

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université du 8 Mai 1945 de Guelma

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Science de la Terre et de l'Univers  
Département : Ecologie et Génie de l'Environnement.



AA/506

570.238

*Mémoire*

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de MASTER en  
**BIOLOGIE**

Option : Microbiologie de l'Environnement  
Santé, Eau et Environnement.

Thème :

**Qualité bactériologique et physico-chimique des  
eaux de sources de la région de Guelma.**

Présenté par :

*Behaïlil Meriem  
Hamlaoui Bochra  
Laraïssia Hadjer*



Membres de jury :

Président :	<i>Mr. Houhamdi Moussa</i>	Professeur (Université de Guelma).
Encadreur :	<i>Mr. Rouibi A.Hakim</i>	M.A.A (Université de Guelma).
Examineur :	<i>Mr. Atoussi Sadek</i>	M.A.A (Université de Guelma).

Juin 2011

Thank You!

:)

*Notre gratitude va aussi au personnel de la direction de l'hydraulique de la Wilaya de Guelma, en plus particulier Mr Benmarice qui nous a été de très grande aide.*

*On remercie également le personnel de la direction de prévention de la Wilaya de Guelma.*

*Nos sincères remerciements vont aussi au personnel du laboratoire de Biologie, ainsi que Mr Nemouchi. A du laboratoire de génie des procédés.*

*Notre reconnaissance va également à Mr Guerbes Lamine ; pour les efforts et les bonnes intentions qui nous ont été consacrés.*

*On saurait terminer sans nommer nos familles surtout Laraiissia Ali, Behailil Mahfoud, Kamlaoui Med Larbi et Behailil Youcef pour leur grand soutien moral et aide durant toutes les étapes de notre travail.*

*Ainsi que : Bilal, Chems Eddine, Houcine (qui a rendu nos sorties aux sites de prélèvement possible.), Houssein et Nadjib.*

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

*Bochra, Hadjer et Meriem.*



Thank You!

:)

*Merci Dieu*

*En préambule à ce mémoire, on souhaitait adresser nos remerciements les plus sincères aux personnes qui nous ont apportés leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire, ainsi qu'à la réussite de cette formidable année universitaire.*

*On tient à remercier sincèrement Monsieur Kouili A. Hakim, qui en tant qu'encadreur de ce mémoire ; s'est toujours montré à l'écoute et très disponible tout au long de la réalisation de ce mémoire.*

*Nos remerciements s'adressent également à Monsieur Kouhamdi M ; pour sa générosité et la grande patience dont il a su faire preuve malgré ses charges académiques et professionnelles de suivre, de lire et de corriger ce travail.*

*On exprime notre gratitude à tous les consultants et internautes rencontrés lors des recherches effectuées et qui ont accepté de répondre à nos questions avec gentillesse.*

*On tient aussi à exprimer nos reconnaissances envers Mr. Attoussi qui a eu la gentillesse de lire et corriger ce travail.*

*N'oublions pas aussi de remercier Mr. Kebiche, chef de laboratoire de la direction de la santé de la Wilaya de Guelma ; ainsi que l'ensemble de l'équipe de la DDS, pour leur accueil bienveillant et leurs conseils avisés, et cela malgré leur emploi du temps chargé.*



## Sommaire

<b>Introduction</b> .....	1
<b>Chapitre I : Description de la région</b>	
1. Situation géographique de la région.....	2
1.1 Relief.....	2
2. Analyses et caractéristiques géologiques de la région.....	3
2.1. Cadre géologique .....	4
3. Réseau hydrographique .....	5
3.1. Hydrogéologie .....	5
3.2. Principaux oueds .....	6
3.3. Cadre hydrogéologique .....	7
3.3.1. Nappes alluvionnaire de Guelma .....	8
4. Etude climatique .....	9
4.1. La relation température – précipitation.....	9
4.1.1 Diagramme Pluviothermique.....	9
4.2. Synthèse climatique.....	10
5. Cadre biotique :.....	11
5.1. La flore .....	11
5.2. La faune :.....	12
6. Aspects sociaux économiques .....	12
<b>Chapitre II : Maladies à transmission hydrique</b>	
1. Définition des maladies hydrique.....	14
2. Les principales infections d'origine hydrique.....	14
2.1. Maladies d'origine bactérienne.....	14
2.2. Maladies attribués à l'eau d'origine chimique .....	17
3. Autres maladies hydriques.....	19

## Chapitre III : Matériel et méthodes

1. Prélèvement des échantillons.....	22
1.1. Matériels de l'échantillonnage.....	22
1.2. Mode de prélèvement.....	22
2. Etude bactériologique.....	22
2.1. Méthode d'analyse bactériologique.....	23
2.1.1. Recherche et dénombrement des germes revivifiables.....	23
2.1.2. Recherche des germes témoins de contamination fécale.....	26
2.1.2.1. Recherche et dénombrement des coliformes.....	26
2.1.2.2. Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux.....	30
2.1.3. Recherche des spores de bactéries sulfito-réductrices.....	33
2.1.4. Recherche des germes pathogènes.....	35
2.1.4.1. Recherche de Staphylocoques dans les eaux.....	35
2.1.4.2. Recherche des Salmonelles.....	37
2.1.4.3. Recherche de Vibriion cholérique.....	38
2.1.5. Recherche bactérienne et identification des germes pathogènes.....	40
2.1.5.1. Méthode d'ensemencement sur gélose.....	40
2.1.5.2. Isolement et purification des souches.....	41
2.1.5.3. Identification.....	41
2.1.5.3.1. Caractéristiques morphologiques.....	41
2.1.5.3.2. Examen après coloration de Gram.....	41
2.1.5.3.3. Identification biochimique.....	42
3. Etude physico-chimique.....	43
3.1. Matériel.....	43
3.2. Méthodologie.....	44
3.2.1. Protocole de recherche.....	44
3.2.2. Mesures chimiques.....	44

## Chapitre IV : Résultats et discussion

1. Résultats des dénombrements des germes de l'eau.....	47
1.1. Les germes totaux.....	47

1.2. Les coliformes totaux.....	48
1.3. Les coliformes fécaux .....	49
1.4. Les Streptocoques Fécaux .....	50
1.5. Les anaérobies sulfito-réducteurs (ASR).....	51
1.6. Identification des souches bactérienne .....	51
1.6.1. Caractères morphologiques et coloration de Gram .....	51
1-6-2 Résultats et identification Biochimique.....	54
2. Paramètres physico-chimiques.....	56
2.1. La couleur de l'eau .....	56
2.2. La température.....	56
2.3. Le pH .....	57
2.4. La conductivité électrique.....	57
2.5. La turbidité.....	59
2.6. L'oxygène dissout.....	59
3. Paramètres chimiques (ions majeurs) .....	60
<b>Conclusion</b> .....	65
<b>Résumé</b> .....	67
<b>Abstrat</b> .....	68
<b>ملخص</b> .....	69
<b>Bibliographies</b> .....	70
<b>Annexe</b> .....	73

Produced with Scantopdf

## *Liste des figures*

<i>Figures</i>	<i>Titres</i>
Fig.01.	Catre géographique de la wilaya de Guelma.
Fig.02.	Géomorphologie de la région de Guelma.
Fig.03.	Carte géologique de la région de Guelma.
Fig.04.	Réseau hydrographique.
Fig.05.	Digramme Pluviothermique de la région de Guelma (1994- 2008).
Fig.06.	Situation de la région de Guelma dans le climatogramme d'Emberger (1994-2008).
Fig.07.	Source d'Ain Rosfa.
Fig.08.	Source d'Ain Bouchiha.
Fig.09.	Source d'Ain Baida.
Fig.10.	Source Laghbal.
Fig.11.	Carte à main levée illustrant les quatre points de prélèvement.
Fig.12.	Recherche et dénombrement des germes revivifiable à 22°C et à 37°C dans les eaux.
Fig.13.	Recherche et dénombrement des coliformes. (Organigramme de la NPT).
Fig.14.	Organigramme de dénombrement des Streptocoques fécaux (ensemencement sur milieu liquide).
Fig.15.	Recherche et dénombrement des Spores de bactéries anaérobie sulfito-réductrices (ASR).
Fig.16.	Test de catalase.
Fig.17.	Test oxydase.
Fig.18.	Recherche et identification des Salmonelles.
Fig.19.	Recherche et identification des Vibrions.
Fig.20.	Fiche des résultats de l'API 20 E.
Fig.21.	Estimation du nombre des coliformes totaux dans les eaux de source, sur la période de deux mois.
Fig.22.	Estimation du nombre des coliformes fécaux dans l'eau de source, sur la période de deux mois.
Fig.23.	Évolution du nombre des streptocoques fécaux dans les eaux de source, sur la période de deux mois.
Fig.24.	Bacilles Gram (-)
Fig.25.	Cocci Gram (+).
Fig.26.	Résultat de l'identification biochimique des germes par l'API 20 E.
Fig.27.	Résultat de l'identification biochimique des germes par l'API 20 E.
Fig.28.	Résultat de l'identification biochimique des germes par l'API 20 E.
Fig.29.	Résultat de l'identification biochimique des germes par l'API 20 E.
Fig.30.	Présentation de la température des sources in situ et au laboratoire.
Fig.31.	Présentation de pH des sources in situ et au laboratoire.
Fig.32.	Présentation de la conductivité des sources in situ au Laboratoire.
Fig.33.	Présentation de la turbidité des sources in situ et au Laboratoire.
Fig.34.	Présentation de l'oxygène dissous des sources in situ.
Fig.35.	Variation en teneurs de Calcium, Magnésium et de la dureté totale dans les eaux de sources.

Fig.36.	Variation en teneurs du taux alcalinité et taux alcalinité complet dans les eaux de sources.
Fig.37.	Variation en teneur de phosphate dans les eaux de sources.
Fig.38.	Variation en teneur de sodium dans les eaux de sources.
Fig.39.	Variation en teneurs de potassium dans les eaux de sources.

Produced with ScanTOPDF



### *Liste des tableaux*

<b>Tableau</b>	<b>Titre</b>
Tab.01.	Autres maladies hydriques.
Tab.02.	Caractère macroscopique et microscopique des colonies bactériennes isolées de l'eau des sources dans la culture sur Gélose nutritive (GN).
Tab.03.	Caractère macroscopique et microscopique des colonies bactériennes isolées de l'eau des sources dans la culture sur Chapman.
Tab.04.	Caractère macroscopique et microscopique des colonies bactériennes isolées de l'eau des sources dans la culture sur Hektoen.
Tab.05.	Caractère macroscopique et microscopique des colonies bactériennes isolées de l'eau des sources dans la culture sur Mac Conkey.
Tab.06.	résultats de l'identification par l'API 20 E
Tab.07.	Dénombrement des Germes totaux.
Tab.08.	Dénombrement des Coliformes totaux.
Tab.09.	Dénombrement des Coliformes fécaux.
Tab.10.	Dénombrement des Streptocoques fécaux.
Tab.11.	Dénombrement des ASR.
Tab.12.	Table de la NPP.
Tab.13.	Qualité physico-chimique de l'eau de boisson (Directive de l'OMS, 2002).

Produced with

## *Liste des Abréviations*

**ADH** : Arginine dihydrolase

**°C**: Degret Celsius

**CF** : coliformes fécaux

**CT** : coliformes totaux

**CIT**: Citrate

**°f**: Degret français

**Fig**: Figure

**GEL**: Gelatine

**GN**: Gélose nutritive

**GNAB**: Gélose Nutritive Alcaline et biliée

**ha**: hectare

**IND**: Indole

**Km**: Kilomètre

**l/min**: litre par minute

**LDC**: Lysine decarboxylase

**m**: mètre

**mg/l**: milligramme par litre

**ml**: millilitre

**mm**: millimètre

**MTH**: maladies à transmission hydrique

**nm**: nanomètre

**NPP**: Nombre le plus Probable

**NTU**: Nephelometric Turbidity Unit

**ODC**: Ornithine decarboxylase

**OMS**: Organisation Mondiale de la Santé

**ONPG:** Orthonitrophényl- bêta- D- galactopyranoside

**pH:** potentiel Hydrogène

**Q<sub>2</sub>:** Quotion pluviométrique d'Emberger

**S<sub>A</sub>, S<sub>B</sub>, S<sub>C</sub>, S<sub>D</sub>:** sources A, B, C, D

**SARS :** syndrome respiratoire aigu sévère

**S/C :** simple concentration

**SF :** streptocoques fécaux

**SFB :** Selenite-F Broth

**SONAREM :** Société National des chercheurs minières

**Sp :** espèce

**S1 T1 SA :** Série1 Tube1 SourceA

**T° :** Température

**TA :** Taux Alcalinité

**TAC :** Taux Alcalinité Complet

**Tab :** Tableau

**TDA:** Tryptophane Désaminase

**TGEA :** Tryptone Glucose Extract Agar

**µs/cm :** microsiemens par centimètre

**URE :** urée

**Ve :** volume initiale

**VP :** Voges- Prauskauer

Produced with ScanTOPDF



# Introduction

Produced with ScantOPDF

L'importance de l'eau dans la vie humaine ne cesse de croître et l'approvisionnement en eau douce devient ainsi de plus en plus difficile, tant en raison de l'accroissement de la population et de son niveau de vie que du développement accéléré des techniques industrielles modernes.

Sous la pression des besoins considérables de la civilisation moderne, on est passé à l'emploi des eaux de sources et de nappes (milieux aquifères) en raison de la facilité de son exploitation. Suite à l'utilisation excessive de ces ressources souterraines due à la croissance démographique et la modernisation de l'agriculture, une détérioration de la qualité de ces eaux subviendra.

Le mécanisme de cette pollution des eaux souterraines est souvent un processus évolutif dans l'espace et dans le temps et il est difficilement maîtrisable. Une eau saine est nécessaire à la vie, à l'hygiène, à la prévention des diarrhées et d'autres maladies d'origine hydrique.

L'eau est une préoccupation constante de toutes les époques et de tous les lieux. Assez souvent quand il y a excès dans le cas d'une inondation ou pénurie en période de sécheresse, l'eau devient une question de vie et de mort. Jadis on s'interrogeait sur la pureté microbiologique des eaux, de nos jours on s'inquiète non seulement de sa qualité microbiologique mais aussi de ses caractéristiques physico-chimiques. (14).

En ce qui concerne la wilaya de Guelma, il y a un mécontentement général de la population sur la qualité de l'eau potable ; c'est pourquoi la population n'a eu comme unique refuge que de s'alimenter des sources naturelles qui entourent la wilaya.

Vu ce problème nous avons choisi d'effectuer des analyses bactériologiques et physico-chimiques de quatre sources de la région de Guelma (Nord-Est Algérien) dans l'unique but de déceler son impact sur l'environnement et sur la santé humaine. L'étude de l'eau a pour objet de déterminer ses possibilités d'utilisation ; elle comporte une analyse physico-chimique et un examen bactériologique.

Dans notre travail on s'est appuyé sur quatre chapitres interdépendants :

- Chapitre I : Description du site.
- Chapitre II : Maladies à transmission hydrique.
- Chapitre III : Matériel et méthodes.
- Chapitre IV : Résultats et discussion.

Qualité Des Ressources  
**PHYSICO-CHIMIQUE** et  
des eaux de sources de la région de Guelma

# Chapitre I :

## Description de la Région

## 1. Situation géographique de la région

La wilaya de Guelma s'étend sur une superficie de 3.686.84. Km<sup>2</sup> (Zouaidia H. 2006). Elle se situe au Nord –Est de l'Algérie à 60Km environ de la méditerranée (DPAT, 2008) et à 600Km à l'Est d'Alger (13). Elle occupe une position médiane entre le Nord du pays, les hauts plateaux et le sud.

Elle est limitrophes aux wilayas de : Annaba au Nord, El Tarf, au Nord-Est Souk Ahras au Sud-Est, Oum el Bouaghi, au Sud, Constantine, à l'Ouest, Skikda au Nord-Ouest. (Zouaidia H. 2006).



Fig.01. Carte géographique de la wilaya de Guelma. (DPAT. 2008).

### 1.1. Relief

La géographie de la wilaya de Guelma est dominée par un relief diversifié caractérisé essentiellement par une importante couverture forestière et le passage de la Seybouse. Ce relief se compose comme suit :

- ✓ **Montagnes** elles constituent 37,87% dont les principales sont :
  - Mahouna : avec une altitude de 1,411 m.
  - Haoura : 1,292 m d'altitude.
  - Taya : 1,208 m d'altitude.
  - D'Bagh : 1,060 m d'altitude.
- ✓ **Plaines et plateaux** : ils constituent 27,22% de la superficie de la wilaya.
- ✓ **Collines et piémonts** : qui constituent 26,29% de la superficie totale, puis autre types des reliefs constituants 8,67%. (Zouaidia H, 2006).

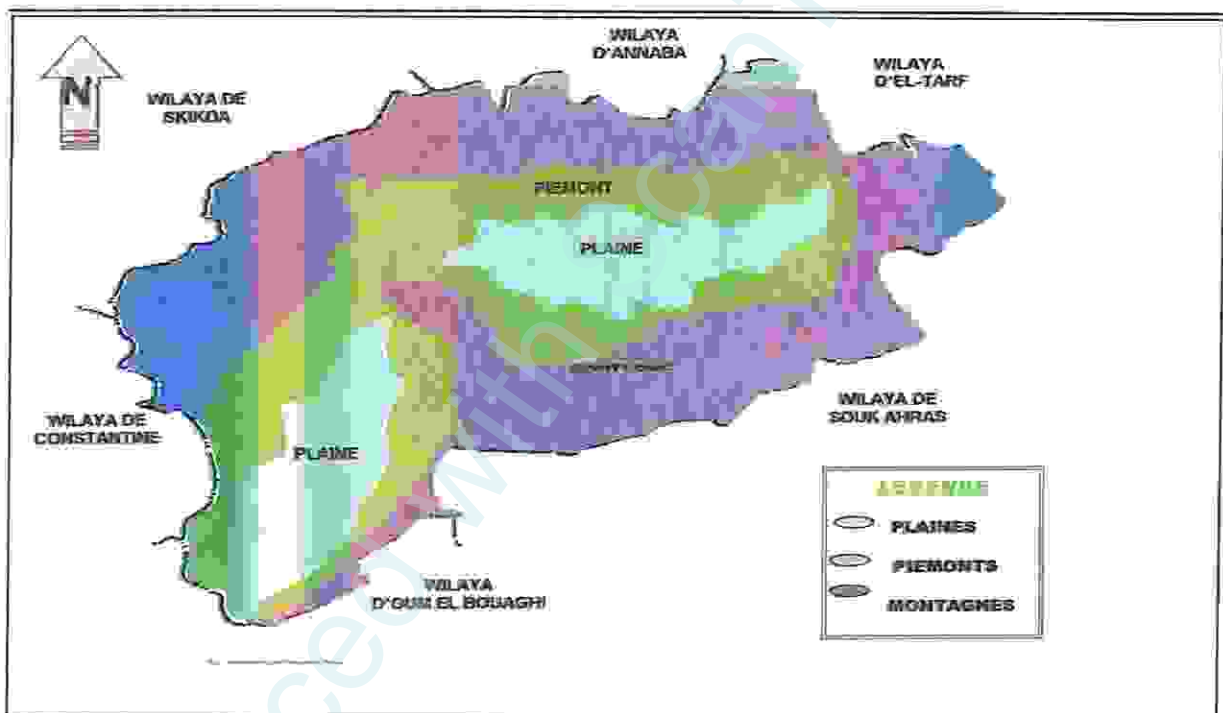


Fig.02. Géomorphologie de la région de Guelma. (Benmarcé. 2007)

## 2. Analyses et caractéristiques géologiques de la région

La wilaya de Guelma, située entre le littoral et les abords des hauts plateaux, elle se caractérise par un dispositif structural assez complexe. C'est précisément dans cette zone que se sont manifestés successivement à toutes les époques avec les plus d'intensité les mouvements orogéniques qui ont infecté cette partie de l'Algérie. (13).



## 2.1. Cadre géologique

L'analyse du territoire de la wilaya fait ressortir quatre ensembles ou régions à savoir : la région de Guelma, la région de Bouchegouf, la région d'Oued-Zénati, la région de Tamlouka. (Zouaidia H. 2006).

- **La région de Guelma**

La région de Guelma englobe toute la partie médiane du Nord vers le Sud du territoire de la wilaya. Elle est organisée en auréole tout autour de la plaine centrale, constituée de terrasses alluviales qui s'étalent le long de l'Oued Seybouse (la vallée de la Seybouse). C'est la région la plus étendue du territoire de la wilaya. Elle se caractérise aussi par une importante couverture forestière au Nord et à l'Est. Par contre, la partie Sud souffre de dégradations répétées d'où une absence de couverture forestière fournie en dépit du caractère montagneux de cette sous-région et d'où une grande vulnérabilité à l'érosion. (Zouaidia H. 2006).

- **La région de Bouchegouf**

Elle se caractérise par un relief fortement montagneux (près de 75%). Cette région est traversée par l'Oued Seybouse dont les berges constituent les prolongements de la plaine de Guelma. Ses montagnes sont couvertes de massifs forestiers, notamment les forêts de Beni Salah et de Aïn Ben Beïda (une partie de Haouara à l'Ouest). Son paysage se caractérise par de longs versants réguliers à pentes moyennes et quelques hautes surfaces à pentes plus faibles, outre quelques plaines moins importantes que celle de Guelma. (Zouaidia H. 2006).

- **La région d'Oued-Zénati**

La région d'Oued Zénati chevauche un relief montagneux plus ou moins disséqué. Son paysage dominant est de loin celui des hautes surfaces montagnardes et les longs versants dispersés dans un ensemble de montagnes dont la couverture forestière est moins importante que celle de la région de Guelma.

Les sols qui s'y localisent sont en grande partie des sols bruns calcaires parfois profonds. (Zouaidia H. 2006).

- **La région de Tamlouka**

La région de Tamlouka fait partie de la région des hautes plaines dont l'altitude moyenne est supérieure à 800 m avec cependant des pentes faibles. La partie Sud de la wilaya est occupée par un vaste paysage des hautes plaines traversées par l'Oued M'gaisba,

caractérisée par des bas-fonds et des glacis alluviaux au Nord, des paysages de glacis assez étendus se raccordent à la plaine. (Zouaidia H. 2006).

