8. Identification biochimique par La Galerie API 20 E.....	59
<b>CHAPITRE 4 : RESULTATS ET DISCUSSION.....</b>	<b>61</b>
4.1. La pollution des eaux de la nappe.....	62
4.2. Les trajets.....	62
4.3. Les origines des pollutions.....	63
4.4. Analyses bactériologiques.....	64
4.4.1. Résultats des dénombrements des micro-organismes de l'eau.....	64
4.4.1.1. Germes totaux.....	64
4.4.1.2. Coliformes fécaux.....	64
4.4.1.3. Les anaérobies Sulfite-réducteurs (ASR).....	64

4.4.1.4. Streptocoques fécaux.....	64
4.4.1.5. Les staphylocoques.....	65
4.4.1.6. Les Entérobactéries.....	65
4.4.1.7. Les salmonella.....	66
4.4.1.8. Résultats de l'identification biochimique.....	66
4.5. Analyses physico-chimiques .....	66
4.5.1. La température (T°C).....	67
4.5.2. La conductivité électrique (CE) .....	67
4.5.3. Le potentiel d'hydrogène (pH).....	67
4.5.4. Oxygène dissous (O <sub>2</sub> ).....	67
4.5.5. Nitrates (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ).....	67
4.5.6. Nitrites (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ).....	70
4.5.7. Ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ).....	70
4.5.8. L'ortho phosphate (OPO <sub>4</sub> <sup>-</sup> ).....	70
4.5.9. Demande chimique en oxygène (DCO).....	70
4.5.10. Demande biochimique en oxygène pendant 5 jours.....	70
4.5.11. Matière en suspension (MES).....	70
4.5.12. Potentiel redox (RH).....	72
CONCLUSION GENERALE.....	73
RESUME.....	74
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	77
ANNEXES.....	80

Produced with Scantopdf

## PRESENTATION DE L'ETUDE

### *Démarche expérimentale et organisation du manuscrit*

En réponse aux objectifs fixés, ce manuscrit est composé de 4 Chapitres.

**Le Chapitre 1** s'appuie sur une base bibliographique afin de préciser le contexte général de ce travail. Après un bref aperçu sur la description du site d'études concernées, la bibliographie est utilisée afin de décrire les mécanismes qui contrôlent les fuites de polluants.

Ensuite un aperçu du fonctionnement général des plaines alluviales est indiqué afin de définir dans quel contexte l'impact des polluants sera évalué. Ce chapitre se termine par une revue bibliographique des modèles climatologiques, des modèles hydrologiques, et des modèles hydrogéologiques, susceptibles d'être impliqués dans l'étude du contexte pédoclimatique.

**Le Chapitre 2** met l'accent sur les principaux risques sanitaires liés à la dégradation de la qualité de l'eau pour prévenir les risques sanitaires incluant la gestion des eaux dans toutes ses utilisations, quelles qu'elles soient.

**Le Chapitre 3** présente le matériel et méthodes de ce manuscrit. Il contient d'abord le matériel mis à disposition pour la réalisation des protocoles expérimentaux, ainsi que des méthodes expérimentales de terrain.

**Le Chapitre 4** constitue la discussion générale de ce travail de mémoire. Il est ainsi discuté successivement des méthodes utilisées, puis des modèles et enfin, des résultats scientifiques des chapitres 2 et 3.

Enfin, ce manuscrit se termine par une conclusion qui rappelle les principaux résultats de ce travail et les perspectives qu'ils permettent d'envisager.

## INTRODUCTION GENERALE

### *Contexte général*

L'eau souterraine est contenue dans les pores ou les fissures de roches qui forment le sous-sol. On parle de **roche aquifère** (étymologiquement « roche qui contient l'eau »). Ces aquifères sont généralement composés de deux zones :

« Une zone non saturée comprenant le sol et la partie supérieure de la roche aquifère. Dans cette zone, l'eau ne remplit pas l'intégralité des pores de la roche, elle adhère plus ou moins fortement par effet de la tension superficielle à la partie solide ;

• Une zone saturée dans laquelle les interstices de la roche sont complètement saturés d'eau. Cette eau contenue dans la roche prend le nom de « nappe ». La densité des vides varie de quelques 15% usuellement. Elle ne constitue que très rarement des rivières ou des lacs souterrains.

Les nappes d'eau souterraines sont alimentées par ruissellement par ce que l'on appelle la pluie efficace. Ces eaux qui lessivent le sol vont entraîner avec elles d'éventuelles pollutions et faire varier le niveau des nappes.

Les eaux souterraines des plaines alluviales sont des zones très vulnérables du point de vue de la pollution par les ions nitrate (Roux, 1995). Ceci s'explique par la présence d'une part d'un sol riche et profond, favorable aux activités agricoles, et d'autre part par la présence d'une nappe peu profonde.

Les plaines alluviales comportent deux compartiments hydrologiques : le cours d'eau et la nappe alluviale d'accompagnement. L'importance des échanges entre ces deux compartiments est variable et fonction de l'importance du cours d'eau. Dans le cas d'un petit cours d'eau, la zone d'influence du cours d'eau sur l'aquifère est réduite et la recharge de la nappe alluviale s'effectue principalement grâce au drainage vertical. A l'inverse, s'il s'agit d'un cours d'eau important, la zone d'influence du cours d'eau sur l'aquifère est beaucoup plus étendue et la recharge de la nappe alluviale est alors dépendante du drainage vertical et des flux latéraux du cours d'eau vers l'aquifère notamment en période de crue.

La présence combinée d'activités agricoles et d'une nappe peu profonde rendent donc les nappes alluviales particulièrement sensibles aux pollutions d'origine agricole comme les ions nitrate. Il existe de nombreux moyens d'action afin de contrôler les fuites de nitrate sous les parcelles agricoles.

## **Objectifs**

La question scientifique de ce travail de mémoire concerne l'évaluation de la contribution quantitative et temporelle de l'agriculture à la pollution des eaux dans les plaines alluviales. L'objectif de ce travail est double :

1. Analyser et modéliser l'impact des pratiques agricoles et de vérifier la qualité physico chimique, microbiologique et organique vers les eaux souterraines de la grotte Osman de Hammam Debagh.
2. Evaluer l'impact des fuites Lors de la circulation de l'eau dans le sol ou a la surface de terre, l'eau se pollue et se charge de matière en suspension, produits chimiques, déchets industriels issus des activités humaines, organismes vivants (bactéries, virus,), sels divers (nitrate, chlorures, calcium, manganèse...etc.),

Pour cela nous avons effectués un ensemble d'analyses physicochimiques et bactériologiques. D'un point de vue plus finalisé, ce travail doit aussi permettre d'évaluer l'impact des pratiques de prévention des fuites de polluants et de proposer des pratiques agricoles adaptées aux plaines alluviales pouvant minimiser l'impact de l'agriculture sur les pertes de ces polluants vers les hydro systèmes.

## CHAPITRE 1

# CARACTERISTIQUES GENERALES DE LA REGION D'ETUDE

Produced with ScantOPDF

## 1.1. Situation géographique et reliefs:

La grotte Osman est une vaste nappe aquifère située à environ 2km aux limites sud de Hammam Debagh et d'Ain Hessainia, elle s'ouvre au-dessus du lit de torrents dans les failles de la craie ou des calcaires karstiques (Fig.1).

L'envoyage peut être d'origine tectonique, mais il peut aussi résulter par une simple érosion présentant un affaissement d'une ouverture très peu différenciée de 2m d'envergure et d'une profondeur de 20m environ.

L'âge très récent de la transgression par les cours d'eau qui la dévalaient n'avaient pas eu le temps de régulariser le profil en long et en travers, et ne leur a que rarement permis de s'élaborer, et par conséquent le rare ruissellement sous climat semi aride est incapable de s'encaisser rapidement en percolant les roches qu'il atteigne sur place.

Le sol s'y présente, en général, sous la forme de plateaux pierreux, secs, arides, monotones, couverts de végétation, dont Les observations auxquels nous sommes parvenus, montrent que les espèces dominantes, celles qui impriment leur physionomie à la végétation et au paysage par leur abondance, leur fréquence, leur taille ou leur taux de recouvrement sont au nombre de deux : *Pistacia lentiscus* et *Olea europaea* croissant dans les cailloux, de terres rouges ou jaunâtres, de taillis couvrant à peine la nudité des collines; en certains parages, d'assez vastes remblais tertialres, de grès rouges siliceux. Ces formes se raccordent aux reliefs du moyen de la chaîne numidique, enfin des riches alluvions des vallées et de quelques lambeaux peu importants constitués de formations diverses en majeure partie par les marnes **Blayac (1912)**.

### 1.1.1. Localisation géographique :

1. **Localité** : Hammam Debagh.
2. **Longitude** : E 007°16. 493.
3. **Latitude** : N 36° 26. 454.
4. **Altitude** : 425.6m.

### 1.1.2. Description du site d'étude :

L'étude porte sur une grande nappe libre, de formation sédimentaire. La Grotte Osman est contenue dans des roches poreuses (sable, craie, calcaire) jadis déposées en vastes couches. Les forages établis dans ces roches peuvent délivrer à peu près de 50 à 200 m<sup>3</sup> d'eau à l'heure. Ces nappes sont dites libres parce que la surface supérieure de l'eau fluctue sans contrainte. Il n'y a pas de "couvercle" imperméable au toit du réservoir et la pluie qui s'infiltré peut les alimenter par toute la surface. Ces nappes sont souvent peu profondes (jusqu'à 20 mètres)

### 1.1.3. Occupation du sol:

#### 1.1.3.1. L'influence de l'agriculture intensive sur la qualité des eaux souterraines :

Au cours de ces dernières années, l'agriculture a complètement évolué et le paysage rural sur la région d'étude s'est profondément modifié. Cette modification pose de nombreux problèmes dans la gestion de l'eau.

L'irrigation peut, en période d'étiage, assécher les oueds dans les secteurs les plus sensibles, provoquant ainsi des dégâts considérables sur toute vie aquatique.

L'agriculture serait responsable de la 2/3 des rejets azotés et produirait, via les déjections animales et les engrais, 22% de la pollution par le phosphore. La contamination par les phytosanitaires est très importante.

La Politique Agricole Commune a provoqué une nouvelle baisse des prix de 20 % qui devrait inciter à produire encore plus sur un minimum de surface. Enfin, les exigences de qualité toujours plus grandes des industriels de l'agroalimentaire obligent à forcer la nature. Plus question désormais de vendre des légumes qui n'ont pas un bel aspect. Si bien qu'aujourd'hui, on arrose systématiquement jusqu'aux pommes de terre pour qu'elles atteignent une taille standardisée pour la fabrication de chips et frites industrielles.

L'eau est devenue le facteur essentiel de rentabilité de nombreuses exploitations. Sur l'Aire d'étude, les surfaces irriguées représentent autour de quelques 200 hectares d'après les résultats obtenus auprès de la Sub division Agricole de Hammam Debagh. Un hectare irrigué "boit" environ 1000 m<sup>3</sup> par an, mais on serait bien en peine d'en déduire la consommation exacte d'eau de l'agriculture.

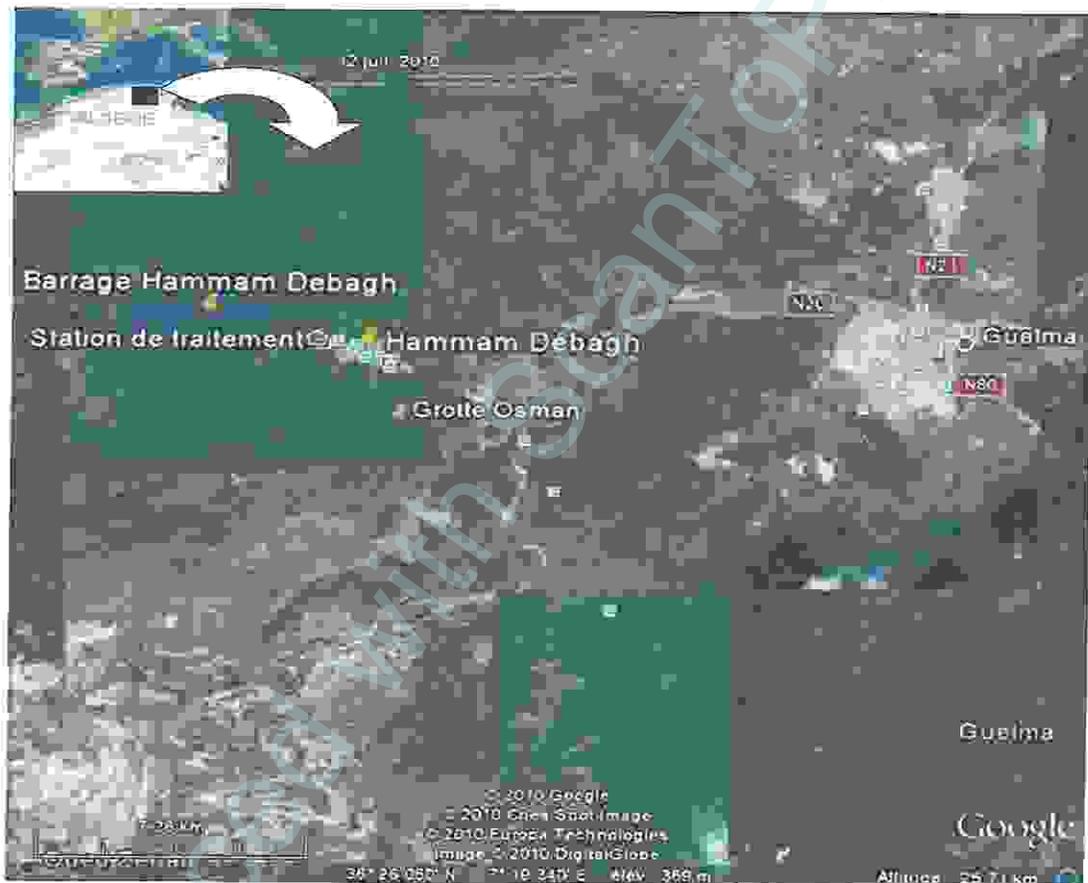


Figure 1.1: Localisation de la région d'étude (Grotte Osman-Hammam Debagh). Source (Google Earth 2010).

### 1.1.3.2. Réseau hydrographique :

L'Oued Bouhamdane (37.49 km) prend sa source dans les massifs de Aïn Abid (Constantine), à 980 m d'altitude qui devient Oued Zenati dans son cours supérieur. Après un parcours de 52.40 kilomètres globalement orienté sud-nord, le Bouhamdane reçoit Oued Sabath en rive gauche à la sortie ouest du chef lieu de Bordj Sabath, à 518 mètres d'altitude.

Au niveau de cette confluence, qui constitue la limite aval des Oueds Sabath et Zenati, le Bouhamdane draine une surface de 1136 km<sup>2</sup>. L'ensemble du réseau représente 100 km de cours d'eau permanents auxquels s'ajoutent jusqu'à 75 km de cours d'eau temporaires.

Le **réseau hydrographique** est de type pluvial, marqué par une **dissymétrie importante** : la majorité des affluents proviennent de la rive droite, le cheveu en rive gauche est peu dense et constitué de cours d'eau de faible extension (Bouchelaghem, H 2008).

Oued Bouhamdane est un affluent principal d'Oued Seybouse avec Oued Cherf, qui se rejoignent à la confluence de Medjez Amar donnant naissance à Oued Seybouse, ce dernier coule en direction du nord depuis Boucheouf; et se jette dans la Méditerranée par l'estuaire de Sidi Salem à Annaba, c'est un des plus grands oueds d'Algérie, avec un débit annuel de 500 millions de m<sup>3</sup>.

### 1.1.1. Les conditions climatiques et hydrologiques :

La détermination du climat s'effectue généralement à l'aide de moyennes établies à partir de mesures statistiques, annuelles et mensuelles, sur des données atmosphériques locales de séries vingtenaires ou plus : température, précipitations, ensoleillement, humidité, vitesse du vent. Ces paramètres vont influencer directement les cycles biogéochimiques de l'eau, du carbone et de l'azote, décrits précédemment.

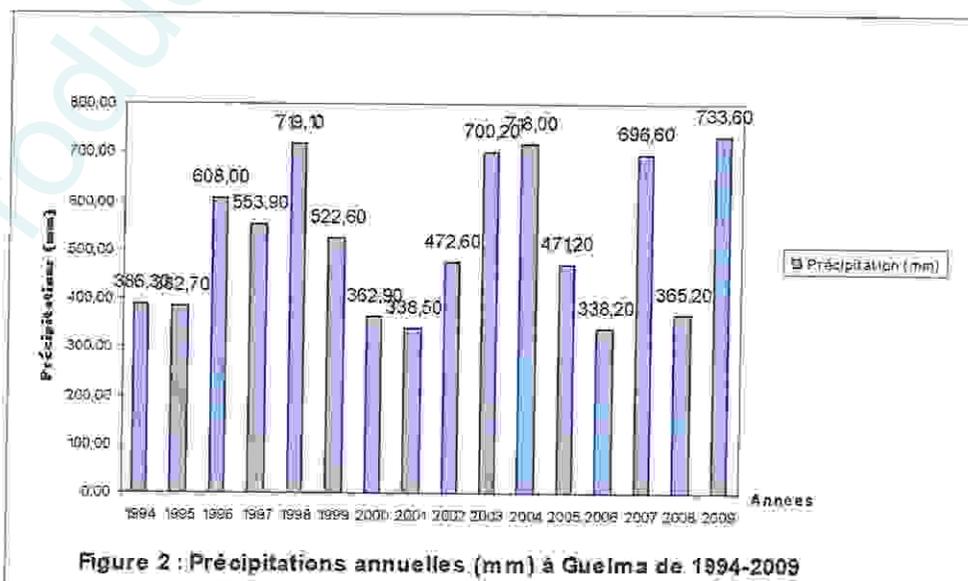
En influençant la croissance des végétaux, et donc l'absorption racinaire, le climat va influencer le cycle de l'azote. Il va également, notamment via les précipitations, influencer de façon significative la percolation de l'eau dans le sol et donc le transport des fertilisants et substances phytosanitaires dans le sol.

Une station météorologique principale fonctionne à Belkheir à 3km au nord est de la ville de Guelma. Nous avons eu la chance de pouvoir nous procurer gracieusement une chronique de seize ans consécutifs (1994-2009).

Pour caractériser écologiquement le climat de la région d'étude, nous avons eu recours, pour tous les indicateurs climatiques, à l'étude de variables simples, appuyée sur les moyennes et les valeurs extrêmes. Les moyennes donnent une image lissée de la réalité. C'est tout particulièrement le cas pour les températures auxquelles est soumise la région. Mais, comme l'a souligné P. DAGET (1967), à l'intérieur d'un même régime thermique, les moyennes mensuelles et annuelles intègrent les températures vraies, ce qui permet de justifier leur emploi.

#### 1.1.1.1. Les précipitations

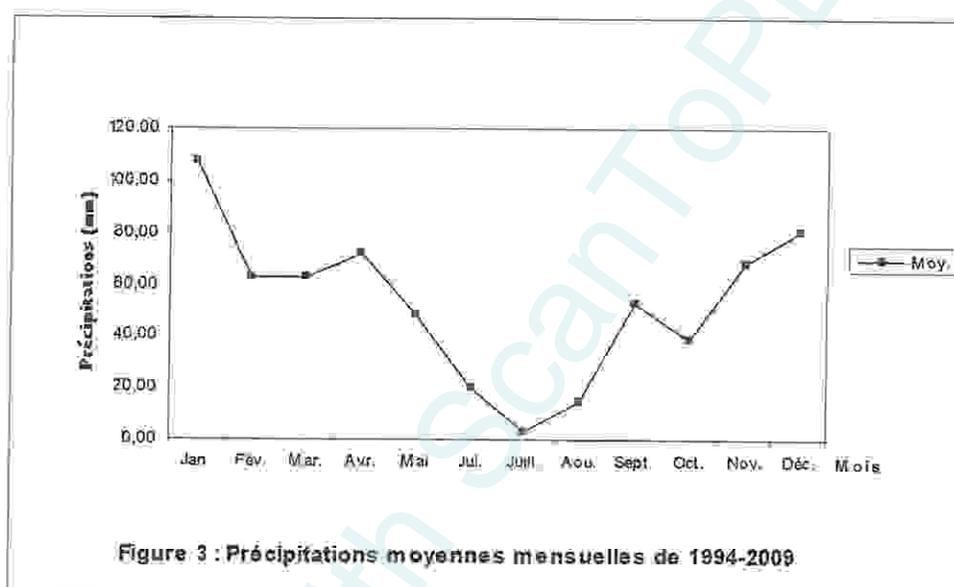
Les précipitations annuelles moyennes s'élèvent à 523.10 mm, mais les valeurs annuelles varient de 338,20 mm (en 2006) à 733.60 mm (en 2009) (Fig. 2). C'est dire si les fluctuations sont fortes d'une année sur l'autre. L'écart type atteint 85,26 mm et l'écart moyen arithmétique 11,21 mm.



Sur 16 années complètes d'observation, la région de Guelma a connu quatre années très arrosées ( $P. > 700$  mm), deux années arrosées ( $700 > P. > 600$  mm), deux années moyennement arrosées ( $600 > P. > 500$  mm), deux années moyennement sèches ( $500 > P. > 400$  mm) et six années sèches ( $P. < 400$  mm).

Les précipitations tombent surtout de septembre à mai (Fig. 3), période qui connaît de 36 à 91 jours de pluie selon les années.

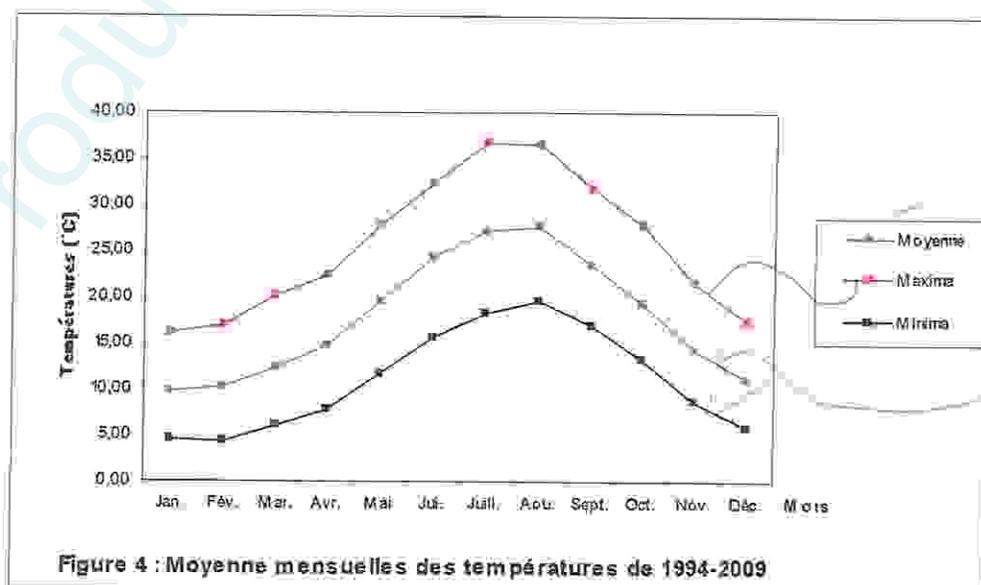
En moyenne, décembre et janvier reçoivent les précipitations les plus abondantes : 80,60 et 107,95 mm respectivement. Avril vient en troisième position, mais avec 71,86 mm seulement. À l'opposé, juillet (3,27 mm) et août (14,78 mm) sont très secs.



### 1.1.0.2. Les températures

La température moyenne annuelle est de  $17,82^{\circ}\text{C}$ , avec une moyenne des minima journaliers de  $11,08^{\circ}\text{C}$  et une moyenne des maxima journaliers de  $25,62^{\circ}\text{C}$ .

À l'échelle mensuelle, les températures moyennes sont comprises entre  $9,75^{\circ}\text{C}$  en janvier et  $27,51^{\circ}\text{C}$  en août. Les valeurs moyennes des minima journaliers vont de  $4,25^{\circ}\text{C}$  en février à  $19,58^{\circ}\text{C}$  en août et celles des maxima journaliers de  $15,99^{\circ}\text{C}$  en janvier à  $36,75^{\circ}\text{C}$  en juillet (Fig. 4).



### 1.1.3. Humidité relative

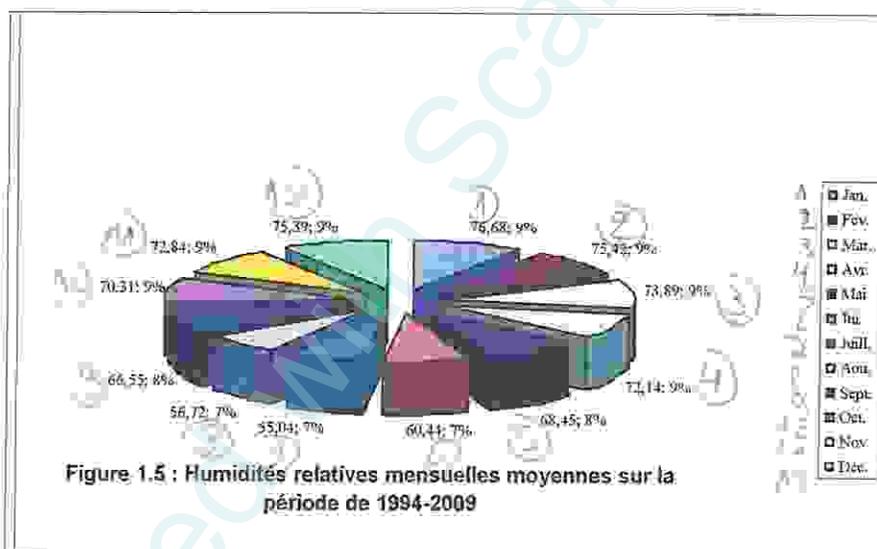
La valeur annuelle moyenne de l'humidité relative avoisine 68.66 % seulement. De ce fait, les valeurs les plus faibles du degré hygrométrique (de l'ordre de 55%) sont observées pendant les mois les plus chauds en juillet et en août, alors que les valeurs les plus fortes (de l'ordre de 76 %) le sont en mois de Janvier, février et en décembre (Tab. 1).

Tableau 1.1: Humidité relative mensuelles moyennes de la région d'étude de 1994-2009

Mois	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc
H.R. (%)	76,68	75,42	73,89	72,14	68,45	60,44	55,04	66,72	66,55	70,31	72,84	75,39

La figure 5 montre que l'humidité relative est élevée durant les mois d'octobre, décembre, janvier et février, alors qu'elle est faible pendant les mois les plus chauds, Juin, Juillet et Août.

La région de Guelma présente donc une faible humidité relative, avec une moyenne maximale de 76,68% pour le mois de Janvier et une moyenne minimale de 55,04% en Juillet.



### 1.1.4. Vent:

Les données de vent de surface disponibles sont obtenues à partir des relevés de l'an (2009) obtenus auprès de la Station Météorologique de Guelma (Tab. 02).

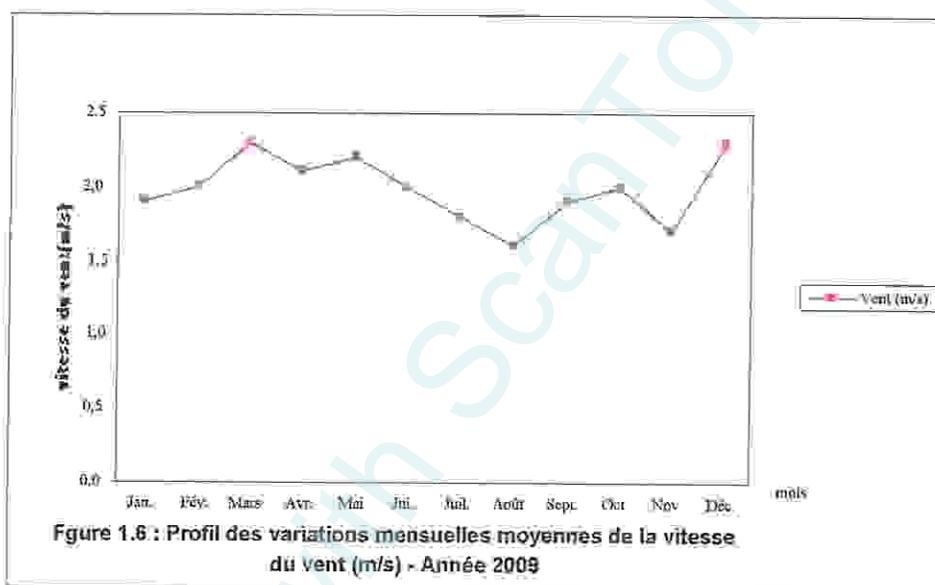
La figure 6 montre l'évolution saisonnière de la vitesse du vent, à partir de moyennes mensuelles sur la région de Guelma. On constate l'existence d'un signal saisonnier important dans la saison hivernale et automnale défini, respectivement, par un maximum aux mois de mars et décembre et un minimum au mois d'août.

L'insuffisance des observations réalisées sur la période ultérieure de l'aire d'étude ne permet cependant pas d'atteindre une description fine de la fréquence des variations du vent.

Tableau 1.2 : Profil des variations mensuelles moyennes de la vitesse du vent sur le site d'étude (Années 2009)

Mois	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Vent (m/s)	1,8	2	2,3	2,1	2,2	2	1,8	1,6	1,9	2	1,7	2,3

Les intensités de vent (Fig.6) s'étendent de 1,6 à 2,3 m s<sup>-1</sup>, Les vents sont forts en mois de mars, puis se réduisent progressivement jusqu'en mois de novembre où leur force est minimale. Leur intensité s'accroît ensuite jusqu' en mois de janvier avant de diminuer à nouveau.



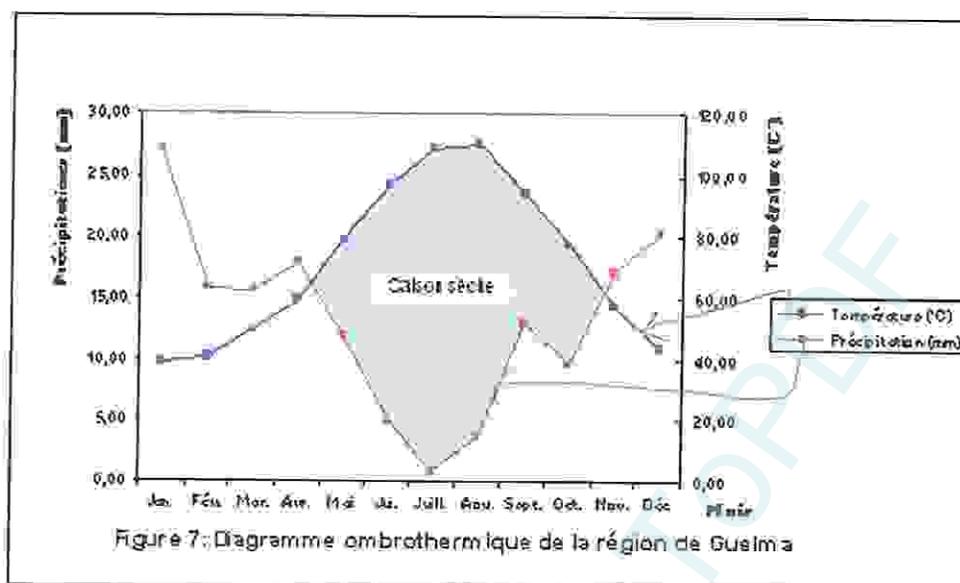
## 1.1.5. Relations entre la température et la précipitation :

### 1.1.5.1. Diagramme ombrothermique de Gausson

Sur un graphique, on porte :

- En abscisses : les mois de l'année (en commençant par ceux qui ont des jours courts : Janvier pour l'hémisphère nord, juillet pour l'hémisphère sud
- En ordonnées :
  - à droite, les précipitations mensuelles  $P$  (en millimètres)
  - à gauche, les températures moyennes  $T$  (en °C) à une échelle double de celle des précipitations. On trace la courbe thermique (courbe joignant les points des températures mensuelles) et la courbe ombrique (courbe joignant les points des hauteurs d mensuelles). Quand la courbe ombrique passe sous la courbe thermique, on a  $P < 2T$ . La surface de croisement indique alors la durée et l'importance de la période sèche telle qu'a été définie (Fig. 7) et qui servira à l'établissement de l'indice xérothermique.

D'après ce diagramme, la saison sèche s'étale sur une période de 6 mois, elle commence de la fin avril jusqu'à début novembre.



### 1.1.5.2. Quotient pluviométrique et étages bioclimatiques d'Emberger :

Le quotient pluviométrique ou *indice climatique d'Emberger* sert à définir les cinq différents types de climats méditerranéens, depuis le plus aride, jusqu'à celui de haute montagne, climats que seul le Maroc dans la région méditerranéenne, possède en totalité.

Les limites de séparation entre les différents étages bioclimatiques restent encore imprécises. Il est à signaler qu'il ne s'agit pas de lignes au sens géométrique du mot, mais plutôt de bandes de transitions de végétation mixte. Les limites ont été tracées là où le changement de la végétation a été observé.

Le quotient d'Emberger est spécifique du climat méditerranéen, il est le plus fréquemment utilisé en Afrique du Nord. Pour identifier le type du climat nous avons fait appel au quotient pluviométrique d'Emberger qui se base sur le régime des précipitations et des températures selon la formule suivante :

$$Q = 2000 * P / (M^2 - m^2)$$

Avec :

Q : Quotient d'Emberger

P : est la moyenne des précipitations en millimètres (523.10 mm)

M : est la moyenne des températures, en Kelvin, du mois le plus chaud. (36,75 °C = 309,75°k)

m : est la moyenne des températures, en Kelvin aussi du mois le plus froid. (4.25 °C = 227.25°k)

Notre région (Guelma) présente un  $Q_2 = 54.80$  ce qui la classe dans l'étage bioclimatique à végétation semi-aride à hiver frais. (Fig.8).

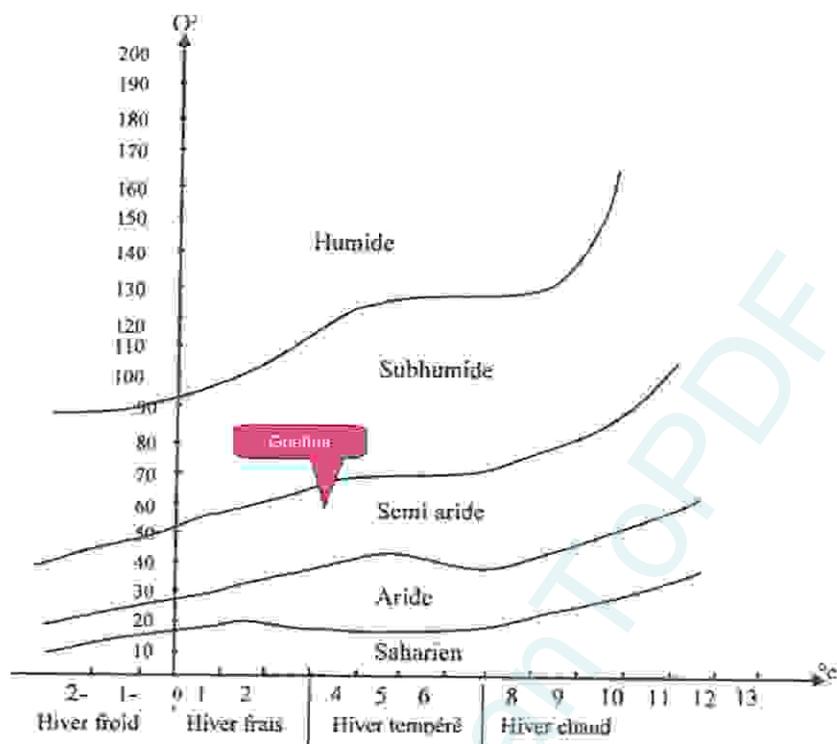


Figure 1.8 : Situation de la région de Guelma dans le climagramme d'Emberger (1994-2009)

## 1.2. L'impact des changements climatiques :

Le secteur de l'eau subit l'impact de deux dimensions du changement global, l'effet du changement climatique et celui des changements du recouvrement et de l'occupation des sols.

En ce qui concerne le premier effet, les modèles projettent que les augmentations dans les concentrations de gaz à effet de serre (GES), induiront des changements dans les températures et dans les précipitations avec, plus de jours chauds, de vagues de chaleur, d'événements pluvieux violents, conduisant à davantage d'inondations et de sécheresse et à davantage d'impacts négatifs sur les écosystèmes, le secteur socio-économique et sur la santé humaine.

En ce qui concerne l'effet de l'occupation des sols, les transformations sylvo-agricoles sont responsables de changements en terme de taux d'infiltration, par rapport aux quantités ruisselées durant les événements de pluie intense.

La région d'étude subira d'autant plus cet effet, que la capacité des systèmes humains en terme d'adaptation reste faible, en relation avec l'absence de moyens économiques et le retard technologique. La vulnérabilité est d'autant plus élevée que l'économie agricole repose en grande part sur les cultures en sec.

Les impacts du changement peuvent se décliner en terme :

- d'évapotranspiration et par là ses effets sur l'humidité des sols.
- de ruissellement direct ou indirect,
- de bilan d'eau et de disponibilité en eau pour la réponse aux divers besoins.

Les scénarios pour la zone d'étude prévoient :

- une décroissance du ruissellement et de la disponibilité en eau,
- une désertification exacerbée, du fait de la réduction des pluies et de l'humidité des sols.
- des cas extrêmes de sécheresse, de crues et d'autres catastrophes.

## CHAPITRE 2

# DEGRADATION DE LA QUALITE DE L'EAU ET RISQUES SANITAIRES

Produced with ScanTOPDF

CHP-02

## 2.1. Généralité sur l'eau :

### 2.1.1. L'eau dans le monde :

L'eau est la substance la plus répandue à la surface de la terre dont elle couvre plus des tiers. Elle se trouve souvent en quantités abondantes fréquemment même les terres dites sèches. Elle est toujours présente dans l'atmosphère sous forme de vapeur, même dans les climats les plus secs l'eau est animale.

L'eau est un élément fondamental de la vie, recouvrant 72 % de la surface de la terre, et représentant une réserve totale de 1350milliards de km<sup>2</sup> dans la biosphère.

### 2.1.2. Rôle de l'eau :

L'eau corporelle remplit un nombre impressionnant de fonctions qui va du transport de matériaux à la mise en solution (solvant) des réactions chimiques, le plasma est un lieu d'échanges entre les cellules et milieu extérieur et entre les cellules elles même il remplit plusieurs rôle :

- Le transport des nutriments (glucides, acide aminés, minéraux, vitamines.....)
- Le transport des gaz, en particulier de l'oxygène d'oxydations cellulaires
- L'élimination des déchets vers les organes spécialisés (rein et foie)
- Le transport des hormones
- La régulation de l'homéostasie cellulaire (Rabiah R. 2007).

### 2.1.3. Usages des eaux :

On peut ainsi distinguer différents usages de l'eau :

#### 2.1.3.1. Usages domestiques :

L'essentiel de l'eau consommée à la maison est utilisé pour l'hygiène corporelle .les sanitaires .l'entretien de l'habitat et diverses tâches ménagères. La boisson et la préparation des aliments ne représentent que 7 % de notre consommation « à la maison » .il faut ajouter les consommations collectives auxquelles chacun participe : écoles, hôpitaux, bureaux, lavage des rues, fontaines dans les villes (Genin et al.2003).

#### 2.1.3.2. Usage agricole :

L'agriculture est la principale source de consommations de l'eau essentiellement à des fins d'irrigation.

Cet usage de l'eau se caractérise par deux aspects :

- Il s'agit d'une consommation nette, c'est à dire que l'eau prélevée n'est pas retournée à la nature après usage.
- Cette consommation est concentrée sur la période estivale.

Les activités d'élevages sont aussi fortement consommatrices d'eau .On estime la quotidienne d'eau par tête entre 50 et 200 litres pour les gros bétails et entre10 et 40 litres pour les petits bétails (Genin et al.2003).

### 2.1.3.3. Usages industriels :

L'eau est au cœur de nombreux processus industriels, dans l'industrie l'eau peut être utilisée à diverses fins, elle peut participer au processus industriels proprement dit :

- le lavage et l'évacuation des déchets.
- Faire fonctionner les chaudières.
- Le refroidissement des installations représente l'essentiel de la consommation industrielle.
- Les impératives qualités de l'eau largement différente en fonction des usages.
- Pour le refroidissement ou le lavage, une eau peu traitée suffit en général, alors que de l'eau potable est indispensable à la production alimentaire.
- La fabrication de circuits électroniques nécessite des traitements spécifiques et plus exigeants que pour une eau destinée à la consommation.

### 2.1.3.4. Usage énergétique :

Les barrages, les conduites forcées captant des sources et les centrales hydroélectriques, équipées de turbines, produisent de l'énergie. L'eau sert aussi pour refroidir les centrales thermique et nucléaires, qui la rejettent chaude.

### 2.1.3.5. Usages liés aux loisirs :

- la voile, la plongée, le ski nautique, la baignade en mer
- la pêche en rivière
- les piscines et stades nautiques.
- les bains d'eau chaude naturelle.
- les stations de ski en hiver et les patinoires.

## 2.2. Les sources de l'eau :

### 2.2.1. Les eaux souterraines :

Les eaux souterraines proviennent de l'infiltration des eaux de pluies dans le sol, celle-ci s'insinuent par gravité dans les pores les microfissures et fissures des roches, humidifiant des couches des plus en plus profondes, jusqu'à rencontrer une couche imperméable, elles s'accumulent, remplissent le moindre vide, saturant d'humidité le sous sol, formant ainsi un réservoir d'eau souterrains appelé : **aquifère**; la nappe chemine en sous sol la couche imperméable, en suivant les pentes, parfois pendant des dizaines vers des centaines de kilomètres avant le ressortir à l'air libre, alimentant une source ou un cours d'eau ; les nappes souterraines fournissent ainsi presque le tiers du débit total de tout les cours d'eau de la planète ; soit environ 12.000 kilomètres cubes d'eau par an. Les nappes peuvent être de deux types selon qu'elles circulent sous une couche perméable ou non [3]

#### 2.2.1.1. Les nappes libres :

Se sont des nappes situées sous un sol perméable. au-dessus de la nappe en effet, les pores du terrain perméable ne sont que partiellement remplis d'eau, le sol n'est pas saturé, et les eaux de pluie peuvent toujours l'imprégner davantage, aussi, le niveau de la nappe peut-il monter ou baisser à son aise, et ces nappes peuvent donc contenir des volumes d'eau variables, c'est le cas des nappes d'accompagnement des rivières, sont très sensibles à la pollution [3].

### 2.2.1.2. Les nappes captives :

Se sont des nappes situées entre deux couches imperméables ou leur niveau ne peut monter, l'eau ne pouvant s'insinuer dans un sol imperméable, ces nappes n'ont qu'un lien tenu avec la surface par où elles sont alimentées et qui correspond à la zone où la couche perméable affleure, de telle nappes se renouvellent donc plus lentement que les nappes, elles sont en général profondes, quelques centaines de mètres et plus, et si leur pente est forte, l'eau y est sous pression. La pression est même parfois suffisante pour que le creusement d'un puits permette à l'eau de jaillir en surface ; une telle nappe est alors dite : artésienne, et elles sont peu sensibles à la pollution [3]

### 2.2.2. Les eaux superficielles :

Les eaux superficielles sont constituées par les ruisseaux, rivières, fleuves, étangs, lacs, barrages, réservoirs, et glaciers, elles sont principalement alimentées par l'eau de précipitation, et riches en gaz dissous, en matière en suspension et organiques, et très sensibles à la pollution minérales et organique du type nitrates, et pesticide, d'origine agricole (Cardot, 1999).

## 2.3. Les principaux indicateurs de pollution

### 2.3.1. Les indicateurs physico-chimiques :

Les indicateurs physico-chimiques (PH, O<sub>2</sub> dissous, DBO<sub>5</sub>, DCO, NH<sub>4</sub>, PO<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>) ont une influence importante sur la qualité de l'eau si elles dépassent un certain seuil (Tab.2.1).

Tableau 2.1: Les principaux indicateurs physico-chimiques de la pollution (ABH-CSM, 2002).

Classe de qualité	Unités	Excellente	Bonne	Passable	Médiocre	Pollution Excessive
O <sub>2</sub> dissous	mg/l	>7	5 à 7	3 à 5	<3	0
DBO <sub>5</sub>	mg/l	<3	3 à 5	5 à 10	10 à 25	>25
DCO	mg/l	<20	20 à 25	25 à 40	40 à 80	>80
NH <sub>4</sub>	mg/l	<0,1	0,1 à 0,5	0,5 à 2	2 à 8	>8
PO <sub>4</sub>	mg/l	<0,2	0,2 à 0,5	0,5 à 1	1 à 2	>2
NO <sub>3</sub>	mg/l	<5	5 à 25	25 à 50	50 à 80	>80
NO <sub>2</sub>	mg/l	<0,1	0,1 à 0,3	0,3 à 1	1 à 2	>2

### 2.3.2. Les indicateurs microbiologiques :

Il y a plusieurs classes de polluants de l'eau, dans lesquelles les agents provoquant des maladies sont les bactéries, les virus, les protozoaires, et les parasites qui se développent dans les égouts et les eaux usées non traitées [6] (Tab.2.2).

Tableau 2.2: les principaux indicateurs microbiologiques de la pollution [4]

	Germes pathogènes	Maladies causées
Bactérie	Salmonella S.typhi S.paratyphi	Fièvre typhoïde Fièvre paratyphoïde
	Shigella	Shigellose (infections intestinales humaines) Diarrhée aiguë
	Vibrio cholerae	Choléra
	Escherichia. Coli	Diarrhée gastro-intestinales infection urinaire, méningites et septicémies
Parasites	Eintamoeba estolytica	Diarrhée
	Cryptos poridium	Diarrhée
	Ascaris lombricoides	Ascariidose
Virus	Virus hépatite A(VHA)	Hépatite A
	Virus hépatite A(VHA)	Hépatite E

## 2.4. Paramètres de Qualité

### 2.4.1. Paramètres organoleptiques :

#### 2.4.1.1. Couleur :

L'origine de la couleur d'une eau doit être recherchée. Surtout si elle est inhabituelle. La couleur des eaux due généralement à des substances colorées d'origine variées :

- les substances humiques ou fulviques provenant de la décomposition de la matière végétale.
- algues pouvant donner une coloration variable en fonction pigments qu'elles contiennent.
- substances minérales en particulier le fer et le manganèse dont les formes précipitées sont colorées.
- rejet industriel, par exemple de teinturerie pouvant aussi colorés l'eau (OMS.1994). (Rodier J.1984)

#### 2.4.1.2. L'odeur :

L'odeur peut être définie comme :

L'ensemble des sensations perçues par l'organisme olfactif en flairant certaines substances volatiles.

La qualité de cette sensation particulière provoquée par chacun de ces substances.

Une eau destinée à l'alimentation doit être inodore, en effet, toute odeur est un signe de pollution ou la présence de matière organique en décomposition (Rodier J.1984).

#### 2.4.1.3. Le goût :

Le goût peut être défini comme suit :

L'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique comme perçues lors que l'aliment ou la boisson dans la bouche.

La propriété des produits provoquant ces sensations, la saveur peut être comme :  
L'ensemble des sensations perçues a la suite de la stimulation par certaines substances solubles des bourgeons gustatives.

La qualité de cette sensation particulière provoquée par ces substances.

- Saveur acide goût bicarbonaté alcalin (type d'eau de vichy).
- Saveur amère goût métalliques (fer, manganèse, cuivre) goût de chlore.
- Saveur salée goût pharmaceutique (produit organique).
- Saveur sucrée goût eau de terre (eau de zones calcaire).
- Saveur salée et amère eau de moisi (moisissures, levures..).
- Goût de bouchon moisi (herbicides, pesticides). (Rodier J.1984)

## 2.4.2. Paramètres physico chimiques :

### 2.4.2.1. La température :

La température a une grande importance dans l'étude et la surveillance des eaux qu'elles soient souterraines ou superficielles, mais la température des eaux de surface varie selon plusieurs facteurs, elle varie entre 9°C et 12°C (Terkmani A., 2006).

### 2.4.2.2. Le potentiel hydrogène :

Le terme PH désigne le rapport (acide /base). Existant dans l'eau. Le PH d'équilibre est le point neutre. Il a comme valeur 7 et se trouve au milieu de l'échelle qui va de 0 à 14, en dessous de 7 le PH est acide, au dessus est basique. Les eaux ayant un titre alcalimétrique complet (TAC) élevée et un faible taux d'acide carbonique. Ce PH varie entre 6.5. [7]

### 2.4.2.3. La turbidité :

La turbidité d'une eau est déterminée par sa teneur en matières en suspension : (grains de silice, matières organiques, limons). Lorsque cette teneur est élevée l'eau se trouble et forme d'importants dépôts dans les tuyauteries et les réservoirs. La turbidité d'une eau de boisson doit être maintenue inférieure à 5 NTU (Unité de Turbidité Néphélométrique) chez le consommateur (Terkmani A, 2006).

### 2.4.2.4. La conductivité :

La conductivité électrique d'une eau est le résultat de sa concentration en sels dissous. Son élévation entraîne souvent des PH hors normes, une salinité élevée, lorsqu'elle est due à l'excès d'ions de calcium. Elle provoque l'entartrage des conduites.

### 2.4.2.5. La dureté totale :

On désigne par dureté totale la somme des ions « alcalino-terreux » dissous dans l'eau, la plus grande partie est constituée par les ions calcium et magnésium. Lorsque le TH d'une eau est élevé, elle est dite « dure » et « douce » dans le cas inverse. Pour les boissons domestiques, il est recommandé d'avoir une eau dont le TH varie entre 80 et 150 mg /l de CO<sub>3</sub>. (Terkmani A., 2006).

Tableau 2.3: les normes de la dureté de l'eau de boisson sont illustrées selon l'DMS (Furry, 1997)

TH (F°)	0 - 7	7 - 22	22- 32	32 -54	>54
Dureté de l'eau	douce	Médiocrement douce	Assez douce	Dure	Très dure

#### 2.4.2.6. Les chlorure :

La présence de chlorures dans l'eau peut avoir pour origine le lessivage des terrains traversés. En concentration excessive dans l'eau, les chlorures rendent celle-ci corrosive pour les ouvrages de distribution et nocive pour les plantes leur apparition brusque dans l'eau de consommation est un indice de pollution (Terkmani A., 2006).

#### 2.4.2.7. Calcium :

C'est le métal alcalino-terreux le plus répandu dans la nature et constitue l'élément dominant des eaux de boissons. Les normes de probabilité recommandent une teneur max de 200 mg/l de CaCo<sub>3</sub> (carbonate de calcium).

#### 2.4.2.8. Matières en suspension (MES):

La teneur et la composition minérale et organique des matières en suspension dans les eaux sont très variables selon les cours d'eau : elles sont le résultat de la nature des terrains traversés, de la saison, de la pluviométrie, des travaux et des rejets, ... etc. Des teneurs élevées peuvent empêcher la pénétration de la lumière, diminuer l'oxygène dissous et limiter le développement de la vie aquatique. Les normes en vigueur préconise que les matières en suspension doivent être absentes dans l'eau destinée à la consommation humaine (Ladjel S., 2007).

#### 2.4.2.9. Résidu sec :

La détermination des résidus permet d'estimer la teneur en matières dissoutes et en suspension d'une eau, la détermination du résidu sur l'eau filtrée permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes et en suspension d'une eau c'est le résidu total. Le résidu correspond alors aux matières dissoutes. (Ladjel S., 2007)

Tableau 2.4 : degré de potabilité suivant les résidus sec (Benmarce, 2007).

Potabilité	bonne	passable	médiocre	mauvaise	momentanée
Résidu sec	0 - 500	500 - 1000	1000 - 2000	2000 - 4000	4000 - 8000

D'après l'OMS, une eau est considérée comme d'excellente qualité pour une teneur de l'extrait sec inférieur à 300 mg/l et inacceptable pour une teneur supérieur à 1200 mg/l (Potelon et Zysman).

#### 2.4.2.10. Oxygène dissous :

L'oxygène est toujours présent dans l'eau, sa solubilité est fonction de la température, de la pression partielle dans l'atmosphère et de la salinité. La teneur de l'oxygène dans l'eau dépasse rarement 10 mg/l, les eaux superficielles peuvent en contenir des quantités relativement importantes proches de la saturation. L'eau saturée d'air et sous la pression normale contient 9.1 mg/l d'oxygène (Rodier, 1998).

#### 2.4.2.11. La demande chimique en oxygène (DCO) :

La DCO correspond à la consommation globale à chaud de l'oxygène du dichromate de potassium et est représentative de la majeure partie des composées organiques ainsi que des sels minéraux oxydables on utilise par fois en France la DCO qui correspond à la demande chimique en oxygène de l'échantillon après une échantillon de 2 heures

La DCO constitue un test rapide, très utile pour la surveillance des eaux usées et des rejets industriels.

La valeur de la DCO s'exprime en milligramme par litre d'oxygène, elle est généralement supérieure de la DBO (Henry et Beaudy, 1992 ; Cardot, 1999).

#### 2.4.2.12. La demande biochimique en oxygène (DBO) :

C'est la quantité d'oxygène consommée à 20°C et à l'obscurité pendant un temps donné pour assurer par voie biologique l'oxydation des matières organiques présentes dans l'eau. On utilise conventionnellement la DBO5 n'est représentative normalement que la pollution organique carbonée biodégradable.

#### 2.4.2.13. Magnésium :

C'est un élément indispensable pour la croissance, il joue le rôle d'élément plastique dans l'os et dynamique dans les systèmes enzymatique et hormonaux. Il est très abondant dans l'eau souvent à de fortes concentrations, les normes algériennes fixent sa concentration admissible à 150 mg/l.