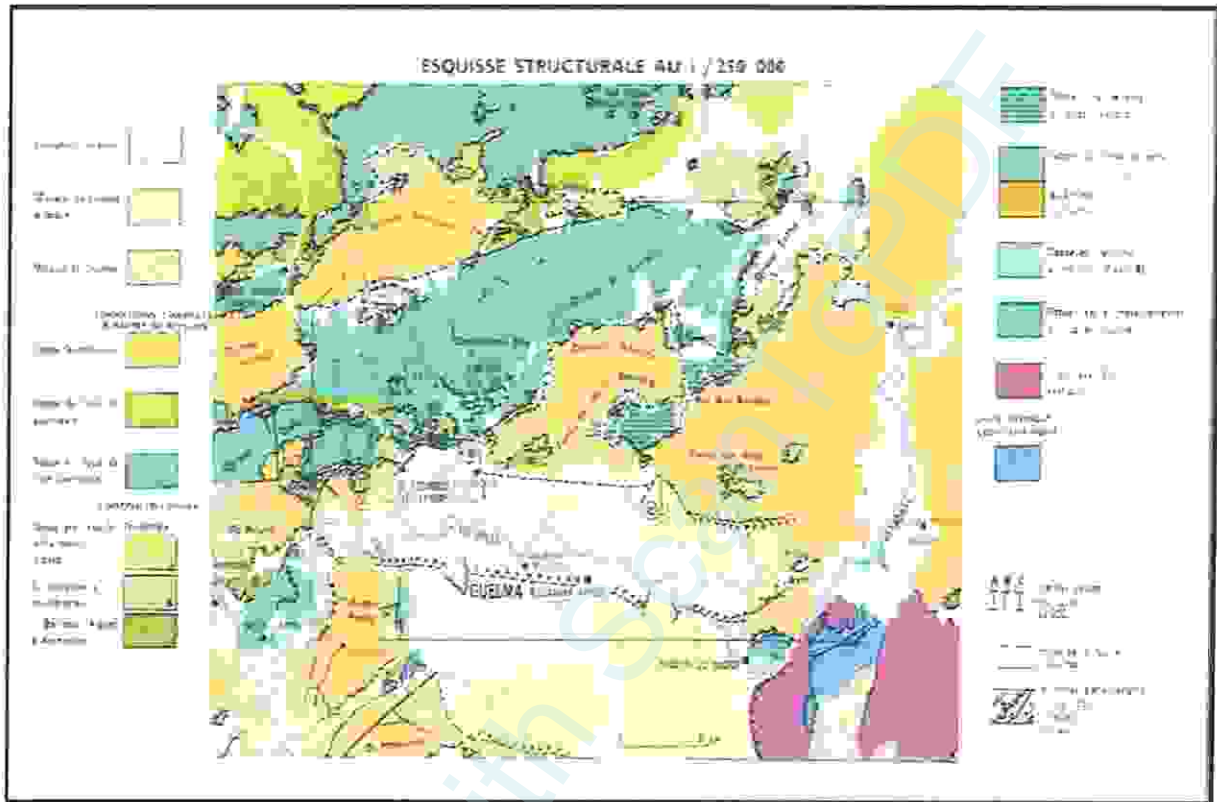


Fig.03. Carte géologique de la région de Guelma. Extraite de la carte de géologie de Guelma. (Vila, 1980)

### 3. Réseau hydrographique

#### 3.1. Hydrogéologie

Le territoire de la wilaya de Guelma comporte globalement quatre zones (sous bassins versants) hydrogéologiques distincts :

- **Zone des plaines de Guelma et Bouchegouf (moyenne et basses Seybouse)**

Les nappes captives du champ de Guelma s'étendent sur près de 40 Km le long de la vallée de la Seybouse et sont alimentées par les infiltrations et les ruissellements qui déversent dans l'Oued Seybouse. Elles constituent les plus importantes nappes de la wilaya. Au niveau de la nappe de Bouchegouf, les alluvions paraissent moins perméables que ceux de la plaine de Guelma. Elles peuvent contenir une nappe alluviale moins importante. (Zouaidia H. 2006).

- **Zones des Djebels au Nord et Nord-Ouest**

Elle s'étend sur toute la partie Nord de la wilaya. Elle regroupe toute la partie de l'Oued Zénati et la partie Nord de la région de Guelma. En dehors de la plaine, une grande partie de cette région est constituée d'argiles rouges numidiennes sur lesquelles reposent des grès peu perméables. Cette zone connaît une faible perméabilité en dépit d'une pluviométrie relativement importante.

Cependant, sur les calcaires Crétacés inférieurs des Djebels Débagh et Taya, l'infiltration est probablement importante. (Zouaidia H. 2006).

- **La zone des plaines et des collines de Tamlouka**

Il est à remarquer pour cette région que les structures synclinales du Crétacé supérieur peuvent contenir des nappes actives par des infiltrations sur les calcaires qui n'ont pas une bonne perméabilité quand ils sont profonds. Des nappes phréatiques s'établissent dans les formations quaternaires reposant sur des argiles Miocènes. Elles sont drainées par les différents affluents de l'oued Charef, mais une partie de leurs eaux s'évapore dans les régions marécageuses. (Zouaidia H. 2006).

- **La zone des Djebels surplombant des oueds Sédrata et Héliia**

Cette région s'étend sur les parties Nord de la région de Tamlouka et Sud de la région de Guelma et Bouchegouf. Sa partie Sud est certainement la mieux fournie en eau. Elle se caractérise par la présence des hautes dalles calcaires du Crétacé supérieur qui sont perchées sur des marnes. Des sources assez importantes jalonnent à leur contact. Sur l'autre partie de la zone (la plus étendue), les dalles calcaires sont plus redressées et fractionnées et des sources parfois relativement importante jaillissent des calcaires en contact des marnes. (Zouaidia H. 2006).

### 3.2. Principaux Oueds

Les principaux Oueds dans la région de la wilaya sont :

- **Oued Seybouse** : il prend sa source à Medjez Amar (point de rencontre entre oued Charef et oued Bouhamdane). Il traverse la plaine de Guelma-Bouchegouf sur plus de 45 Km du Sud au Nord. Son apport total est estimé à 408 millions m<sup>3</sup>/an.
- **Oued Bouhamdane** : il prend sa source dans la commune de Bouhamdane à l'Ouest de la wilaya. Son apport est de 96 millions m<sup>3</sup>/an.
- **Oued Mellah** : provenant du Sud-Est, ce court d'eau enregistre un apport total de 151 millions m<sup>3</sup>/an.

- **Oued Charef** : Prend sa source au Sud de la wilaya et son apport est estimé à 107 millions m<sup>3</sup>/an. (Zouaidia H. 2006).

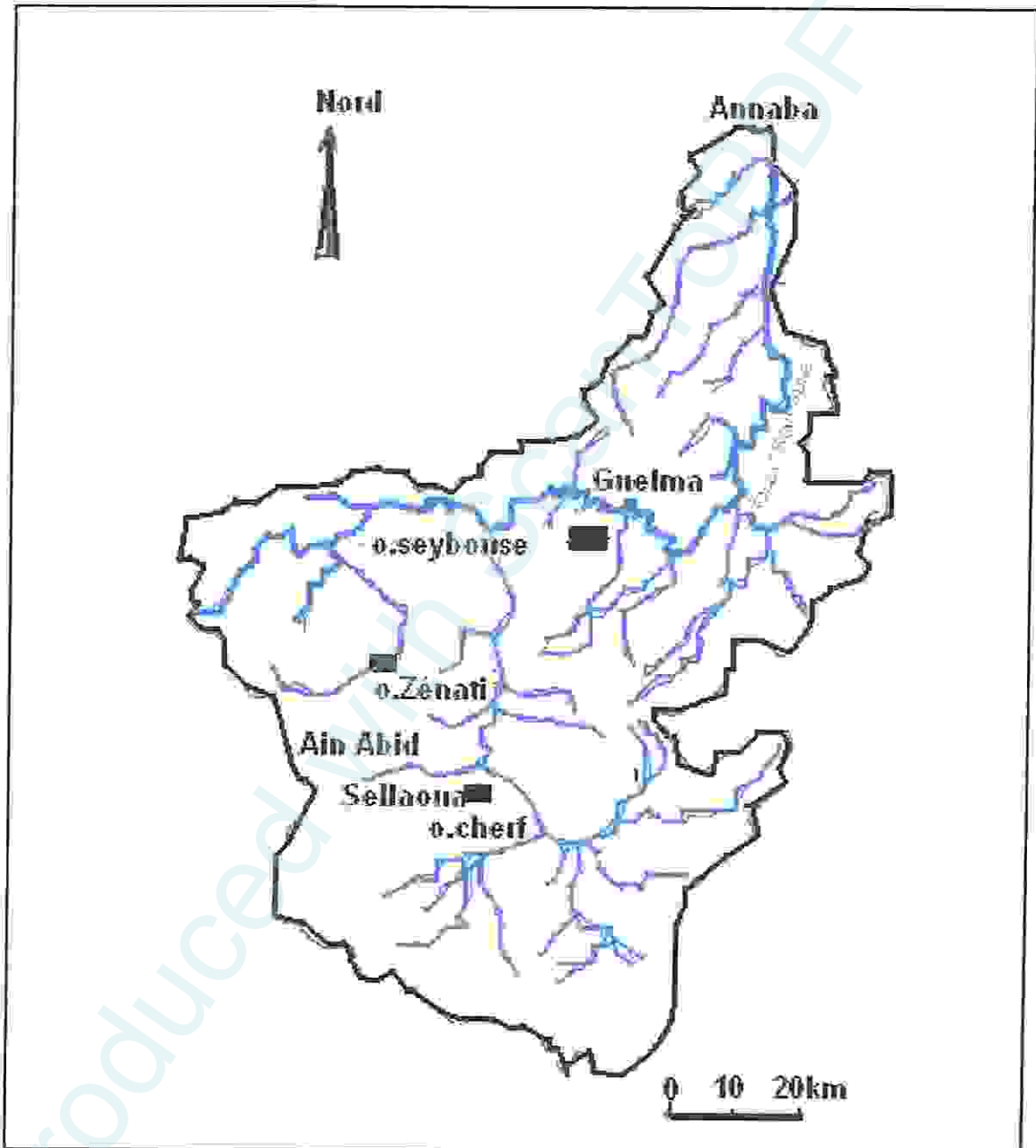


Fig.04. Réseau hydrographique. (Benmarce. 2007)

### 3.3. Cadre hydrogéologique

Les eaux souterraines constituent une part importante du patrimoine hydraulique de la région de Guelma. D'après les études géo physiques ENAGEO. (1971), Algéo. (1997) et CRAAG. (2004), le système hydrogéologique de la région renferme les six aquifères suivants:

- Nappe alluvionnaire de Guelma.
- Nappe alluvionnaire de Bouchegouf;
- Nappe des calcaires néritiques et sénoniens d'Héliopolis;
- Nappe des calcaires Eocènes de Ras El Agba- Sellaoua-Announa ;
- Nappe des calcaires de Bouhechena;
- Nappe des calcaires de Tamlouka.

### 3.3.1. Nappes alluvionnaire de Guelma

Elle est située dans la vallée de l'Oued Seybouse en grande partie sur sa rive droite. Elle est sillonnée par l'Oued Seybouse d'Ouest en Est, depuis Medjez Amar jusqu'à Nador. (Djabri L. 1996).

C'est une zone d'effondrement comblée par des dépôts Miocènes (argiles et marnes à gypses) et quaternaires (alluvions hétérogènes sous forme de terrasses). Ces alluvions sont perméables et sont alimentés par les eaux d'infiltrations des pluies et des apports latéraux du bassin versant de la Seybouse. Elle est constituée de trois terrasses distinctes (basse, moyenne, et haute).

- **La basse terrasse (terrasse actuelle)**

C'est la vallée dans laquelle coule l'actuel Oued Seybouse. Elle est formée de graviers, de sable et de galets. Son épaisseur croît vers l'Est, elle est de 8 m au Nord de la ville de Guelma et atteint 16 m au Nord-Est de Boumahra. Le substratum est constitué de marnes à gypses et d'argiles du Miocène dans sa partie Ouest. A l'Est, il est constitué d'argiles et de grès numidiens. (Mouassa. 2006).

- **La moyenne terrasse**

Elle est constituée d'un matériel détritique relativement fin en alternance avec de passées argileuses. Le substratum est toujours marneux à gypse. Son épaisseur est plus importante que celle de la basse terrasse (40 m environ). (Mouassa. 2006).

- **La haute terrasse (terrasse ancienne)**

Elle est située au Sud de la moyenne terrasse et elle est formée d'alluvions grossières plio-quaternaires (galets, graviers, grès, sables et quelques passées argileuses) perméables. La couche superficielle montre une affinité argileuse nette. Le substratum est aussi constitué de marnes à gypses et d'argiles du Miocène jusqu'à l'Oued Boussora. Vers l'Est, il est constitué d'argiles Eocènes. L'épaisseur de cette partie de la nappe aquifère est plus importante que celles des deux premières et varie de 50 m à 150 m par endroits (H'Fais)

entre Belkheir et Boumahra. Elle est limitée au Sud par les travertins de Guelma qui l'alimentent en partie. (Mouassa, 2006).

La plus grande quantité en eau de la nappe est exploitée par le biais de forages de différentes profondeurs, de puits, et de captage de sources.

#### 4. Étude climatique

Guelma, ville du Nord-Est algérien se situe entre  $36^{\circ}$  et  $28^{\circ}$  de latitude Nord et  $7^{\circ}$  et  $25^{\circ}$  de longitude Est.

Elle occupe une position médiane entre le Nord, les hauts plateaux et le sud du pays. Le climat de Guelma est celui de l'arrière littoral montagne (Zone B), déterminé par des hivers plus froids et plus longs et des étés chauds et moins humides que ceux des littorales. L'interprétation des données météorologiques de Guelma sur une période de dix ans, et l'établissement de son diagramme solaire s'avère être indispensable pour mieux caractériser son climat. Ainsi, que pour définir les climats on devra s'appuyer constamment sur les données moyenne et extrêmes ; d'où peuvent se mesurer les amplitudes moyennes des températures annuelles entre le mois le plus chaud et le mois le plus froid, et amplitude des extrêmes absolues de températures quotidiennes (entre le maximum diurne et minimum nocturne). (Medjelekh D. 2006).

##### 4.1. La relation température - précipitation

###### 4.1.1 Diagramme Pluviothermique

Selon Bagnouls et Gaussen, une période sèche est due au croisement des courbes de température et des précipitations. Cette relation permet d'établir un graphe pluviométrique sur lequel les températures sont portées à une échelle double des précipitations. (Fig.05.) (Aouissi A. 2010)

D'après ce diagramme établi à partir des données de températures et précipitations de la station de Guelma, on peut distinguer deux périodes :

- La première froide et humide qui s'étale sur 8 mois, du mois d'Octobre jusqu'au mois de Mai.
- La seconde chaude et sèche qui s'étale sur 4 mois, du mois de Juin jusqu'au mois de Septembre.

La détermination de cette période est d'une grande importance pour la connaissance de la période déficitaire en eau. (Aouissi A. 2010).

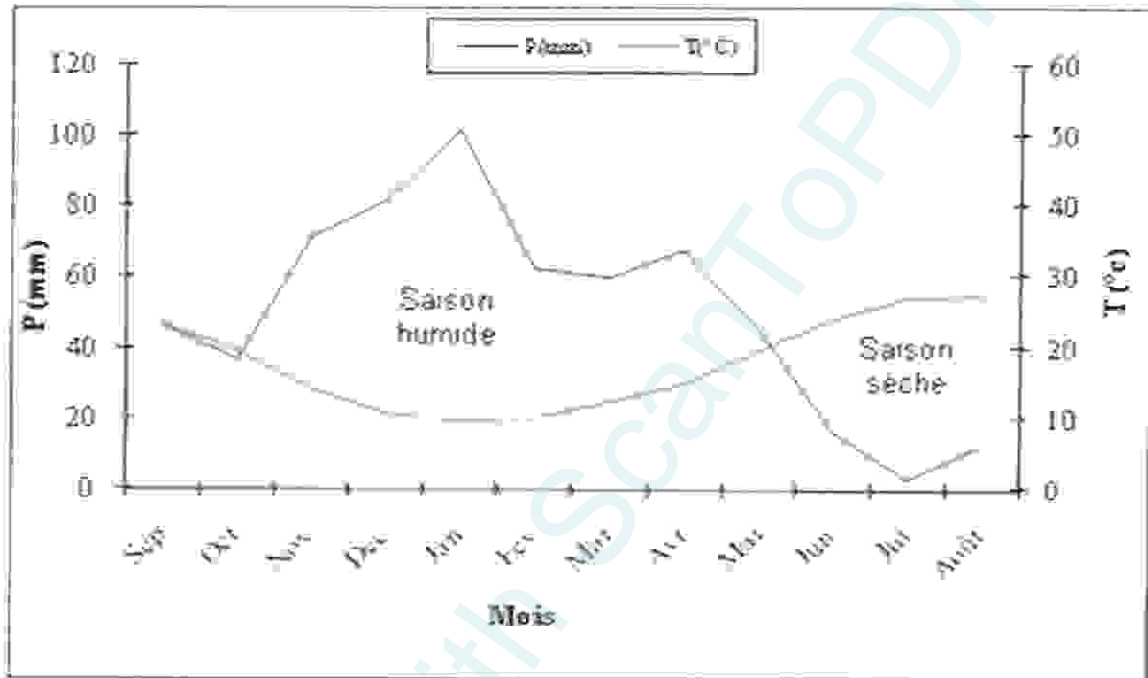


Fig.05. Diagramme Pluviothermique de la région de Guelma (1994 – 2008)  
(Aouissi A. 2010)

#### 4.2. Synthèse climatique

Selon Emberger (1963), la région méditerranéenne est subdivisée en cinq étages bioclimatiques. Pour déterminer l'étage bioclimatique de la zone d'étude (Guelma), il faut procéder au calcul du quotient pluviométrique d'Emberger ( $Q_2$ ). (Dajoz. 2000).

$$Q_2 = 1000.P / \frac{(M + m)(M - m)}{2}$$

D'où :

M : Température maximale du mois le plus chaud ( $M = 36,34^\circ\text{C} = 309,34 \text{ K}$ ).

m : Température minimale du mois le plus froid ( $m = 4,26^\circ\text{C} = 277,62 \text{ K}$ ).

P : Précipitation moyenne annuelle  $P = 606,1 \text{ mm}$ .

Notre région (Guelma) présente un  $Q_2 = 65,10$  ce qui la classe dans l'étage bioclimatique à végétation semi-aride à hiver frais. (Fig06). (Aouissi A. 2010).

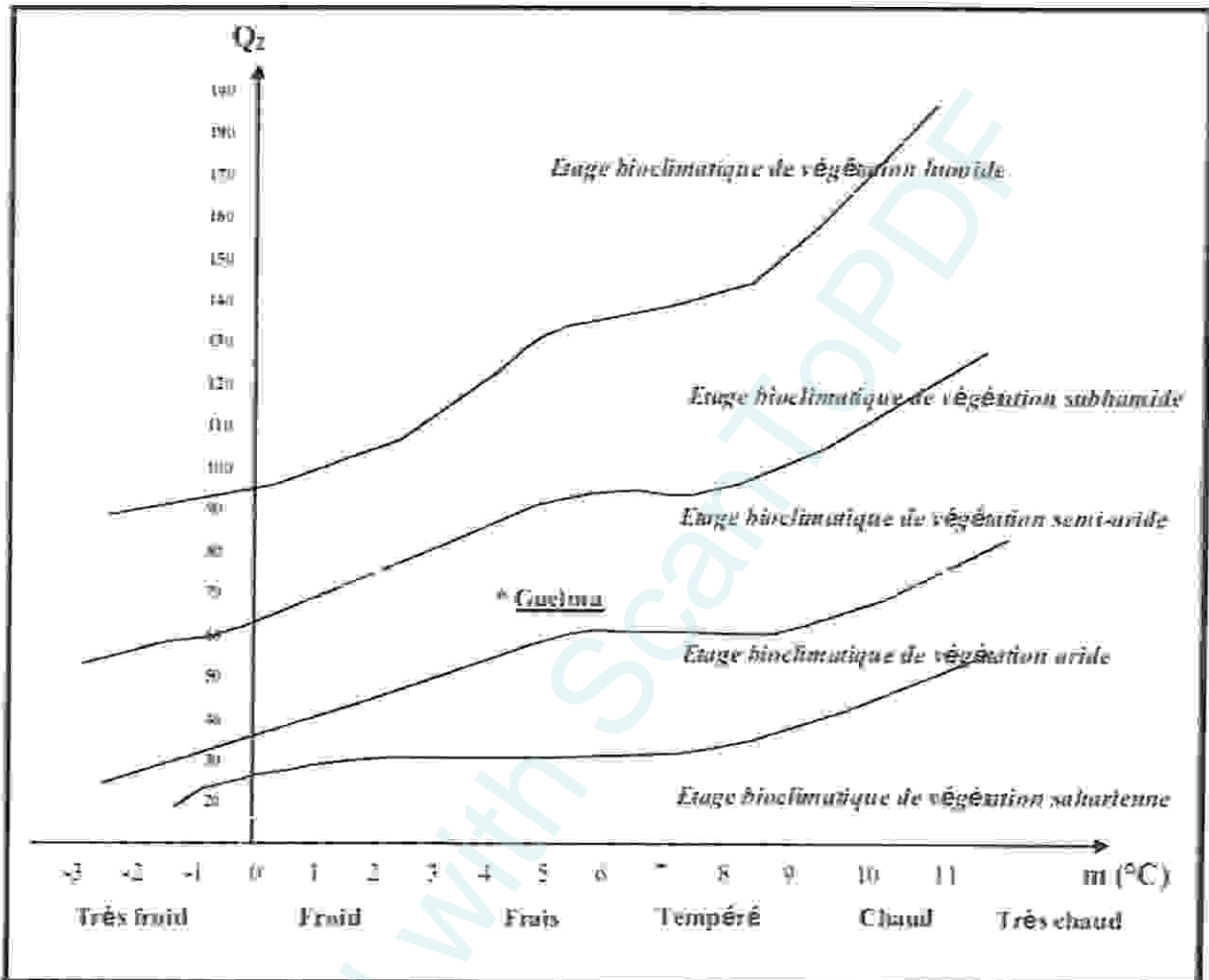


Fig.06. Situation de la région de Guelma dans le climatogramme d'Emberger (1994-2008).

(Aouissi A. 2010)

## 5. Cadre biotique

### 5.1. La flore

La wilaya de Guelma est dominée par une couverture forestière de 105,393 ha, soit un taux de 28,59% de la superficie totale de la wilaya à un paysage discontinu et hétérogène, confiné discontinuellement dans les massifs répartis d'Ouest en Est. (Zouaidia H. 2006)

Les grands espaces de terrains sont à vocation forestière dans la partie Sud-Est. Selon la densité, les forêts se répartissent comme suit :

\*Forêts denses : 19,459 ha.

\*Forêts claires : 10,491 ha.

\*Maquis et broussailles + parcours : 57,402 ha.



\*Reboisements : 3589 ha.

\*Vides : 14,457 ha. (Zouaidia H. 2006).

Le taux de reboisement est de 10% dénotant un effort considérable de reforestation du territoire. Les principales forêts sont :

\*Forêt de Béni Salah : réserve nationale en liège (13,745 ha).

\*Forêt de la Mahouna : d'une vocation récréative s'étalant sur 1,035 ha.

\*Forêt de Houara : avec une superficie de 2,374 ha.

\*Forêt dense Beni Medjald à Bouhamdane : 3,506 ha. (Zouaidia H. 2006).

Les principales essences sont le Chêne liège (localisé dans Beni Salah, Houara, Djellaba, Mahouna), l'Eucalyptus, le Pin d'Alep, le Pin Maritim, le Chêne Zeen et le Cyprès. Ces derniers se répartissent selon la superficie comme suit :

\*Chêne liège : 21,884 ha.

\*Eucalyptus: 2,657 ha.

\*Pin d'Alep: 2,915 ha.

\*ChêneZeen : 2,753 ha.

\*Cyprès: 1,517 ha.