#### 2.4.2.14. Sulfates :

Leur présence a diverses origines, elle peut résulter de la dissolution de sulfates de calcium. Les normes recommandant cependant une concentration limite de 400 mg/l (Terkmani A., 2006).

### 2.4.3. Paramètres indésirables :

#### 2.4.3.1. La matière organique :

D'origine animale ou végétale, elles se résument à des produits de décomposition résultant d'une activité de microorganismes. Le plus souvent, on cherche dans l'eau les sous produits de cette dégradation tels que :

##### 2.4.3.1.1. Nitrites :

Rencontrés à très faible dose dans l'eau, ils résultent d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque ou d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiante, leur présence dans l'eau est un indice de pollution. Les normes recommandent une teneur maximale de 0.1 mg/L [2].

##### 2.4.3.1.2. Nitrate :

Les nitrates sont présents naturellement dans les eaux. Les rapports excessifs ou mal maîtrisés d'engrais azotés provoquent une augmentation des nitrates dans les ressources. Les nitrates se transforment en nitrites dans l'estomac et peuvent provoquer la transformation de l'hémoglobine du sang en méthémoglobine, impropre à fixer l'oxygène. Ce phénomène est à l'origine de cyanoses, notamment chez les nourrissons [2].

##### 2.4.3.1.3. Le phosphate :

Leur présence dans les eaux naturelles peut provenir de la dégradation de la matière organique. Le phosphate est un élément déterminant dans le développement d'algues dans les eaux de surface. Les normes fixent leur concentration limite à 0.5 mg/l. [2].

#### 2.4.3.1.4. L'azote ammoniacal :

Cette forme d'azote est assez souvent rencontrée dans les eaux et traduit habituellement un processus de dégradation incomplète de la matière organique. Certaines eaux profondes peuvent être riches en azote ammoniacal sans être pour cela nécessairement des eaux polluées. Dans ce cas, l'ammonium (NH<sub>4</sub>) peut provenir d'une dénitrification biochimique due aux micro-organismes réducteurs. En général l'ammoniaque se transforme assez rapidement en nitrite et nitrate par oxydation (Ladjet S., 2007).

#### 2.4.4. Paramètres microbiologiques :

Le deuxième volet du suivi de la qualité d'une eau de boisson est la recherche de la charge bactérienne qui s'est développée, les microorganismes jouent un rôle significatif dans la contamination des aliments. L'eau qui est un aliment est un environnement idéal pour la multiplication des micro-organismes.

Les micro-organismes se développant dans l'eau sont d'origines diverses mais lorsque des germes d'origine fécale sont détectés, il y a lieu de suspecter la présence de germes pathogènes qui présentent un risque certain pour la santé humaine (Vilagines, 2003).

##### 2.4.4.1. Les entérobactéries :

##### 2.4.4.2. Les coliformes totaux :

Les coliformes ont les propriétés suivantes :

- se sont des bacilles à gram (-) non sporulés oxydase (-) aérobies ou anaérobies facultatif.
- ils peuvent se développer en présence de sels biliaires ou d'autres agents de surface équivalents. Ils fermentent le lactose avec production d'acide et de gaz en 48h à une température de 37°C

##### 2.4.4.3. Les coliformes thermo tolérants ou fécaux :

Les bactéries coliformes thermo tolérants existent dans les matières fécales mais peuvent également se développer dans certains milieux naturels.

La recherche de ces germes, dont *Escherichia coli* est spécifique de la recherche des germes tests des contaminations fécales récentes. Ils ont les mêmes propriétés que les coliformes, à la température de 44°C se développent des souches fermentent le lactose avec production du gaz (Kravitz et al, 2000), (Leclerc et Mossel, 1989).

On retrouve les bactéries coliformes fécales en grand nombre ; *E coli* étant la principale (Potelon et Zysman, 1998). On utilise ces coliformes comme indicateurs de qualité des eaux brutes (Desjardising, 1990).

##### - *Escherichia coli* :

Organisme coliforme thermo tolérants, aérobies et facultativement anaérobies, qui loge généralement dans le gros intestin, chez l'homme et les animaux à sang chaud. Sa présence dans l'eau indique non seulement une contamination récente par des matières fécales mais aussi la présence possible de bactéries, virus, et protozoaires pathogènes.

A l'inverse, l'absence d'*E. coli* dans l'eau potable n'indique pas nécessairement que cette eau ne contient pas de micro-organismes intestinaux.

*E. coli* est le marqueur le plus précis de contamination fécale, est donc l'indicateur de choix pour décider la potabilité ou l'innocuité de l'eau de boisson (Anonyme, 2004), (Kravitz et al, 2000), [5].

#### 2.4.4.4. Les streptocoques fécaux :

Les streptocoques (le genre *Streptococcus*) regroupent un vaste ensemble de microorganismes ubiquitaires. Elles sont constamment rencontrées dans les matières fécales et ont naturellement été décrits comme témoins de contamination fécale dans les eaux et certains aliments. Ils sont en général plus abondants que les coliformes fécaux dans les matières fécales animales [4].

Sont des cocci à gram positif, souvent par paires ou en chainettes, non sporulant, acapsulés (Amairia D et all, 2007).

#### 2.4.4.5. Les Clostridium Sulfito-réducteurs :

Les bactéries Sulfito-réductrices constituent un des paramètres indicateurs de qualité, témoins du fonctionnement des installations de production et de distribution d'eau, lorsque l'eau est d'origine superficielle ou influencée par une eau d'origine superficielle. Ces bactéries anaérobies sulfito-réductrices sont recherchées par des méthodes normalisées. Parmi les colonies typiques développées, celle issues de spores de Clostridium Sulfito-réducteurs devront être confirmées. (Rodier, 1998).

## 2.5. Les maladies à transmission hydriques (MTH) :

Un milliard et demi habitants n'ont pas accès à l'eau potable, et deux milliards sont privés d'installation sanitaire (OMS). Les maladies associées à l'eau tuent un enfant dans le monde toutes les huit secondes (OMS) ; on appelle maladie hydrique, toute maladie causée par la consommation d'eau contaminée par des matières fécales, animales ou humaines qui contient des micro-organismes pathogènes.

Sur la dernière décennie, l'image des problèmes de santé relative à l'eau est devenue de plus en plus vaste, avec l'émergence de nouvelles maladies d'infection relatives à l'eau et la réémergence de certaines déjà connues.

Des données sont disponibles pour certaines maladies relatives à l'eau et l'hygiène (qui incluent la typhoïde, le choléra, etc.) mais pour d'autres telles que la malaria (paludisme) ou les infections les pluies modernes, des analyses doivent être effectuées.

Le poids de plusieurs groupes de maladies peu seulement en partie être attribué à l'eau. Les maladies hydriques s'étalent par contamination des systèmes de distribution d'eau potable par les urines et les matières fécales humaines ou d'animaux infectés :

Ceci puissent leur eau depuis l'eau de surface (pluie, ruisseaux, rivières, lacs etc.) qui peut être contaminée de diverses manières.

L'écoulement des décharges, des eaux usées, des eaux résiduaires peut parfois contaminer les eaux de surfaces, ceci a été la cause de nombreuses manifestations dramatiques de maladies telles que le choléra et la typhoïde

### - Définition :

Les maladies à transmission hydrique (MTH) recouvrent un large éventail de manifestations pathologiques d'origine bactérienne, parasitaire ou virale dont l'élément commun est le mode de contamination: l'eau (Kreisel W.1991).

L'eau est ainsi le vecteur de transmission privilégié de nombreuses maladies.

Les maladies liées à l'eau présentent des variations considérables sur le plan :

- De leur nature,
- De leur transmission,
- De leurs effets et de leur gestion

Les maladies d'origine hydrique englobent :

### 2.5.1. Les maladies d'origines biologiques :

#### 2.5.1.1. Bactéries :

##### 2.5.1.1.1. La famille des Entérobacteriaceae :

Nous mentionnerons seulement les germes les plus importants au plan de la santé communautaire :

#### - Le genre *Salmonella* :

##### a. Habitat et physiologie :

Les *Salmonella* sont essentiellement des parasites intestinaux de l'homme et des animaux vertébrés. Elles peuvent cependant être disséminées dans l'environnement par les excréta. Si elles ne peuvent s'y multiplier, elles peuvent y survivre en particulier dans le sol pendant plusieurs semaines voire plusieurs mois si les conditions de température, de pH et d'humidité sont favorables (Leminor et Veron, 1989).

Les *Salmonella* présentent tous les caractères de la famille des enterobactériaceae: Bacilles Gram négatifs, aéroanaérobies facultatifs, mobiles, asporulées, catalase (+), oxydase (-), réduisant les nitrates en nitrites, fermentant le glucose avec production de gaz (à l'exception de *S. typhi*) mais ne fermentent pas le lactose.

Elles ne produisent pas d'uréases, de désaminases, de gélatinases ni d'indole. En revanche la plupart des souches produisent de l'hydrogène sulfuré et une lysine décarboxylase. (Buchanan R-E. et al. 1974), (Leminor et Veron, 1989).

#### b. Pouvoir pathogène:

Les *Salmonelles* sont responsables d'un certain nombre de pathologies dont les plus graves sont: les fièvres typhoïdes et paratyphoïdes. (Berche P et al., (1988)..).

#### - Les fièvres typhoïdes et paratyphoïdes :

Les fièvres typhoïdes et paratyphoïdes sont dues à un nombre très limité de sérotype de Salmonelles: *Salmonella typhi* ou bacille d'Eberth et *Salmonella paratyphi* A, B et C. (Pilet et al., 1987), (Berche et al., 1988), (Masschelein, 1999).

#### C- Mode de transmission :

L'homme malade ou le porteur sain représentent la source de contamination. Les bacilles s'éliminent surtout dans les selles; il s'agit d'une contamination fécale directe ou le plus souvent indirecte par ingestion de produits contaminés: eau, aliments surtout ceux absorbés non cuits. (Marchon, 1996).

#### d- Signes cliniques :

Après une période d'incubation asymptomatique de durée variable 5 à 21 jours, en fonction de l'importance de l'inoculum. La typhoïde débute par des signes majoritairement extra-digestifs regroupés sous le terme de 1<sup>er</sup> septénaire: fièvres, céphalées, vertiges, asthénies, anorexies et constipation, plus rarement des épistaxis.

A ce stade, l'examen clinique montre un abdomen sensible et dans un tiers des cas une splénomégalie accompagnée d'une leucopénie marquée. Des formes brutales, évoquant une gastro-entérite ou une appendicite sont possible. La phase d'état suivante correspond au 2<sup>ème</sup> septénaire est plus riche en symptômes digestifs avec douleurs abdominales et diarrhée en " jus de melon".

La fièvre est à 40 °C en plateau et l'examen clinique démontre régulièrement une splénomégalie et dans certains cas une hépatomégalie. 30% des patients présentent également un rash maculeux prédominant à la partie supérieure du tronc (taches rosées lenticulaires). (Marchon, 1996).

En l'absence de traitement, la fièvre typhoïde évolue en 3 semaines à 1 mois vers la guérison avec un taux de létalité de 15 à 20 %. L'antibiothérapie a permis de réduire ce taux à moins de 1 %. La fréquence des rechutes est étroitement liée au choix de l'antibiotique. Un portage chronique défini par une persistance d'une excrétion de Salmonelles dans les selles ou l'urine au-delà de 1 an augmenterait le risque de cancer hépatobiliaire, mais le cancer du colon, du pancréas et des poumons. (Ivanoff et Levine, 1997).

## - Le genre *Shigella* :

### a. Habitat et physiologie :

Les *Shigella* sont des bactéries strictement humaines et ne sont pas retrouvées dans la nature en dehors de l'environnement humain. Se sont des bacilles Gram-, aéro-anaérobies facultatifs, cultivant sur milieux ordinaires, fermentent le glucose sans gaz; possédant une nitrate réductase et sont oxydase (-).

Le genre *Shigella* est divisé en 4 espèces et chaque espèce est subdivisée en plusieurs sérotypes: *S. dysenteriae* (10 sérotype), *S. flexneri* (8 sérotype), *S. boydii* (15 sérotype) et *S. sonnei* (1 sérotype). (Berche et al., 1988).

### b. Substances élaborées :

Les *Shigella* peuvent élaborer diverses toxines. Le rôle de la toxine de Shiga ou toxine dysentérique, est à ce jour le mieux connu. Seule *S.dysenteriae* le produit en grande quantité cette toxine, qui possède un rôle entérotoxine, cytotoxique et neurotoxique ce qui la rend responsable des formes les plus graves de la maladie. (Germani et Sansonetti, 1999).

### c. Pouvoir pathogène :

Les Shigelles sont des germes à tropisme exclusivement digestif. Se sont des bactéries invasives pour la muqueuse colique et déclenchent des entérites inflammatoires fébriles dont la forme la plus grave est la dysenterie bacillaire. (Berche et al., 1988).

### d. Mode de transmission :

Bactéries essentiellement associées à l'homme, les *Shigella* ne sont pas retrouvées dans la nature en dehors de l'environnement humain. La contamination féco-orale s'effectue par contact direct avec des sujets malades ou des porteurs asymptomatiques, ou par contact indirect à partir de l'eau et d'aliments ou objets contaminés par les selles de malades. (Berche et al., 1988).

### e. Physiopathologie :

Les *Shigella* adhèrent à la muqueuse intestinale (colon), puis pénètrent dans les cellules épithéliales de la muqueuse; elles s'y multiplient et provoquent des ulcérations et des abcès; elles ne pénètrent qu'exceptionnellement dans le tissu conjonctif chorionique sur lequel repose l'épithélium. Ces bactéries élaborent la toxine de Shiga qui provoque la mort cellulaire par inhibition de la synthèse protéique. Cette infection, dominée par le pouvoir de pénétration puis de multiplication intracellulaire, est dite de type invasif. (Germani et Sansonetti, 1999).

### f. Signes cliniques :

Quelle que soit l'espèce responsable, la période d'incubation varie entre 1 et 4 jours. Elle est marquée par l'apparition d'une fièvre (39 à 40 °C), un malaise général et une asthénie, associée à de violentes douleurs abdominales (crampes, ténésme et épreintes). Les selles, très nombreuses, émises de façon quasi incessante sont glaireuses, afécales et sanglants.

La durée moyenne de la symptomatologie est d'une semaine après cessation de la diarrhée (Germani et Sansonetti, 1999).

## - Le genre *E. coli* :

### a. Habitat et physiologie :

L'espèce *E. coli* est une hôte constante de l'intestin de l'homme et de l'animal qu'il colonise dès les premières heures après la naissance. A ce titre, cette espèce est considérée comme le témoin le plus spécifique de contamination fécale, lorsqu'elle est rencontrée dans l'eau ou les aliments (Berche et al. 1988).

L'espèce *E. coli* se présente sous forme d'un bacille Gram négatif, le plus souvent mobile par cils péritriches (dans 70% des cas), gazogène lorsqu'il fermente les glucides, avec une température optimale de croissance située à 37°C. (Leminor et Veron, 1989).

### b. Pouvoir pathogène :

Certaines souches d'*E. coli* sont virulentes et sont capables de déclencher spécifiquement chez l'homme des infections spontanées des voies digestives (Entérites), urinaires ou encore des méningites néo-natales (Berche et al., 1988).

Une attention particulière sera accordée aux infections des voies digestives en raison de leur transmission hydrique.

### c. Les Entérites :

Les *E. coli*, agents d'entérites, forment un groupe hétérogène au regard des mécanismes de pathogénicité impliqués. Ils représentent une cause importante de diarrhée, particulièrement chez le jeune enfant, dans les régions sous développées.

Selon les facteurs de virulence exprimés et le mode d'interaction cellulaire (adhésion, invasion, production de toxine), la maladie revêt divers aspects:

syndrome cholériforme, syndrome dysentérique, diarrhées sanglantes, diarrhées aiguës ou persistantes (Sansonetti, 1989, Forestie et al., 1998, Germani et Sansonetti, 1999).

Six classes d'*E. coli* entérovirulentes ont été définies, en fonction de critères cliniques et de facteurs de pathogénicité exprimés par la bactérie:

Les *E. coli* entéropathogènes (ECEP), entérotoxigènes (ECET), entéro-invasifs (ECEI), entéro-hémorragiques (ECEH), entéro - agrégatifs (ECEAg) et à adhésion diffuse (ECAD); (Prescott et al., 2003).

### d. *Escherichia coli* entéropathogène :

Les ECEP sont également à l'origine de diarrhées aqueuses profuses, souvent accompagnées de vomissement et parfois de fièvres avec une période d'incubation relativement courte (3 heures lors d'expériences chez des volontaires sains). Ces infections surviennent essentiellement chez les nourrissons (moins de 6 mois) dans les pays en voie de développement (Prescott et al., 2003).

En Afrique Centrale plusieurs enquêtes par sondage sur les diarrhées infantiles ont montré que chez les enfants de moins de 5 ans, il survenait en moyenne 7 épisodes de diarrhée par an et par enfant.

Les diarrhées infantiles représentent la première cause directe de mortalité pour l'O.M.S. Chez le voyageur la diarrhée est la première cause de morbidité.

### 2.5.1.1.2. La famille des Vibrionaceae :

La famille des Vibrionaceae comporte des bacilles Gram négatif, mobiles (ciliature polaire ou mixte) ou immobiles ; ils sont aéro-anaérobies facultatifs, croissent sur milieux ordinaires, réduisant les nitrates en nitrites, oxydase (+) et dégradant les glucides par métabolisme fermentatif. Classiquement, quatre genres bactériens sont rassemblés dans cette famille : *Vibrio* (genre type), *Photobactérium*, *Plesiomonas* et *Aeromonas* (Berche et al., 1988).

#### - Le genre *Vibrio*:

Le genre *Vibrio* comprend plus de 30 espèces qui sont toutes d'habitat aquatique; les uns sont halophiles stricts, d'autre non. L'espèce la plus importante du genre est *Vibrio cholerae* (Leclerc, 1999).

#### -*Vibrio cholerae* :

##### a. Habitat et physiologie :

L'habitat intestinal a été très longtemps considéré comme le seul habitat possible du vibron cholérique. Mais à partir de ce dernier, les vibrions peuvent être ensuite disséminés dans le milieu extérieur. Ils contaminent préférentiellement les estuaires, les étangs salés saumâtres, les eaux douces, les eaux de mer recevant un apport d'eau douce, les eaux pollués, les sols ainsi que certains aliments (huîtres, moules... etc.) (Berche, 1999).

Le vibron cholérique présente tout les caractères biochimiques définissant le genre *Vibrio*. Germe aéro- anaérobie facultatif, oxydase (+), sa croissance est favorisée par un pH neutre ou alcalin (pH 9-10), une température comprise entre 20 et 40°C avec un optimum entre 30 et 37°C et par une concentration d'NaCl comprise entre 1-3% (Leminor et Veron, 1989).

##### b. Substance élaborées :

Le *V. cholerae* sécrète de nombreuses enzymes extracellulaires (lécithinases, protéases, mucinases, neuraminidases... etc.), qui pourrait avoir un rôle important dans la pénétration de la couche muqueuse protégeant les cellules intestinales. De plus, certains constituants de la bactérie, tel que lipopolysaccharide (Ag O) et le glycocalix interviendraient dans la fixation et l'adhésion du *Vibrio* sur les Entérocytes (Leclerc, 1994). Le *V.cholerae* sécrète également une exotoxine, thermolabile, de poids moléculaire de 84000 daltons, et qui joue un rôle capital dans la physiologie du cholera.

##### c. Pouvoir pathogène :

#### - Le choléra :

Le choléra est une maladie infectieuse strictement humaine, à caractère épidémique, d'origine bactérienne. Maladie de la misère, de la malnutrition et de la surpopulation, elle est caractérisée avant tout par une diarrhée aqueuse qui s'accompagne par une déshydratation extrême, d'où son caractère de gravité en l'absence de traitement de réhydratation (Leclerc, 1994, Prescott et al. 2003).

##### a. Historique :

Le choléra est connu depuis très longtemps, comme le témoigne son étymologie la plus probable qui signifie, en grec, écoulement de bile. Mentionnée dès la plus haute antiquité dans le delta du Gange, la maladie semble s'être maintenue localisée dans l'Asie du sud-est jusqu'au début XIX<sup>ème</sup> siècle. C'est à partir de ce foyer indien que se sont développées, durant

un demi-siècle, de 1817 à 1923, les six grandes pandémies qui portèrent, ce fléau dans le reste du monde.

### b. Physiopathologie :

Le choléra résulte de l'absorption par voie orale, du vibron cholérique contaminant l'eau ou les aliments. Les doses infectieuses, sont relativement enlevées, de l'ordre de  $10^8$  à  $10^{11}$  bactéries/ml. Cela est dû au fait que le *Vibron* cholérique est sensible à l'acidité gastrique. Ce qui explique la baisse de la dose infectante lorsque les *Vibron* cholériques sont inclus dans des aliments qui les protègent pendant leur passage dans l'estomac (Leminor et Veron, 1989).

Après leur passage dans l'estomac, les *Vibron* se fixent dans la partie proximale de l'intestin grêle. Grâce à la mobilité de leur flagelle polaire, ils traversent la couche de mucus et s'adhèrent aux entérocytes par les pilis. Ils sécrètent la toxine cholérique principale toxine produit par le *Vibron*, ainsi que d'autres toxines (Toxine de ZOT) (Fournier, 1996).

La toxine cholérique est composée d'une sous-unité A et de cinq sous-unités B. ces sous-unités B se fixent à leurs récepteurs intestinaux, les ganglionites GM1 exposées à la surface des entérocytes et permettent l'entrée dans la cellule de la sous-unité A qui active une Adényl-cyclase entraînant une production accrue d'adénosine mono phosphate cyclique (AMPc) qui modifie les échanges d'eau et d'électrolytes en empêchant la pénétration du sodium à l'intérieur de la cellule.

Il en résulte un passage dans la lumière intestinale d'eau et d'électrolytes en quantité tels excédant la capacité de la réabsorption du côlon.

Une diarrhée plus ou moins grave est alors déclenchée entraînant dans les formes les plus graves une déshydratation, un choc hypovolémique, une acidose métabolique pouvant provoquer la mort (Leminor et Veron, 1989, Fournier, 1996).

### c. Signes cliniques :

Après incubation de quelques heures à quelques jours, le choléra se manifeste par des violentes diarrhées et des vomissements, sans élévation de la température. Les selles fécaloïdes au début deviennent rapidement aqueuses, blanchâtres, d'aspect d'« eau de riz ». Ces selles ne sont jamais sanglantes, sauf lors d'association avec d'autres pathologies telles que les shigelloses.

Cette importante fuite d'eau et d'électrolytes entraîne des crampes musculaires très douloureuses, un amaigrissement extrême, une torpeur profonde et une forte asthénie. En l'absence de traitement la mort survient en 1-3 jours dans 25-50% des cas par collapsus cardiovasculaire. La mortalité est plus importante chez les enfants, les personnes âgées ainsi que chez les sujets carencés (Fournier, 1996).

À côté de cette forme clinique classique, il existe une forme plus grave appelée choléra « Sidérant » ou « sec » dans lequel une chute brutale de la tension entraîne la mort par collapsus cardiovasculaire très rapide, avec un peu d'évacuations intestinales. Une autre forme de choléra appelée

« Cholérine » plus difficile à diagnostiquer, mais dont l'évolution moins grave, présentent les signes du choléra mais sous forme atténuée d'évaluation plus lente. La déshydratation est moins importante et la guérison survient spontanément en quelques jours. (Fournier, 1996).

## 1.2. Virus :

Certains virus qui se multiplient dans le tube digestif humain peuvent être éliminés en grande quantité dans les selles et se retrouver dans les eaux où ils pourront survivre plus ou moins longtemps. Cette survie est conditionnée par de nombreux facteurs ; elle peut atteindre des délais considérables.

Les virus les plus importants sont, sans conteste, le virus de l'hépatite A responsable d'épidémies dans les collectivités humaines, et le virus de la poliomyélite responsable de séquelles paralytiques.

Par ailleurs, les Rotavirus, et le virus de Norwalk sont responsables de diarrhées non spécifiques chez les nourrissons et les voyageurs.

## 1.3. Parasites :

### - Protozoaires :

Ils sont responsables des dysenteries (amibes, Balantidium) ou de gastro-entérites.

### - Helminthes :

En région chaude les helminthes liés aux risques hydriques sont représentés par l'ascaridiose et la dracunculose.

- l'ascaridiose : elle peut atteindre 70 à 90 pour 100 de la population.

- la dracunculose ou filaire de Médine a un impact économique négatif considérable par la durée de l'immobilisation qu'elle occasionne chez les malades. Cette parasitose ne sera pas détaillée dans le cadre de cet exposé car elle fait l'objet d'une communication spécifique.

Angulo, F.J et al., 1997).

## 2.5.2 : Les maladies d'origines chimiques :

Le risque représenté par la pollution chimique est le plus souvent un risque à moyen ou long terme, lié à la présence de toxiques à effet cumulatif :

### 2.5.2.1. Nitrates :

Au-delà d'un certain seuil de concentration, les nitrates peuvent engendrer, chez les enfants et surtout les nourrissons très sensibles à une absorption trop importante, un empoisonnement du sang appelé une méthémoglobinémie, ou encore maladie bleue.

Les nitrates ne sont pas nocifs en soit pour la santé. Mais sous l'action d'une bactérie présente dans le corps humain, ils se transforment en nitrites. Ceux-ci oxydent l'hémoglobine du sang qui ne peut plus fixer l'oxygène ce qui perturbe la respiration cellulaire.

Même à faible concentration, ils peuvent également engendrer à long terme des cancers chez les adultes lorsqu'ils sont associés à certains pesticides avec lesquels ils forment des composés cancérigènes.

### 2.5.2.2. Fluor :

C'est à faible dose, dans l'eau de boisson, un élément essentiel de la prévention de la carie dentaire. Cependant l'excès de fluor expose à la fluorose : dystrophies dentaires et ostéoses condensantes. Il existe un important foyer de fluorose d'origine hydrique au Nord du Sahara (El Oued et Timimoune en particulier).

### 2.5.2.3. Les métaux lourds :

Plomb, mercure, cadmium. Les rejets industriels sont habituellement en cause, pour ces produits qui ont la caractéristique de s'accumuler dans la chaîne alimentaire (poissons, coquillages). La maladie de Minamata due aux composés organomercuriels en demeure l'exemple le plus dramatique. Une importante pollution hydrique par le mercure a été décrite en Afrique du Nord.

Ces substances ne sont pas éliminées par l'organisme. Elles s'y accumulent, et leur ingestion prolongée peut être la cause de maladies graves, même si leur teneur dans l'eau est très faible. Ingerées en grande quantité, lors d'une pollution accidentelle, ces mêmes substances sont rapidement toxiques.