\*Pin maritime: 1,410 ha. (Zouaidia H. 2006).

Les principales productions sont le Chêne liège et le Chêne Zeen, avec un volume de production de 1,500 stères. Pour le bois ; l'Eucalyptus et le Pin d'Alep avec 29,358 m<sup>3</sup>. (Zouaidia H. 2006).

## 5.2. La faune

\*Les mammifères : loups, sanglier, chacal, renard, lièvre, lapin, gerboise, cerf de barbarie représentant une espèce protégée.

\*Les oiseaux : Perdix gambara, caille des blés, tourterelle, chardonneret (espèce hyperprotégée); moineau, hibou, palombe, cigogne blanche, héron garde-boeuf, héron cendré.

\*Les reptiles : tortue, lézard, couleuvre. (Zouaidia H. 2006).

## 6. Aspects sociaux économiques

Après l'indépendance, l'ORGM a effectué plusieurs campagnes de prospection et plus précisément en 1973, 1984, et 1994 sur le gîte de soufre de Héliopolis. A ces travaux s'ajoutent d'autres études réalisées par la DREG/SNMC dans le cadre de la mise en valeur de gîtes d'agrégats. La SONAREM (1979), a effectué des travaux de révision prévision des substances utiles non métalliques dans la région de Guelma. (13)

Sur le plan minier, la région de Guelma recèle un potentiel en substances utiles non négligeable dont les plus importantes sont :

- **Argiles** pour la fabrication des briques et des tuiles : le gisement le plus important est celui de Bouchegouf dans les formations argileuses du Numidien ;
- **Gypse**, dans les formations du trias et du Miocène ; indice de Djebel Nador, indice de Héliopolis et l'indice de Medjez Sfa.
- **Roches** pour agrégats : les gisements de Douar Bou Zitoune et Djebel Debbagh, l'indice de hammam N'bails et Galâa Bou Dia.
- **Barytine** : indice de Koudiat Bou Kesrouba et Bou Zitoune.
- **Dolomie** : gisement de djebel Faïa, djebel Debbagh et Mechrakha.
- **Calcaires** : indice de Djebel Debbagh et Ras El Ma.
- **Kaolins et halloysites**: gisement de Djebel Debbagh et l'indice de Hammam N'bails.
- **Phosphorites** : indices de Ain El Arbi, Ain Souda Djebel Bardo, Djebel Nador, Djebel El Kouz et Kef El Aksi.
- **Soufre** : indice de Héliopolis. (13).

Les montagnes et bassins versants de Houara, Mahouna, Débar et la forêt de Béni Salah offrent d'importantes opportunités de développement rural. Sur une superficie forestière de 105.295 ha (28,45 %), les forêts (claires et denses) occupent une superficie de 29.950 ha dont 24.437 ha en chêne-liège d'où des opportunités de traitement, d'exploitation et de transformation de liège. (Benmarce. 2007)

Les terres à grand potentiel agricole se situent dans le Sud-Ouest (plaines d'oued Zénati et Tamlouka réputées par la céréaliculture et l'élevage.

Quant à la vallée de l'Oued Seybouse qui s'étend sur près de 45 km, elle offre toutes les conditions nécessaires à la production des cultures intensifiées en irrigué et de l'élevage bovin. Le sol du territoire de Guelma recèle d'importantes richesses minières qui sont principalement le marbre, le kaolin, l'argile, les agrégats...et qui ont permis l'existence d'une industrie des matériaux de construction, susceptible d'être davantage développée. Quant aux richesses touristiques, elles sont importantes et diversifiées (thermes Hammam Débagh, de Hammam ouled Ali, de Hammam N'bails, de Hammam Guerfa et Belhachani), offrant de grandes possibilités de développement du thermalisme. (Benmarce. 2007)

Qualité bactériologique et  
**PHYSICO-CHIMIQUE**  
des eaux de sources de la région de Guelma

# Chapitre II :

## Maladies à transmission hydrique

Produced with ScanTOPDF

Bien que l'eau constitue un facteur important dans la santé humaine et animale, son insuffisance ou son absence détermine un manque d'hygiène favorable à la survenue de maladies et d'épidémies.

La dégradation de l'environnement est souvent responsable de l'apparition d'épidémies, de maladies à transmission hydrique ou alimentaire; la typhoïde et les dysenteries et l'hépatite virale A constituent les maladies prédominantes (10.000 cas annuels de MTH en moyenne).

La pleine image des maladies associées à l'eau est complexe pour un grand nombre de raisons. Sur la dernière décennie, l'image des problèmes de santé relatifs 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 Salmonellose, le Choléra, la Shigellose), mais pour d'autres telles que la malaria, la Schistosomiase ou les infections les plus modernes telles que la légionellose ou les SARS des analyses doivent encore être effectuées.

## **1. Définition des maladies hydrique**

Les maladies hydriques sont toutes les maladies causées par la consommation d'eau contaminée par des fèces animales ou humaines, qui contiennent des microorganismes pathogènes.

Les maladies hydriques se propagent par la contamination des systèmes de distribution d'eau potable par l'urine et les fèces des personnes ou animaux infectés. (Cheriet M. et al. 2010).

## **2. Les principales infections d'origine hydrique**

### **2.1. Maladies d'origine bactérienne**

#### **Fièvres typhoïdes et paratyphoïdes**

Ce sont de véritables septicémies dues à des salmonelles : *Salmonella typhi* et *Salmonella paratyphi* A, B, et C. Elles sont caractérisées par de la fièvre, céphalées, diarrhée, douleurs abdominales, accompagnées d'un abattement extrême (le tufhos) et peuvent avoir

des complications graves, parfois mortelles : hémorragies intestinales, collapsus cardiovasculaire, atteintes hépatiques, respiratoires, neurologiques.

La contamination se fait par voie digestive à partir d'eaux contaminées par des matières fécales, d'aliments avariés ou encore par des mains sales.

La bactérie traverse sans la léser la barrière intestinale et se fixe dans les ganglions mésentériques. Après incubation elle se répand dans la circulation sanguine ce qui conduit à une septicémie. Elle libère lors de son élimination une endotoxine neurotrope qui lèse le système abdominal provoquant des ulcérations.

La toxine peut être également responsable de troubles plus généraux par atteinte du système nerveux central. La bactérie est retrouvée dans les selles du malade dans 50 à 80 % des cas. (Roland V. 2003).

### Gastroentérites aiguës et diarrhées

- *Escherichia coli*

C'est une bactérie saprophyte du tube digestif de l'homme et des animaux qu'elle envahit dès les premières heures de la vie. Elle se multiplie par milliards dans les matières fécales. Leur extrême abondance et leur résistance dans l'eau sont telles que ces bactéries ont été retenues comme germes-tests de contamination fécale des eaux.

Bien que fort nombreuses, ces bactéries ne sont guère pathogène : 5 à 6 % des souches seulement chez l'enfant. Ce n'est que dans de très rares cas qu'elles passent dans le sang provoquant une septicémie ou des infections urinaires. (Roland. 2003).

- *Campylobacter jejuni*

Bien qu'étant l'une des causes les plus courantes de gastroentérites, ce n'est que vers la fin des années 1970 que cette bactérie a été reconnue comme agent d'infection gastro-intestinale. Son taux d'infection dans la population est estimé à 1 % et plus de 2000000 de cas par an sont comptabilisés aux Etats-Unis. Il en est de même au Royaume-Uni et dans d'autres nations développées. C'est une infection sporadique apparaissant en été, le plus souvent à la suite de manipulations de nourriture mal cuite, essentiellement de produits avariés.

L'impact de *Campylobacter* dans les pays en voie de développement est de plusieurs fois supérieur à celui observé dans les pays développés et donne lieu à l'apparition de porteurs sains. La plupart des infections surviennent pendant l'enfance et leur fréquence diminue avec l'âge. Le risque de contamination encouru par les touristes dans les pays à risque varie de 0 à 39%. (Roland V. 2003).

- ***Yesinia enterocolitica***

De nombreuses espèces animales constituent le réservoir de cette bactérie : porc, lapins, mulots. Le lait, les coquillages, les crèmes glacées et les crudités (carottes râpées, salades, légumes) ont conduit à des milliers d'infections. En ce qui concerne l'eau, sa transmission est oro-fécale. Elle provoque une entérocolite souvent sanglante qui régresse au bout d'une semaine. Des complications abdominales peuvent néanmoins survenir laissant penser parfois à une crise d'appendicite. (Roland V. 2003).

- ***Salmonella sp.***

Il existe plusieurs centaines de salmonelles dont la classification a été modifiée de nombreuses fois et qui n'est toujours pas bien stabilisée. Leur transmission par voie hydrique est oro-fécale.

L'origine des salmonelles remonte à la nuit des temps. En effet, elles auraient divergé du genre *Citrobacter* après l'apparition des amphibiens et des reptiles, il y a 300 millions d'années. Puis la sous-espèce I se serait différenciée à l'émergence des animaux à sang chaud, il y a 200 millions d'années engendrant les fièvres typhoïdes.

Estimées à 841 espèces par Kaufman-White, c'est la sous espèce *enterica* qui est responsable des affections des animaux à sang chaud. Elles sont responsables de 8.6% des diarrhées infantiles hospitalisées dont 88% chez des enfants de 1 à 5 ans. Les sérotypes *Typhi*, *Paratyphi A*, *B* et *C* sont responsables des salmonelloses humaines les plus graves, parfois mortelles. D'autres sous-espèces d'origines animales peuvent être responsables de gastroentérites autolimitées avec fièvre de l'ordre de 2 jours et diarrhées n'excédant pas 7 jours.

De même, d'autres sous-espèces peuvent être saprophytes d'animaux à sang froid, (Roland V. 2003).

- ***Shigella dysenteriae***

Les dysenteries bacillaires sont dues à des bactéries du genre *Shigella* et ne représentent que 0.7% des gastroentérites de patients hospitalisés, dont 80% sont des enfants de 1 à 15 ans. Elles sont caractérisées par un syndrome gastro-intestinal comportant des douleurs abdominales, des expulsions de selles non fécales nombreuses (de 4 à 20 par jour) sanguinolentes et glaireuses. Elles s'accompagnent d'un amaigrissement et de dégradation de l'état général.

Leur début est brutal avec élévation brutale de température accompagnée de douleurs abdominales et émission d'importantes selles aqueuses suivies, 1 à 2 jours plus tard, par des volumes moindres de matières fécales contenant beaucoup de sang et de mucus. La shigellose se traduit par l'invasion et la destruction de la muqueuse superficielle avec ulcération.

L'espèce *Shigella dysenteriae* peut provoquer une forme particulièrement sévère de dysenterie dont la mortalité peut atteindre 20%. Les autres genres ne provoquent qu'une dysenterie passagère, rarement fatale, sauf pour les personnes âgées et les enfants dénutris.

L'examen des selles est indispensable pour faire la distinction entre dysenterie bacillaire et dysenterie à protozoaires.

L'affection cède à l'antibiothérapie ce qui permet d'éviter des complications comme arthrites ou phlébites ou encore l'apparition de formes hypertoxiques, de type choléra, à mortalité parfois élevée. (Roland V. 2003).

- *Aeromonas*

Bien que le genre *Aeromonas* soit peu cité pour ce qui concerne son association avec les gastroentérites, il n'en demeure pas moins qu'il serait responsable en troisième, voire seconde, position des gastroentérites des mois d'été aux Etats-Unis.

Dans sa forme légère la gastroentérite provoquée par les *Aeromonas* se présente comme une diarrhée aqueuse, très semblable à celle causée par de nombreux autres entéropathogènes et ce n'est que très rarement qu'elle présente un caractère cholériforme. (Roland V. 2003).

## 2.2. Maladies attribués à l'eau d'origine chimique

Certaines substances comme les métaux lourds ne sont pas éliminées par l'organisme. Elles s'y accumulent, et leur ingestion prolongée peut être de maladies graves, même si leur teneur dans l'eau est très faible. Ingérée en grande quantité, lors d'une pollution accidentelle, ces mêmes substances sont rapidement toxiques. (1).

### Plomb

Le plomb passe rapidement 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 la croissance, le développement du système nerveux central, le développement intellectuel et le comportement. A plus fortes doses, le plomb peut même induire 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 où il ne sera pas gênant tant qu'il ne sera pas renvoyé dans le sang; or cela peut se produire en particulier chez les femmes enceintes - entraînant une exposition du fœtus, et chez les personnes âgées -qui se retrouvent empoisonnées de manière brutale. (1).

#### **Nitrate**

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 - qui eux oxydent l'hémoglobine du sang qui ne peut plus fixer l'oxygène et 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 cancérogènes. Le risque demeure difficile à évaluer et les normes actuelles, qui fixent les seuils de concentration des nitrates à 50 mg/l représentent une application raisonnable du principe de précaution. (1).

#### **Pesticides**

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 en génèrent d'autres. Les toxicités 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 répétées. Certains sont cancérogènes comme l'atrazine. (1).



### 3. Autres maladies hydriques

Tab.01. Autres maladies hydriques. (Boubidi W et al. 2007).

Type de maladie	Maladie	Agent causal
<b>Virale</b>	Poliomyélite	Virus de la poliomyélite
	Méningite	Virus de coxsackie A
	Myocardite	Virus de coxsackie
	Hépatite infectieuse	Virus de l'hépatite A, E
	Gastro-entérite	Rotavirus-Calcivirus-Virus de Norwalk-Astrovirus - Coronavirus like.
<b>Parasitaire</b>	Amibiase	Amibe
	Paludisme	Plasmodium
	Gastro-entérite	Giardia lamblia-Giardia intestinalis-Plasmodium
<b>Fongique</b>	Condidiose	Candida albicans

Les maladies à transmission hydrique constituent un véritable problème de santé publique et il faut conjuguer les efforts entre les différents acteurs de la Santé pour diminuer le taux de morbidité de cette maladie. (2)

Qualité bactériologique  
des **PHYSICO-CHIMIQUE** et  
eaux de sources de la région de Guelma

## Chapitre III : Matériel et méthodes

Quatre sources ont été choisies en raison de leurs localisations (zone agricole - zone urbaine - zone montagneuse - zone industrielle).

**Source d'Ain Rosfa (Boumahra Ahmed)**

Elle se trouve à la commune de Boumahra Ahmed actuellement (ex : PETIT en la période de la colonisation française) coté oriental à environ 7 Km de la wilaya de Guelma, elle est exploitée pour la consommation humaine.

Cette source donnant un débit exploité actuellement de 6 l/min. (Fig.07.)

**Source d'Ain Bouchiha (Héliopolis)**

Elle est située à Héliopolis à 5 Km au nord de la wilaya de Guelma et à 300 m de Kef El Bomba à coté de la route liée entre Guelma et Annaba. Elle est exploitée pour l'irrigation et tout type de consommation humaine. Son débit est actuellement en moyenne de 18 l/min. (Fig.08.)

**Source d'Ain Baida (Sellaoua Anouna)**

Elle est située à Sellaoua Anouna à environ 35 Km à l'Ouest de la wilaya de Guelma dans une zone montagneuse végétative. Elle est exploitée pour tout type de consommation humaine. Cette source donnant un débit exploité actuellement de 34.5 l/min. (Fig.09.)

**Source de Laghbal (Bendjerrah)**

Elle se trouve dans la commune de Bendjerrah au Sud de la wilaya de Guelma et à distance de 31 Km, cette source est située près de l'usine de briqueterie. Elle est exploitée pour tout type de consommation humaine. Cette source donnant un débit exploité actuellement de 15 l/min. (Fig.10.)



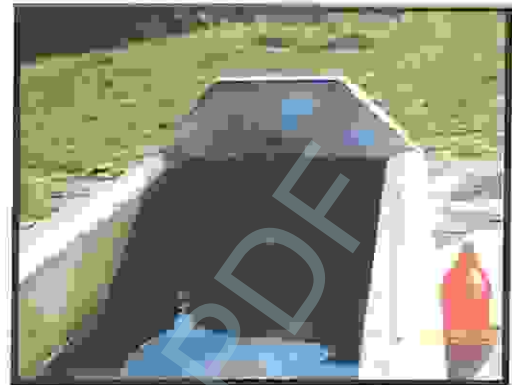
**Fig.07.** Source d'Ain Rosfa  
Prise par M<sup>lle</sup> Laraisia. H



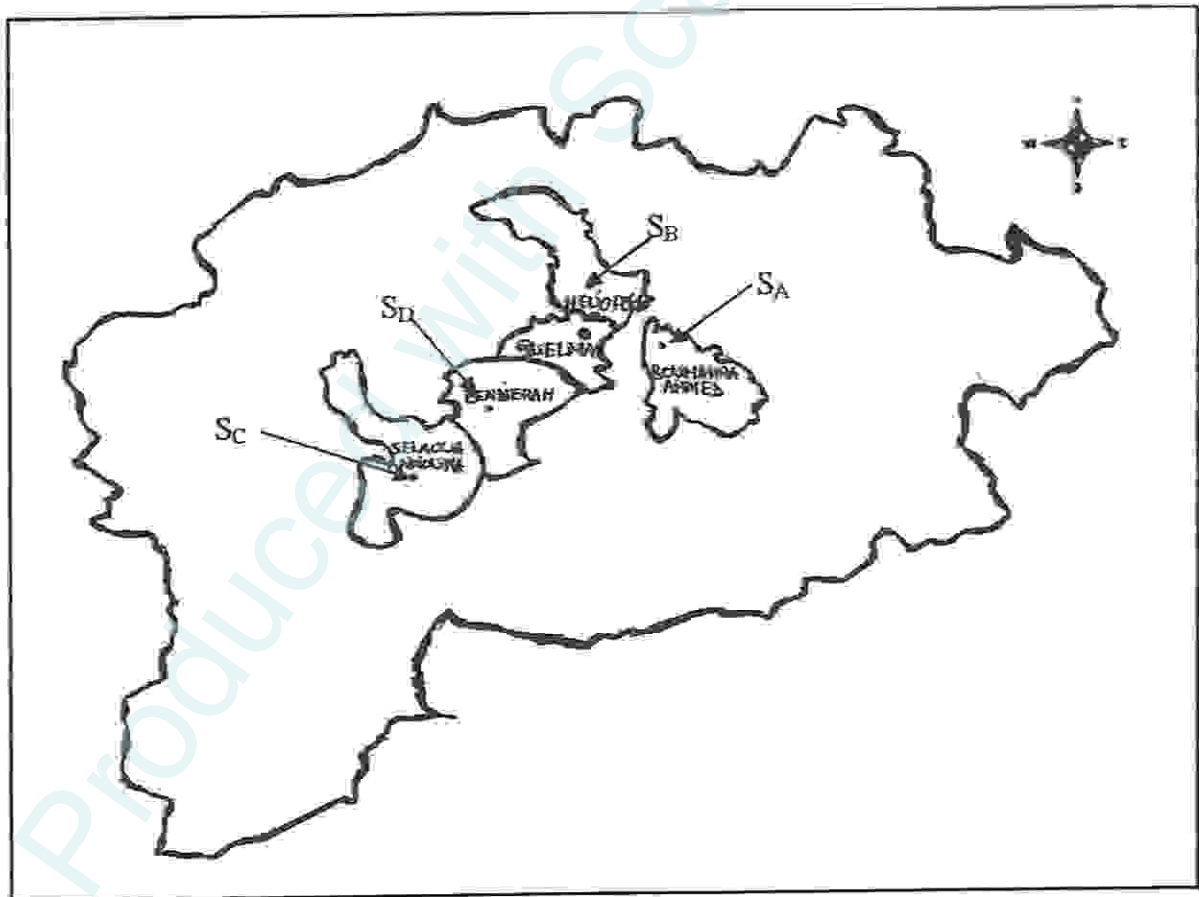
**Fig.08.** Source d'Ain Bouchiha  
Prise par M<sup>lle</sup> Laraisia. H



**Fig.09.** Source d'Ain Baida  
Prise par M<sup>lle</sup> Laraisia. H



**Fig.10.** Source de Laghbal  
Prise par M<sup>lle</sup> Laraisia.



**Fig.11.** Carte à main levée illustrant les quatre points de prélèvement

## 1. Prélèvement des échantillons

Un examen bactériologique ne peut être valablement interprété que s'il est effectuée sur un échantillon correctement prélevé, dans un récipient stérilisé, selon un mode opératoire précis évitant toute contamination accidentelle, correctement transporté au laboratoire et analysé sans délai ou après une courte durée de conservation dans des conditions satisfaisantes.

### 1.1. Matériels de l'échantillonnage

Pour effectuer chaque prélèvement, il est préférable d'utiliser des flacons en verre de 250 ml. Les flacons destinés aux prélèvements bénéficieront d'un nettoyage au détergent et à l'eau de javel puis sont rincés avec de l'eau du robinet et à la fin avec de l'eau distillée. Une fois les flacons nettoyés, ils subiront une stérilisation (afin d'éviter tout risque de contamination) qui peut être soit :

- \* Par la chaleur humide (autoclave) avec une température de 121°C maintenue pendant 20 minutes.
- \* Par la chaleur sèche (four pasteur) avec une température de 170°C peut même aller à 175°C, pendant 1heure. (Kahlouche et al. 2010).

### 1.2. Mode de prélèvement

L'échantillonnage consiste à prélever l'eau à analyser, des points étudiés en respectant certaines règles et consignes, dans le but d'obtenir de bons résultats à la fin. Le prélèvement commence après avoir effectué un choix des sources, les flacons stériles sont maintenus sous la conduite de la source directement, en ouvrant le bouchon sous le flux d'eau. Remplir le flacon en laissant un certain vide d'air, afin de permettre un mélange en agitant le flacon.

Après chaque prélèvement, l'étiquetage est primordial pour éviter tout risque de confusion, sur chaque étiquette doivent être mentionnés l'heure et la date du prélèvement. Pour assurer une bonne conservation des échantillons, il faut les transporter dans une glacière contenant des poches de glace ; afin d'éviter la destruction de l'échantillon.

## 2. Etude bactériologique

Les analyses bactériologiques de l'eau ont pour but de mettre en évidence la présence de bactéries qui modifient l'aptitude d'une eau à une utilisation donnée. Ces modifications

sont souvent complexes et les variations d'aptitudes peuvent être simultanément favorables ou défavorables, selon l'utilisation envisagée.

Toute analyse bactériologique ne peut donc être effectuée et interprétée correctement qu'en fonction de l'utilisation envisagée de l'eau.

## **2.1. Méthode d'analyse bactériologique**

### **2.1.1. Recherche et dénombrement des germes revivifiants**

La recherche des micro-organismes aérobies non pathogènes dits revivifiants, permet de dénombrer les bactéries se développant dans des conditions habituelles de culture et représentant la teneur moyenne en bactéries d'une ressource naturelle. Ces germes n'ont pas d'effets directs sur la santé mais sous certaines conditions ; ils peuvent générer des problèmes. Ce sont des indicateurs qui révèlent la présence possible d'une contamination bactériologique.

La méthode de référence pour l'analyse consiste en un dénombrement du nombre de germes par ml d'eau selon :

- \* Germes totaux à 22°C : comptage des colonies obtenues après incubation à 22°C durant 72 heures.
- \* Germes totaux à 37°C : comptage des colonies obtenues après incubation à 37°C durant 24 heures.

#### **- Mode opératoire**

A partir des quatre échantillons à analyser, et qui sont considérés comme des solutions mères ; porter aseptiquement 1ml de chaque échantillon dans des boîtes de Pétris étiquetés au préalable.

Compléter ensuite avec 19 ml de gélose TGEA, fondue et maintenue à 45°C. Incorporer à la fin l'eau des échantillons avec la gélose, en effectuant des mouvements circulaires de va et vient en forme de 8.

Laisser solidifier sur la paillasse puis incuber à deux températures, 22°C et 37°C.

#### **-Lecture**

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

**-Dénombrement**

Le dénombrement consiste à retenir les boîtes contenant entre 15 et 300 colonies, dont les résultats seront exprimés par nombre de micro-organismes revivifiables dans un ml d'eau à analyser à 22°C et 37°C.

Produced with ScanTOPDF

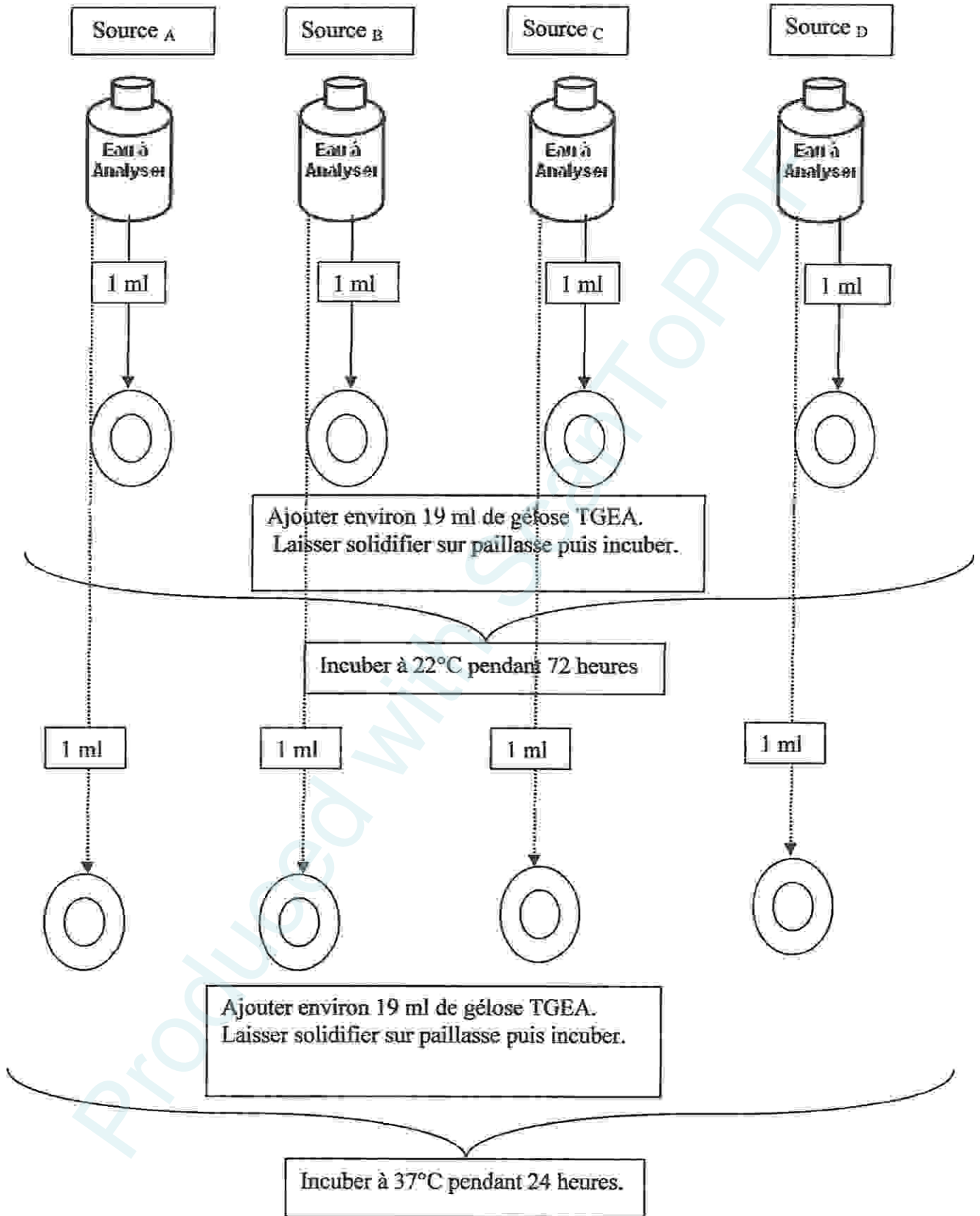


Fig.12. Recherche et dénombrement des germes revivifiable à 22°C et à 37°C dans les eaux (Labres et al. 2008).



## 2.1.2. Recherche et dénombrement des germes témoins de contamination fécale

### 2.1.2.1. Recherche et dénombrement des coliformes

La recherche et le dénombrement des germes coliformes ; notamment les coliformes fécaux a été effectuée par la méthode du nombre le plus probable (NPP) appelée aussi Colimétrie.

La technique du NPP fait appel à la méthode de fermentation multitubes, au cours de laquelle au moins trois dilutions décimales de l'échantillon sont ensemencées dans des éprouvettes de bouillon et incubées à une température précise, pendant une période donnée.

La méthode est progressive ; puisqu'il faut d'abord déterminer si les éprouvettes contiennent des coliformes, déterminer ensuite si les éprouvettes contiennent également des coliformes fécaux, et enfin confirmer s'il y a présence d'*Escherichia coli*.

#### -Mode opératoire

Cette recherche se caractérise par deux phases successives :

\*Test présomptif : pour la recherche des coliformes.

\*Test confirmatif : pour la recherche des coliformes thermo-tolérants et d'*Escherichia coli*. (Chaouch. 2007, Labres et al. 2008).

#### a- Test présomptif

Il est effectué en utilisant de BCPL, dont chaque tube contient une cloche appelée cloche de Durham, afin de déceler le dégagement de gaz dans le milieu.

Le travail sur les quatre sources se déroule de la même manière. Avec trois séries, dont chacune des séries subissent quatre dilutions successives.

- A partir de l'eau à analyser de chaque source ( $S_A$ ,  $S_B$ ,  $S_C$  et  $S_D$ ), porter aseptiquement 1 ml dans des tubes contenant 9 ml du BCPL S/C muni d'une cloche de Durham, dont ces tubes représentent les premiers de chaque série de dilutions ( $S_1 T_1 S_A$ ,  $S_2 T_1 S_A$ ,  $S_3 T_1 S_A$ ); ( $S_1 T_1 S_B$ ,  $S_2 T_1 S_B$ ,  $S_3 T_1 S_B$ ); ( $S_1 T_1 S_C$ ,  $S_2 T_1 S_C$ ,  $S_3 T_1 S_C$ ); ( $S_1 T_1 S_D$ ,  $S_2 T_1 S_D$ ,  $S_3 T_1 S_D$ ).
- Inoculer 1ml du premier tube de chaque dilution dans le second de la même série, jusqu'à en finir avec le quatrième tube de chacune des séries effectuées.
- Une fois tous les tubes de BCPL sont inoculés, chasser l'air présent dans les cloches de Durham ; en mélangeant bien le milieu avec l'inoculum.
- l'incubation s'effectue à 37°C pendant 24 à 48 heures. (Labres. 2006).

**-Lecture**

- \* Les tubes présentant un aspect trouble de couleur jaune (ce qui signifie la fermentation du lactose présent dans le milieu) et du gaz dans la cloche (supérieur à un 1/10 de la hauteur de la cloche), sont considérés comme positifs autrement dit pouvant contenir des coliformes totaux.
- \* Noter le nombre de tubes positifs dans chaque série et se reporter à la table de Mac Grady.

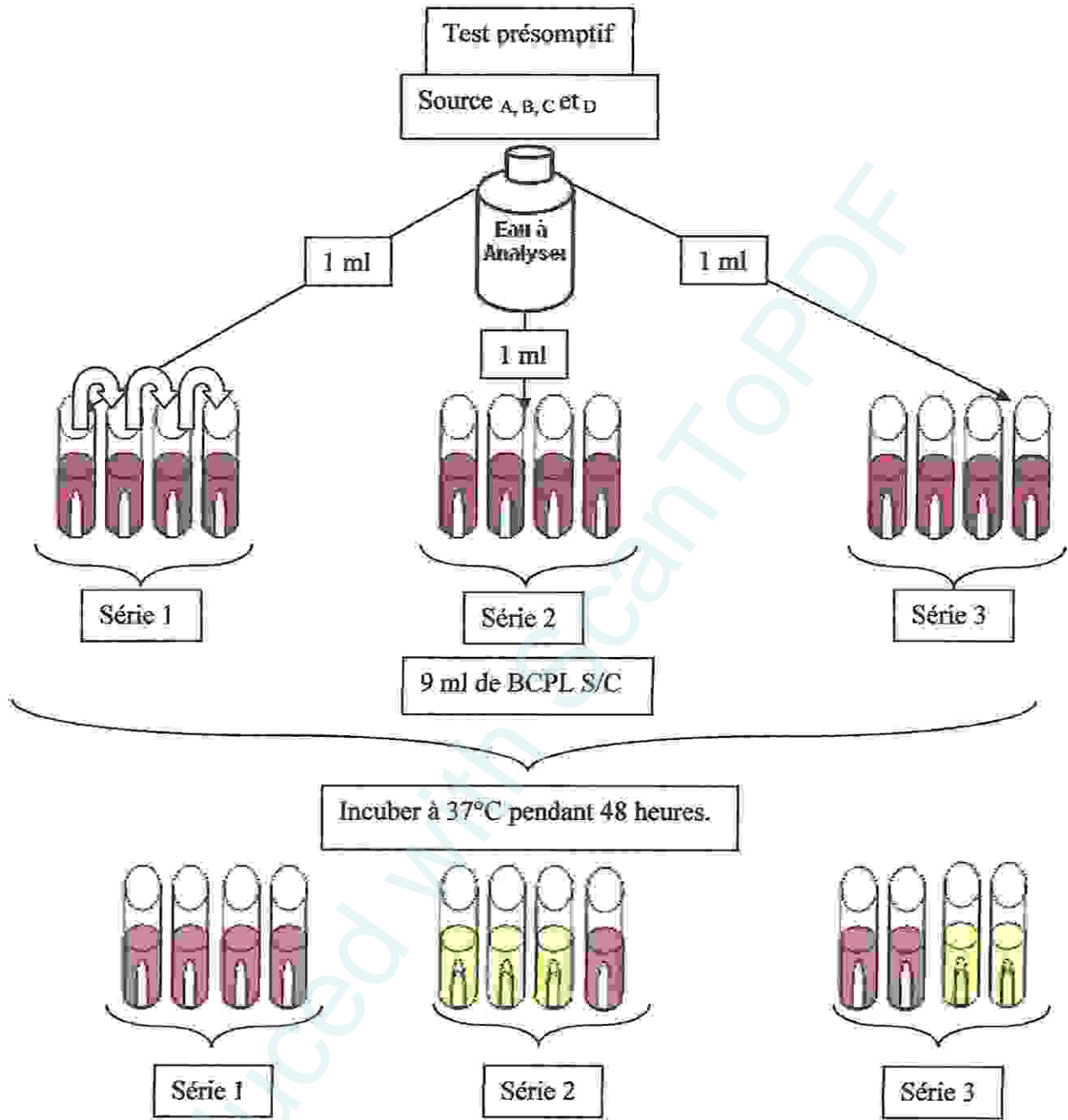
**b- Test confirmatif**

Le test de confirmation consiste à déceler la présence des coliformes thermo-tolérants, parmi lesquels on y trouve *Escherichia coli*.

- \* A partir des tubes de BCPL trouvés positifs, lors du dénombrement des coliformes, effectuer un repiquage sur milieu Eau Peptonée Exempte d'Indoles ; à l'aide d'une anse bouclée.
- \* L'incubation se fait à 44°C pendant 24 à 48 heures.

**-Lecture**

- \* Dans les tubes montrant un trouble, ajouter quelques gouttes du réactif Kowacks. Une réaction considérée positive correspond à la formation d'anneau rouge à la surface des tubes autrement dit présence de coliformes fécaux *Escherichia coli*.
- \* Noter le nombre des tubes positifs et exprimer le résultat selon la table de Mac Grady.



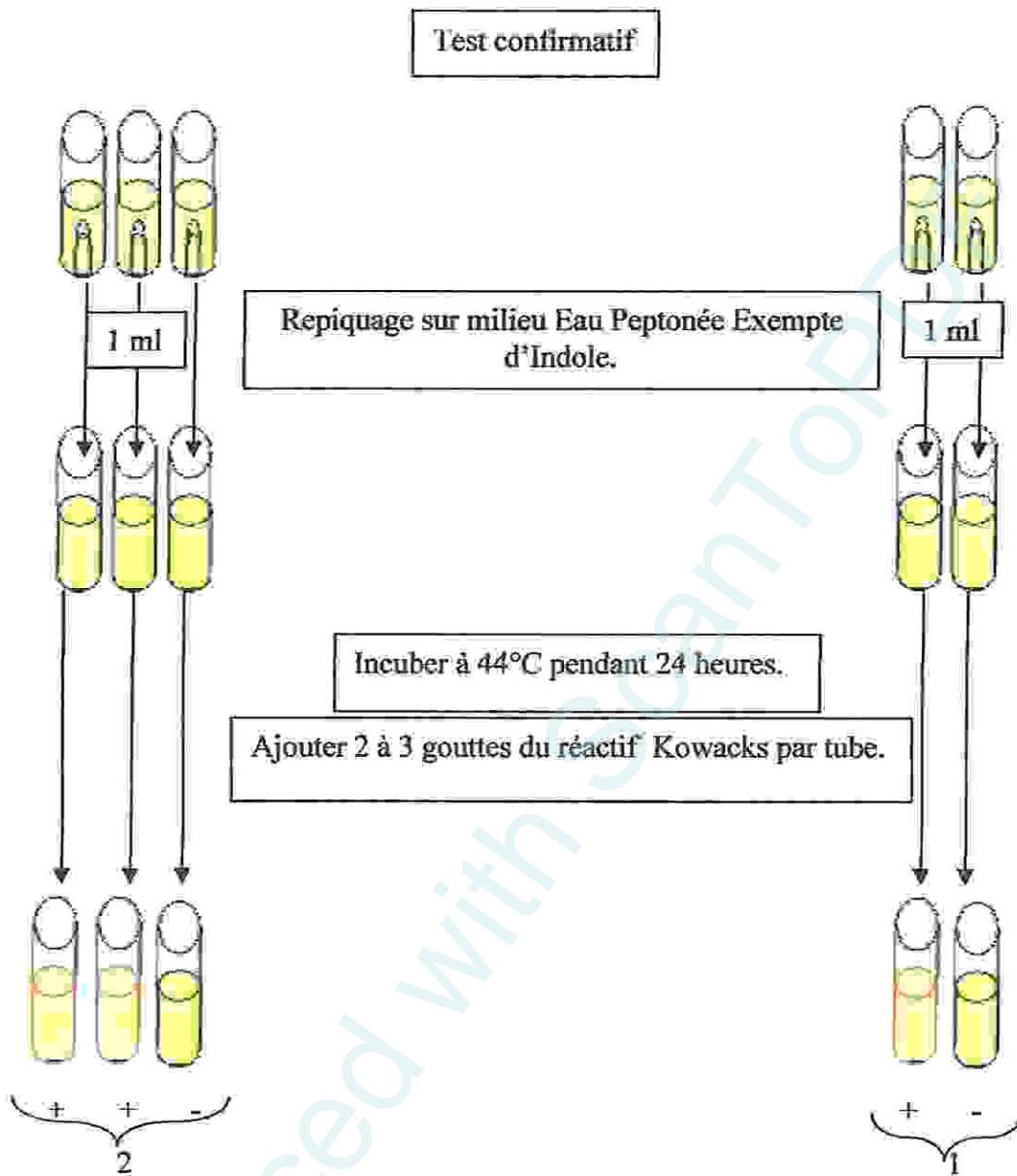


Fig.13. Recherche et dénombrement des coliformes (Organigramme de la NPP)

(Labres et al. 2008).

### 2.1.2.2. Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux

Cette méthode de référence, consiste en la recherche et le dénombrement des entérocoques intestinaux ou streptocoques du groupe D de la classification de Lancefield, autrement appelés streptocoques fécaux des eaux.

#### -Mode opératoire

Les streptocoques fécaux dans les eaux sont dénombrés en milieu liquide à l'aide de deux bouillons de culture (milieu Rothe et le milieu Eva-Litsky).

Dont cette méthode fait appel à deux tests successifs :

- \* Test présomptif : réservé à la recherche présomptive des streptocoques fécaux.
- \* Test confirmatif : réservé à la confirmation réelle de la présence des streptocoques du groupe D. (Chaouch, 2007).

#### a- Test présomptif

A partir de l'eau à analyser de chaque source ( $S_A$ ,  $S_B$ ,  $S_C$  et  $S_D$ ), porter aseptiquement

\* 1 ml dans des tubes contenant 9 ml de Rothe muni d'une cloche de Durham, dont ces tubes représentent les premiers de chaque série de dilution ( $S_1 T_1 S_A$ ,  $S_2 T_1 S_A$ ,  $S_3 T_1 S_A$ );

( $S_1 T_1 S_B$ ,  $S_2 T_1 S_B$ ,  $S_3 T_1 S_B$ ); ( $S_1 T_1 S_C$ ,  $S_2 T_1 S_C$ ,  $S_3 T_1 S_C$ ); ( $S_1 T_1 S_D$ ,  $S_2 T_1 S_D$ ,  $S_3 T_1 S_D$ ).

\* Inoculer 1ml du premier tube de chaque dilution dans le second de la même série, jusqu'à en finir avec le quatrième tube de chacune des séries effectuées.

\* Une fois tous les tubes de Rothe sont inoculés, chasser l'air présent dans les cloches de Durham ; en mélangeant bien le milieu avec l'inoculum.

\* L'incubation s'effectue à 37°C pendant 24 à 48 heures. (Labres, 2008).

#### -Lecture

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

#### b- Test confirmatif

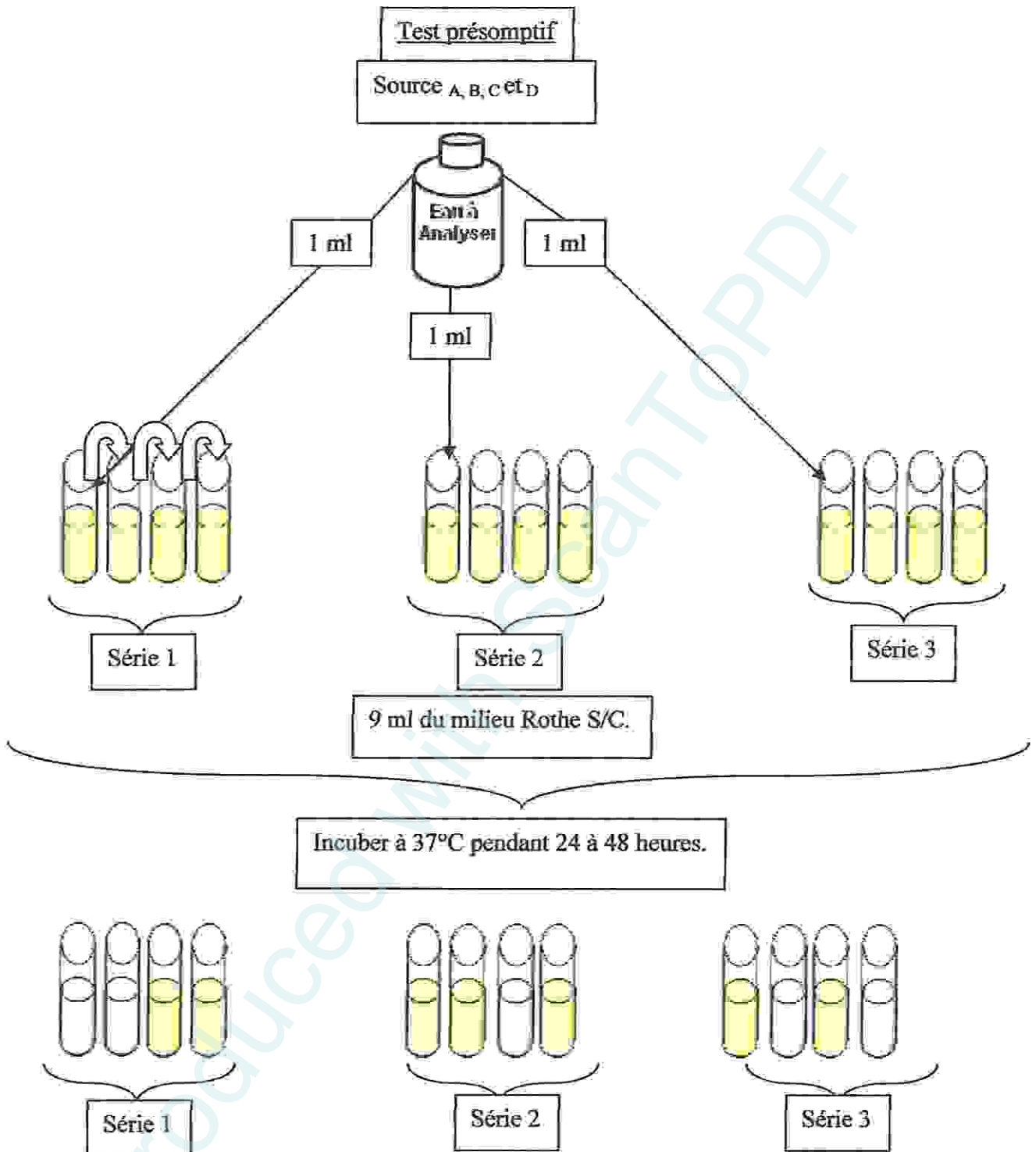
Les tubes de Rothe trouvés positifs subiront un repiquage sur le milieu l'éthyle violet et acide de sodium (Eva-Litsky) à l'aide d'une anse bouclée.

S'assurer de bien mélanger le milieu avec l'inoculum, dont l'incubation se fait à 37°C pendant 24 heures.

#### -Lecture

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

Après comptage des tubes positifs, reporter le nombre à la table de Mac Grady.