Le plomb par exemple passe dans le sang et va perturber de nombreux mécanismes biochimiques, touchant principalement le système nerveux mais aussi d'autres fonctions, comme la reproduction. Les enfants exposés de manière prolongée à de faibles doses de plomb peuvent ainsi développer un saturnisme, une maladie caractérisée par divers troubles pouvant être irréversibles : ceux-ci concernent notamment la croissance, le développement du système nerveux central, le développement intellectuel et le comportement. À plus forte dose, le plomb peut induire même chez les adultes, et aussi bien chez les hommes que chez les femmes, des troubles de la reproduction, des insuffisances rénales, ou des encéphalopathies.

Il peut également se fixer sur les os du squelette où il ne sera en rien gênant tant qu'il ne sera pas renvoyé dans le sang ; or, cela peut se produire en particulier chez les femmes enceintes ce qui engendre une surexposition fœtale, mais aussi chez les personnes âgées qui se retrouvent alors empoisonnées de manière brutale.

### 2.5.2.4. Les pesticides organochlorés :

Ils sont liposolubles et s'accumulent dans l'organisme. Le développement de l'agriculture intensive dans les régions tropicales (plantation de bananiers, d'ananas, de coton) augmente les quantités de produit utilisé et donc le risque à long terme.

La difficulté avec les pesticides est qu'ils forment une famille très nombreuse : plusieurs centaines de molécules très diverses sont en effet utilisées. En outre, dans la nature, ces molécules se dégradent, et ce faisant en génèrent d'autres. Or les toxicités de chacune de ces substances, pesticides et produits de dégradation, diffèrent et sont mal connues pour la plupart, l'incertitude portant sur les effets à long terme de doses infimes mais répétées.

Certains d'entre eux, comme l'atrazine, un herbicide utilisé dans la culture du maïs, sont cancérigènes. D'autres seraient susceptibles d'avoir des effets négatifs sur la fertilité masculine.

### 2.5.2.5. L'insuffisance de certains métalloïdes :

Comme l'iode dans l'eau de boisson est responsable du développement de goitre. Le goitre endémique est présent dans les zones continentales enclavées parfois montagneuses, et loin du littoral (Mali, République Centrafricaine).

Au total selon l'O.M.S. près de 80 % de toutes les maladies du globe seraient associées à l'eau : soit directement par les agents pathogènes ; soit indirectement, certaines affections étant favorisées par la pénurie d'eau.

### 2.5.3. Les MTH à Guelma :

Les données des MTH recueillies à la direction départementale de la santé (DDS) de la région de Guelma dans la période de 2000 à 2008 sont représentées dans le **tableau 2.5**.

La région de Guelma a enregistré plusieurs cas des MTH qui atteint 95 cas dans l'année 2001 avec 31 cas de fièvre typhoïde, 6 cas d'Hépatite virale A, et 58 cas d'Hépatite virale E. par contre 2004 est l'année qui a marqué une diminution de ces maladies avec 7 cas. Cependant, on note une absence totale de choléra durant cette dernière décennie.

**Tableau 2.5 :** données statistiques des MTH de la région de Guelma (2000-2008) (DDS ,2010)

Maladies	Choléra	Fièvre typhoïde	Hépatite virale A	Hépatite virale E
Année				
2000	0	25	12	1
2001	0	31	6	58
2002	0	13	6	15
2003	0	7	3	6
2004	0	1	1	5
2005	0	8	2	24
2006	0	8	1	2
2007	0	4	17	1
2008	0	6	2	13

Les affections dues à la mauvaise qualité des eaux de baignade et de l'environnement immédiat de celles-ci sont nombreuses ; Citons les plus connues : Affections cutanées, oculaires, auriculaires, hydriques (fièvre typhoïde et paratyphoïde, shigélloses, choléra, hépatites A et E, dysenterie amibienne, entérovirus) mycosiques et atteinte du tractus respiratoire supérieur.

## 2.6. Problématiques d'environnement

### A - L'épuisement des ressources en eaux souterraines

Le développement du secteur agricole en irrigué, de l'industrie et du tourisme, a provoqué une exploitation incontrôlée des eaux souterraines. Or, le creusement des puits se fait à un rythme rapide et la plus part des prélèvements sont clandestins.

Plusieurs difficultés d'exploitation se posent actuellement sur le terrain :

- l'approfondissement continu des puits suivant le rythme d'abaissement du niveau de la nappe, ce qui occasionne des dépenses supplémentaires.
- la disparition de la nappe des secteurs où le substratum est le moins profond (certaines parties de piémont à recouvrement sédimentaire réduit).

La recharge naturelle de la nappe a par ailleurs beaucoup baissé à cause de la sécheresse. En s'aggravant cette situation aboutira à une désertification relative, puisque plusieurs cultures irriguées, peuvent disparaître.

Dans le cas de la région de la Grotte Osman et des plaines limitrophes, la confrontation entre la demande en eau et les ressources mobilisables montre que cette demande ne sera satisfaite que moyennant une surexploitation accrue de la nappe, tant qu'on n'aura pas adopté des restrictions importantes, notamment en période de sécheresse. Cette surexploitation devrait se traduire par un rabattement de la nappe qui pourra la rendre inaccessible dans beaucoup de sites.

L'interdiction de nouvelles stations de pompage et la bonne gestion de l'eau représentent donc la seule alternative possible. L'adoption de techniques d'irrigation économes en eau peut permettre de préserver l'extension actuelle des terres irriguées, sans trop menacer l'avenir de la ressource et sans trop relever les dépenses d'exploitation.

### B - Eaux usées, assainissement et pollution

Le problème de la dégradation de la qualité des eaux est un problème majeur. Sur les terres agricoles, l'utilisation d'engrais génère une pollution azotée des nappes d'eau - ce qui peut rendre l'eau des puits non potable - et une pollution phosphatée et azotée des retenues, ce qui cause des problèmes d'eutrophisation, relevant entre autres le coût de traitement des eaux potables.

Par ailleurs, la moindre concentration humaine entraîne des rejets directs dans le réseau hydrographique ou dans la nappe. Dans les moments d'étiage, la concentration en coliformes est un indicateur de dégradation de la ressource, avec tout ce que cela induit en termes de problèmes sanitaires et en frais de traitement.

Le secteur des eaux usées, responsable en grande partie de la pollution des eaux enregistre des retards importants ; pratiquement toutes les grandes villes du pays et les grandes industries rejettent leurs eaux usées dans les systèmes naturels, rivières, mers, océan sans traitement.

La qualité des eaux des rivières, barrages et nappes phréatiques s'est fortement dégradée, limitant ainsi le potentiel réel en eau et aboutissant à des impacts sanitaires et écologiques importants. L'accroissement démographique, l'urbanisation accélérée, l'industrialisation et les transformations techniques dans l'agriculture génèrent des rejets de matières polluantes qui dégradent la qualité de l'eau.

L'absence d'équipements de dépollution, souvent même le manque d'infrastructures d'assainissement expliquent l'apparition de cas graves d'environnement malsain qui menacent la santé des populations. Cependant, les quantifications disponibles ne sont pas basées sur des mesures exhaustives. L'estimation des effets de cette dégradation de la qualité des eaux est souvent approximative et ne prend pas en compte la totalité des paramètres.

Rapportés au débit moyen annuel, les rejets paraissent négligeables et ne représentent un taux important que dans les régions de ruissellement faible, comme les plaines Est de Guelma.

Mais, en réalité, ces rejets doivent être comparés au débit d'étiage. En été, lorsque l'écoulement est très faible, l'afflux d'eaux des rejets urbains ou industriels constitue une part importante de l'écoulement; il peut même le soutenir de manière forte, comme c'est le cas dans les régions d'important tissus agglomérés. Le maximum est enregistré dans la région de Guelma, où en étiage, la quasi-totalité du débit est représentée par des eaux usées.

Ce sont là les situations les plus dangereuses pour la qualité de l'environnement aquatique (Eutrophisation, concentration en substances toxiques) et pour les possibilités de potabilité des eaux ou de réutilisation pour l'irrigation par exemple.

Dans une perspective de développement durable, le taux de raccordement à l'assainissement atteindra assez vite les 100%, ce qui signifiera l'arrêt de la pollution diffuse intra-urbaine. Par contre les volumes de rejets globaux resteront au moins aussi importants. Il est donc impératif de recourir à l'épuration des eaux, dans le but de réduire les volumes de matières polluantes, en particulier pour améliorer la qualité des eaux souterraines.

Il faudrait donc :

- d'abord améliorer l'adduction et la distribution d'ADE, tout en prônant une politique d'économie;
- assainir à 100% les agglomérations pour éviter la pollution diffuse;
- épurer une bonne partie des eaux usées rejetées puis réutiliser une partie de ces eaux épurées pour atténuer le déficit en eau de certaines régions.
- en termes de qualité des polluants, réduire de manière forte les rejets de matières organiques oxydables, pour éviter la prolifération bactérienne et les maladies hydriques; réduire les rejets de métaux lourds par une réglementation et une normalisation des rejets des industries; réduire les rejets de phosphates pour protéger les retenues de l'eutrophisation.

## CHAPITRE 3

### MATERIEL ET METHODES

Produced with Scantopdf

### 3.1. Mode du prélèvement des échantillons d'eau :

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération à la quelle le plus grand soin doit être apporté, il conditionne des résultats analytiques et l'interprétation qui sera donnée

L'échantillon doit être homogène représentatifs. Et obtenu sans modifier les caractéristiques physicochimiques.

La qualité d'eau à prélever dépend du but et de la nature de l'analyse qui dépend eux même de la nature de l'eau et de son utilisation.

#### 3.1.1. Technique de prélèvement :

On rince trois fois (de façon énergétique) la bouteille et son bouchon, l'eau de rinçage est prélevée sous soin particulier, mais jamais en surface. On égoutte en la secouant le col cers le bas, on prolonge la bouteille dans l'eau le col cers le bas, puis on retourne la bouteille en la laissant inclinée selon un angle de l'ordre de  $45^\circ$ , à une profondeur d'environ de 30 Cm sous la surface et à environ 50 Cm ou dessus du fond.

En fin de l'opération, lorsque la bouteille est pleine, il faut la remonter en inclinant en tout sous (sans crier d'émulsion) et en s'arrêtant de temps à l'autre de façon de chasser toutes les bulles d'air se trouvant au contact des parois.

On rince le bouchon par agitation dans l'eau de prélèvement, on bouche la bouteille avec précaution, mais vivement de façon à n'emprisonner de bulles d'air.

#### 3.1.2. Etiquetage des bouteilles d'échantillon :

La désignation des échantillons était une opération délicate, elle a été réalisée avec un très grand soin. Afin de permettre leur édificatrice sous ambiguïté au laboratoire, l'ensemble des bouteilles contenant les échantillons d'eau on été repérées de façon claire et durable par une étiquette ou sont indiquées l'origine de l'échantillon et les conditions dans les quelles il a été prélevé.

#### 3.1.3. Transport des échantillons :

Afin de minimiser les dommages éventuels durant le transport, une grande attention a été portée au transport des prélèvements et aux retours de ces bouteilles remplis au laboratoire d'analyse. Pour cela nos échantillons sont transportés au laboratoire à l'obscurité dans une glacière en plastique réfrigéré à une température d'environ  $4^\circ\text{C}$ .

### 3.2. Analyses physicochimiques :

#### 3.2.1. Mesure sur terrain :

Un certain nombre de données concernant la nature physique et chimique de l'eau de la crotte n'ont pas pu être acquises que sur le terrain car les échantillons prélevés. (Température de l'eau, PH, conductivité,.....)

Les résultats des essais de terrain correspondant aux mesures effectuées in situ, c'est-à-dire directement dans le cours d'eau, on été consignés dans une fiche à joindre aux échantillons.

**3.2.1.1. Mesure de la température :**

La mesure de la température de l'eau est réalisée à l'aide d'un Oxymètre Y S I 550 A (température -50.0 à 45.0°C). l'immersion de la sonde de l'appareil de mesure dans l'eau était d'une durée suffisante pour que la valeur affichée soit stabilisée. Ainsi on procédera lecture en laissant la sonde dans l'eau.

**3.2.1.2. Mesure de l'oxygène dissous :**

Le dosage de l'oxygène dissous dans l'eau est réalisé à l'aide d'un Oxymètre de terrain de type YSI 550 A (saturation oxygène :0.0 à 500.0%), qui comprend une sonde constituée d'une cellule électrochimique isolée de l'échantillon par une membrane sélective perméable au gaz.

**3.2.1.3. Mesure de la conductivité :**

La mesure de la conductivité a été réalisée l'aide d'un conductimètre de type : Eco Scan 6 (conductivité : 0.01 à 200.0  $\mu\text{s}/\text{cm}$ ) équipé d'un dispositif de compensation de température qui permet par la lecture directe d'obtenir une bonne appréciation de la conductivité à la température de référence.

La sonde du conductimètre est rincée à plusieurs reprise avec de l'eau déminéraliser puis deux fois au moins avec l'eau à examiner. Avant d'effectuer la mesure de conductivité. Elle est agitée ensuite dans l'eau jusqu'à la conductivité en veillant à ce qu'il n'y ait pas de bulles de gaz emprisonnée de dont, notamment en contact avec les électrodes.

**3.2.1.4. Mesure de pH :**

Il est recommandé de déterminé le pH de l'eau in situ de façon à ne pas modifier les équilibres ioniques par suite d'un transport ou un séjour plus ou moins prolongé des échantillons d'eau dans les flacons.

Le paramètre a été mesuré à l'aide d'un pH -mètre électronique de type : pH mètre de terrain W TW 197i (2.00 à 19.99 pH) composé d'une électrode de verre après un étalonnage bien sur.

On fait plonger dans l'eau l'électrode de verre après un étalonnage bien sur.

On fait plonger dans l'eau l'électrode et on ne procède à la lecture qu'après la stabilisation du pH -mètre ce qui prend plusieurs minutes.

**3.2.2. Mesure au laboratoire :****3.2.2.1. Détermination de la demande chimique en oxygène (DCO) :****3.2.2.1.1. Principe :**

Cette détermination comprend deux étapes :

1<sup>ère</sup> étape : oxydation chimique des matières réductrices contenues dans l'eau, par un excès de dichromate de potassium ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ )

2<sup>ème</sup> étape : dosage de l'excès de dichromate de potassium par sel de Mohr après refroidissement. (Norme NFT 90 -101).

**3.2.2.1.2. Matériels utilisés :**

- L'échantillon : l'eau de la Grotte OSMAN.
- L'eau distillée.
- Des pipettes graduées.
- Bloc chauffant.
- Des tubes à fon plat de DCO (des tubes spéciale de bloc chauffant qui s'adaptent avec des réfrigérants)

- Agitateur.
- pompe graduée.
- les réactifs :
  - Acide sulfurique- sulfate d'argent
  - $K_2Cr_2O_7$ .
  - des granules.
  - La Furoïne.
  - sel de Mohr



Figure. 3.1 : appareil de DCO

### 3.3.2.1.3. Mode d'opérateur :

Dans le tube de DCO introduire :

- 10 ml d'échantillon
- Ajouter : 5ml de  $K_2Cr_2O_7$ +quelque granules régulateurs d'ébullition et homogénéiser+15ml d'acide sulfurique et sulfate d'argent.
- Mettre le réfrigérant et porter à ébullition deux heures a temperature  $147^{\circ}C$  dans un bloc chauffante.
- Laisser refroidir, poser sur agitateur et au même temps ajouté 5 gouttes de Furoïne (indicateur colorée)
- En fin titré l'excès de  $K_2Cr_2O_7$  par la solution de sel de Mohr jusqu'à le virage de couleur bleu-vert au brun -rouge.



Figure. 3.2 ` Sel de Mohr

### 3.3.2.1.4. Expressions des résultats :

La demande chimique en oxygène DCO exprimée en  $mg\ d'O.L^{-1}$  est donnée par la formule suivante :

$$DCO = \frac{8000 \cdot C_{Fe} \cdot (VT - V_E)}{E}$$

$C_{Fe}$  : concentration exprime en mol/l

VT : volume du sel de Mohr pour le virage de couleur de l'échantillon témoin.

$V_E$  : volume du sel de Mohr pour le virage de couleur de l'échantillon.

$V_E$  : volume dû prise d'essai en ml.

### 3.3.2.2. Détermination de potentiel redox (RH) :

#### 3.3.2.2.1. Principe :

Il s'agit une mesure potentiométrique, Pratiquement sans courant qui ne modifie pas la composition de la solution a mesuré et qui est beaucoup plus facile d'un point de vue électronique qu'une mesure de pH.

#### 3.3.2.2.2. Mode d'opérateur :

On utilise un pH mètre adapté à la gamme de la mesure de potentiel redox et auquel on branche une électrode redox. L'utilisation de l'appareil devra se faire en référence à la notice fournie par le fabricant.



Figure 3.3: PH mètre

#### 3.3.2.2.3. Mesure :

Le RH a été mesurée par la lecture directe sur pH- mètre, l'électrode est rincée plusieurs fois avec de l'eau distillée avant d'être immergée dans le récipient contenant l'eau examiner. Fig 12 : PH mètre

### 3.3.2.3. Dosage des ortho phosphates ( $\text{OPO}_4^-$ ) :

#### 3.3.2.3. 1. Principe :

Les ions ortho phosphate en solution acide ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) et en présence d'ion molybdate et antimoine forment un complexe d'antimoine- phosphomolybdate qui après réduction par l'acide ascorbique donne un complexe de molybdène forment coloré en bleu le développement de la coloration est accélérés par l'utilisation d'un catalyseur le tartrate double de potassium et antimoine.

#### 3.3.2.3.2. Matériel utilisé :

- Deux fioles jaugées.
- Becher.
- Spectromètre.
- L'échantillon
- Eau distillée
- Des pipettes gratuites.
- Réactif combinée :
  - hydroxyde de sodium.
  - Catalyseur de Tartrate de potassium.
  - Acide sulfurique
  - Acide ascorbique



Figure, 3.4 : spectromètre

**3.3.2.3.3. Mode opératoire :****L'échantillon :**

- 20 ml d'eau à analyser.
- 1 ml acide ascorbique.
- 4 ml du réactif mixte.

**Le blond :**

- 20 ml d'eau distillée.
- 1 ml acide ascorbique.
- 4 ml du réactif mixte

-Attendre 30 minutes, et après on la mesure à partir de spectromètre par une longueur d'onde 880.

**3.3.2.3.4. Expression de résultats :**

Calculer la concentration en P des ortho phosphate. Exprimer en mg/l à partir de la droite d'étalonnage en utilisant comme absorbance de la différence  $A_{\text{occl}} - A_{\text{blanc}}$ . Convertir la teneur en mg de P .L<sup>-1</sup> en mg de PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>/L par la relation suivante :

$$1\text{mg de P.L}^{-1} = 3.06\text{mg de PO}_4^{-3}/\text{L.}$$

**3.3.2.4. Détermination de la demande biochimique en oxygène après 5 jours (DBO<sub>5</sub>) :****3.3.2.4.1. Principe :**

La DBO<sub>5</sub> est mesurée au bout de cinq jours à 20°C (température favorable à l'activité des micro-organismes consommateurs d'O<sub>2</sub>) et à l'obscurité (afin d'éviter toute photosynthèse parasite).

Deux échantillon sont nécessaires, le premier sert à la mesure de la concentration initiale en O<sub>2</sub> et le second à la concentration résiduaire en O<sub>2</sub> au but de cinq jours .la DBO<sub>5</sub> est la différence entre ces deux concentrations. Les mesures seront effectuées sur un même volume est le second échantillon sera conservé cinq jours à l'obscurité 20°C.

**3.3.2.4.2. Matériel utilisées :**

- Oxymètre.
- Agitateur magnétique.
- Flacons spécieux pour la DBO<sub>5</sub>.
- Eau pour la dilution.
- Aérateur.
- Echantillon.



Figure. 3.5 : Oxymètre

**3.3.2.4.3. Mode opératoire :****- Préparation de l'eau de dilution :**

Mettre la veille du prélèvement, dans un récipient de 10L, de l'eau du robinet dans laquelle on plonge pendant 24 h un aérateur pour la saturer en dioxygène .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 l'eau de dilution. Fermer le flacon sans y laisser d'air.

1<sup>ère</sup> flacon : pour notre échantillon :  $V_{\text{flacon}}/10$  donc  $280/10=28\text{ml}$ .

2<sup>ème</sup> flacon (témoin) : Eau de dilution+glucose (0.0825g)

Mesure au  $T_0$  : Doser l' $O_2$  dissous dans un flacon d'échantillon dilué ( $T_0$  en mg/l)

Incubation : placer l'autre flacon à l'étuve  $20^\circ\text{C}$  et à l'obscurité pendant 05 jours, avec agitation.

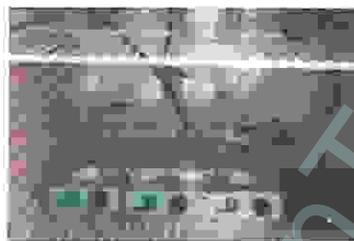


Figure 3.6 : incubation des flacons de  $DBO_5$

Mesure au  $T_5$  : Doser l' $O_2$  dissous dans un flacon d'échantillon dilué ( $T_5$  en mg/l)

#### 3.9.2.4.4. Expressions des résultats:

$$DBO_5 = F (T_0 - T_5)$$

$T_0$  : pressions d' $O_2$  dissous ( $O_2$  avant) .

$T_5$  :  $O_2$  dissous après incubation.

F : facteur de dilution.

#### 3.9.2.5. Détermination de la pollution azotée ( $NH_4$ ) :

##### 3.9.2.5.1. Principe :

Mesure spectrométrique à environ  $655\text{nm}$  du composé bleu formé par la réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitroprussiate de sodium.

##### 3.9.2.5.2. Matériel utilisées :

- spectrophotomètre .
- Deux fioles jaugées .
- Spectromètre .
- L'échantillon .
- Eau distillée .
- Des pipettes gratuites.
- Réactifs :

##### - Réactif I :

- Acide dichloroisocyanurique.....2g
- Hydroxyde de sodium (NaOH).....32g
- $H_2O$  distillée.....q. s. p. 1000ml

**- Réactif II (coloré):**

- tricitate de sodium.....130g
- salicylate de sodium.....0.97g
- H<sub>2</sub>O distillée.....q.s.p.1000ml

**3.3.2.5.3. Mode opératoire :****- L échantillon :**

- 40 ml d'eau à analyser.
- 4 ml réactif I
- 4 ml du réactif II

**- Le blanc :**

- 40 ml d'eau distillée.
- 4 ml réactif I
- 4 ml du réactif II
- Attendre 1 h.30 a la libes de la lumière.L'apparition de la coloration verdâtre indique la présence de : NH<sup>+4</sup>

**3.3.2.5.4. Expression des résultats :**

Le résultat est donné directement en mg/l.

**3.3.2.6. Dosage des nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)****3.3.2.6.1. Principe :**

Les nitrites réagissent avec le Sulfanilamide pour former un composé diazoïque qui, après copulation avec le N1 Naphtyl éthylène diamine dichloride donne naissance à une coloration rose mesurée à 537nm. ( ISO 5667).

**3.3.2.6.2. Matériel utilisé :**

- Deux fioles jaugées.
- Spectrophotomètre.
- L'échantillon.
- Eau distillée.
- Micropipettes.
- Réactifs :
- Solution diazotation :
- Sulfanilamide .....40 g.
- Acide phosphorique .....100ml.
- N Naphtyl éthylène diamine.....2g.
- H<sub>2</sub>O distillée .....q.s.p1000ml.

**3.3.2.6.3. Mode opératoire :****- L échantillon :**

- 50 ml d'eau à analyser.
- 1 ml solution diazotation.

**- Le blond :**

- 50 ml d'eau distillée.
- 1 ml solution diazotation.

- Attendre 10 mn. L'apparition de la coloration rose indique la présence des : NO<sub>2</sub><sup>-</sup>. Effectuer la lecture à 537 nm.

**3.3.2.6.4. Expression des résultats :**

Le résultat est donné directement en mg/l.

**3.3.2.7. Dosage des nitrates NO<sub>3</sub><sup>-</sup> méthode au salicylate de sodium :****3.3.2.7. 1. Principe :**

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosylate de sodium coloré en sodium coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique.

**3.3.2.7. 2. Matériel utilisé :**

- Deux fioles jaugées.
- Bain marie.
- L'échantillon.
- Eau distillée.
- Micropipettes.
- Pipette gratuite.



Figure 3.7 : Bain marie

**- Réactifs :**

- Solution de salicylate de sodium à 0.5%:
- Salicylate de sodium ..... 0.5 g.
- Eau distillée..... 100ml.
- (Renouveler toutes les 24h)
- NaOH 30% :
- NaOH..... 30g
- H<sub>2</sub>O distillée..... 100ml.
- Acide sulfurique concentré 80%

**3.3.2.7.3. Mode opératoire :****- L'échantillon :**

- 1 ml d'eau à analyser.
- 9 ml d'eau distillée.
- 1 ml solution salicylate de sodium.
- 3 gouttes de NaOH à 30%.

**- Le blond :**

- 10 ml d'eau distillée.
- 1 ml solution salicylate de sodium.
- 3 gouttes de NaOH à 30%.
- Evaporer à sec au bain marie, laisser refroidir.
- Reprendre le résidu avec 2ml par l'acide sulfurique, laisser reposer 10 mn.
- Ajouter 15 ml d'eau distillée.
- Ajouter 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium.

#### 3.3.2.7.4. Expression des résultats :

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

#### 3.3.2.8. Dosage des matières en suspension (MES) :

##### 3.3.2.8.1. Principe :

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

##### 3.3.2.8.2. Matériel utilisé :

- Pompe à vide.
- Dispositif de filtration sous vide ou sous pression (rampe).
- Membranes de filtration.
- L'échantillon : l'eau de la Grotte OSMAN.
- Etuve.
- Balance.



Figure 3.8 : étuve 37°C

##### 3.3.2.8.3. Mode opératoire :

- Peser le filtre avant l'opération : soit  $p_1$ =poids des membranes avant filtration.
- Placer les membranes dans la pompe à filtration et faire passer 1 litre d'eau à analyser à travers.
- Mettre les membranes filtrantes dans une étuve pendant 2 heures.
- Laisser refroidir.
- puis les peser une deuxième fois soit  $p_2$ =poids des membranes après filtration.



Figure 3.9 : balance

### 3.3.2.8.4. Expression des résultats :

$$MES = (p2 - p1) \cdot 100$$

### 3.3. Analyses bactériologiques :

L'analyse bactériologique fait appel à des divers techniques de dénombrement basées pour la plus part sur l'obtention de culture à partir des cellules présentes dans le milieu. On oppose souvent analyse quantitative qui détermine un nombre de germe par « ml » ou par « g » de produit et analyse qualitative : test de présence et l'absence de microorganisme.

#### Objectifs :

Evaluer la qualité bactériologique de l'eau de la crotte OSMANE par la recherche du Coliforme, la présence de ces derniers est un indicateur de contamination fécale et la présence des bactéries pathogènes. Les bactéries Coliformes sont présentes dans l'intestin de l'Homme et l'animal, aussi présente dans le sol et sur les débris de végétaux etc. Dans les eaux, le nombre de Coliformes est un indicateur de probabilité de la présence de bactéries pathogènes.