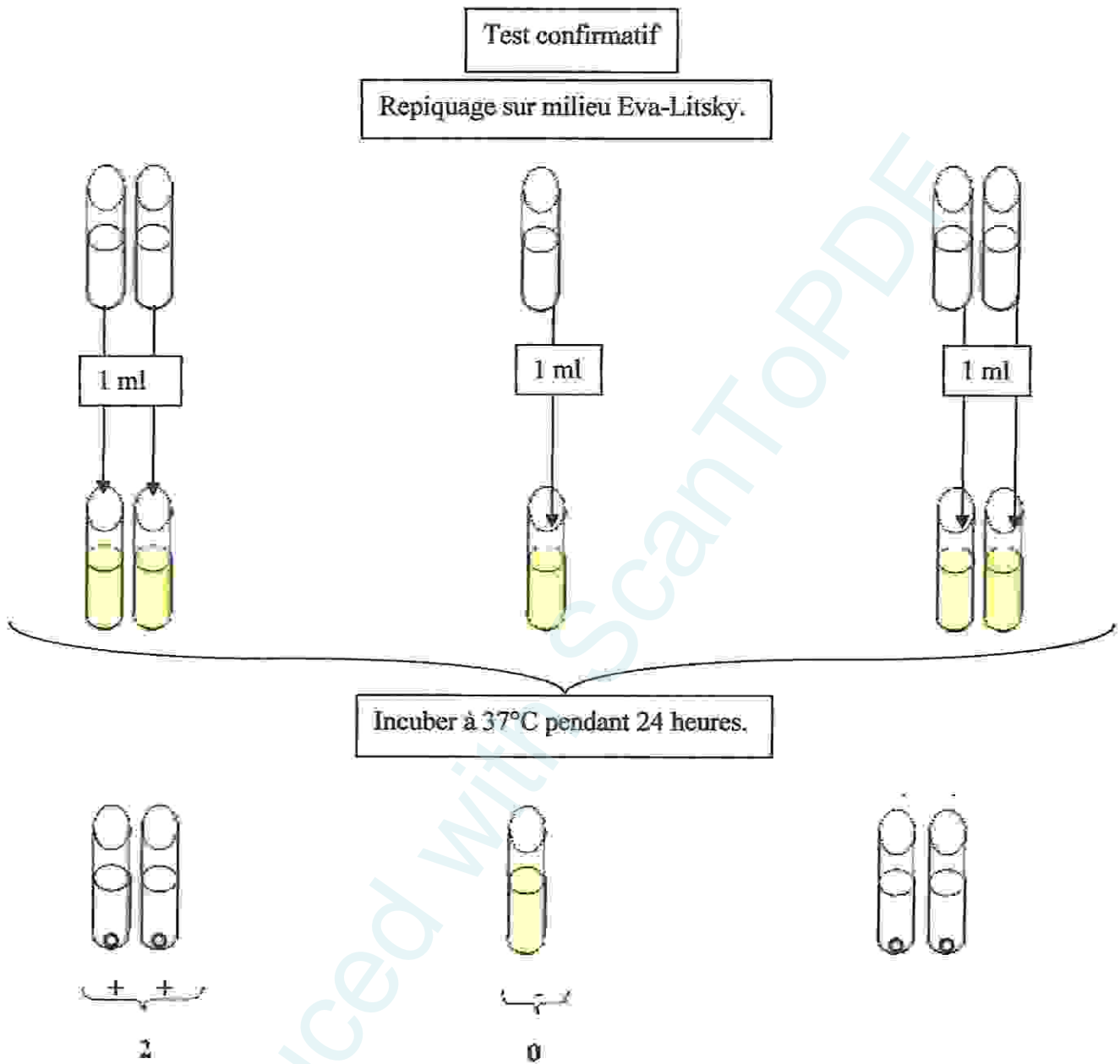


Fig.14. Organigramme de dénombrement des Streptocoques fécaux (ensemencement sur milieu liquide). (Labres et al. 2008)

### 2.1.3. Recherche et dénombrement des spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices (ASR)

Les spores des bactéries sulfito-réductrices (ASR) se présentent sous forme de bactéries Gram positif, qui en se développant en 24 à 48 heures à 37°C, en gélose profonde viande foie (VF) ; donnant des colonies typiques de couleur blanche entourées d'une auréole noire.

Celle-ci témoigne de la réduction du sulfite de sodium ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ) qui est déjà existant dans le milieu ; en sulfure qui en présence du  $\text{Fe}^{2+}$  donne  $\text{FeS}$  (sulfure de fer) de couleur noire. Pechère. (1982), Labres et al. (2008).

Ce résultat constitue un indice de contamination ancienne. (Rejsek. 2002).

#### -Mode opératoire

\* Dans quatre tubes stériles répartir 5ml de l'eau à analyser de chaque source ( $S_A$ ,  $S_B$ ,  $S_C$  et  $S_N$ ) dont ils subiront un chauffage de l'ordre de 75°C pendant 15 minutes ; dans le but de détruire la flore végétative des bactéries sulfito-réductrices présentes.

\* Une fois le chauffage terminé, refroidir les tubes sous l'eau du robinet.

\* Remplir les tubes avec environ 18 à 20 ml de gélose Viande foie ; fondue et refroidie à 45°C ; additionnée de leurs additifs spécifiques.

\* Bien homogénéiser le milieu avec l'inoculum, tout en évitant d'introduire des bulles d'air et de l'oxygène.

\* Laisser les tubes se solidifier sur la paillasse pendant une demi-heure, puis incuber à 37°C durant 24 à 48 heures.

#### -Lecture

Dénombrer toutes colonies blanches entourées d'un halo noir de 0,5 mm de diamètre, et rapporter le nombre total des colonies dans les quatre tubes à 20 ml d'eau à analyser. (Labres et al. 2008).



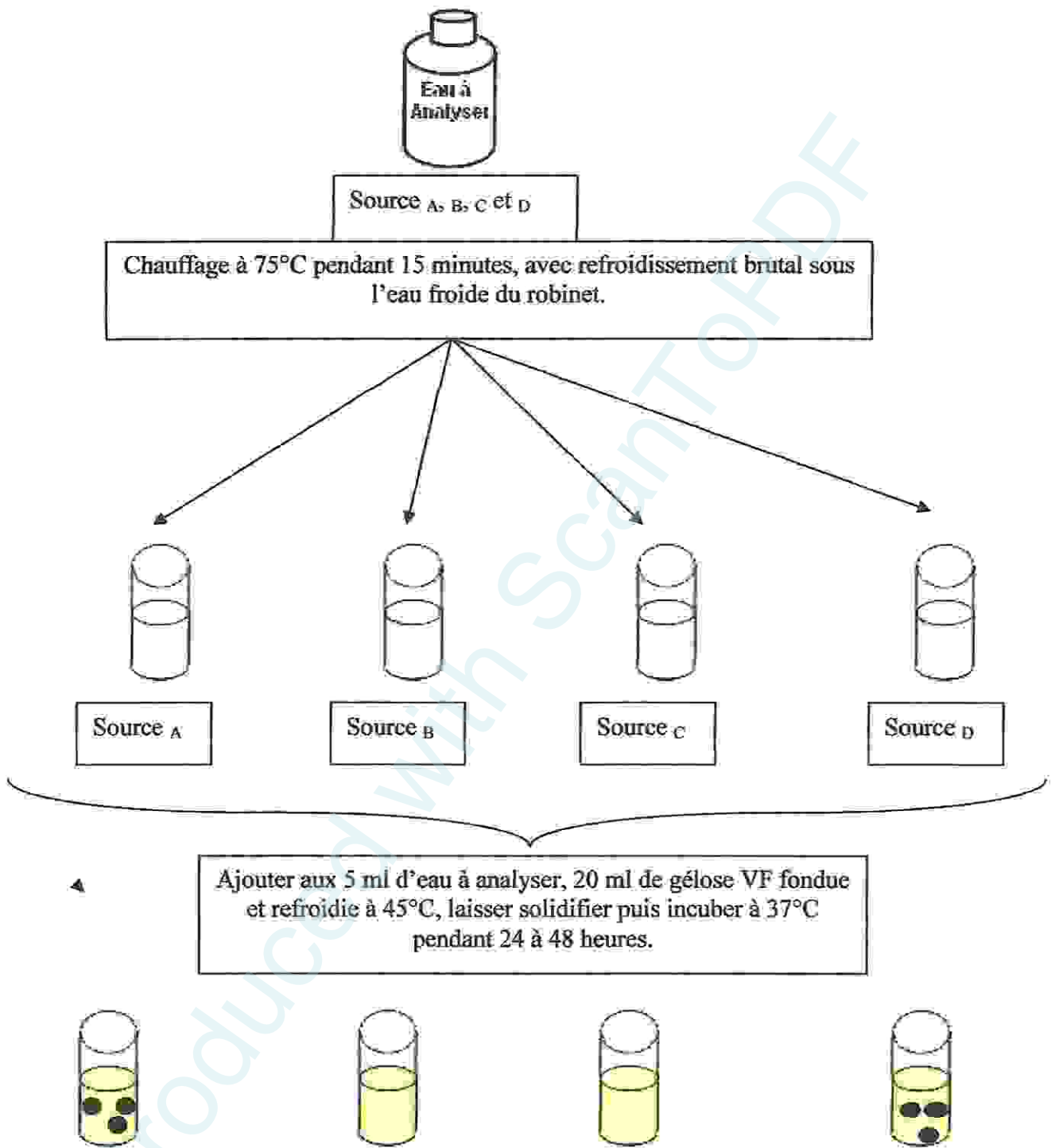


Fig.15. Recherche et dénombrement des Spores de bactéries anaérobies sulfite-réductrices

(ASR)

## 2.1.4. Recherche des germes pathogènes

### 2.1.4.1. Recherche de Staphylocoques à coagulase positive dans les eaux

Les staphylocoques à coagulase positive ; sont des bactéries qui se représentent sous forme de cocci à Gram positive, sphériques, isolées ou regroupées formant ainsi des grappes de raisin, possédant l'enzyme catalase et la coagulase.

Ils sont capables de se développer en 24 à 48 heures à 37°C sur un milieu sélectif Chapman au mannitol. Pechère et al. (1982), Carbonnelle. (1988), Labres et al. (2008).

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

#### -Mode opératoire

#### -Lecture et interprétation

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

#### • Test à la catalase

#### \*Principe

La catalase est une enzyme qui dégage l'eau oxygène (issus de la voie respiratoire oxydative directe) en eau et oxygène libre qui se dégage sous forme gazeuse selon la réaction suivante :



Placer séparément deux gouttes d'une solution de peroxyde d'hydrogène  $\text{H}_2\text{O}_2$  sur une lame de microscope. Prélever une demi-colonie avec une tige de verre (pipette Pasteur) et l'émulsionner doucement dans une des deux gouttes.

Observer immédiatement et après 5 minutes s'il y a apparition (catalase positive) ou absence (catalase négative) de bulles d'oxygène. Dans le cas où il y a doute ; recouvrir chacune des gouttes avec lamelle de microscope et comparer l'apparition des bulles sous les deux lamelles. Les observations peuvent se faire macroscopiquement ou à l'aide d'un microscope à faible grossissement. (Fig.16.)

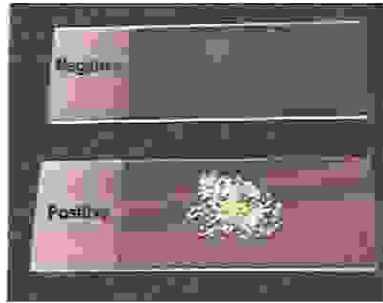
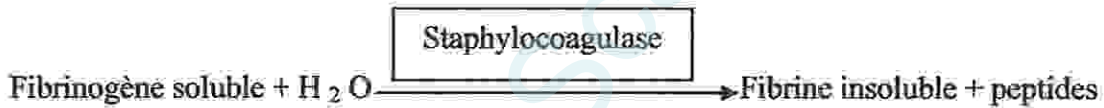


Fig.16. Test de catalase (3)

- **Test à coagulase libre**

- \*Principe

La staphylocoagulase est une enzyme qui permet de catalyser la transformation du fibrinogène (soluble) en fibrine (insoluble) selon la réaction suivante :



Après incubation, prendre aseptiquement une demi-colonie dans un tube stérile à hémolyse qui contient 0,3 ml de plasma de lapin (ou de l'homme), et incuber de nouveau à 37°C pendant 2 à 6 heures.

Examiner la coagulase du plasma de lapin sinon ré-incuber et examiner de nouveau pendant 24 heures.

Considérer la réaction à la coagulase est positive quand le caogulum occupe plus des trois quart du volume initialement occupé par le liquide. (Fig17.) Pechère et al. (1982), Labres et al. (2008).

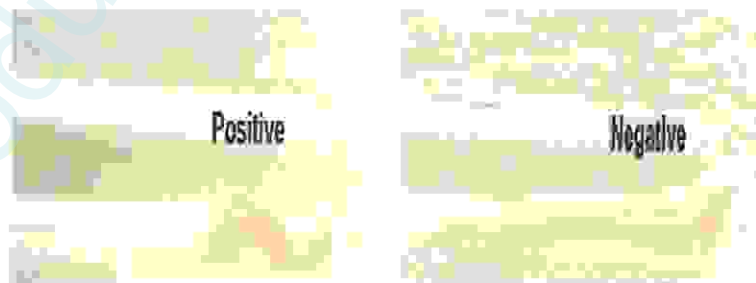


Fig.17. Test de coagulase (3)

#### 2.1.4.2. Recherche des Salmonelles

Les Salmonelles sont des bactéries entériques en forme de bâtonnets, anaérobies facultatives, Gram négatif, mobiles pour la plupart avec des flagelles péricitriche. Et qui produisent du sulfure d'hydrogène.

Se développent à une température de 37°C pendant 24 à 48 heures sur milieu Hektoen, formant ainsi de petites colonies lisses à contours réguliers, pigmentées en vert ou en bleu vert à centre noir.

Les Salmonelles se divisent en deux grands groupes : les mineures et les majeures qui sont hautement pathogènes. Pechère et al. (1982), Carbonnelle. (1988), Labres et al. (2008).

##### -Mode opératoire

- Etape 1

Effectuer un enrichissement dans des tubes contenant 9 ml du milieu SFB. Ajouter 1 ml d'eau à analyser (S<sub>A</sub>, S<sub>B</sub>, S<sub>C</sub>, S<sub>D</sub>). Et incuber à 37°C pendant 24 heures.

- Etape 2

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

- Etape 3

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

##### -Identification morphologique et biochimique

Une identification morphologique et biochimique est basée essentiellement sur :

- \* Etat frais (bacilles, mobilité).
- \* Test Oxydase (+).
- \* Coloration de Gram (bacilles Gram négatifs).

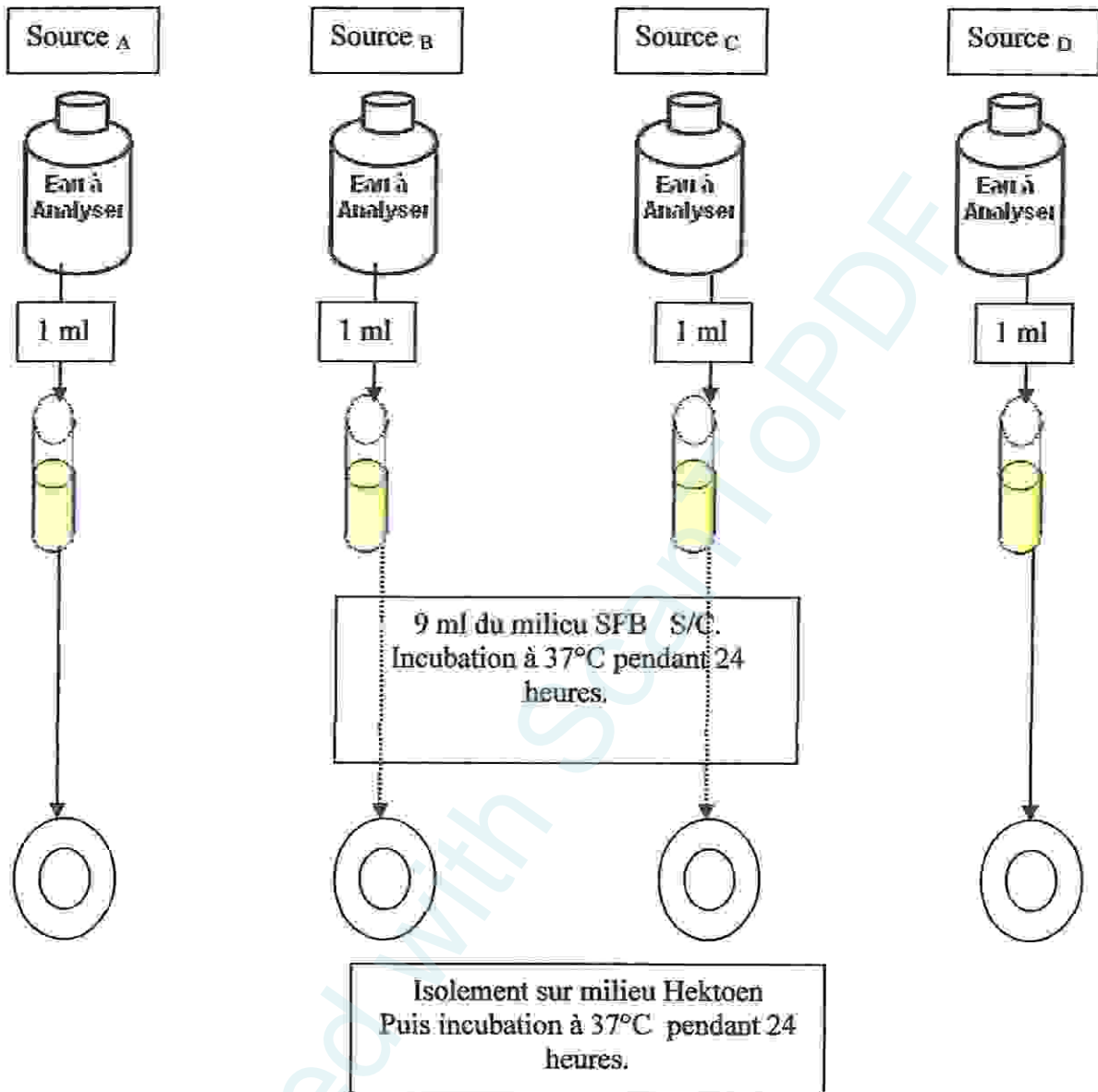


Fig.18. Recherche et identification des Salmonelles (Labres et al. 2008).

#### 2.1.4.3. Recherche de *Vibrion cholérique*

Les *Vibrionaceae*, sont des bactéries qui se présentent sous forme de bacilles Gram négatifs droits ou incurvés (BGN) ; très mobiles possédant une oxydase ; aéro-anaérobies facultatifs ; fermentent le glucose sans production de gaz ni d' $H_2S$ , hautement pathogène. Pechère et al. (1982), Pilet. (1987), Labres et al. (2008).

**-Mode opératoire**

• Etape 1

L'enrichissement primaire s'effectue sur le milieu Eau Peptonée Alcaline (EPA), contenue dans des tubes de 9 ml ; auquel 5 ml d'eau à analyser.

Sans oublier d'étiqueter les tubes (S<sub>A</sub>, S<sub>B</sub>, S<sub>C</sub> et S<sub>D</sub>).

Les tubes seront ensuite incubés à 37°C pendant 24 heures.

• Etape 2

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

Les tubes incubés qui représentent l'enrichissement, feront l'objet d'un isolement sur milieu gélosé GNAB, dont le prélèvement sera effectué à partir de la surface du milieu (EPA).

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

• Etape 3

Après incubation ; la boîte de gélose GNAB subira une lecture en tenant compte du fait que les Vibrions se présentent le plus souvent sous forme de grosses colonies lisses, transparentes et très caractéristiques. (Fig.19.)

-Identification morphologique et biochimique :

Une identification morphologique et biochimique est basée essentiellement sur :

- \* Etat frais (bacilles, mobilité).
- \* Test Oxydase (+).
- \* Coloration de Gram (bacilles Gram négatifs).

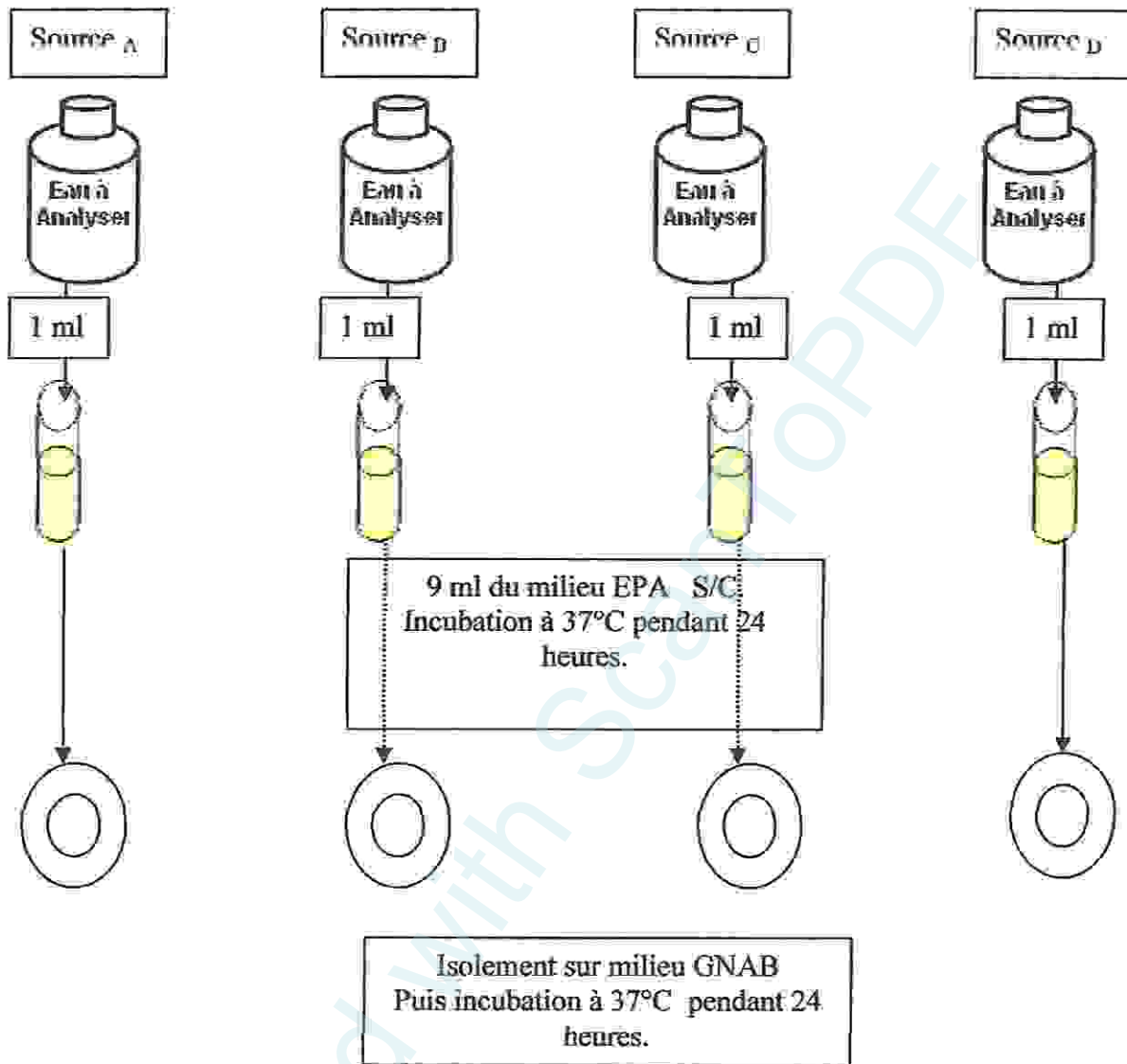


Fig.19. Recherche et identification des Vibrions. (Labres et al. 2008).

## 2.1.5. Recherche bactérienne et identification des germes pathogènes

### 2.1.5.1. Méthode d'ensemencement sur gélose

\* Les géloses employées sont : Mac-Conkey, Chapman et Gélose nutritive (GN).

\* L'ensemencement se fait par des stries sur boîtes de Pétri est pratiqué le plus souvent dans un but d'isolement. L'inoculum est prélevé directement à partir de l'eau à analyser est déposé sur un point périphérique de la gélose puis disséminé par stries sur toute la surface.

\* Les boîtes sont étiquetées ; puis incubées à 37°C pendant 24 à 48 heures.

### 2.1.5.2. Isolement et purification des souches

Sur les géloses Mac-Conkey, Chapman et Gélose nutritive ; qui sont mises en culture ; choisir les colonies suspectes ou désirées et les repiqué dans des nouvelles boîtes gélosés afin de vérifier la pureté des souches. Ces milieux gélosés sont ensemencés par stries et incubés à 37°C pendant 24 heures.

### 2.1.5.3. Identification

#### 2.1.5.3.1. Caractéristiques morphologiques

Dans les conditions données ; chaque espèce bactérienne développe une colonie de taille, de forme, de couleur et de consistance caractéristiques. (Singleton, 1999).

Noter pour chaque type de colonies distinctes les caractéristiques suivantes : (Diamètre, contour, élévation, couleur, surface).

#### 2.1.5.3.2. Examen microscopique après coloration de Gram

La coloration de Gram est qualifiée de coloration différentielle car elle permet dès le début de l'examen bactériologique, de cataloguer les bactéries en deux groupes distincts basés sur des propriétés de coloration : les Gram-positifs et les Gram-négatifs.

Elle comprend les étapes suivantes:

1. Préparer le frottis ; s'il s'agit d'une culture en milieu liquide, une goutte de bouillon sera prélevée à l'aide d'une pipette Pasteur, déposée sur une lame, et étalée soigneusement. Et s'il s'agit d'une culture en milieu solide, une colonie bien isolée sera prélevée et mise en suspension dans une goutte d'eau distillée et stérile.
2. Après fixation des bactéries par passage de la lame dans la flamme du bec Bunsen ou à l'éthanol à 96°. La lame est recouverte d'un premier colorant, le violet de gentiane ; laisser agir pendant 1 minute et laver à l'eau.
3. La lame est ensuite traitée au lugol en solution qui sert de mordant, Laisser agir pendant 1 minute puis laver avec de l'eau.
4. Décolorer à l'alcool 95°, la durée de décoloration doit être adaptée à l'épaisseur du frottis.
5. Rincer à l'eau courante et recouvrir la lame de la solution Fuchsine diluée ; laisser agir quelques secondes.
6. Rejeter la Fuchsine en lavant abondamment à l'eau, égouttée, sécher entre deux feuilles de papier buvard très propres. (Dégrément, 1998).

**-Résultat** Les bactéries Gram positif sont colorées en violet, et les bactéries Gram sont colorées en rose. Carboneille. (1988), Boukrouma. (2008).



### 2.1.5.3.3. Identification biochimique

- Mise en évidence d'une catalase :

C'est une enzyme qui décompose l'eau oxygénée en eau et en oxygène gazeux. La méthode consiste à prélever une colonie du germe à étudier sur l'extrémité d'une pipette Pasteur fermée que l'on plonge ensuite dans un millilitre d'eau oxygénée ; le dégagement de bulles gazeuses signe la présence de l'enzyme. (Carbannelle, 1988).

- Recherche de l'oxydase :

Le terme d'oxydase désigne une enzyme recherchée en bactériologie systématique. La présence d'oxydase serait liée à celle dans la chaîne respiratoire du complexe enzymatique IV : cytochrome-oxydase. (Carbannelle, 1988), (6).

La recherche de l'oxydase s'effectue avec des disques prêts à l'emploi du commerce. Déposer le disque sur une lame porte-objet, l'humidifier avec deux gouttes d'eau distillée stérile et écraser la colonie testée sur un disque ; la présence d'une oxydase se traduit par l'apparition d'une coloration violette. (Carbannelle, 1988).

- Mode opératoire de l'API 20 E :

\* La galerie API 20 E est un système pour l'identification des *Enterobacteriaceae* et autres bacilles Gram (-), utilisant 20 tests biochimiques standardisés et miniaturisés, ainsi qu'une base de données.

\* La galerie API 20 E comporte 20 micro-tubes contenant des substrats sous formes déshydratées. Les tests sont inoculés avec une suspension bactérienne. Les réactions produites pendant la période d'incubation se traduisent par des virages colorés spontanés ou révélés par l'addition de réactifs, la lecture de ces réactions se fait selon le profil numérique à l'aide du catalogue analytique API 20 E.

\* L'opération s'effectue selon les étapes suivantes :

- Réunir le fond et couvercle d'une boîte d'incubation et répartir environ 5 ml d'eau distillée dans les alvéoles pour créer une atmosphère humide.

- Remplir tubes et cupules des tests : (CIT), (VP), (GEL), avec la suspension bactérienne.

- Remplir uniquement les tubes (et non les cupules) des autres tests.

- Créer une anaérobiose dans les tests : ADH, LDC, ODC, URE, H<sub>2</sub>S en remplissant leurs cupules avec l'huile de paraffine.

- Refermer la boîte d'incubation, coder et placer à 37°C pendant 18 à 24 heures.

\* Pour les résultats, noter sur la fiche de résultats toutes les réactions spontanées.

\* Si le glucose est positif et/ ou si 3 tests ou plus sont positifs, révéler les tests nécessitant l'addition de réactifs :

- Test VP : ajouter une goutte des réactifs VP1 et VP2, attendre au minimum 5 minutes. Une couleur rose franche ou rouge indique une réaction positive

- Test TDA : ajouter une goutte du réactif TDA. Une couleur marron foncée indique une réaction positive.

- Test IND : ajouter une goutte du réactif Kowacks, un anneau rouge obtenue en 2 minutes indique une réaction positive.

\* Avec le tableau d'identification comparer les résultats, afficher sur la fiche des résultats avec celle du tableau, chaque cellule de ce tableau contient le pourcentage de positivité.

Avec le catalogue analytique, les tests sont regroupés en groupe de 3 et en valeur (1 ou 2 ou 4) est positive suivant l'ordre de l'emplacement de la cupule dans le groupe ; ensuite on obtient un nombre de 7 chiffres qui sert de code d'identification avec un logiciel d'identification. (Fig.20.).



Fig.20. Fiche des résultats de l'API 20 E.

### 3. Etude physico-chimique

#### 3.1. Matériel

- **Les matériels du terrain**

Les matériels utilisés sur le terrain sont : les échantillons d'eau, un multi paramètre qui mesure le pH, la température, un conductimètre pour mesurer la conductivité, un oxymètre pour mesurer l'oxygène dissous et un appareil photo numérique. (6).

- **Les matériels de laboratoire**

Le spectrophotomètre, l'autoclave, des produits chimiques et autres matériels sont utilisés au laboratoire pour faire les analyses. (6).

- **Les prélèvements**

La nature de matériaux du récipient de prélèvement est très importante car celui-ci ne doit pas entrer en réaction avec l'eau à analyser ou permettre la fuite de certains gaz. De plus, le prélèvement conditionne les résultats analytiques et, par voie de conséquence, l'interprétation qui sera faite. (6).

Pour l'analyse chimique, une bouteille en plastique est utilisée.

### 3.2. Méthodologie

#### 3.2.1. Protocole de recherche

Les mesures de la qualité de l'eau comprennent les mesures *in situ* et les mesures au laboratoire.

- **Les mesures *in situ***

Les mesures *in situ* sont des analyses réalisées sur place en plongeant directement les matériels dans l'eau. La température, le pH, la conductivité, l'oxygène dissous et la turbidité doivent être mesurés sur place. Ces paramètres sont très sensibles aux conditions du milieu et susceptibles de varier dans des proportions importantes s'ils ne sont pas mesurés pas sur le site. (6).

- **Les mesures au laboratoire**

Le pH de l'eau est déterminé à l'aide d'un multimètre. Avant toute utilisation, l'appareil est étalonné à l'aide d'une solution de pH= 4, de pH= 7 et de pH=10. Cet appareil permet également de connaître la température, le pH, la conductivité, la turbidité.

Après avoir allumé l'appareil, les électrodes sont bien rincées avec de l'eau distillée et trois fois à l'aide de l'eau à analyser. La lecture est faite après stabilisation de l'appareil. (6).

#### 3.2.2. Mesures chimiques

- **Mesure du TH (Titre Hydrotimétrique ou dureté totale)**

**-Réactifs utilisés**

- Solution d'EDTA (Éthylène Diamine Tétra Acétique) de concentration 0,104 mg/l.
- Solution tampon de pH=10. (Rodier. 1978).

**-Mode opératoire**

Prélever 50 ml d'eau dans un erlenmeyer de 250 ml. Ajouter une pincée de la poudre NET (indicateur coloré) puis 5 gouttes d'une solution tampon de pH=10. Titrer alors la solution obtenue à l'aide de l'EDTA jusqu'au virage au bleu foncé. (Rodier. 1978).

-**La lecture** : Noter le volume de l'EDTA ajouté ( $V_e$ ).

- **Mesure du calcium**

-**Réactifs utilisés**

- Solution d'EDTA (Ethylène Diamine Tétra Acétique) de concentration 0,104 mg/l.

- Solution tampon de pH=12 (Ca OH 12%). (Rodier. 1978).

-**Mode opératoire**

Prélever 50 ml d'eau dans un erlenmeyer de 250 ml. Ajouter une pincée de la poudre calcons (indicateur coloré) puis 5 gouttes d'une solution tampon de pH=12. Titrer alors la solution obtenue à l'aide de l'EDTA jusqu'au virage au bleu foncé. (Rodier. 1978).

-**lecture** : Noter le volume de l'EDTA ajouté ( $V_e$ ).

- **Mesure du magnésium**

$$\begin{aligned} \text{THt} &= \text{TH}_{\text{Ca}} + \text{TH}_{\text{Mg}} \\ \text{TH}_{\text{Mg}} &= \text{THt} - \text{TH}_{\text{Ca}} \end{aligned}$$

THt (Dureté totale) : somme des concentrations en calcium et magnésium ;

TH<sub>Ca</sub> (Dureté calcique) : concentration globale en calcium ;

TH<sub>Mg</sub> (Dureté magnésienne) : concentration globale en magnésium ;

- **Mesure du TA**

Dans un erlenmeyer contenant 100 ml de l'échantillon, ajouter 2 gouttes de phénophtaléine.

• Si le pH < 8,3, la solution ne se colore pas en rose : le TA est = 0.

• Si le pH > 8,3, la solution est rose : le TA est déterminé par addition de liqueur alcalimétrique (solution d'acide sulfurique N/25), V (ml), nécessaire au virage de la phénophtaléine. (Rodier. 1978).

D'où : TA = V (ml) x 4°f      Et : 4°f = -15,56 °C.

Avec V (ml) volume total de titrant versé. (7).

- **Mesure du TAC**

Elle succède à celle du TA sur le même échantillon.

Si le TA est non nul, ne pas réajuster la burette de liqueur alcalimétrique à zéro.

Dans l'échantillon précédent, ajouter 3 gouttes d'hélianthine.

• Si le pH < 4,3, la solution est immédiatement rouge ou orangée : TAC = TA

• Si le pH > 4,3, la solution est jaune : le TAC est déterminé de la même manière que le TA. (Rodier, 1978).

D'où : TAC = V (ml) X 4°f      ET : 4°f = -15,56 °C

Avec V (ml) volume total de titrant versé. (7).

• **Dosage de phosphate**

La pollution par les phosphates provient à la fois de l'utilisation des engrais, des rejets industriels et des rejets domestiques (déjections humaines, détergents, lessives). (10)

Mettre dans un bécher lavé par HCl pour le dosage de  $PO_4^{3-}$  20 ml d'échantillon d'eau à analyser. Ajouter 1 ml d'acide ascorbique et rajouter 4 ml de solution 4 (100 ml de solution de molybdate d'ammonium et 250 ml d'acide sulfurique 20%).

-Lecture : Attendre 30 min et mesurer à l'eau l'absorbance à 700 nm.

-Remarques importantes :

• Il est nécessaire de refaire « le blanc » (réglage avec l'eau distillée) avant chaque mesure pour plus de précision.

• La température des échantillons doit être comprise entre 15 et 30 °C. (7).

• **Dosage du sodium et du potassium par spectrométrie de flamme :**

L'ion sodium est l'un des éléments indispensables à l'organisme, mais lorsque présent en excès (généralement à cause d'un régime trop riche en sel), c'est un facteur d'hypertension et de dégradation de la fonction rénale. (11)

Le potassium est un élément essentiel pour les humains on le trouve rarement dans l'eau potable à des concentrations préoccupantes pour la santé humaine. (12)

Il existe différents appareils permettant la spectrométrie de flamme. Pour chacun d'eux, se reporter à sa notice d'utilisation. Pour le dosage du sodium adapter une photo tube sensible aux radiations comprises entre 400 et 625 nm. Le potassium est dosé à l'aide d'une photo tube sensible aux radiations comprises entre 625 et 1000 nm.

-Réactifs

-Solution étalon de sodium à 0,5 g/l.

-Solution étalon de potassium à 0,5 g/l.

-Lecture

Après la stabilisation l'appareil donne directement les teneurs en sodium et en potassium exprimées en milligramme par litre d'eau.

Qualité bactériologique  
**PHYSICO-CHIMIQUE** et  
des eaux de sources de la région de Guélni

# Chapitre VI:

## Résultats et discussion

Produced with ScantOPDF

La qualité naturelle des eaux souterraines peut être altérée par l'activité humaine. La détérioration de la qualité de l'eau est appréciée par mesures des paramètres physico-chimiques et bactériologiques. Dans le cas d'une détérioration jugée importante, l'eau ne sera plus considérée comme potable pour la consommation humaine. Elle pourra être telle quelle utilisée à d'autres fins (irrigation...) ou devra subir un traitement approprié pour retrouver sa potabilité. L'eau des nappes n'est donc pas à l'abri de la pollution et l'auto-épuration naturelle n'est pas complète dans toutes les nappes et vis-à-vis de certaines substances.

### Analyse bactériologique

L'analyse bactériologique permet de mettre en évidence la pollution fécale de l'eau. Elle représente également un bon moyen pour contrôler l'efficacité des mesures de protection ou de traitement. Elle doit être utilisée comme un outil complémentaire de l'enquête sanitaire. En effet, elle n'est que la photographie de la qualité de l'eau au moment du prélèvement et n'a donc pas valeur dans le temps et doit être interprétée au regard de l'enquête sanitaire. Les organismes pathogènes ont pour origine la pollution fécale de l'eau. Ils sont très nombreux et très variés et ne peuvent donc pas faire l'objet d'une recherche spécifique. De plus leur identification est très difficile voire impossible dans le cas des Virus. Enfin leur durée de vie peut être très courte.

Pour ces différentes raisons, il est préférable de rechercher des germes qui sont toujours présents en grand nombre dans les matières fécales des hommes et des animaux à sang chaud, qui se maintiennent plus facilement dans le milieu extérieur et qui sont clairement identifiés.

## 1. Résultats des dénombrements des germes de l'eau

### 1.1. Les germes totaux

La flore mésophile totale qui a été dénombrer au niveau des quatre sources d'études ( $S_A$ ,  $S_B$ ,  $S_C$  et  $S_D$ ). (Voir Tab.07. Annexe.)

Pour la source  $S_A$  le nombre des germes totaux est considéré comme normal ; puisqu'il oscille dans la limite des normes Algériennes des eaux à consommer.

D'après les résultats obtenus dans la source  $S_B$ , et en vue du mois d'Avril et Mai on peut en déduire que l'eau est de qualité microbiologique satisfaisante concernant les germes totaux.

Quant aux sources  $S_C$  et  $S_D$  durant le mois d'Avril le taux des germes totaux dépasse les normes Algériennes donc elle est impropre à la consommation.

Idem pour le mois de Mai la source  $S_C$  présente aussi des taux qui dépassent les normes, contrairement la source  $S_D$  présente des taux nuls ce qui peut être expliqué que par l'application d'un traitement chimique (Chloration).

### 1.2. Les coliformes totaux

Le groupe des coliformes totaux est utilisé depuis la fin du 19e siècle comme indicateur de la qualité microbienne de l'eau ; parce qu'ils peuvent être indirectement associés à une pollution d'origine fécale. La présence de coliformes totaux dans l'eau traitée, ou le dépassement des normes réglementaires n'implique pas nécessairement un risque pour la santé publique.

En effet, la plupart des espèces de ce groupe se trouvent naturellement dans le sol ou la végétation. (Edberg et al. 2000).

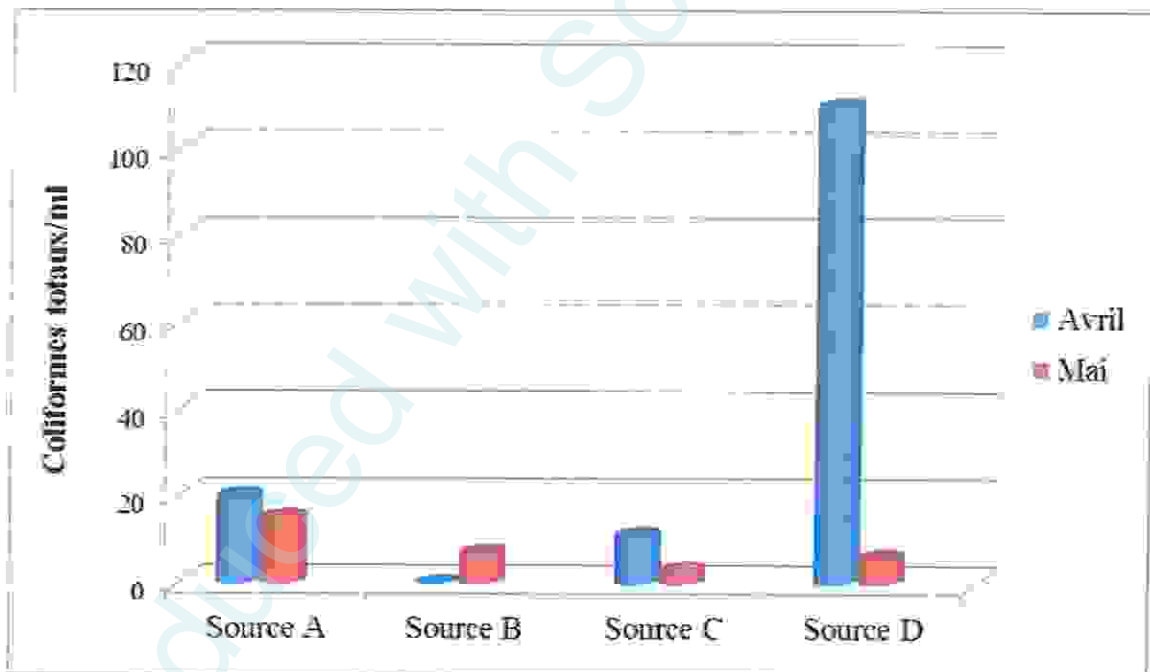


Fig.21. Estimation du nombre des coliformes totaux.

En ce qui concerne la source captée  $S_A$ , la concentration des coliformes totaux est peu élevée durant les deux mois d'études ; avec une moyenne de 17,5 (CT/ml).

Quant à la source  $S_B$  sa concentration est nulle au mois d'Avril ; et de 3 (CT/ml) durant le mois de Mai ne sont pas spécifiques à la source; ce qui est réciproque l'absence de la technique de prélèvement ; due à l'impossibilité de flamber le robinet.



La concentration des coliformes totaux au niveau de la source  $S_C$  se manifeste par un taux peu élevé au mois d'Avril 11 (CT/ml), et de 3 (CT/ml) dans le mois de Mai.

Pour la dernière source  $S_D$  ; sa concentration en coliforme totaux est la plus élevée parmi les autres durant le mois d'Avril 111 (CT/ml) due à l'état physique de la chambre de captage qui est construite à rat au niveau du sol ; donc elle est envahie par les eaux pluviales.

### 1.3. Les coliformes fécaux

Bien que la présence des coliformes fécaux témoigne habituellement d'une contamination d'origine fécale ; plusieurs coliformes fécaux ne sont pas d'origine fécale. C'est pourquoi il serait approprié d'utiliser le terme générique « coliformes thermotolérants » plutôt que celui de « Coliformes fécaux ». OMS. (1994), Robertson. (1995).

Ils sont aussi de bons indicateurs de l'efficacité du traitement de l'eau ; mais comme leur nombre est moins élevé que celui des coliformes totaux ; ces derniers leur sont préférables pour cette fonction. (Robertson. 1995).

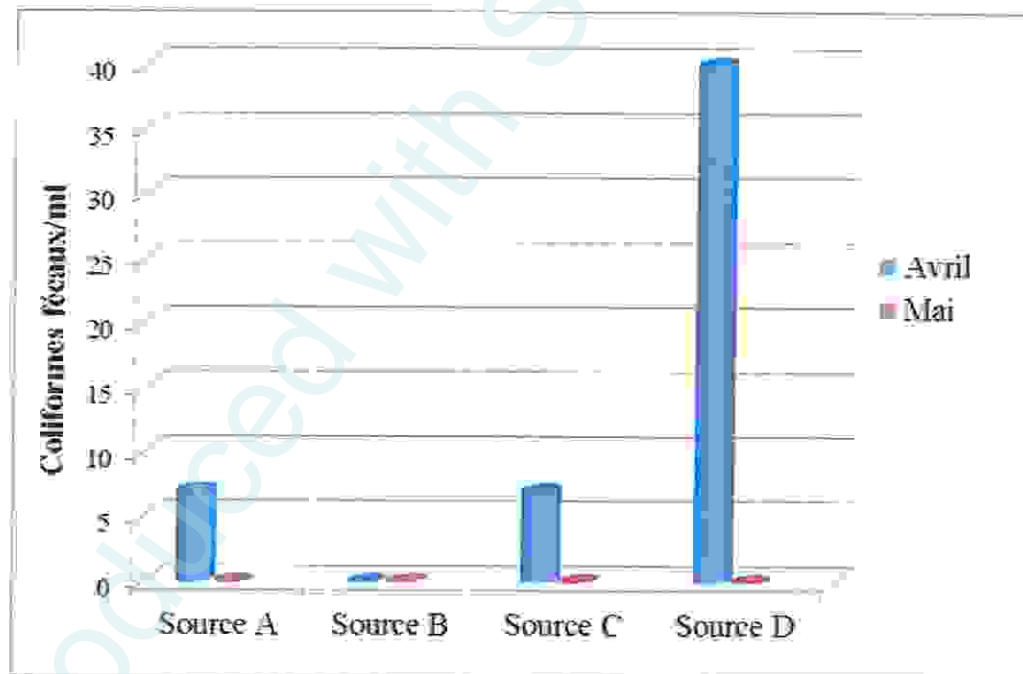


Fig.22. Estimation du nombre des coliformes fécaux.

La concentration des coliformes fécaux pour les deux sources  $S_A$  et  $S_C$ , est similaire et correspond à 3,5 (CF/ml) durant le mois d'Avril ; et d'une concentration nulle au mois de Mai. Qui peut se traduire par l'efficacité du traitement appliqué sur les deux sources.