#### 3.3.1. Recherche et dénombrement de Coliformes totaux et thermo tolérants :

La recherche et le dénombrement de ces bactéries se fait en milieu liquide et par la technique du nombre le plus probable (NPP). C'est une estimation statistique du nombre de microorganismes supposés distribués dans l'eau de manière parfaitement aléatoire.

Dans ce type de méthode, les bactéries se multiplient dans le milieu liquide. En cas de présence, l'ensemble de milieu liquide inoculé vire à la (+) trouble ou virage de l'indicateur.

##### 3.3.1.1. Définition :

Selon ISO, les coliformes sont des bacilles à gram négatifs (BGN) facultatif appartenant à la famille des enterobacteriaceae. Se sont des aérobies et anaérobies facultatifs, non sporulés, ne possédant pas l'oxydase.

##### 3.3.1.2. Matériel :

- Etuve 37°C +/- 1 et de 44°C
- Pipettes 1ml et 10ml
- Des portoirs.
- Milieux de cultures BCPL (D/C S/C)
- Milieux de cultures Eau peptonée
- Eau analysée
- Anse de platine
- Bec benzène



Figure. 3.10 : étuve 44°

### 3.3.1.3. Mode opératoire :

La recherche et le dénombrement des bactéries Coliformes totaux, et Coliformes thermo tolérants dans l'eau, en milieu liquide par la technique du NPP, se fait en deux étapes consécutives :

**Le test de présomption :** pour la recherche des Coliformes.

**Le test de confirmation :** pour la recherche des coliformes thermo tolérants.

#### 3.3.1.3.1. Test de présomption :

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

- 30 ml dans un flacon concernant trois milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham a conduction de mettre 10 ml dans chaque tubes.
- 3 ml dans un flacon concernant trois milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham a conduction de mettre 1 ml dans chaque tubes.
- 0,3 ml dans un flacon concernant trois milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham a conduction de mettre 0.1 ml dans chaque tubes.

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

**Lecture :** Les tubes considèrent comme positifs, présente à la fois :

- Un dégagement de gaz (supérieur au 1/10 de la hauteur de la cloche).
- Un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune (ce qui constitue le témoin de la fermentation du lactose présent dans le milieu)
- La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table du NPP qui figure en annexe.

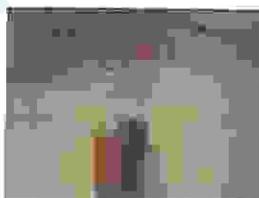


Figure.3.11 : BCPL positif

#### 3.3.1.3.2. Test de confirmation :

Le test de confirmation est basé sur la recherche de Coliformes thermo tolérants qui ont les mêmes propriétés de fermentation que les coliformes mais à 44°C.

Les tubes de BCPL trouvés positifs lors du dénombrement des coliformes feront l'objet d'un repiquage à l'aide d'une lance bouclée dans tubes contenant l'eau peptonée.

- L'incubation se fait cette fois-ci a l'étuve à 44°C pendant 24 h.
- Ajouté 2a 3goutte de réactif de covacs qui présente un troubles.



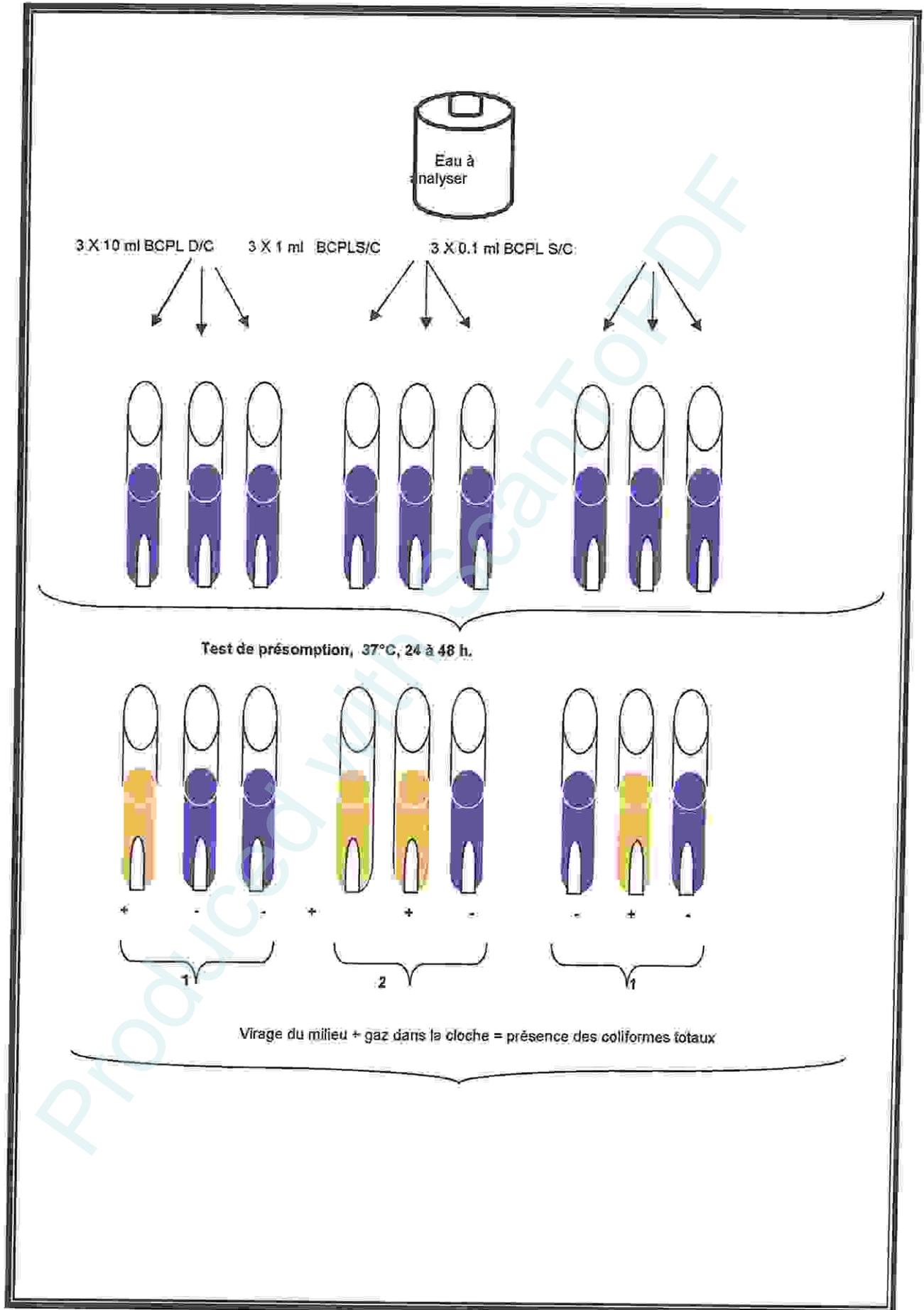
Figure. 3.12 : koyacs

**Lecture :** Seront considérés positifs, les tubes présentant :

- Un anneau rouge en surface, témoin de production d'indole.
- La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table du NPP qui figure en annexe



Figure. 3.13 : test de confirmation anneau rouge



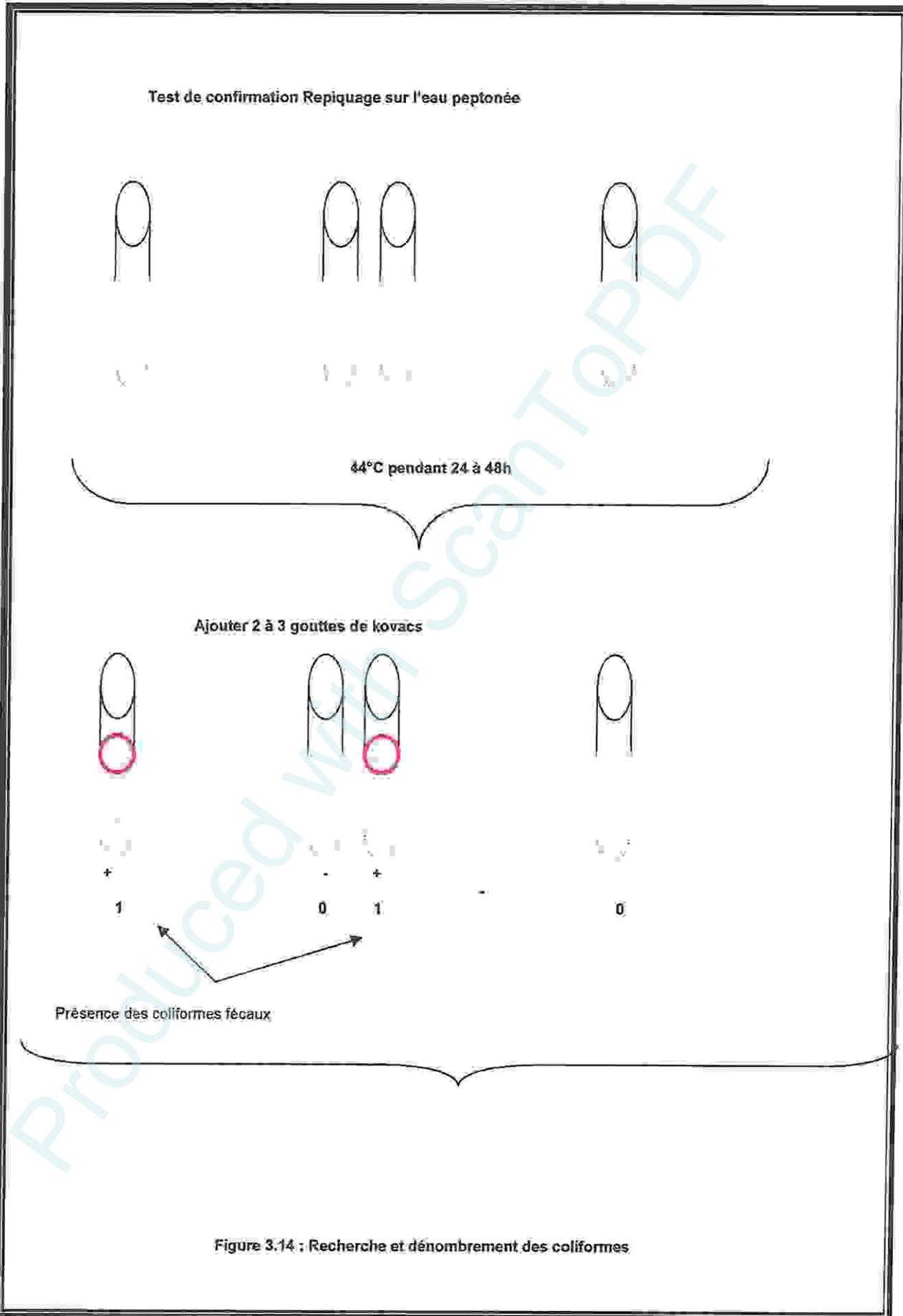


Figure 3.14 : Recherche et dénombrement des coliformes

### 3.3.2. Recherche et dénombrement de streptocoques

#### 3.3.2.1. Définition :

Il s'agit de Cocci à Gram Positif (CGP) de forme sphérique ou ovoïde, se présentant en chaînettes plus ou moins longues, non sporulées, aéro-anaérobies facultatives, ne possédant ni catalase ni oxydase.

#### 3.3.2.2. Matériel :

- Etuve 37°C+/-1.
- Pipettes 1 ml et 10 ml
- Des portoirs.
- Milieux de cultures Rothe (D/C S/C)
- Anse de platine
- Bec benzène.
- Eau analysée
- Milieu Eva litsky.

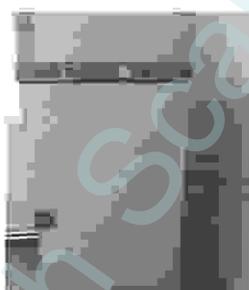


Figure. 3.15 : étuve 37°C

#### 3.3.2.3. Mode opératoire :

La recherche et le dénombrement des bactéries Streptocoques » dans l'eau, en milieu liquide par la technique du NPP, se fait en deux étapes consécutives :

- **Le test de présomption** : pour la recherche des «Streptocoques ».
- **Le test de confirmation** : pour la confirmation réelle des Streptocoque du groupe « D ».

##### 3.3.2.3.1. Test de présomption :

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

- 30 ml dans un flacon concernant trois milieu Rothe D/C muni d'une cloche de Durham a conduction de mettre 10 ml dans chaque tubes..
- 3 ml dans un flacon concernant trois milieu Rothe S/C muni d'une cloche de Durham a conduction de mettre 1 ml dans chaque tubes..
- 0,3 ml dans un flacon concernant trois milieu Rothe S/C muni d'une cloche de Durham a conduction de mettre 0.1 ml dans chaque tubes.

Bien mélangé le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait à 37°C pendant 24heures.

**Lecture** : Les tubes considèrent comme positifs, présente un trouble microbien.  
La lecture finale se fait après repiquage sur milieu Eva litsky.

### **3.3.2.3.2. Test de confirmation :**

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

Les tubes de Rothe trouvés positifs, feront l'objet d'un repiquage à l'aide d'une lance bouclée dans tubes contenant Eva litsky. Bien mélangé le milieu et l'inoculum L'incubation se fait cette fois-ci a l'étuve à 37°C pendant 24 h

**Lecture :** Seront considérés positifs, les tubes présentant :

- Une pastille blanchâtre au fond des tubes.
- Un trouble microbien.

La lecture finale se fait également selon les prescriptions de la table du NPP qui figure en annexe

Produced with ScanTOPDF

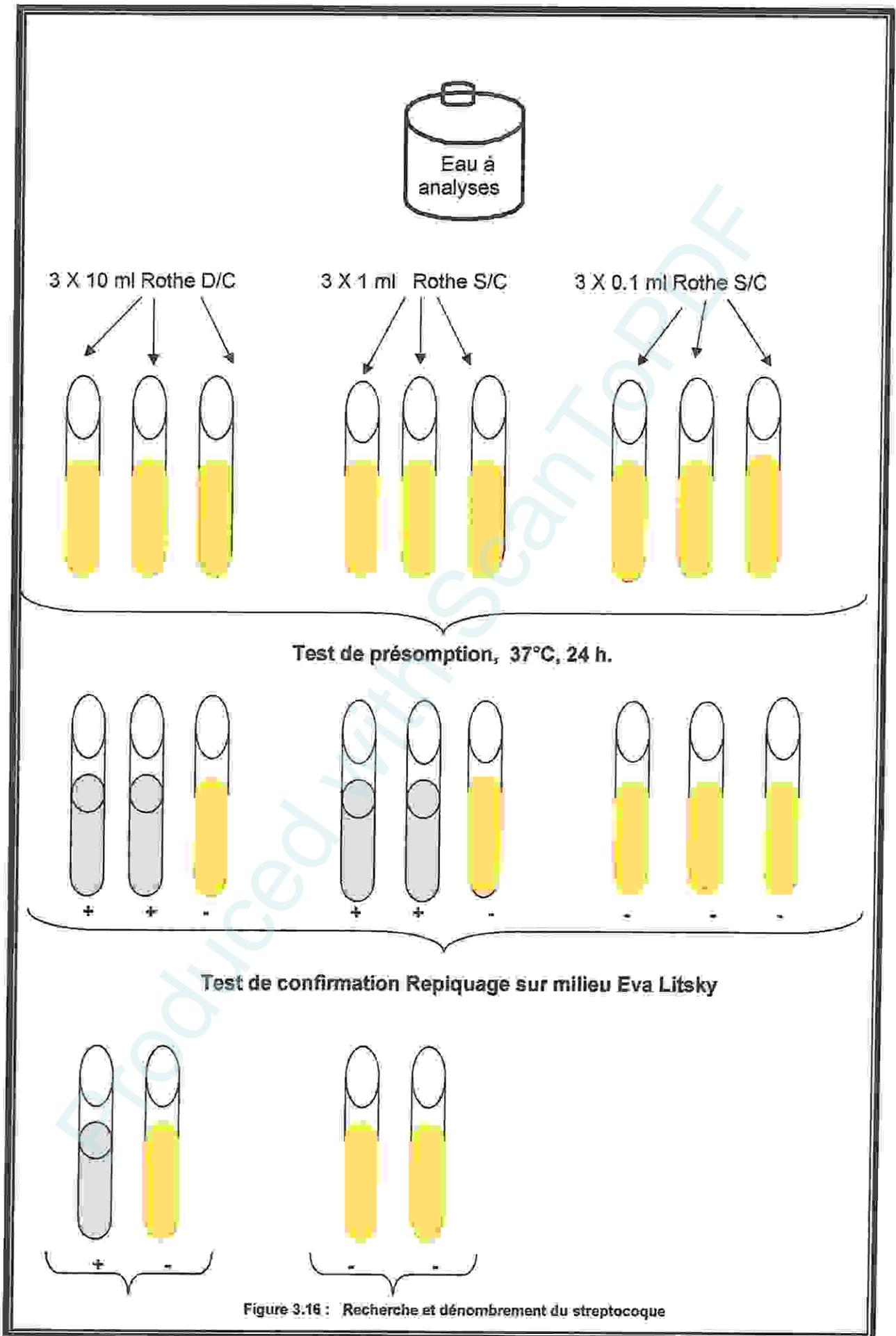


Figure 3.16 : Recherche et dénombrement du streptocoque

### 3.3.3. Recherche et démembrement des bactéries anaérobies sulfito-réductrices :

La recherche et démembrement des bactéries anaérobies sulfito-réductrices dans les eaux se fait, par incorporation en gélose en tubes profonds.

#### 3.3.3.1. Définition :

Au sens de cette méthode, on entend par bactéries anaérobies sulfito-réductrices qui se présentent sous forme de bacilles à gram positif et qui se développant à température de  $36 \pm 2^\circ \text{C}$  en 24 à 72 heures en gélose profonde gélose Tryptose sulfite Cyclosérine ou Tryptose sulfite Néomycine ou encore Viande de foie, donnent des colonies caractéristiques qui sont de couleur blanche entourées d'une auréole noire. Ce dernier est le témoin de la réduction du sulfite de sodium ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ) qui se trouve dans le milieu, en sulfure qui en présence de  $\text{Fe}^{+2}$  qui donne  $\text{FeS}$  (sulfure de fer) de couleur noire (Boucherit K ; et al2009).

#### 3.3.3.2. Matériel :

- Etuve  $37^\circ \text{C}$ .
- Bûcher.
- portoir.
- Réactif : alun de fer.
- Milieu de culture viande de foie.
- Eau analysée
- Bec benzène
- Bain marée.

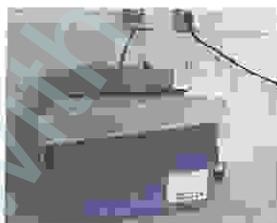


Figure 3.17 : bain marie



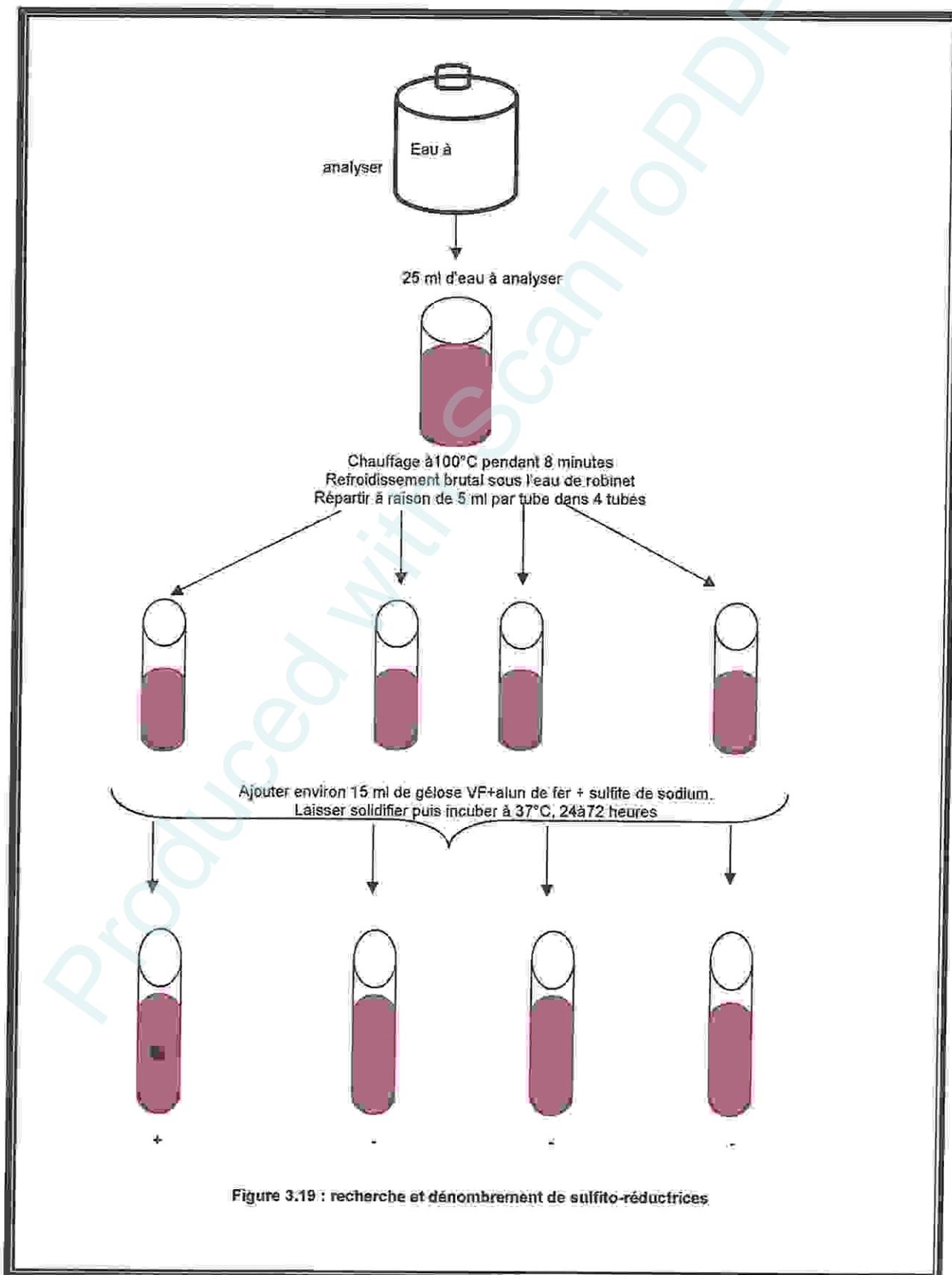
Figure 3.18 : alun de fer

#### 3.3.3.3. Mode opératoire :

- A partir de l'eau à analyser, transférer environ 25 ml dans tube stérile, qui sera par la suite soumis à un chauffage de l'ordre de  $100^\circ \text{C}$  pendant 8 minutes ,après refroidissement
- Répartir ensuite le contenu de ce tube, dans 4 tubes différents et stériles, à raison de 5 ml par tube On inoculé avec 15ml de viande de foie+aditif alun de fer + 10 goutte sulfite de sodium 5%on boucher avec coton. Mélanger doucement le milieu et l'inoculum en évitant les bulles d'air et en évitant l'introduction d'oxygène.
- Laisser solidifier sur paillasse pendant 30 minutes environ, puis incubé à  $37^\circ \text{C}$ , pendant 24 à 72 heures.

- La première lecture doit absolument être faite à 16 heures car très souvent les colonies des ASR sont envahissantes auquel cas on se trouverait en face d'un tube complètement noir rendant ainsi l'interprétation difficile voire impossible et l'analyse sera à refaire en utilisant des dilutions décimales de  $10^{-1}$  voire  $10^{-2}$ , la deuxième lecture se fera à 24 heures et la troisième et dernière à 72 heures.

**La lecture :** Dénombrer les colonies noires de 0,5mm de diamètre de formes lenticulaires, ayant poussé en masse et rapporter le nombre total des colonies dans les quatre tubes d'eau à analyser.



### 3.3.4. Recherche et le dénombrement de salmonella :

#### 3.3.4.1. Définition :

Les Salmonella sont des entérobactéries qui se présentent sous forme de Bacilles Gram Négatifs (BGN), ne fermentant pas le lactose, mais fermentant le glucose avec production de gaz et de H<sub>2</sub>S ; elles se divisent en deux grands groupes : les mineures et les majeures (hautement pathogènes).

#### Jour 1. Premier Enrichissement :

Le premier enrichissement s'effectue sur le milieu de Sélénite acide de sodium D/C(SFB) Ce dernier sera donc ensemencé à l'aide de 10 ml d'eau à analyser, puis incubé à 37°C pendant 24 heures,

D'autre part, d'un 1<sup>er</sup> isolement sur gélose SS. Ce dernier sera donc ensemencé par râteau à l'aide de 0.1ml d'eau à analyser, puis incubé à 37°C pendant 24 heures,

#### Jour 2. Deuxième enrichissement et Isolement :

Ce flacon fera l'objet :

D'une part, d'un deuxième enrichissement sur milieu Sélénite en tubes à raison de 0,1 ml, d'autre part, d'un 2<sup>ème</sup> isolement sur gélose SS par râteau.

L'incubation se fait donc à 37°C pendant 24 h.

#### Jour 3. Lecture des boîtes et Identification.

D'une part, le tube de Sélénite fera l'objet d'un isolement,

D'autre part, la boîte de gélose SS subira une lecture en tenant compte du fait que les Salmonella se présentent le plus souvent sous forme de colonies de couleur gris bleu à centre noir.