Quant à la source  $S_B$  sa concentration est de l'ordre de 0 (CF/ml), ce qui vaut peut-être un traitement abouti.

Mais en ce qui concerne la dernière source  $S_C$ , la concentration des coliformes fécaux reste trop élevée ; malgré un léger abaissement 7 (CF/ml).

Mais cette concentration peut se traduire sans doute par sa localisation qui se trouve au bord de la route en l'exposant au trafic individuel des personnes et des passagers.

Et il est assez clair selon les deux graphes précédant, que le nombre des coliformes totaux est plus élevé que celui des coliformes thermotolérants.

#### 1.4. Les Streptocoques Fécaux

Les streptocoques ne sont pas forcément associés aux coliformes car les coliformes sont uniquement présents lorsque la contamination est en cours ou très récente.

Ils témoignent d'une contamination d'origine fécale ancienne ; tandis que les coliformes fécaux témoignent d'une contamination d'origine fécale récente.

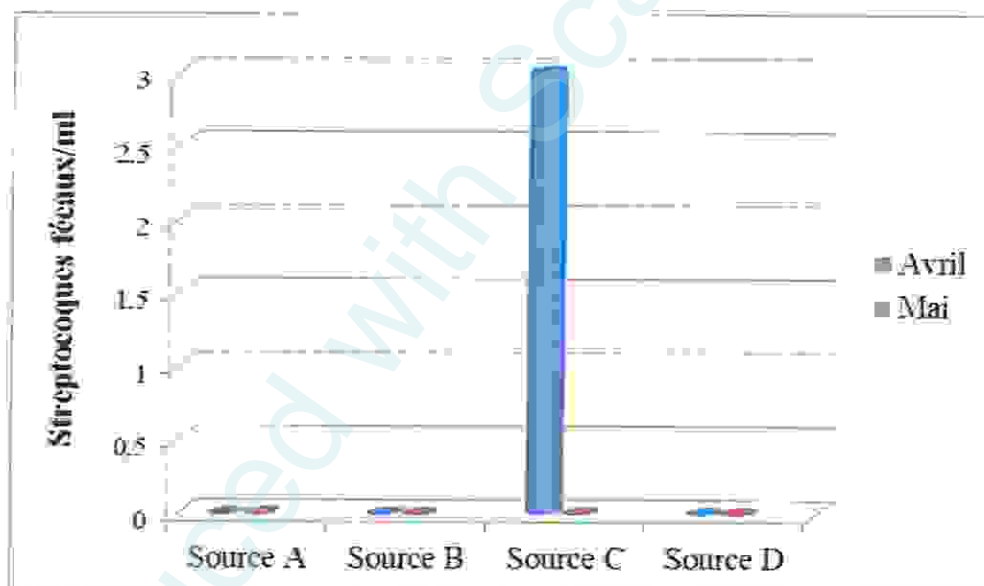


Fig.23. Estimation du nombre des streptocoques fécaux.

Selon le graphe de la (Fig.23.) on constate que la concentration des streptocoques fécaux dans les sources  $S_A$ ,  $S_B$  et  $S_D$  est nulle ; et cela peut être traduit par l'efficacité du traitement appliqué sur ces trois sources.

Quant à la source  $S_C$  sa concentration en streptocoque fécaux est maximale de 1,5 (SF/ml) ; qui semble être la source la plus contaminée par les streptocoques du groupe D durant la période d'étude.

### 1.5. Les anaérobies sulfito-réducteurs (ASR)

Les spores des ASR constituent généralement des indices de contamination ancienne. Dont les résultats négatifs déduisent l'absence du genre sulfito-réducteurs *Clostridium sp* ; responsable du botulisme et du tétanos.

### 1.6. Identification des souches bactérienne

#### 1.6.1. Caractères morphologiques et coloration de Gram

Dans l'unique but de rechercher les germes pathogène ; on a effectué sur plusieurs milieux de culture, en utilisant de nombreuses méthodes, des repiquages successifs dans l'unique but de purifier les souches, ceci nous a permis de distinguer les différents caractères des colonics sur les milieux préférentiels d'isolement.

**Tab.02.** Caractère macroscopique et microscopique des colonies bactériennes isolées de l'eau des sources dans la culture sur Gélose nutritive (GN).

Sources	Culture de Gélose nutritive (GN).	
	Observation macroscopique	Observation microscopique
S <sub>A</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Arrondies,</li> <li>- Lisses,</li> <li>- Plates,</li> <li>- Muqueuses,</li> <li>- Blanchâtres,</li> <li>- À contours réguliers,</li> <li>- 1- 2 mm,</li> <li>- Odeur de fermentation,</li> </ul>	Cocci Gram négatifs disposés sous forme de palissades.
S <sub>B</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Arrondies,</li> <li>- Lisses,</li> <li>- Muqueuses,</li> <li>- À contours réguliers,</li> <li>- Odeur de fermentation,</li> </ul>	Courts bâtonnets Gram négatifs.
S <sub>C</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bombées,</li> <li>- Lisses,</li> </ul>	Cocci Gram négatifs

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Muqueuses,</li> <li>- À contours réguliers,</li> <li>- 1 mm,</li> <li>- Odeur de fermentation</li> </ul>	
S <sub>D</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Arrondies,</li> <li>- Petites,</li> <li>- Lisses,</li> <li>- Bombées,</li> <li>- Blanchâtres,</li> <li>- À contours réguliers,</li> <li>- Odeur de fermentation,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Courts bâtonnets Gram positifs.</li> <li>- Cocci (diplocoques) Gram positif</li> </ul>

**Tab.03.** Caractère macroscopique et microscopique des colonies bactériennes isolées de l'eau des sources dans la culture sur Chapman.

Sources	Culture de Chapman	
	Observation macroscopique	Observation microscopique
S <sub>A</sub>	/	/
S <sub>B</sub>	/	/
S <sub>C</sub>	/	/
S <sub>D</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Arrondies,</li> <li>- Petites,</li> <li>- Lisses,</li> <li>- Bombées,</li> <li>- Muqueuses,</li> <li>- Saumons,</li> <li>- À contours réguliers,</li> <li>- Odeur de fermentation.</li> </ul>	Cocci Gram positifs disposés sous forme de grappe de raisin.

(/ : Absence de colonies)

**Tab.04.** Caractère macroscopique et microscopique des colonies bactériennes isolées de l'eau des sources dans la culture de Hektoen.

Sources	Culture de Hektoen	
	Observation macroscopique	Observation microscopique
S <sub>A</sub>	/	/
S <sub>B</sub>	/	/
S <sub>C</sub>	/	/
S <sub>D</sub>	/	/

(/ : Absence de colonies)

**Tab.05.** Caractère macroscopique et microscopique des colonies bactériennes isolées de l'eau des sources dans la culture sur Mac Conkey.

Sources	Culture de Mac Conkey	
	Observation macroscopique	Observation microscopique
S <sub>A</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Arrondies à centre élevé,</li> <li>- Lisses,</li> <li>- Saumon, certaines jaunâtres.</li> <li>- À contours réguliers,</li> <li>- 1- 3 mm,</li> <li>- Odeur de fermentation</li> </ul>	Coccobacilles et bacilles Gram négatifs.
S <sub>B</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Une colonie arrondie,</li> <li>- Lisse,</li> <li>- Bombée,</li> <li>- Muqueuse,</li> <li>- Marron,</li> <li>- À contours réguliers,</li> <li>- Odeur de fermentation.</li> </ul>	Bâtonnets Gram négatifs.
S <sub>C</sub>	/	/
S <sub>D</sub>	/	/

(/ : Absence de colonies)

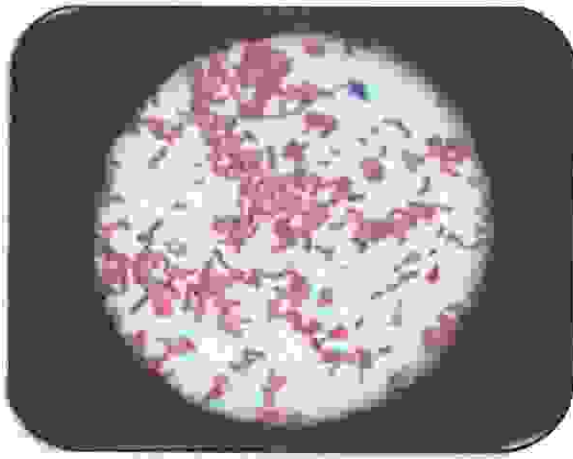


Fig.24. Bacilles Gram (-).

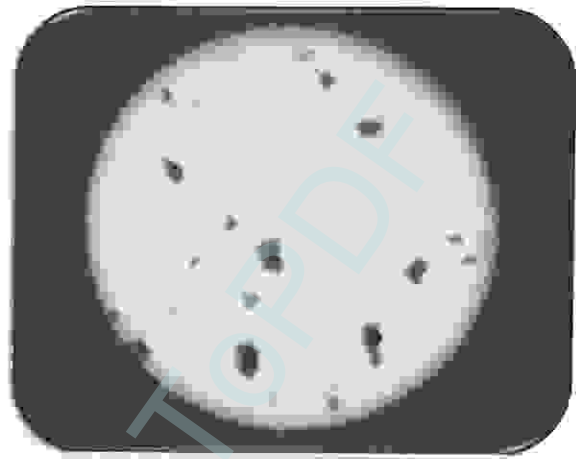


Fig.25. Cocci Gram (+).

### 1-6-2 Résultats et identification Biochimique

Tab.06. Résultats de l'identification par l'API 20 E.

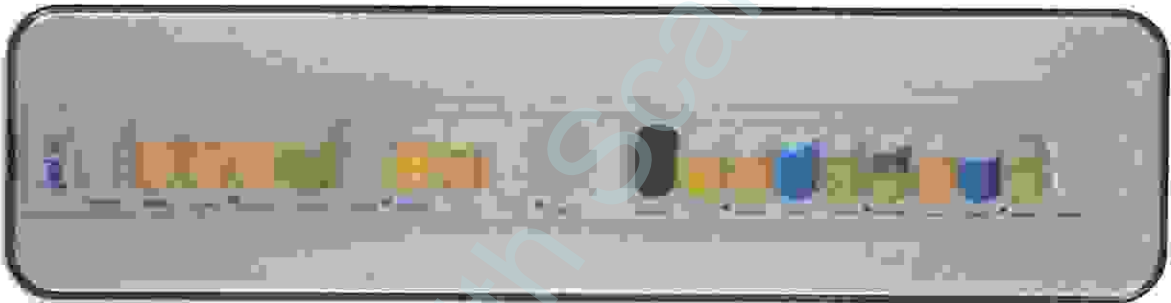
Sources :	Espèces bactérienne identifiée :
Source A	<i>Enterobacter cloacae</i> .
Source B	<i>Pseudomonas putida</i> .
Source C	<i>Alcascens calco var anitrat</i> . <i>Enterobacter asselomerans</i> .



Fig.26. Résultat de l'identification biochimique des germes par l'API 20 E.  
(*Alcascens calco-var-anitrat*)



**Fig.27.** Résultat de l'identification biochimique des germes par l'API 20 E.  
(*Pseudomonas putida*)



**Fig.28.** Résultat de l'identification biochimique des germes par l'API 20 E.  
(*Alcaligenes calco-var-anitrat*)



**Fig.29.** Résultat de l'identification biochimique des germes par l'API 20 E.  
(*Enterobacter cloacae*)

## 2. Paramètres physico-chimiques

### 2.1. La couleur de l'eau

Toutes les eaux analysées sont claires et ne présentent ni mauvaises odeurs ni mauvais goût. C'est pourquoi les populations pensent qu'elles sont potables. (6).

### 2.2. La température

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductibilité électrique, dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels, etc. (Rodier, 1978).

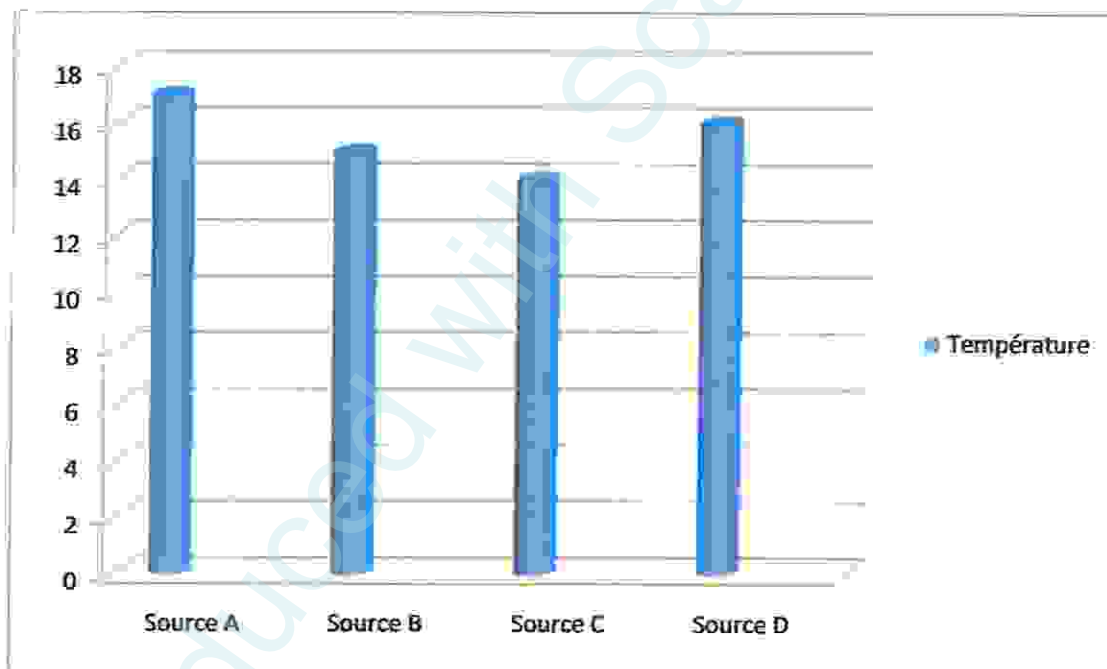


Fig.30. Présentation de la température des sources *in situ*.

D'après les résultats (Fig.30.) la température minimale *in situ* des eaux de sources de la région de Guelma est 14°C à la source (S<sub>C</sub>). La température maximale est 17°C à la source (S<sub>A</sub>).

Ces températures sont proches de la température ambiante et indiquent une origine peu profonde de l'eau étudiée selon ce prélèvement.



### 2.3. Le 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. De point de vue sanitaire, un PH élevé peut provoquer un problème de corrosion alors qu'un pH faible peut modifier le goût de l'eau,

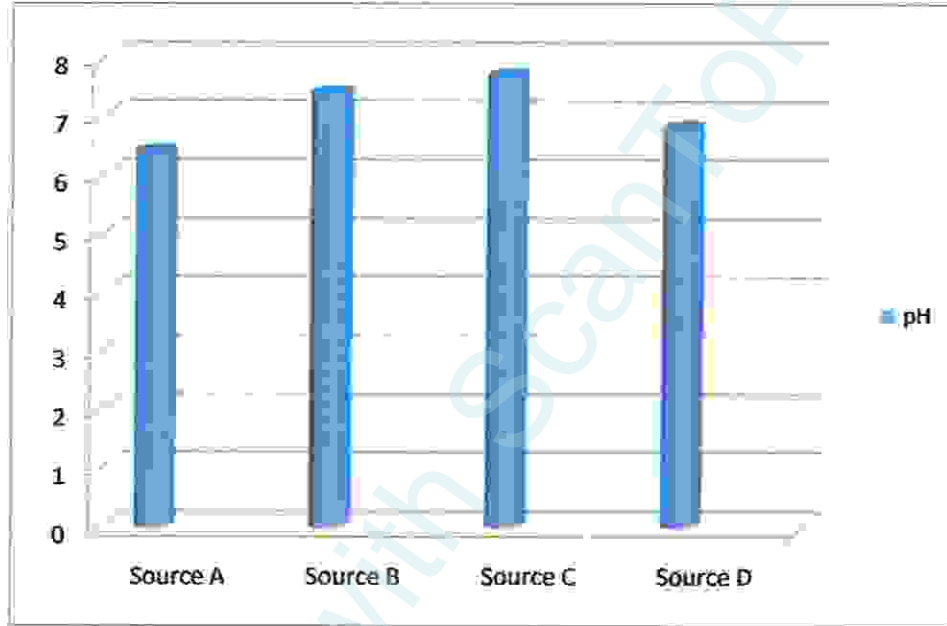


Fig.31. Présentation du pH des sources *in situ*.

D'après les résultats (Fig.31.) la valeur du pH minimale *in situ* des eaux de sources de la région de Guelma est 6.7 à la source ( $S_A$ ). La valeur maximale est 7.7 à la source ( $S_C$ ).

La valeur de pH minimal au labo est 6.86 à la source ( $S_A$ ). La valeur de pH maximal est 7.38 à la source ( $S_C$ ).

Ces pH sont proches de pH neutre et indiquent que la qualité des eaux des sources de la région de Guelma est bonne selon ce prélèvement.

### 2.4. La conductivité électrique

La mesure de la conductivité électrique permet d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau. (Rodier, 2005).

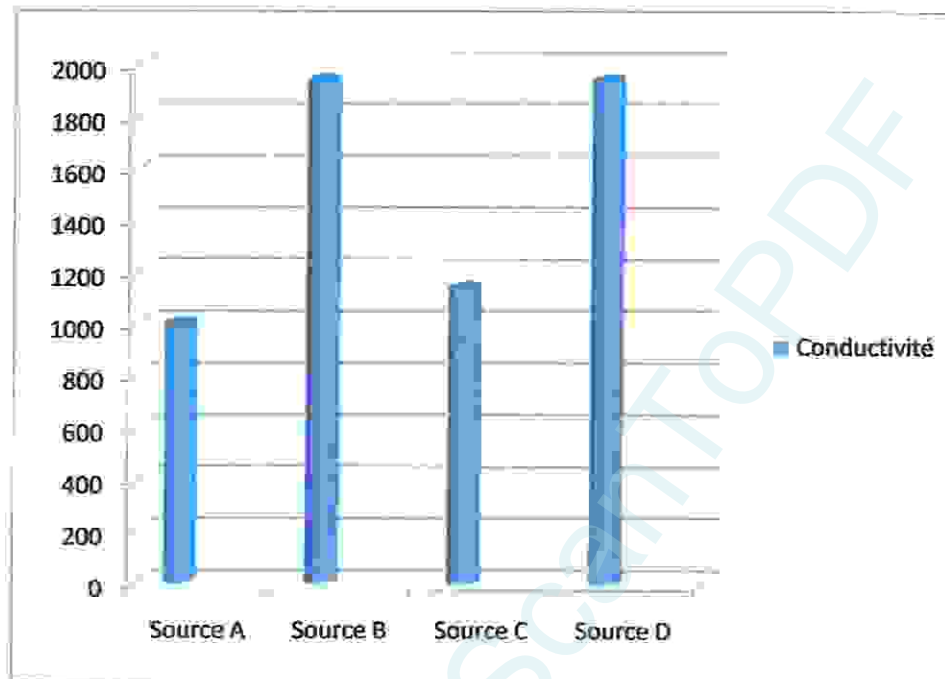


Fig.32. Présentation de la conductivité des sources *in situ*.

D'après les résultats (Fig.32.) la valeur de conductivité minimale *in situ* des eaux de sources de la région de Guelma est 1000 us/cm à la source ( $S_A$ ). La valeur maximale est 1940 us/cm à la source ( $S_B$ ) et ( $S_D$ ).

La valeur de conductivité minimale au labo est 489 us/cm à la source ( $S_C$ ). La valeur de conductivité maximale est 1627 us/cm à la source ( $S_A$ ).

Le rapport entre conductivité et concentration ionique s'exprime par approximation de la façon suivante :

$$2 \mu\text{S/cm} = 1 \text{ ppm (partie par million),}$$

ou

$$1 \text{ ppm} = 1 \text{ mg/l correspond à la concentration en solide dissous.}$$

Certains conductimètre convertissent directement la conductivité en ppm et fournissent ainsi une lecture de la concentration en solides dissous totaux. (4).

### 2.5. La turbidité

La mesure de la turbidité permet de préciser les informations visuelles sur l'eau. La turbidité traduit la présence de particules en suspension dans l'eau (débris organiques, argiles, organismes microscopiques...). Elle se mesure sur le terrain à l'aide d'un turbidimètre. (4).

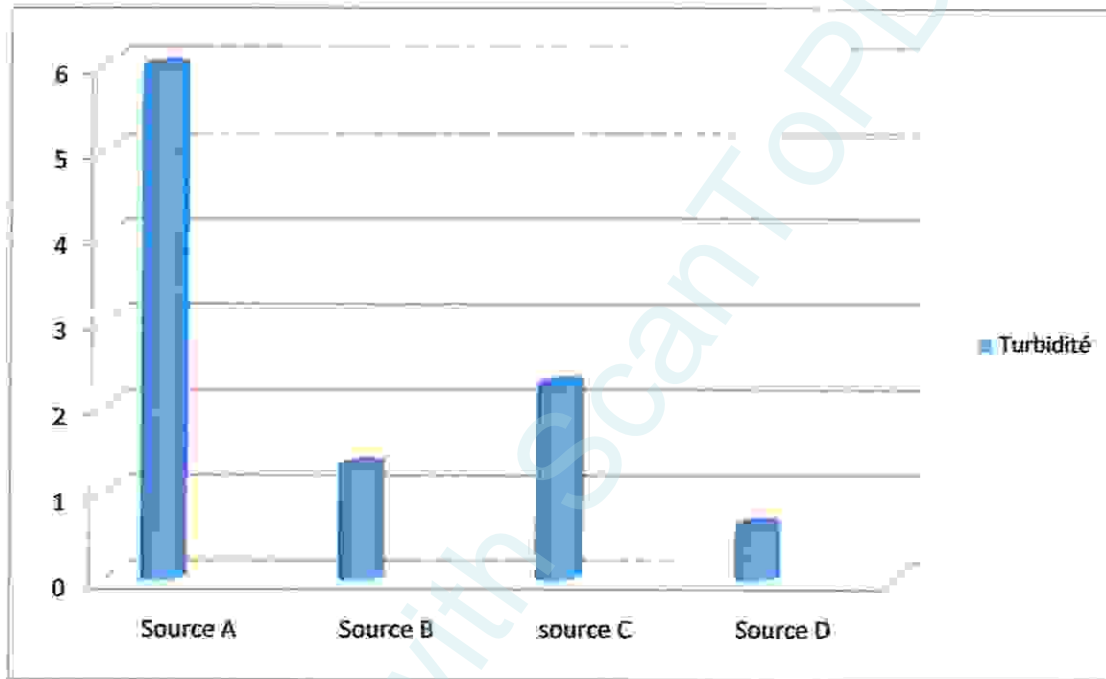


Fig.33. Présentation de la turbidité des sources *in situ*.

La valeur de turbidité minimale au labo est 0.62 NTU à la source ( $S_D$ ). La valeur de turbidité maximale est 5.97 NTU à la source ( $S_A$ ). Les valeurs enregistrées dans les quatre sources étudiées ne dépassent pas la norme (0.62 NTU-5.97 NTU) selon ce prélèvement.