#### Identification morphologique et biochimique.

Des colonies caractéristiques et distinctes feront l'objet d'une identification morphologique et biochimique qui se déroule comme suit :

Coloration de Gram (bacilles Gram négatifs),

Ensemencement d'un tube de Klinger (TSI) qui sera incubé à 37°C, 24 h  
(Lactose, Saccharose, Glucose, Gaz et H<sub>2</sub>S),

Ensemencement :

\* soit d'une galerie biochimique classique (Urée, Indole, ...),

\* ou d'une galerie biochimique API 20

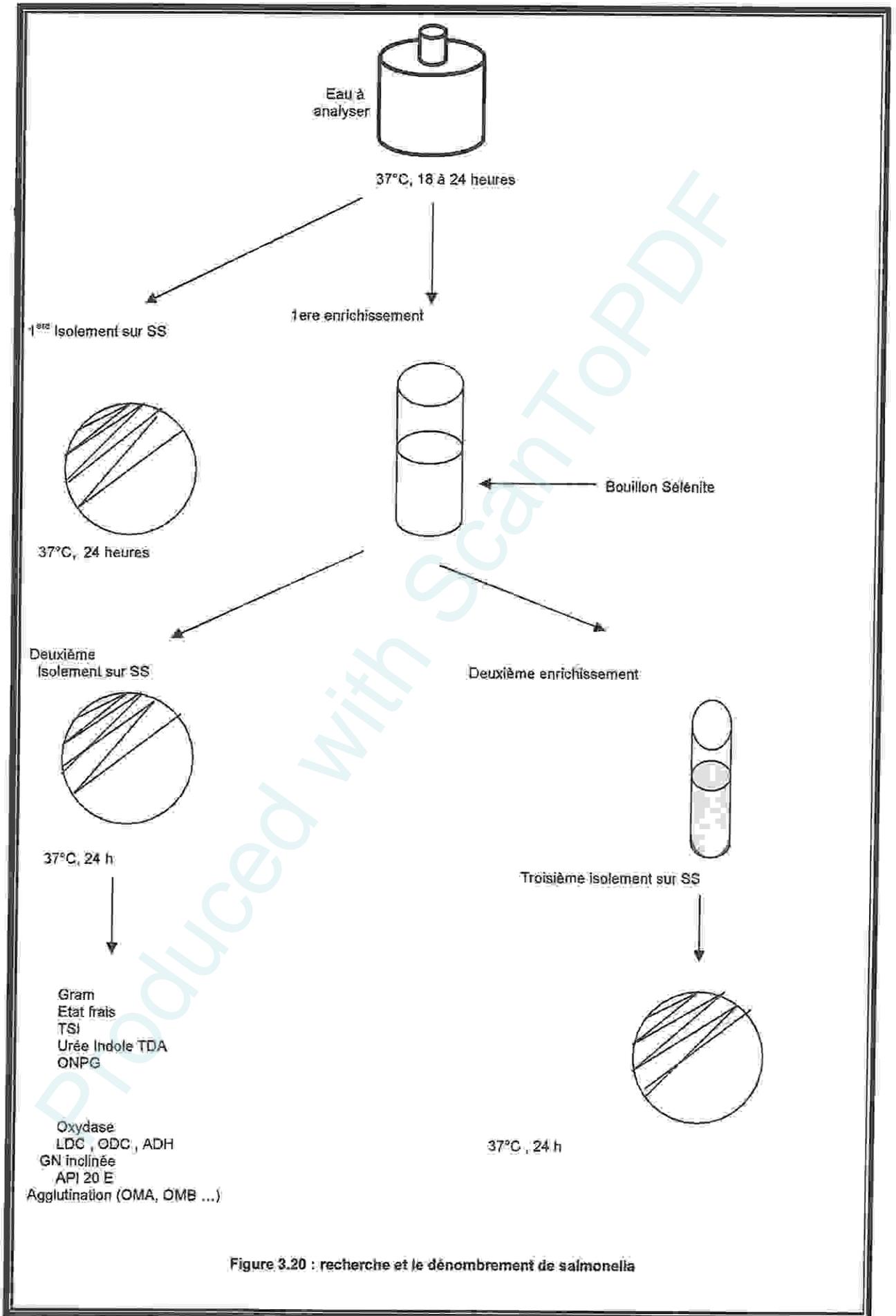


Figure 3.20 : recherche et le dénombrement de salmonella

### 3.3.5. Recherche et Dénombrement de Staphylocoque :

Par cette méthode, *Staphylocoque* fait l'objet d'une recherche sur gélose Baird Parker.

Transférer, à l'aide d'une pipette stérile, 0,1 ml des dilutions décimales  $10^{-2}$ ,  $10^{-1}$ , solution mère, à la surface d'une plaque de gélose Baird Parker, comme le montre le schéma n°30 ci-après.

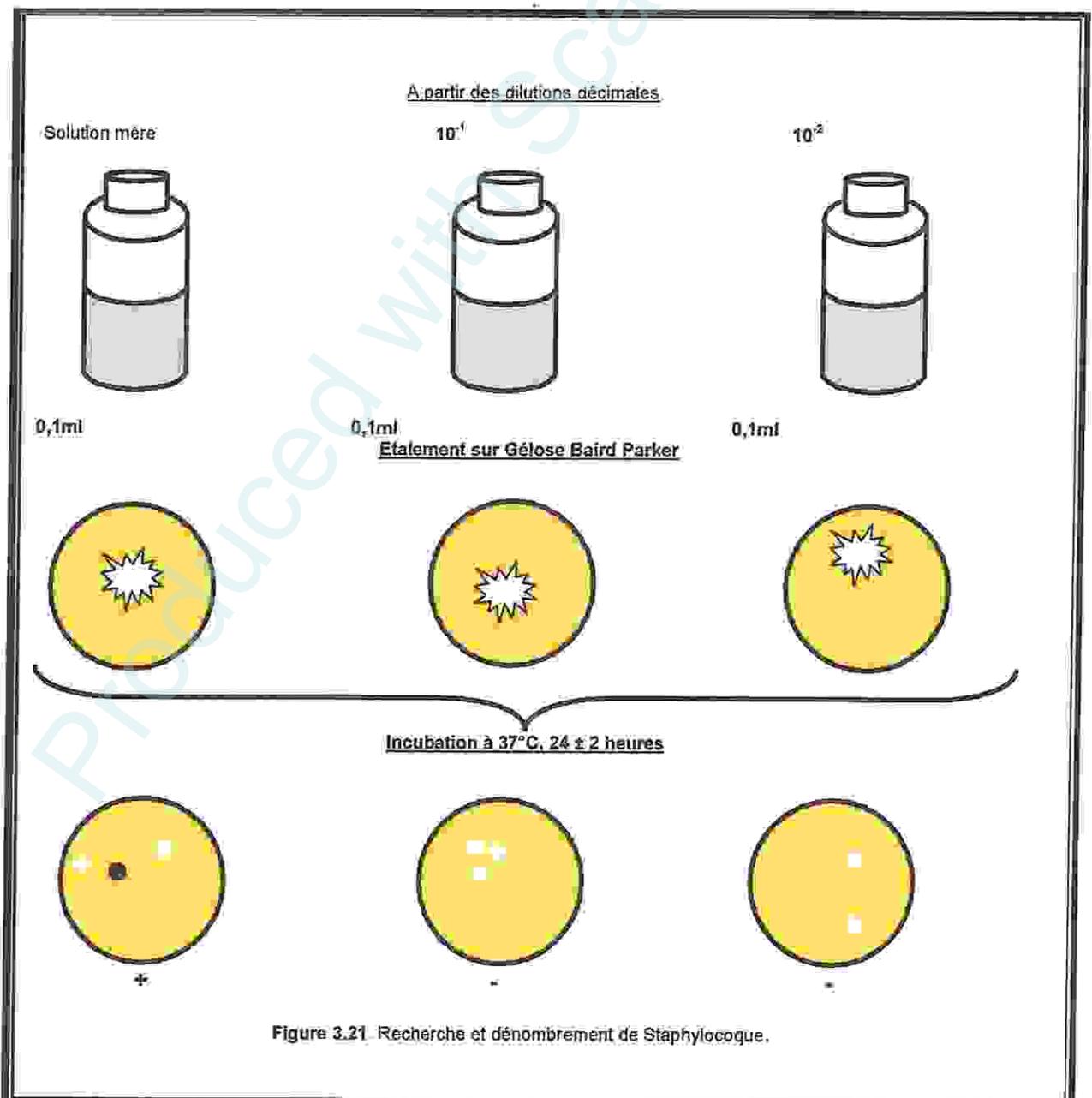
Etaler soigneusement l'inoculum le plus rapidement possible à la surface de la gélose en essayant de ne pas toucher les bords de la boîte avec un étaleur stérile pour chaque boîte.

Les boîtes seront incubées couvercle en haut à  $37^{\circ}\text{C}$  pendant  $24 \pm 2$  heures et ré-incuber pendant  $24 \pm 2$  heures supplémentaires.

#### 3.3.5.1. Sélection des boîtes et interprétation.

Après 24 heures d'incubation, marquer sur le fond des boîtes les colonies sont noires ou grises éventuellement présentes.

Incuber à nouveau toutes les boîtes à  $37^{\circ}\text{C} \pm 2$  heures supplémentaires, et marquer les nouvelles colonies.



### 3.3.6. Recherche et dénombrement des Entérobactéries en milieu solide

#### 3.3.6.2. Matériel :

- Etuve 37°C+/-1.
- Pipettes 1 ml, 10 ml et pipettes Pasteur.
- portoir.
- Milieux de cultures Mac conkey.
- Eau analysée
- Eau distillée.
- Boîte de pétrée.

#### 3.3.6.3. Mode opératoire :

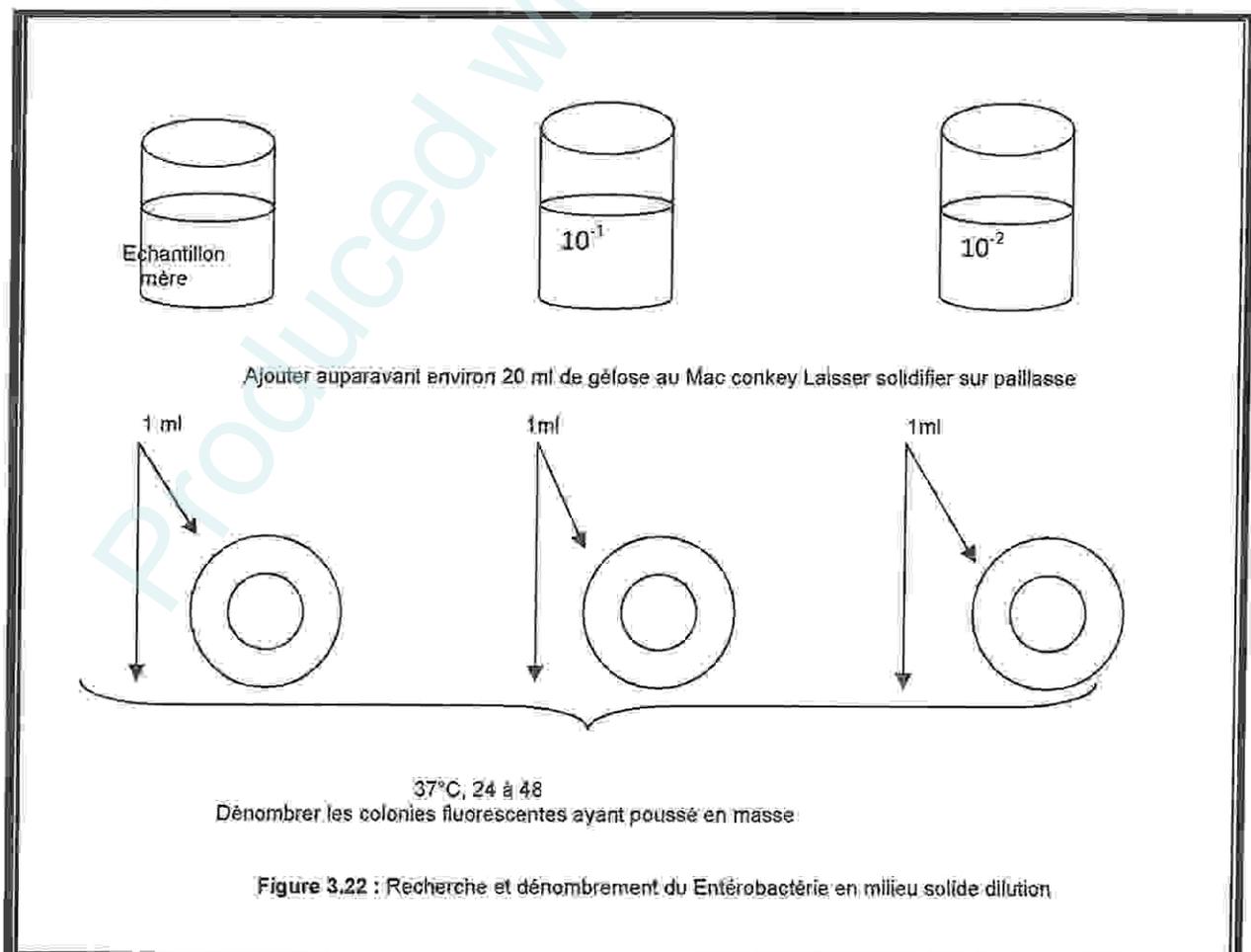
A partir de l'échantillon mère et les dilutions décimales allant de  $10^{-2}$ ,  $10^{-1}$ , solution mère porter aseptiquement dans des boîtes de Pétri vides préparées à cet usage et numérotées comme l'indique la figure 31.

Compléter ensuite chaque boîte avec environ 15 ml de gélose au Mac conkey (de 4 à 5 mm de hauteur) fondue puis refroidie à  $45 \pm 1^\circ \text{C}$ , faire ensuite des mouvements circulaires et de va-et-vient en forme de « 8 » pour permettre à l'inoculum de bien se mélanger à la gélose utilisée.

**Incubation :** Les boîtes seront incubées à 37°C, pendant 24 à 48 h.

**Dénombrement :** Il s'agit de compter toutes les colonies ayant poussé sur les boîtes en tenant compte des facteurs de dilutions, de plus :

- multiplier toujours le nombre trouvé par l'inverse de sa dilution,
- faire ensuite la moyenne arithmétique des colonies entre les différentes.



### 3.3.7. Recherche et dénombrement de la flore aérobie Mésophile total en milieu solide

#### 3.3.7.1. Matériel :

- Etuve 37°C+/-1.
- Pipettes 1 ml, 10 ml et Pipettes Pasteur.
- Milieux de cultures T.D.Y.M.
- Eau analysée
- Eau distillée.
- Des Boites de pétri.

#### 3.3.7. 2. Mode opératoire

A partir de l'échantillon mère et les dilutions décimales allant de  $10^{-2}$  à  $10^{-1}$ , porter aseptiquement dans des boites de Pétri vides préparées à cet usage et numérotées comme l'indique la figure 32.

Compléter ensuite chaque boite avec environ 15 ml de gélose au T.D.Y.M (de 4 a 5 mm de hauteur). Fondue puis refroidie à  $45 \pm 1^\circ \text{C}$ , faire ensuite des mouvements circulaires et de va-et-vient en forme de « 8 » pour permettre à l'inoculum de bien se mélanger à la gélose utilisée.

**Incubation :** Les boites seront incubées à 37°C, pendant 24 à 48 h.

#### Dénombrement :

Il s'agit de compter toutes les colonies ayant poussé sur les boites en tenant compte des facteurs de dilutions, de plus :

- multiplier toujours le nombre trouvé par l'inverse de sa dilution,
- faire ensuite la moyenne arithmétique des colonies entre les différentes Dilution- faire ensuite la moyenne arithmétique des colonies entre les différentes

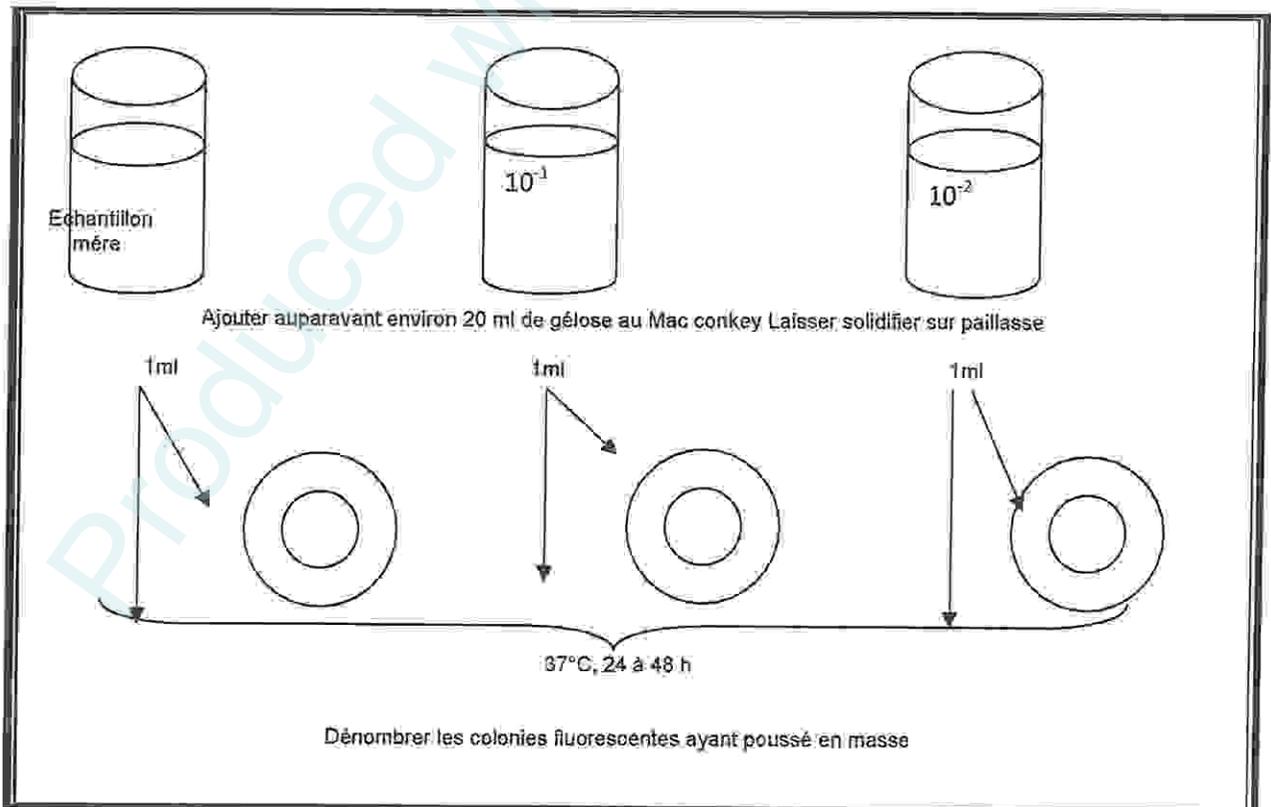


Figure 3.23 : Recherche et dénombrement de la flore aérobie Mésophile totale en milieu solide.

## CHAPITRE 4

### RESULTATS ET DISCUSSION

Produced with ScantOPDF

#### 4.1. La pollution des eaux de la nappe :

La pollution peut se faire par la surface des affleurements de l'aquifère, aussi bien dans une nappe captive que dans une nappe libre. Mais l'intensité de la pollution, le transport, la vitesse de propagation, la vitesse de destruction de cette pollution dépendent essentiellement de la nature de l'aquifère.

Dans les terrains karstiques, la pénétration est rapide souvent instantanée dans les diaclases ouvertes, dans les bêtouilles, les gouffres, les dépressions fermées. La vitesse de circulation est très grande et aucune filtration ne se produit.

Dans cette pollution par la surface des affleurements, deux cas peuvent se présenter Il peut y avoir une pollution tout à fait générale, c'est-à-dire sur toute l'étendue des affleurements des aquifères. Telle peut être par exemple une contamination par les pesticides ou l'épandage d'engrais.

Dans le cas des nappes libres cette contamination est totale, c'est-à-dire s'étendant à toute la nappe, tandis que dans les nappes captives, elle n'intéresse au premier chef que la zone amont d'infiltration et ne se propage que plus ou moins lentement au reste de la nappe.

Il peut y avoir une pollution locale, ne se produisant que par une faible surface. La pollution ne s'étendra qu'à une surface plus ou moins restreinte ou étendue suivant l'intensité de la pollution. Et cette pollution ira en décroissant à partir du centre de pollution. Ce sera par exemple, la pollution par une ferme, un puits perdu etc.

#### 4.2. Les trajets :

Les trajets, l'intensité du polluant, la vitesse de propagation ont une influence capitale sur les caractères de la pollution.

Il y a lieu de considérer:

(1) La profondeur de l'entrée. La pollution peut entrer par la surface du terrain. La nature de cette surface joue un rôle capital. Le terrain peut avoir une couverture de terre végétale agissant comme purificateur par sa teneur en micro-organismes, en colloïdes minéraux et organiques etc.

S'il n'y a pas de couverture de terre végétale, la contamination sera d'autant plus facile que l'on passe des terrains à perméabilité d'interstices aux terrains à perméabilité de fissures et de chenaux.

Un facteur important est la distance séparant la source de pollution de la surface de la nappe, car cette distance est à compter dans le cas d'épuration par filtration. Elle s'ajoute à la distance de filtration horizontale de la nappe. Cette distance peut être réduite à zéro, c'est-à-dire que le polluant arrive directement dans la nappe.

(2) La vitesse de propagation, car celle-ci entrera en ligne de compte dans le calcul de la décroissance de la pollution à partir du point de contamination. On aura donc à considérer la vitesse de filtration verticale dans la zone d'aération et la vitesse de propagation dans la nappe en tenant compte de la vitesse de diffusion.

(3) L'intensité et la durée de la pollution. Le rapport de débits entre polluant et pollué.

(4) L'amortissement du polluant, c'est-à-dire la diminution du polluant à partir du lieu de pollution. Diminution du polluant par rétention dans le terrain, et diminution par destruction, physique, chimique ou biologique.

(5) L'extension du polluant dans les eaux souterraines, en distances, en largeur, en profondeur.

#### 4.3. Les origines des pollutions :

Il nous reste à faire un classement large des causes des pollutions. Tout d'abord il y a lieu de considérer séparément les pollutions biologiques, les pollutions chimiques, car chacun de ces groupes requiert un traitement particulier.

Les origines peuvent être ainsi classées.

(1) Habitats humains: pollution essentiellement biologique — excréments, puits perdus, décharge du village, etc. — conduites d'eau d'égout, eaux résiduaires.

(2) Fermes: pollution essentiellement biologique — habitats, animaux, fumier, puits etc.

(3) Cultures: pollution biologique, par épandage de fumier, de gadoues, par irrigation d'eau d'égouts; pollution chimique, par épandage d'engrais minéraux - chlorures et sulfate et nitrate de potassium, sels ammoniacaux, nitrate, phosphates etc.; par irrigation amenant une augmentation de la salure par évapotranspiration, salure qui se transmet aux nappes par infiltration; par traitements antiparasitaires, pesticides etc.

##### 4.3.1. Composition chimique et biologique du polluant :

Les substances chimiques d'origine agricoles ont un effet néfaste sur l'environnement, elles causent un déséquilibre de l'écosystème. Les différentes composants utilisées dans la région étudiées se regroupée dans le tableau suivant :

Tableau.4.1 : les substances chimiques utilisées dans la région de Guelma (ITGC2006)

Charges d'exploitation	Nature	Quantité/ha
Engrais phosphate	TSP 48%	2q
Engrais potassique	Sulfate de potassium 50%	1q
Herbicide-anti dicotylédones 1.	Tribénuron-méthyl	12.5 g
Ou 2	Tribénuron-Dicamba	120 g
Herbicide-anti monocotylédones	Clodinafop-propargyl	0.75 l
Engrais azoté	Urée 46 %	2 q
fongicide	Lambda-cyhalothrine	0.50 l

#### 4.4. Analyses bactériologiques :

Les analyses bactériologiques de l'eau de la crotte de notre étude ont montrés une grande variation des concentrations des bactéries. Ces derniers dépassent les normes internationales des eaux potables mais elles sont inférieures aux normes des eaux destinées à l'irrigation. A fin de bien comprendre ces variations nous avons suivi l'évolution des germes fécaux dans la crotte OSMAN puis nous avons réaliser une comparaison avec les normes maximales admissibles des eaux destinées la consommation humaine fixées par l'OMS et avec celles des normes des eaux destinées a l'irrigation fixés par le FAO ainsi que leur impact sur l'environnement et sur la santé publique.

##### 4.4.1. Résultats des dénombrements des micro-organismes de l'eau:

Les résultats des dénombrements des germes totaux (GT), coliformes totaux (CT), coliformes fécaux (CF), streptocoques fécaux (SF) et les anaérobies sulfite-réducteurs (ASR) Salmonella Staphylocoque, la flore totale, les entérobactérie concernant les trois prélèvements d'eau choisis dans cette étude sont représentés dans l'annexe et les résultats sont représentés graphiquement dans les figures (4.1,4.2,4.3,4.4)

##### 4.4.1.1. Germes totaux :

La flore totale isolée dans l'eau est importante; elle atteint son maximum au niveau du troisième échantillon, le minimum est dénombré au niveau du premier échantillon il été obtenus durant le mois de mars, Cet abaissement pourrait être le résultat du phénomène de dilution survenu après une chute de pluie (16.03.2010) et une température de l'eau très basse. Les taux les plus élevés ont été observés durant les mois de mai (début de saison estivale). La température de l'eau est dans ce cas favorable pour la croissance de ces microorganismes.

##### 4.4.1.2. Coliformes fécaux :

L'examen des graphes illustrés dans la figure 4.2 et nous montre que le nombre de coliformes fécaux dans les eaux analysées dépasse la norme de l'OMS (0 CF/100 ml), le nombre de coliformes fécaux varie au cours de l'étude de 15 CF/100 ml 210 CF/100ml, dans l'eau de la crotte OSMANE. La Présence des coliformes d'origine fécale avec des effectifs dépassant les normes admises pour l'eau de consommation atteste d'une pollution ou d'une contamination fécale des eaux de notre étude. Cette contamination fécale est couse par l'environnement de la crotte (présence de fumier ou autres matières fécales, l'élevage,...).

##### 4.4.1.3. Les anaérobies Sulfite-réducteurs (ASR) :

Les spores des ASR constituent généralement des indices de contamination ancienne. Les résultats sont négatifs au cours du trois échantillons déduisent l'absence de genres sulfite-réducteurs *Clostridium sp.* Responsables de botulisme et de tétanos.

##### 4.4.1.4. Streptocoques fécaux :

Le nombre de streptocoques fécaux est directement lié à la quantité de matière fécale animale se trouvant dans l'eau. L'examen des graphes illustrés dans la figure 4.3 nous montre que les concentrations de ces bactéries fécales sont extrêmement variables dans l'eau analysées, qui dans l'ensemble sont supérieures a la valeur guide des eaux potable. Pour la majorité des prélèvements elles sont inférieures a la valeur guide des eaux destinés a l'irrigation (1000 SF/100 ml). Le maximum de concentrations des streptocoques fécaux est de 210 SF/100 ml pour le prélèvement réalisé pendant le mois de mars. Cet enrichissement est principalement du au lessivage des terres agricoles avoisinantes chargées d'normes quantités de fumier, aux rejets domestiques des agglomérations rurales (fosses septiques qui déchargent à l'air libre), et l'levage d'ovin et bovin

#### 4.4.1.5. Les staphylocoques :

Les résultats sont négatifs au cœur des trois échantillons déduisent l'absence de genres staphylocoques.

#### 4.4.1.6. Les Entérobactéries :

L'examen de graphe illustrés dans la figure 4.4 nous montre que le nombre des Entérobactéries dans les eaux analysées dépasse la norme de l'OMS (0germe/100 ml).

Elle atteint son maximum au niveau du troisièmes échantillon, le minimum est dénombré au niveau du premier échantillon.il été obtenus durant le mois de mars, Cet abaissement pourrait être le résultat du phénomène de dilution survenu après une chute de pluie (16.03.10) et une température de l'eau très basse.

Les taux les plus élevés ont été observés durant les mois de mai (début de saison estivale). La température de l'eau est dans ce cas favorable pour la croissance de ces microorganismes.

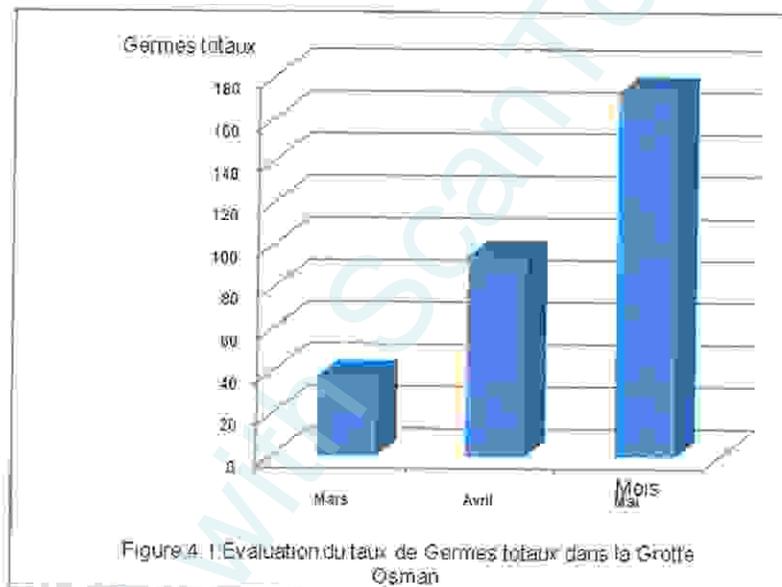


Figure 4.1: Evaluation du taux de Germes totaux dans la Grotte Osman

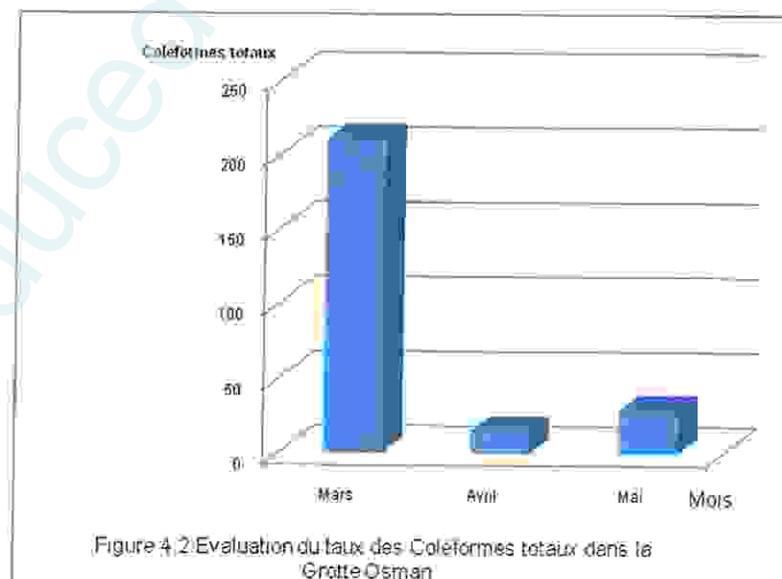


Figure 4.2: Evaluation du taux des Coliformes totaux dans la Grotte Osman

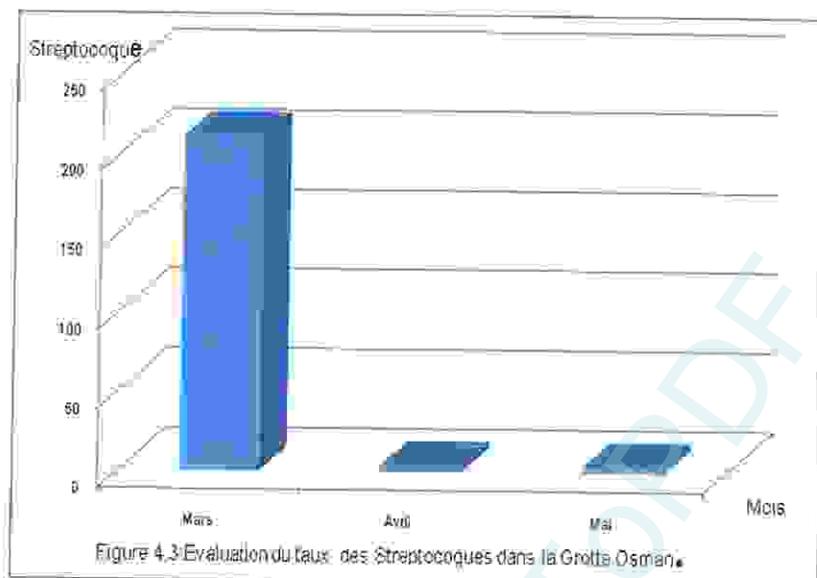


Figure 4.3.Evaluation du taux des Streptocoques dans la Grotte Osman.

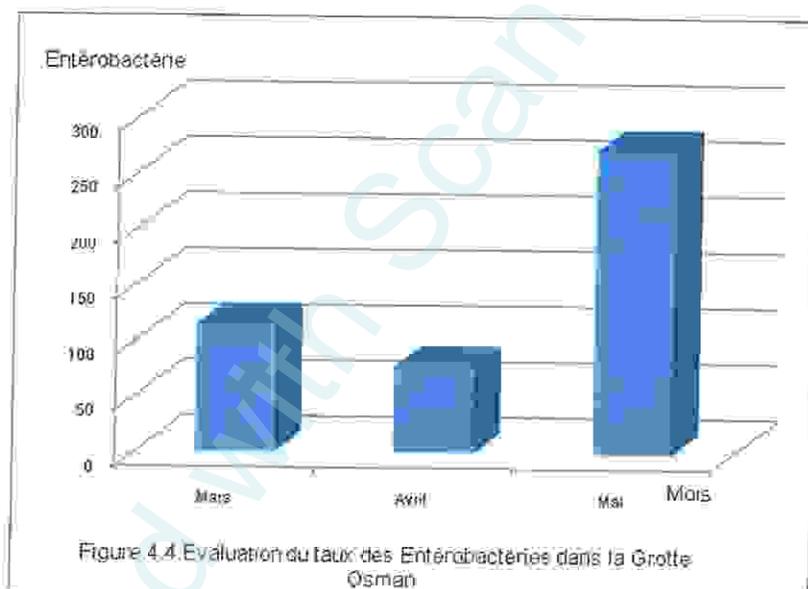


Figure 4.4.Evaluation du taux des Entérobactéries dans la Grotte Osman

#### 4.4.1.7. Les salmonella :

Au cours du premier et le deuxième échantillon (mars avril) les caractères des colonnes inoculées sur TSI et urée Indole sont déferent aux caractères biochimiques d'une salmonelle montrent à l'absence de ce germes.

L'identification biochimique sur l'api 20 E montre la présence du genre *salmonella Arizona* au cours de l'échantillon de moi de mai.

#### 4.4.1.8. Résultats de l'identification biochimique:

L'étude biochimique nous a permis d'identifier 2 espèces bactériennes appartenant la famille des Enterobacteriaceae avec une présence de *Citrobacter freundii* dans le deuxième échantillons suivi par la détection de *salmonella Arizona* dans le troisième échantillon.

#### 4.5. Analyses physico-chimiques :

Les analyses physico-chimiques des eaux de notre étude ont montrés une grande

variation des concentrations des éléments chimiques dont certaines dépassent les normes décrites par l'OMS pour les eaux destinées à la consommation humaine.

#### 4.5.1. La température (T°C):

Elle joue un rôle important dans l'augmentation de l'activité chimique des bactéries et dans l'évaporation des eaux. Elle varie en fonction de la température extérieure (l'air), des saisons, de la nature géologique et de la profondeur du niveau d'eau par rapport la surface du sol. Au niveau de tous les prélèvements, les taux de la température oscillent entre 17.1°C et 25.1°C (Fig.4.5). Ces températures sont proches de la température ambiante et indiquent une origine peu profonde de l'eau étudiée.

#### 4.5.2. La conductivité électrique (CE) :

La conductivité électrique permet d'avoir une idée sur la salinité de l'eau. Une conductivité élevée traduit soit des pH anormaux, soit une salinité élevée. (Rodier, 2005). La figure 4.6 nous expose que les valeurs de la conductivité dans le premier et le quatrième échantillon dépassent la norme recommandée pour les eaux potables (400  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) par contre le deuxième et le troisième sont inférieure à la norme. Pour les eaux d'irrigation, les quatre prélèvements montrent des valeurs inférieures à la norme (20000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). La valeur la plus faible est observée au niveau du deuxième prélèvement 230 $\mu\text{S}/\text{cm}$ . La valeur maximale est alors enregistrée au niveau du quatrième échantillon avec 700 $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Ces fortes valeurs sont dues probablement à la dissolution des lentilles gypseuses qui existent au niveau de la nappe. (Kherici, 1993).

#### 4.5.3. Le potentiel d'hydrogène (pH):

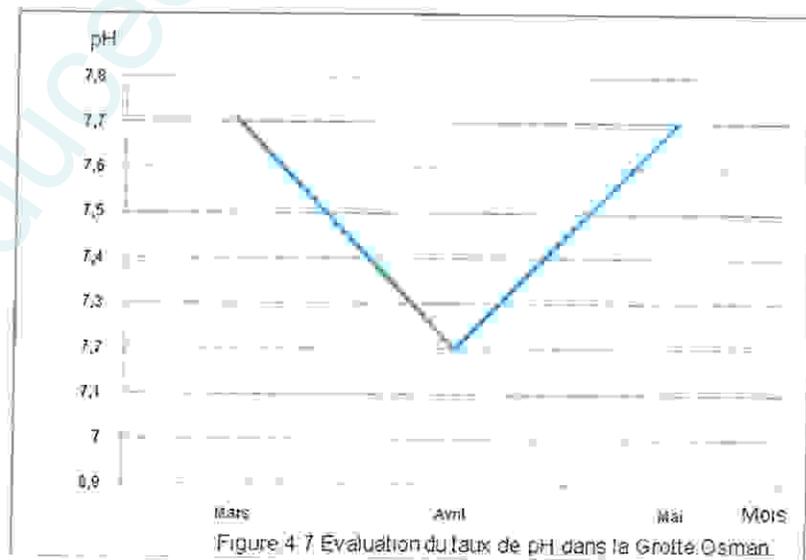
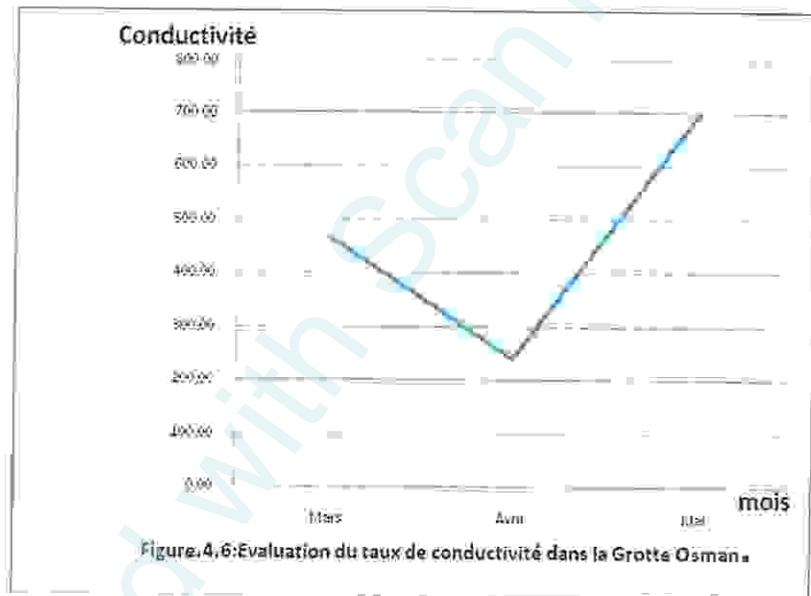
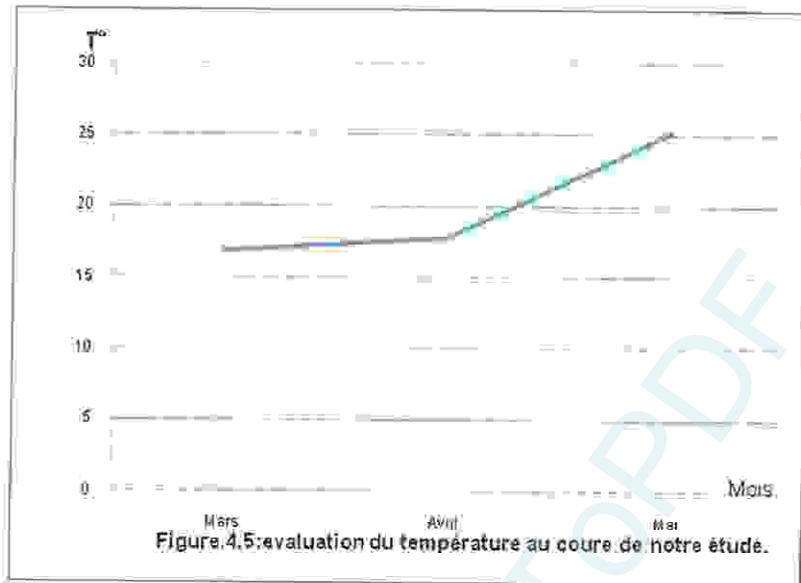
Le pH des eaux naturelles est lié à la nature des terrains traversés. Il donne une indication sur l'acidité ou l'alcalinité d'une eau. Du point de vue sanitaire, un Ph levé peut provoquer un problème de corrosion alors qu'un pH faible peut modifier le goût de l'eau. La figure 4.7 nous montrent que le pH des eaux étudiées est situé dans la fourchette des normes de potabilités (6,5 < pH < 8,5) et ce durant toute la période de l'étude avec des valeurs entre 7,2 et 7,71.

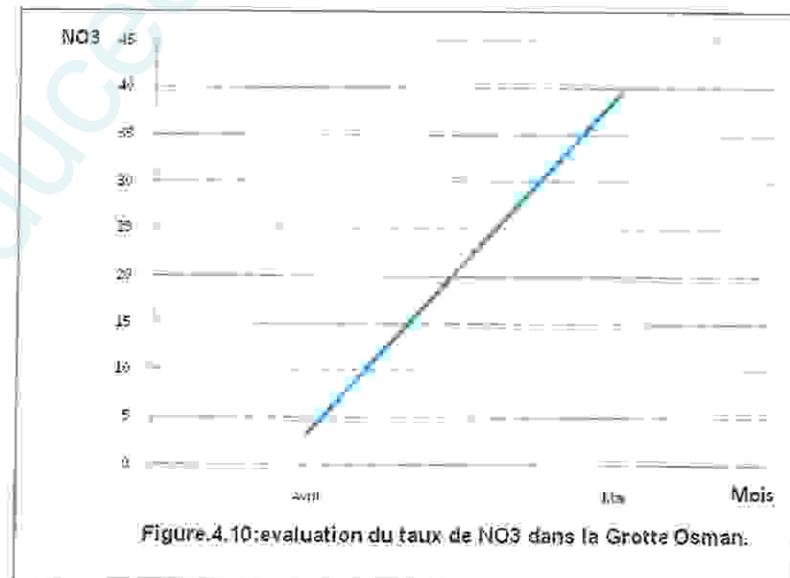
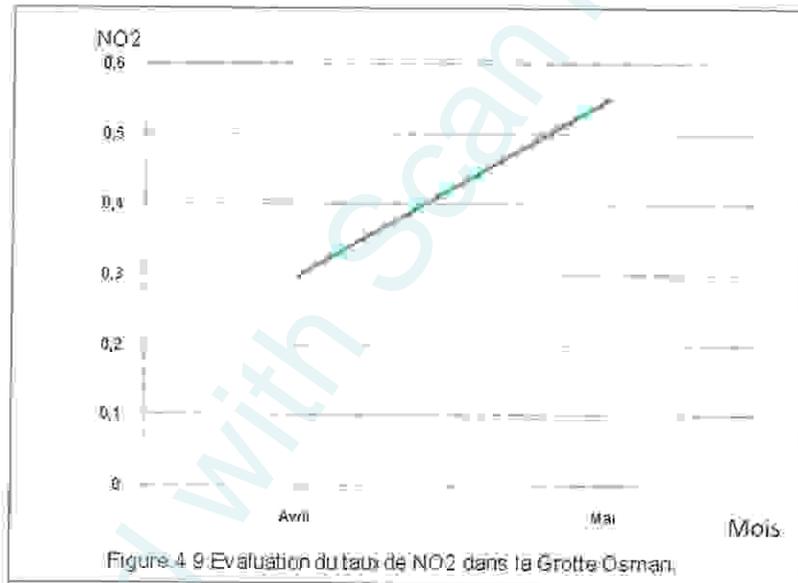
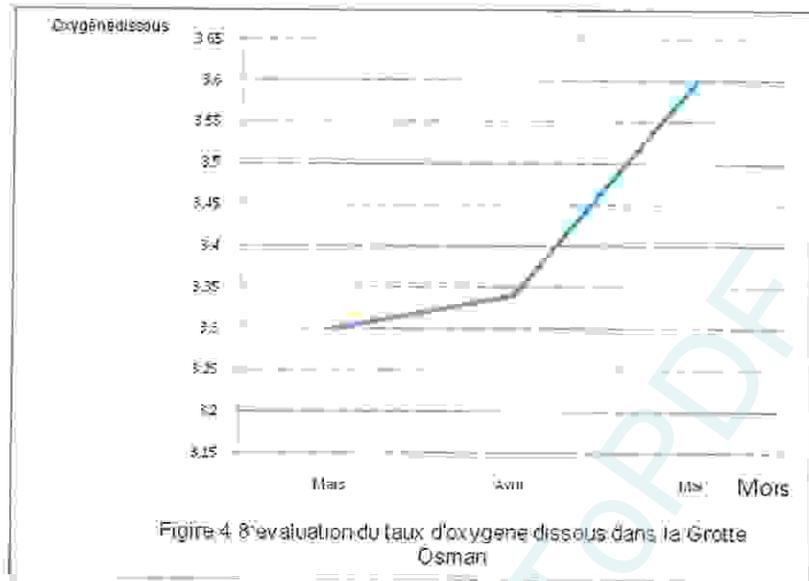
#### 4.5.4. Oxygène dissous (O<sub>2</sub>):

D'une manière générale, les teneurs moyennes en oxygène dissous (O<sub>2</sub>) sont comprises entre 3,34 et 3,6 mg/l. Ces teneurs n'expriment pas une forte pollution organique. La teneur faible de 3,34 mg/l est enregistrée au niveau du premier échantillon. La figure 4.8

#### 4.5.5. Nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>):

Les ions nitrates représentent la forme la plus oxygénée de l'azote. C'est une forme très soluble. Sa présence dans les eaux souterraines est liée à l'utilisation intensive des engrais chimiques. La figure 4.10 nous montre que les teneurs en nitrates sont peu importantes au cours des deux prélèvements réalisées sur l'eau de la crotte, avec une petite augmentation à le prélèvement du mois de mai (utilisation des engrais). Ce qui peut s'expliquer en partie par la dynamique de l'azote minérale au cours des successions culturales essentiellement durant la période pluvieuse. Le transport des nitrates dans la ressource en eau dépend essentiellement des précipitations, de la nature du sol, de la conduite des cultures, de la fertilisation et des systèmes de production. Les concentrations dans les deux échantillons d'eau sont dans l'ensemble inférieures à la norme de 50 mg/l décrite par l'OMS pour les eaux destinées à la consommation humaine (OMS, 1994).





#### 4.5.6. Nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ):

Considéré comme un élément toxique, le  $\text{NO}_2^-$  est la forme la moins stable dans le cycle de l'azote. Il est issu de la réduction de l'ammonium  $\text{NH}_4^+$ . Son origine est liée à l'agriculture et aux rejets urbains. La figure 4.9 nous montre que les teneurs en nitrites sont faibles. Les valeurs moyennes de tous les prélèvements effectués au cours de notre étude ne dépassent pas les normes requises. Le maximum enregistré est de 0,55 mg/l au niveau d'échantillon de moi de mai,

#### 4.5.7. Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) :

L'ammonium est la forme d'azote la plus toxique. Sa présence dans l'eau est liée soit aux rejets urbains et industriels, soit à la réduction des formes azotées (nitrates et nitrites) en conditions réduites. On considère que les eaux naturelles présentent une teneur de l'ordre de 0,0015 mg/l en  $\text{NH}_4^+$  mais d'une manière générale une eau bien oxygénée ne contient que des traces d'ammoniaque. La valeur des teneurs en  $\text{NH}_4^+$  calculés dans le premier échantillon (12/04/2010) est inférieure aux normes décrites par l'OMS (0,5 mg/l). Par contre dans le deuxième échantillon la valeur observée est importante (8,33 mg/l). figure.4.11.

#### 4.5.8. L'ortho phosphate ( $\text{OPO}_4^-$ ) :

L'origine des phosphates dans les eaux est le plus souvent liée aux rejets urbains et la dissolution des engrais chimiques.

Les résultats des orthophosphates (Fig. 4.12) nous montrent que leurs concentrations dans l'eau de la crotte au cours de notre étude sont inférieures la norme 6 mg/l décrite par l'OMS pour les eaux destinées à la consommation humaine. Le maximum de concentration est observé au niveau de l'échantillon de moi de mai (0,08 mg/l).

#### 4.5.9. Demande chimique en oxygène (DCO) :

La DCO correspond à la teneur de l'ensemble des matières organiques biodégradables ou non. Les résultats de la demande chimique en oxygène (DCO) (Fig. 4.13) nous montrent que leurs concentrations dans l'eau de la crotte au cours de notre étude sont supérieures la norme décrite par l'OMS pour les eaux destinées à la consommation humaine. Le maximum de concentration est observé au niveau de l'échantillon de moi de mai (31,21 mg/l).

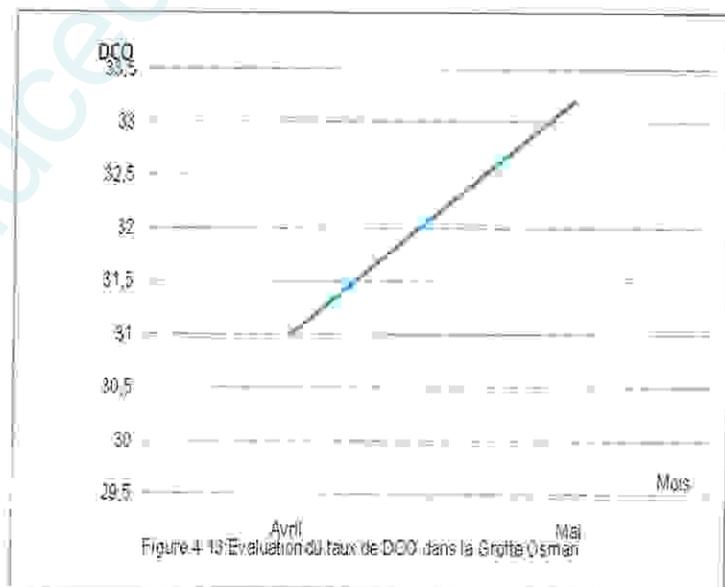
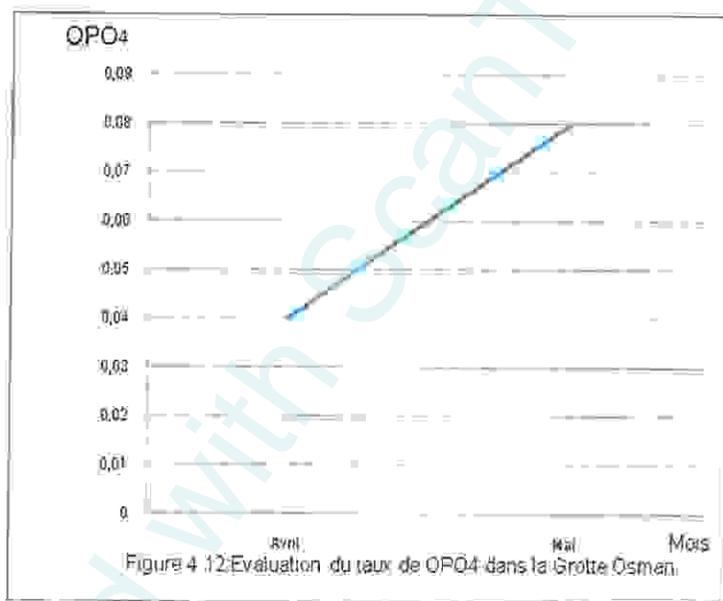
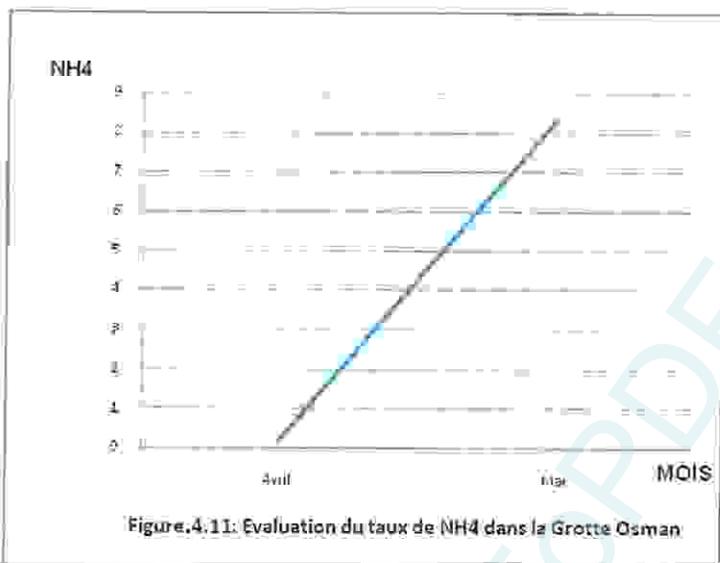
#### 4.5.10. Demande biochimique en oxygène pendant 5 jours :

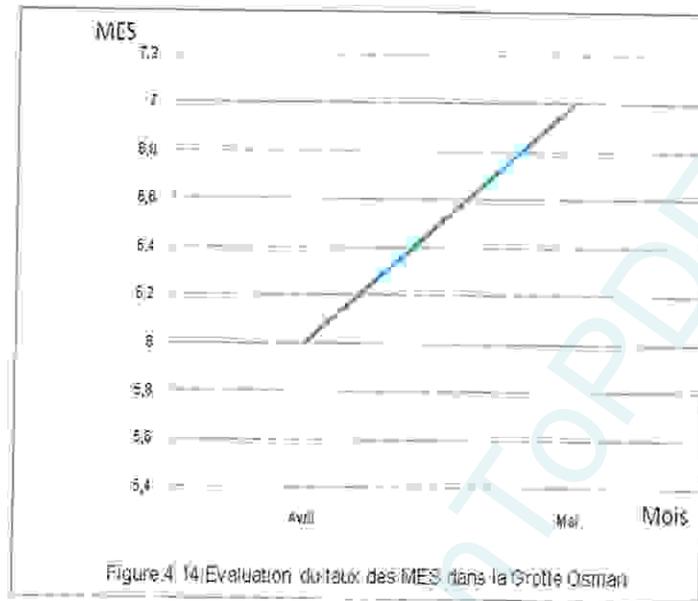
La demande biochimique en oxygène ( $\text{DBO}_5$ ) est la masse d'oxygène moléculaire dissoute nécessaire aux micro-organismes pour la dégradation par oxydation (mais aussi pour la transformation) des matières organiques contenus dans l'eau, dans des conditions définies et dans un espace de temps donné. Le résultat obtenu (1,78 mg/L) au cours de notre étude nous montre que l'eau de la crotte est faiblement chargée.

#### 4.5.11. Matière en suspension (MES) :

La teneur et la composition minérale et organique des matières en suspension dans les terrains traversés, de la saison de la pluviométrie, des travaux, des rejets, etc.

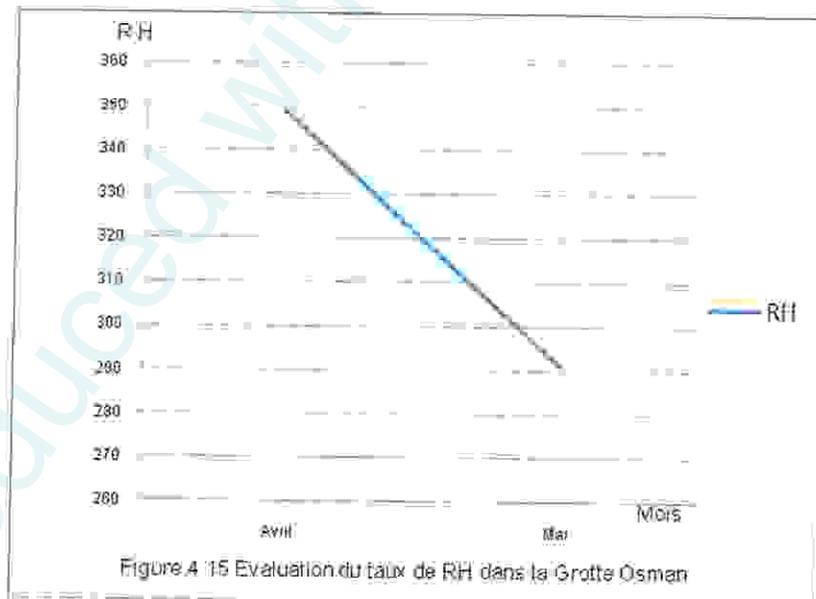
Les résultats des MES (Fig.4.14) nous montrent que leurs concentrations dans l'eau de la crotte au cours de notre étude sont supérieures à la norme 0 mg/l décrite par l'OMS pour les eaux destinées à la consommation humaine. Le maximum de concentration est observé au niveau de l'échantillon de moi de mai (7 mg/l).





#### 4.5.12. Potentiel redox (RH) :

La détermination des résidus permet d'estimer la teneur en matières dissoutes et en suspension d'une eau, La figure 4.15 nous montre que les teneurs en Potentiel redox sont faibles. Les valeurs moyennes de tous les prélèvements effectués au cours de notre étude ne dépassent pas les normes requises. Le maximum enregistré est de au niveau d'échantillon de moi de avril.



## CONCLUSION

Trop rares sont les eaux souterraines bénéficiant de dispositifs de gestion concertée opérationnels (contrat de nappe) pour permettre aux acteurs (élus, distributeurs d'eau potable, agriculteurs, industriels...) de s'entendre pour agir.

Avant toute chose, il est urgent de se mobiliser !

- améliorer la connaissance des nappes : très incomplète, elle est pourtant indispensable, en particulier pour déceler le plus tôt possible les dégradations;
- limiter ou supprimer les pollutions par les pesticides et les nitrates;
- réhabiliter les sites pollués : un important travail d'inventaire devrait s'y installer nécessitant un programme de suivi régulier pour au moins 10 ans.

Aujourd'hui, il s'agit d'engager des programmes de réhabilitation sur les sites prioritaires :

- protéger des pollutions les zones de captages d'alimentation en eau potable ; ne pas prélever plus d'eau que l'écoulement naturel ne le permet : pour tout nouveau projet de pompage, il importe d'étudier ses impacts sur le fonctionnement des milieux aquatiques en relation avec la nappe et le cumul d'impact avec les autres pompages.

Des restrictions d'utilisation en période de sécheresse doivent aussi parfois être prises.

## RESUME

Le développement des activités touristiques et de loisirs est un des éléments les plus perceptibles de la diversification socio-économique des espaces ruraux de Hammam Debagh

Depuis le début des années 1990, le tourisme rural s'est fortement adossé à l'activité agricole qui lui sert encore aujourd'hui de pilier et de levier. Par cette forte liaison, il a été, comme il l'est encore aujourd'hui, très dépendant des changements qui se sont opérés dans le monde agricole.

Ce travail propose d'analyser les facteurs d'évolution des dynamiques territoriales relatives à l'eau et au développement en contexte régional où la rareté de l'eau se conjugue aujourd'hui avec de fortes mutations démographiques, économiques et environnementales.

Si l'eau souterraine est la première ressource minérale prélevée par l'homme, elle est la seule qui se renouvelle grâce au cycle de l'eau.

L'ouvrage rappelle que les eaux souterraines sont particulièrement vulnérables en raison de leur renouvellement très lent et qu'elles font l'objet d'une surveillance et d'un suivi pour mieux comprendre leur évolution quantitative et qualitative.

L'exemple de la nappe aquifère de la Grotte d'Osman de Hammam Debagh est illustratif d'une situation de changement où se posent les questions d'eaux sous «pressions» et de développement ?; et permet d'identifier les germes des évolutions futures des modes de gestion.

Pour préserver ce patrimoine commun, la mobilisation de tous les acteurs de l'eau est indispensable afin de garantir un accès durable à l'eau potable et de développer la planification de la gestion de l'eau.

**Mots-clés :** Eau souterraines, Qualité de l'eau, région de Hammam Debagh

## المخلص

تعتبر تنمية النشاطات السياحية والترفيهية واحدة من أكثر العناصر المحسوسة لتنويع المناطق الريفية لحمام دباغ في المجالات الاجتماعية والاقتصادية.

منذ مطلع التسعينات، اعتمدت السياحة الريفية على النشاط الزراعي وما زالت حتى يومنا مرتبطة ارتباطاً وثيقاً بالتحويلات الحاصلة في عالم الزراعة.

يقترح هذا العمل تحليل عناصر التطور للتغيرات الإقليمية المتصلة بتنمية الأراضي والمياه حيث تفتقر ندرة المياه اليوم مع تحولات كبرى ديموغرافية واقتصادية وبيئية.

إذا كانت المياه الجوفية هي أول الموارد المعدنية المستغلة من طرف الإنسان، فإنها هي الوحيدة التي تجدد نفسها من خلال دورة المياه.

يشير الكتاب إلى أن المياه الجوفية معرضة بوجه خاص للاستنزاف بسبب تجدها ببطء شديد، ولذلك يجب أن تخضع للإشراف والمراقبة لتحسين فهم التغيرات الكمية والتنوعية الخاصة بها.

على سبيل المثال طبقة المياه الجوفية في مغارة عصمان في حمام دباغ تدل على حالة من التغيير حيث تطرح مسألة المياه تحت "الضغط" والتنمية؟ ، ويحدد الاتجاهات المستقبلية لتطوير وسائل الإدارة.

للحفاظ على هذا التراث المشترك، يجب تعبئة جميع الجهات الفاعلة في مجال الماء لضمان ديمومة الحصول على مياه الشرب و تطوير خطط لإدارة المياه.

## Abstract

The development of tourism and recreation is one of the most noticeable elements of the socio-economic diversification of rural areas of Hammam Debagh

Since the early 1990s, rural tourism has been strongly linked to agricultural activity which still serves as the pillar and leverage. With this strong bond, it was, as he is still very dependent on changes that have occurred in the agricultural world.

This work proposes to analyze the changing dynamics of factors relating to land and water development in the context where water scarcity is combined today with strong demographic, economic and environmental.

If groundwater is the first mineral resource sampled by man, it is the only one that renews itself through the water cycle.

The book recalls that the groundwater is particularly vulnerable because they are renewed very slowly, and are subject to supervision and monitoring to better understand their quantitative and qualitative changes.

The example of the aquifer at the Cave of Hammam Osman Debagh is illustrative of a situation of change where there is the question of water under "pressure" and development?, And identifies trends germs future modes of management.

To preserve this common heritage, the mobilization of all actors in water is essential to ensure sustainable access to safe drinking water and develop the planning of water management.

**REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUES :**

- Alamanos, Y., Maipa, V., Levidiotou, S. et Gessouli, E. (2000). A community waterborne outbreak of gastroenteritis attributed to *Shigella sonnei*. *Epidemiol. Infect.* 125: 499-503 p.
- Amairia D et all, 2007. les différents techniques d'isolement et d'identification des germes pathogènes existant dans l'eau, 43 p.
- Angulo, F.J., Tippen, S., Sharp, D.J., Payne, B.J., Collier, C., Hill, J.E., Barrett, T.J., Clark, R.M., Geldreich, E.E., Donnell, H.D. Jr et Swerdlow, D.L. (1997). A community waterborne outbreak of salmonellosis and the effectiveness of a boil water order. *Am. J. Public Health*, 87: 580-584p.
- Anonyme, 2004. Qualité microbiologique de l'eau potable (bactéries pathogènes d'origine hydrique). Edition de comité fédéral provincial territorial sur l'eau potable 40 p.
- Benmarce K. (2007). *Caractéristiques Physico-chimiques Et Isotopiques Des Eaux Souterraines Dans La Région De Guelma (NE algérien)*. Thèse de Magister, Université Badji Mokhtar, Annaba, 126 p.
- Berche P. (1999), Choléra Et Environnement. *Méd. Mal. Infect N°29* : 301-307.
- Berche P., Gaillard J-L. et Simouet M. (1988). *Bactériologie, Les Bactéries Des Infections Humaines*. Flammarion Médecine Sciences, 660p.
- Boubidi W., Fardjallah S., Saaidia N., (2007). *Traitement et critères de potabilité de l'eau*. 247p.
- Bouchelaghem, E (2008) *Caractérisation du peuplement Odonatologique du bassin versant des Oueds Cheref Seybouse* Thèse de Magister, Université 08 mai 1945 De Guelma. 141 p.
- Blayac J. 1912. *Esquisse Géologique du Bassin de la Seybouse et de quelques régions voisines.- Cartes et coupes Géologiques*. 491pages.
- Buchanan R-E. et Gibbons N. (1974), *Bergey's Manual Of Determinative Bacteriology*. Williams & Wilkins. 1246p
- Cardot C, 1999. *Génie de l'environnement, les traitements de l'eau, procédés physicochimiques et biologiques*, cours et problèmes résolus. Eddition Ellipses. 9 pages.
- Cardot C, 1999. *Les traitements des eaux (procédés physicochimiques et biologiques)* 247 pages.
- Charchar Nabil, Elafi Ali, Sabbar Ismail (2007), *valorisation des eaux usées in vitro des principaux rejets de la ville de Guelma par le procédé de phragnefiltre* 60p.
- DAGET P. (1967) - *Étude phyto-climatique d'une région de moyenne montagne : la Margeride*. Édit. CNRS/CEPE, Document n° 36, p. 1-186.
- Desjardising R, 1990. *Le traitement des eaux*, 2<sup>ème</sup> édition de l'école polytechnique de Montréal 304 pages.
- Forestie C-H., Liverelli V. et Joly B. (1998). *Actualités Sur L'Epidémiologie Et Les Facteurs De Pathogénicité De Escherichia.Coli. Entérovirulentes*. Tome XIII. N°1. 149p.
- Fournier J-M. (1996). Choléra. *Encycl. Méd. Chir (Elsevier), Maladies Infectieuses* 8 - 026-F-10 : 1-5.

- Furry, V., 1997. les eaux souterraines en Picardie. Mémoire D.E.S.S. Univ Picardie Jules Verne. 30 pages.
- Germani Y. et Sansonetti P. (1999). Schigelloses Et Infection à *Escherichia coli* Entéro-infasifs. *Encycl. Méd. Chir (Elsevier)*. Maladies Infectieuses 8-026-A-10 : 19.
- Henry, M.T. et J.P. Beaudy ? 1992. chimie des eaux. Canada. 537 pages.
- INSD et ORC MACRO, 2004, *Enquête Démographique de Santé du Burkina Faso*, 2003. Calverton, Maryland, USA, 284 pages.
- Ivanoff B. et Levine M. (1997). Typhoid fever: Continuing Challenge From a Resilient Bacterial. 142p.
- Kravitz J et ; Nyaphisi M ; Mandel R ; Petersen E ; 2000. Examen bactériologique quantitatif des réserves d'eau à usage domestique. Edition OMS.
- Kreisel W. (1991). Water Quality and Health. *Dunod*. 209p.
- Ladjel S. 2007. Contrôle des paramètres physicochimiques et bactériologiques d'une eau de boisson. ADE. Zone de Tiziouzo
- Leclerc et Mossel, 1989. Microbiologie, le tube digestif. L'eau et les aliments. Paris.
- L. EMBERGER, H. GAUSSENS et al, Carte bioclimatique de la zone méditerranéenne, UNESCO-FAO, Paris, 1963
- Leclerc H. (1994). Microbiologie Des Eaux D'alimentation. TEC & DOC. 495p
- Leminor L. et Veron M. (1989). Bactériologie Médicale. *Flammarion Médecine Sciences*. 845p
- Marchon B. (1996). Fièvres Typhoïdes. Flammarion Médecine Sciences. Tome 4. 170p.
- Masschelein W-J. (1999). Processus Unitaires Du Traitement De L'eau Potable. *TEC & DOC*. 691p.
- Pilet C., Bourdon J-L., Toma B., Marchal N., Balbastre C. et Person J-M. (1987). Bactériologie Médicale Et Vétérinaire: Systématique Bactérienne. *Doin*. 372p.
- Potélon, J.L et K Zeysman, (1998). Le guide des analyses de l'eau potable, la DDASS de l'Isère. 253 p.
- Prescott L-M., Harley J-P. et Kelin D-A. (2003). Microbiologie. 2<sup>ème</sup> édition. *De Boeck & Larcier*. Paris. 1137p.
- Rabiaa Reffas (2007) contribution a l'étude de la qualité de l'eau de Oued el kebir (centre universitaire d'eltarf) 78p.
- Reif JS, Hatch MC, Bracken M, Holmes LB, Schwetz BA, Singer PC. Reproductive and developmental effects of disinfection by-products in drinking water. *Environ Health Perspect* 1996; 104(10):1056-1061.
- Rodier et col, 1998. L'analyse de l'eau 7<sup>ème</sup> édition, DUONOD. Paris. 1383 pages (156-207).
- Sansonetti P-J. (1989). Facteurs De Pathogénicité Des Bactéries Entéro -pathogènes : Sciences Des Aliments. *Doin*. 216 p.

Terkmani A., 2006. Normes de qualité d'une eau de boisson. B<sub>2</sub>. ADE.  
 Vilagines R, 2003. Eau, environnement et santé publique: 2<sup>ème</sup> édition introduction à l'hydrologie.edition Tec et doc.198 p.

**WEBOGRAPHIE :**

- [1] Les eaux souterraines  
[Http: //www.ga.water.USGS.Gov/uuu. E.D.U com.](http://www.ga.water.USGS.Gov/uuu.E.D.U.com) (consultation 13/05/2009)
- [2] pollution de l'eau  
[Http: // www.dictionnaire-environnement.com/ pollution-de-eau ID1033.html.](http://www.dictionnaire-environnement.com/pollution-de-eau-ID1033.html) (Consultation 17/05/2009)
- [3] pollution de l'eau  
[Http :// environnement.ecoles.free.fr/ pollution-eau.htm.](http://environnement.ecoles.free.fr/pollution-eau.htm) (Consultation 17/05/2009)
- [4] les indicateurs de pollution de l'eau  
[www.les-mares.com/html/écologie/pollution.php-115 k.](http://www.les-mares.com/html/écologie/pollution.php-115.k) (consultation 12/05/2009)
- [5] pollution de l'eau  
[http: // www.dictionnaire-environnement.com/ pollution-de-eaID1033.html.](http://www.dictionnaire-environnement.com/pollution-de-eaID1033.html)  
 (Consultation 17/05/2009)
- [6] la qualité de l'eau pour votre bassin  
[http :// www. Passion bassin.com /eau 8.php](http://www.Passionbassin.com/eau8.php)
- [7] analyse de l'eau potable  
[http :// www.Ludec. ma /html/analyse de l'eau](http://www.Ludec.ma/html/analyse%20de%20l'eau)
- [8] Escherichia. coli.un article de wikipedia.l'encyclopédi libre.  
[http :// fr. wikipedia.org/wiki/ Escherichia.coli](http://fr.wikipedia.org/wiki/Escherichia.coli) (consultation le 02 mai 2007)
- [9] Contrôle de la qualité d'eaux.mai 2007.  
[http : //72.14-209-104/ ?q=cache : IKIK90. Lrq8j :www.unire- ubs.fr/écologie/contrôle qualité.html+paramètre+physicochimiques+des+eaux+potables.et hl=en et=clnK. et cd 4=et gl=us](http://72.14.209.104/?q=cache:IKIK90_Lrq8j:www.unire-ubs.fr/écologie/contrôle%20qualité.html+paramètre+physicochimiques+des+eaux+potables.et+hl=en+et=clnK+et+cd+4=et+gl=us)(consultation le 30 mai 2007)

Produced with ScanTOPDF

## ANNEXES

Annexe 1 : Précipitations annuelles en mm à Guelma (1994 – 2009)

Année	Précipitation (mm)
1994	386,30
1995	382,70
1996	608,00
1997	553,90
1998	719,10
1999	522,60
2000	362,90
2001	338,50
2002	472,60
2003	700,20
2004	718,00
2005	471,20
2006	338,20
2007	696,60
2008	365,20
2009	733,60

Annexe 2 : Précipitations mensuelles en mm à Guelma (1994 – 2009)

Mois	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Jui.	Juill.	Aou.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Moy.	107,95	63,04	62,49	71,86	47,79	20,33	3,27	14,78	52,28	38,406	68,27	80,6

Annexe 3 : Moyenne mensuelle des températures de 1994 -2009

Mois	Moyenne	Maxima	Minima
Jan.	9,78	15,99	4,64
Fév.	10,14	17,04	4,25
Mar.	12,43	20,24	6,14
Avr.	14,78	22,31	7,85
Mai	19,67	27,75	11,80
Jui.	24,24	32,33	15,60
Juill.	27,20	36,75	18,25
Aou.	27,51	36,58	19,58
Sept.	23,49	31,77	17,04
Oct.	19,35	27,77	13,34
Nov.	14,28	21,45	8,66
Déc.	10,99	17,43	5,82

Annexe 4 : Diagramme omrothermique de la région de Guelma (1994-2009)

Mois	Température (°C)	Précipitation (mm)
Jan.	9,78	107,95
Fév.	10,14	63,04
Mar.	12,43	62,49
Avr.	14,78	71,86
Mai	19,67	47,79
Jui.	24,24	20,33
Juill.	27,20	3,27
Aou.	27,51	14,78
Sept.	23,49	52,28
Oct.	19,35	38,41
Nov.	14,28	68,27
Déc.	10,99	80,60

Annexe 5 : Les milieux de culture utilisés dans les analyses microbiologiques

**BCPL ou bouillon lactose au bromocrésol-poupre :**

Composition :

Peptone.....	5g
Extrait de viande.....	3g
Lactose.....	25mg
Bromocrésol pourpre.....	0.025g
Ph.....	6.9
Eau distillée.....	1000ml

**Eau peptonée exempte d'indole :**

Composition :

Peptone exempte d'idole.....	10g
Chlorure de sodium.....	5g
Ph.....	7.2
Eau distillée.....	1000ml

**Milieu de litsky :**

Composition :

Peptone exempte d'idole.....	10g
Glucose.....	5g
Chlorure de sodium.....	5g
Phosphate dipotassique.....	2.7g
Phosphate monopotassique.....	2.7g
Azothydrate de sodium.....	0.3g
Ethyl-violet.....	0.0005g
Ph.....	6.8
Eau distillée.....	1000ml

**Milieu de Rothe :**

Composition :

Peptone.....	20g
Glucose.....	5g
Na cl.....	5g
Hydrogénénophosphate de potassium.....	2.7g
Dihydrogénénophosphate de potassium.....	2.7g
Ph.....	6.8
Eau distillée.....	1000ml

**VF (viande de foie) :**

Préparé en deux étapes sont :

\*Milieu de base :

Base de Viande Foie.....	30g
Glucose.....	2g
Amidon.....	2g
Agar.....	1g
Eau distillée.....	1000ml

\*Au moment de l'emploi :

Ajouter à 20 ml de milieu de base fonder

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

4 gouttes d'alun de fer

**Mac conkey (gélose) :**

Peptone trypsine de gélatine.....	17g
Peptone de viande et de caséine.....	3g
Lactose.....	10g
Sels biliaires.....	5g
Rouge neutre.....	4mg
Gélose.....	13g

PH=7.4 autoclave 15 minutes à 120°C

**Chapman :**

Composition pour la préparation d'un litre de milieu,

Peptone de caséine et de viande.....	10.0g
Extrait de viande de bœuf.....	1.0g
Chlorure de sodium.....	75.0g
Mannitol.....	10.0g
Rouge de phénol.....	0.025g
Agar-agar.....	15.0g
Eau distillée.....	qsp 1 Litre
PH.....	7.4

Annexe 6 : le tableau de MAC GRADY pour les résultats de NPP

Nombre de tubes donnés une réponse			Indice NPP
3 tubes de 10ml	3 tubes de 1ml	3 tubes de 0,1ml	
0	0	1	3
0	1	0	3
1	0	0	4
1	0	1	7
1	1	0	7
1	1	1	11
1	2	0	11
2	0	0	9
2	0	1	14
2	1	0	15
2	1	1	20
2	2	0	21
2	2	1	28
2	0	0	29
2	0	1	39
2	0	2	64
2	1	0	43
3	1	1	75
3	1	2	120
3	2	0	93
3	2	1	150
3	2	2	210

Annexe 7 : tableau de L'API 20 E

micro tube	SUBSTRAT	REACTIONS/ENZYME	RESULTATS	
			NEGATIVE	POSITIVE
ONPG	ortho-nitro-phenyl-B-D-galactopyranoside	Beta -galactosidase	incoloré	JAUNE
ADH	arginine	Arginine dés hydrolase	JAUNE	ROUJE/ORANGE
LDC	lysine	Lysine décarboxylases	jaune	orange
ODC	ornithine	Ornithine décarboxylases	jaune	rouge /orange
[CIT]	Sodium citrate	Utilisation de citrate	vert	Bleu-vert /bleu
H <sub>2</sub> S	Thiosulfate de sodium	Production d'H <sub>2</sub> S	incoloré	noir
URE	urée	uréase	jaune	Rouge/orange
TDA	tryptophane	Tryptophane désaminase	jaune	noir
IND	tryptophane	Production d'indole	incoloré	rose
[VP]	Pyruvate de sodium	Production d'acétoine	VP1+VP2/10 Incoloré rose/rouge	Incoloré rose/rouge
[GEL]	Gélatine emprisonnant des particules de charbon	gélatinase	Pas de diffusion de pigment noir	Diffusion de pigment noir
GLU	glucose	Fermentation/oxydation	Bleu/bleu-vert	Jaune-vert jauné
MAN	mannitol	Fermentation/oxydation	Bleu/bleu-vert	jaune
INO	inositol	Fermentation/oxydation	Bleu/bleu-vert	jaune
SOR	sorbitol	Fermentation/oxydation	Bleu/bleu-vert	jaune
RHA	rhamnose	Fermentation/oxydation	Bleu/bleu-vert	jaune
SAC	saccharose	Fermentation/oxydation	Bleu/bleu-vert	jaune
MEL	melibiose	Fermentation/oxydation	Bleu/bleu-vert	jaune
AMY	amygdalin	Fermentation/oxydation	Bleu/bleu-vert	jaune
ARA	arabinose	Fermentation/oxydation	Bleu/bleu-vert	jaune
NO-3	GLU tube	Production de NO <sub>2</sub>	NIT1+NIT2 263	NIT1+NIT2 263
NO2		réduction N <sub>2</sub> gas	Min jaune rouge	Min jaune rouge

Annexe 8 : Résultat du NO<sub>3</sub>

Temps	NO <sub>3</sub> (mg/L)
Avril	33
Mai	39.63

Annexe 9 : Résultat du NO<sub>2</sub>

Temps	NO <sub>2</sub> (mg/L)
Avril	0.3
Mai	0.55

Annexe 10 : Résultat du DCO

Temps	DCO (mg/L)
Avril	31
Mai	33.21

## Annexe 11 : Résultat du RH.

Temps	RH
Avril	349
Mai	291

## Annexe 12 : Résultat du PH.

Temps	PH
Mars	7.71
Avril	7.2
Mai	7.7

## Annexe 13 : Résultat du MES.

Temps	MES (mg/L)
Avril	6
Mai	7

Annexe 14 : Résultat du NH<sub>4</sub>.

Temps	NH <sub>4</sub> (mg/L)
Avril	0.2
Mai	8.33

Annexe 15 : Résultat de l'O<sub>2</sub> dessous.

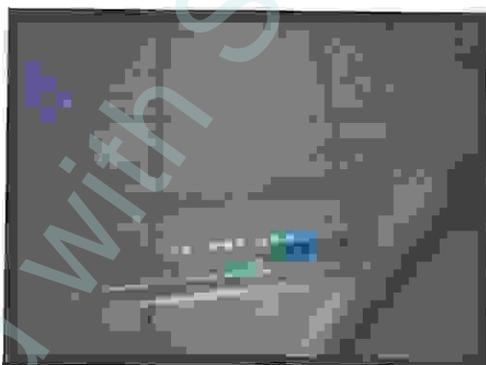
Temps	O <sub>2</sub> (mg/L)
Mars	3.3
Avril	3.34
Mai	3.6

## Annexe 16 : Résultat de la température d'eau.

Temps	Température
Mars	16.8°C
Avril	17.7°C
Mai	25.1°C

Annexe 17 : Résultat de l'OPO<sub>4</sub>.

Temps	OPO <sub>4</sub> (mg/L)
Avril	0.04
Mai	0.08



Annexe.18. Profil biochimique des différentes souches

**Annexe.19. Qualité physico-chimique de l'eau de boisson**  
(Directive de l'OMS, 2002)

Normé	Paramètres
25	Température C°
6,5 - 8,5	Potentiel d'hydrogène (PH)
-	Ca <sup>++</sup> (mg/l)
50	Mg <sup>++</sup> (mg/l)
150	N <sup>+</sup> (mg/l)
12	K <sup>+</sup> (mg/l)
< 30	TH (°F)
200	Cl <sup>-</sup> (mg/l)
250	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (mg/l)
-	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)
30	TAC (°F)
50	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)
1000	Conductivité (µs/cm)
-	T.D.S (mg/l)
1500	Résidu Sec à 180°C (mg/l)

Produced with Scantopdf