### 2.6. L'oxygène dissout:

La solubilité de l'oxygène dans l'eau est fonction de la pression atmosphérique (donc de l'altitude), de la température et de la minéralisation de l'eau : la saturation en  $O_2$  diminue lorsque la température et l'altitude augmente.

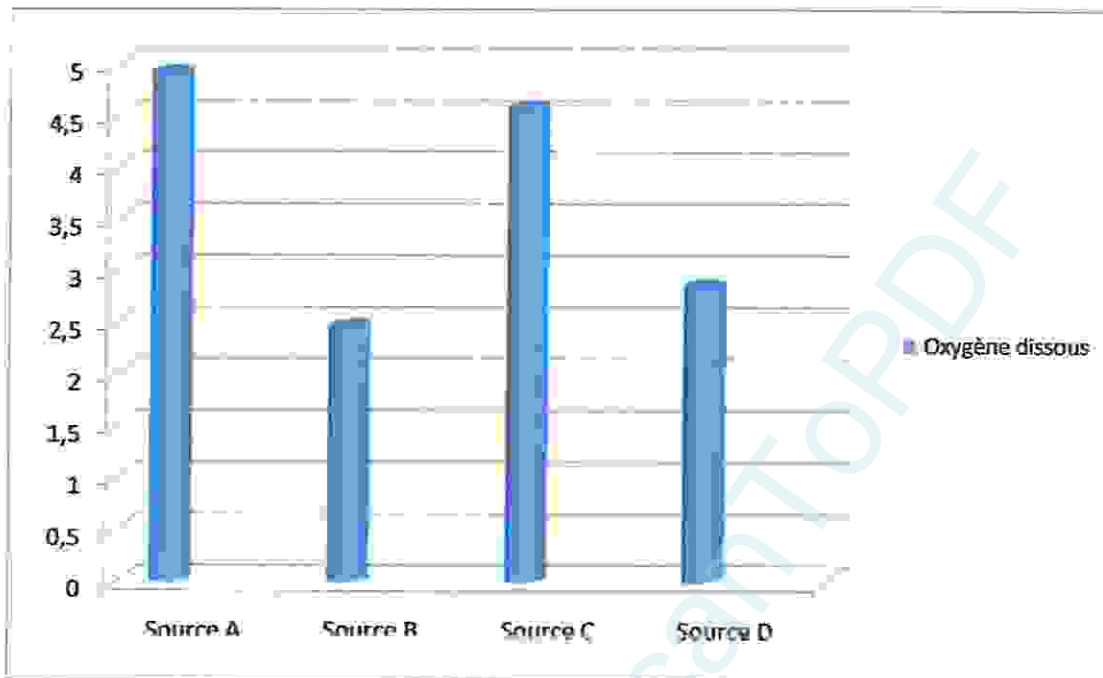


Fig.34. Présentation de l'oxygène dissous des sources *in situ*.

D'après les résultats (Fig.34.) la valeur de l'oxygène dissoute minimale des eaux de sources de la région de Guelma est 2.46 mg/l à la source (S<sub>B</sub>). La valeur maximale est 4.92 mg/l à la source (S<sub>A</sub>).

### 3. Paramètres chimiques (ions majeurs)

- Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ), Magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) et dureté totale (TH) :

La dureté peut être essentiellement calcique ou magnésienne, voire les deux à la fois. En fonction de la valeur du THt, on peut déterminer le caractère de la dureté de l'eau :

TH (°f)	0-10	10-20	20-30	>30
Dureté de l'eau	Très douce	Moyennement douce	Dure	Très dure

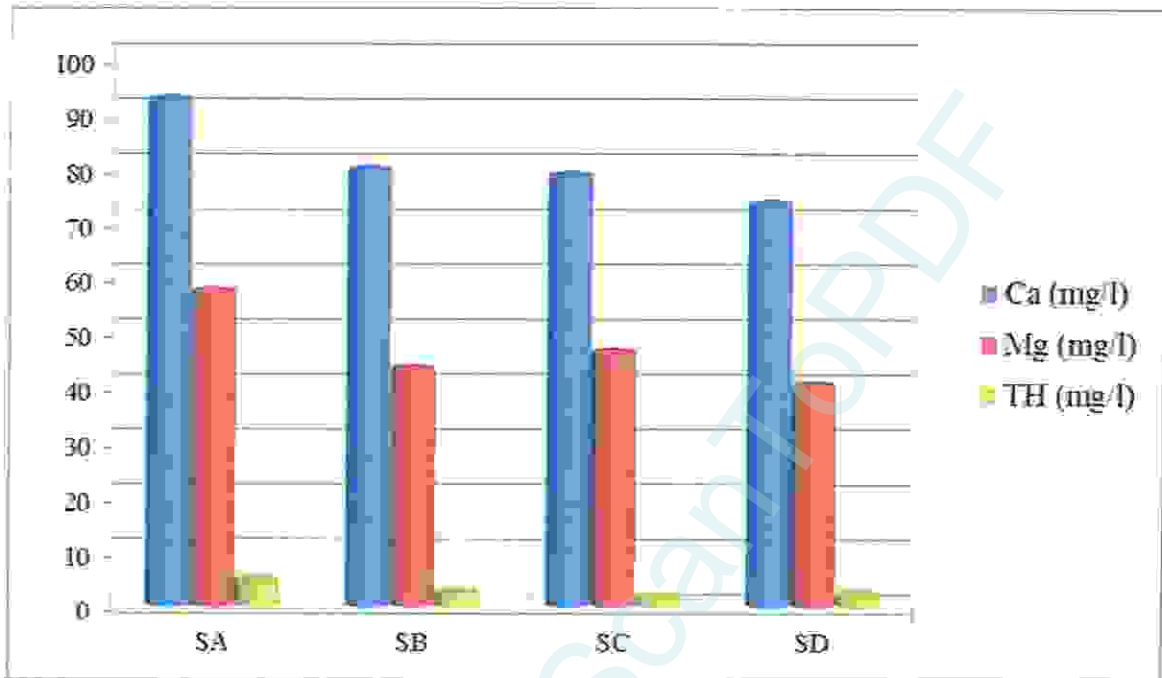


Fig.35. Variation en teneurs de Calcium, Magnésium et de la dureté totale dans les eaux de sources.

D'après ce graphe (Fig.35.) les sels de calcium se rencontrent dans toutes les eaux de sources. Et peuvent varier de 72,96 mg/l dans la source (S<sub>D</sub>), 91,93 mg/l dans (S<sub>A</sub>).

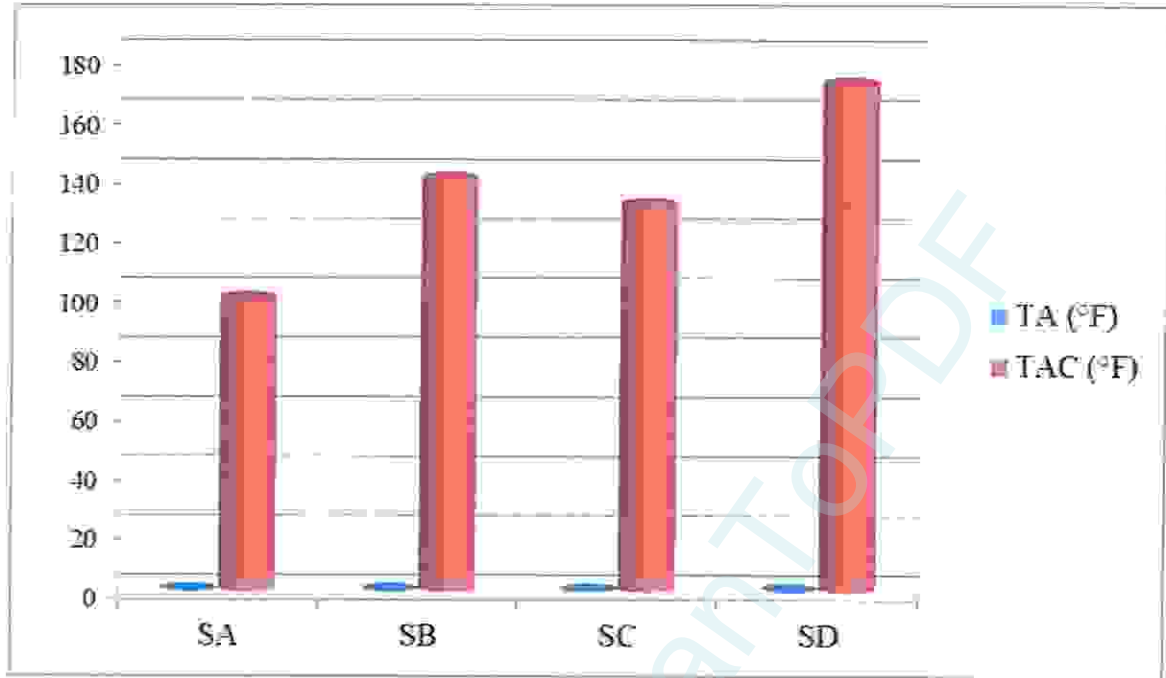
En ce qui concerne les sels du magnésium, ces sources présentent des teneurs comprises entre 40 mg/l dans (S<sub>D</sub>) et 57 mg/l dans (S<sub>A</sub>).

La teneur en calcium et magnésium de ces sources sont liées directement à la nature géologique des terrains traversés par l'eau selon ce prélèvement.

Le TH dans (S<sub>A</sub>), (S<sub>B</sub>), (S<sub>C</sub>) et (S<sub>D</sub>) est compris entre 0 et 10 (°f) les eaux sont donc très douces.

- **Taux alcalinité (TA) et taux alcalinité complet (TAC) :**

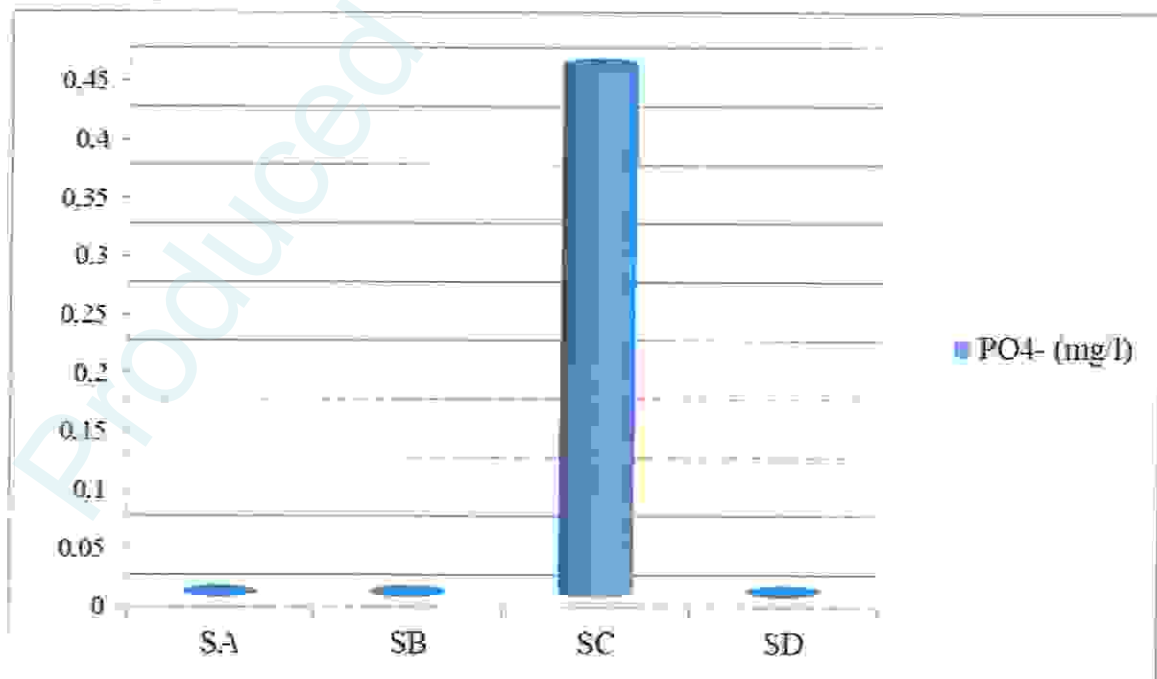
Le TA est nul pour une eau dont le pH est inférieur ou égal à 8,3 et le TAC correspond à l'alcalinité totale au pH de 4,5, ce qui revient à déterminer les ions  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$  et  $\text{OH}^-$ .



**Fig.36.** Variation en teneurs du taux alcalinité et taux alcalinité complet dans les eaux de sources.

D'après (fig.36.) le taux alcalinité complet (TAC) des sources ( $S_A$ ), ( $S_B$ ), ( $S_C$ ) et ( $S_D$ ) est supérieur par rapport à la norme 30°f de l'OMS de potabilité d'eau destinée à la consommation. (Benmarce K, 2007).

• **Phosphate ( $PO_4$ ) :**



**Fig.37.** Variation en teneur de phosphate dans les eaux de sources.

Ce graphe (Fig.37.) montre l'absence du phosphate dans les sources ( $S_A$ ), ( $S_B$ ) et ( $S_D$ ). La valeur 0,45 mg/l enregistrée au niveau de la source ( $S_C$ ) due à la formation géologique.

• Sodium ( $Na^{2+}$ ) et potassium ( $K^+$ ) :

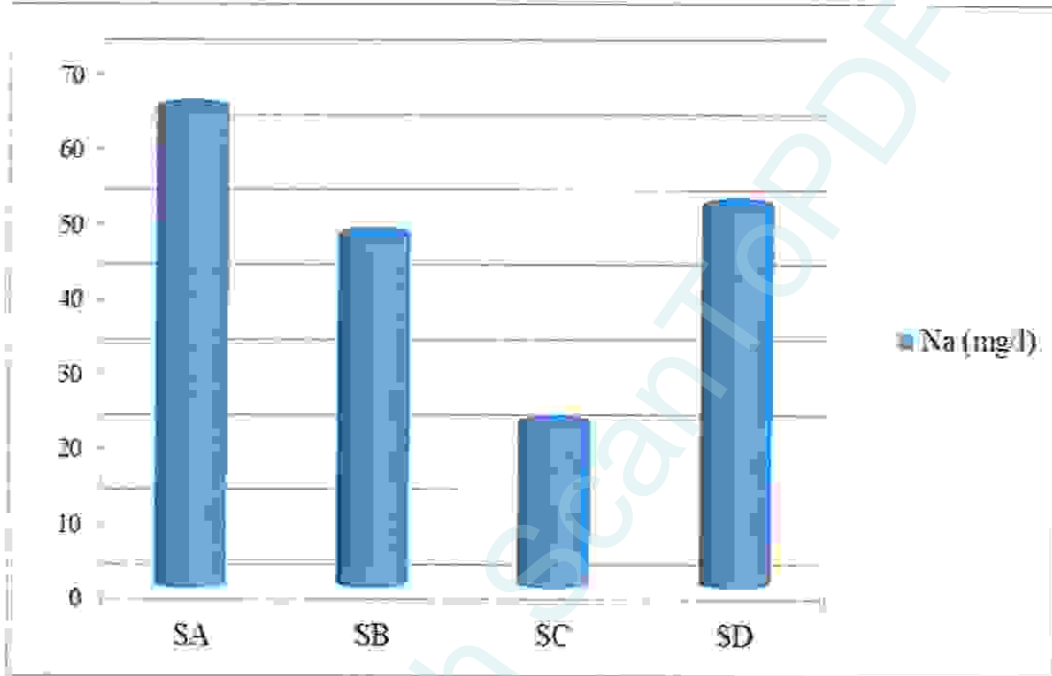


Fig.38. Variation en teneur de sodium dans les eaux de sources.

D'après ce graphe (Fig.38.) la valeur de sodium minimale des eaux de sources de la région de Guelma est 21.4 mg/l enregistré à la source ( $S_C$ ). La valeur maximale est 63.5 mg/l enregistré à la source ( $S_A$ ).

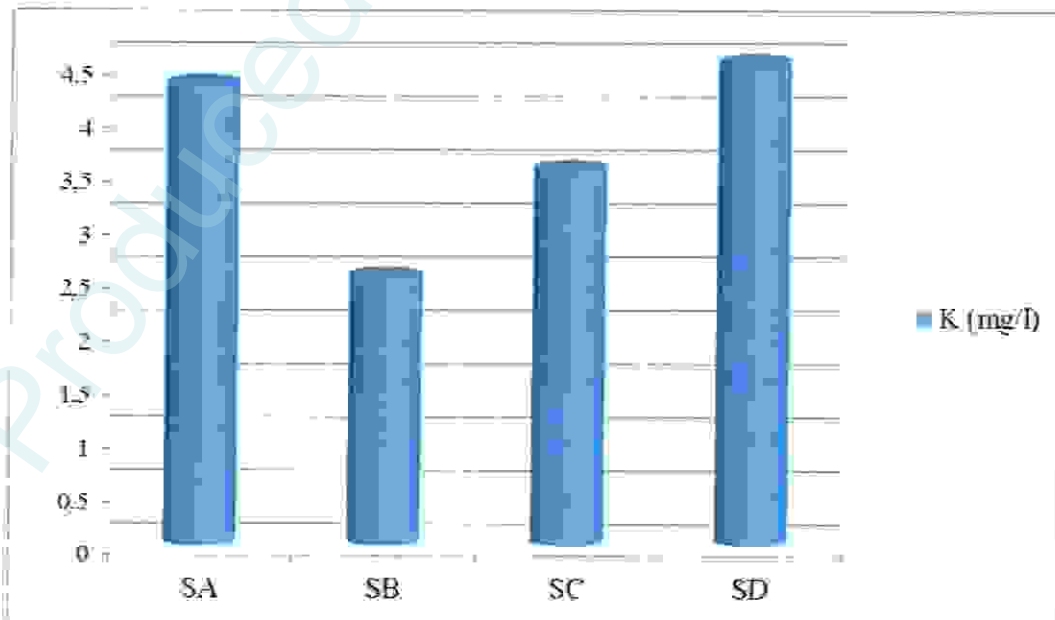


Fig.39. Variation en teneurs de potassium dans les eaux de sources.

D'après (Fig.39.) le taux de potassium dans ( $S_A$ ), ( $S_B$ ), ( $S_C$ ), et ( $S_D$ ) sont inférieurs par rapport à la norme de potabilité (12 mg/l). Dont la valeur maximale 4,5 mg/l est obtenue au niveau de la source ( $S_D$ ) et la valeur minimale 2,5 mg/l est enregistrée au niveau de la source ( $S_B$ ).

Produced with ScanTOPDF



Qualité bactériologique  
et  
**PHYSICO-CHIMIQUE**  
des eaux de sources de la région de Guelma

# Conclusion

Produced with ScanTOPDF

Au cours de ce travail qui avait comme but de déceler la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de source de la région de la Wilaya de Guelma (Nord-Est de l'Algérie).

La région d'étude correspond à une dépression d'une surface moyenne de 122 km<sup>2</sup> à valeur de bassin allongé d'Est en Ouest, remplie de formation mio-pliocène et quaternaire. Ces formations sont constituées essentiellement d'alluvions (graviers, limons, travertins) perméables et offrent par conséquent un intérêt hydrogéologique. La région obéit à un climat méditerranéen, semi aride, caractérisée par deux saisons distinctes, l'une sèche et chaude et l'autre pluvieuse et froide. Les températures moyennes oscillent entre 9°C durant le mois de janvier et 27.5°C pendant le mois d'août. Elle reçoit une précipitation moyenne de 606 mm dont 74.21mm sont ruisselés et 92.47 mm infiltrés. Le bilan hydrique établi selon la méthode de Thornthwaite, fait ressortir une évapotranspiration réelle de 439.42mm engendrant un déficit agricole de 527.61 mm.

La nature de la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux souterraines est toujours meilleurs que celles des eaux de surfaces; et cela suite au non respect de la population et des autorités locales aux règles des rejets ( les eaux usées) alimentant nos cours d'eau qui vont à leurs tour, avec une partie, alimenter le bassin phréatiques de la Wilaya de Guelma.

Notamment la qualité de tous les points prélevés d'après les analyses effectuées à notre niveau (avec les moyens qui nous ont été fournis), la qualité physico-chimique des eaux de sources est conformes aux normes.

Quant à la qualité bactériologique ; elle est de bonne qualité sauf pour les sources S<sub>C</sub> et S<sub>D</sub> , en mois d'avril suite au manque de traitement ; plus la prise en charge des autorités locales de l'aménagement et la conception des bornes fontaine et surtout les chambres de captage et de stockage.

En sachant que c'est dans la chambre de stockage où aura lieu le traitement de l'eau (soit par chloration avec un temps minimum de 20 min pour qu'il puisse donner de l'effet, ou par la brique poreuse).

En recommandation pour améliorer la qualité des eaux des sources, il faut respecter certaines règles d'hygiène :

- Augmenter le sens de conscience publique vis-à-vis la protection des ressources hydriques.
- Appliquer les consignes de l'OMS qui disent que pour chaque source, faut avoir un périmètre de protection d'au moins 150m, et s'assurer de bien les respecter par le contrôle continu des autorités en charge.
- S'assurer de bien séparer les systèmes d'évacuation des eaux usées.
- Contrôler l'utilisation des Pesticides et des fertilisants dans les terres agricoles afin d'éviter le risque de migration de ces substances aux eaux souterraines.

Produced with ScanTopdf

La région de Guelma est caractérisée par la présence de plusieurs sources naturelles ; ce qui donne à la population de la wilaya la possibilité de s'alimenter avec une eau meilleur, tandis qu'elle manifeste un mécontentement envers la qualité actuelle des eaux potables.

C'est pourquoi on doit s'assurer de sa bonne qualité non seulement du côté bactériologique mais aussi de ses caractéristiques physico chimiques.

Les analyses bactériologiques et physico-chimiques des quatre sources choisies, ont été effectuées durant deux mois (Avril et Mai 2011) au niveau des laboratoires de Microbiologie au sein du département de Biologie et de chimie dans le département de Génie des Procédés; qui mènent principalement à l'identification des germes totaux, des bactéries indicatrices de la contamination fécale et des germes pathogènes ainsi que les concentrations des éléments physico-chimiques.

Les résultats obtenus montrent que ces eaux de sources étudiées sont de bonne qualité physico-chimique, mais la qualité bactériologique est plus au moins acceptable ayant pour majeure cause la négligence des autorités en charge et la population.

#### **Mots clés**

Bactériologie de l'eau, Eaux de sources, Eaux souterraines, Guelma

The area of Guelma is characterized by the presence of several natural sources, what gives to the population of the Wilaya the possibility of feeding with a better water; while it expresses a dissatisfaction towards the drinking watercurrent quality. This is why we must make sure of his good quality not only with bacteriological dimensions, but also of his physico-chemical characteristics.

The bacteriological and physico-chemical analysis of the four sources chosen; were carried out during two months (April and May 2011) on the level of the laboratories of Microbiology within the department of Biology and chemistry in the department of Process Engineering; who carry out mainly the identification the total germs, of the indicating bacteria for the fecal contamination and the pathogenic germs as well as the concentrations of the physico-chemical elements.

The got results show that these studied spring waters are of good physico-chemical quality; but are at least acceptable bacteriological quality, having for major causes the negligence of the authorities in load and the population.

**Key words**

Bacteriology of water, Spring water, Ground water, Guelma.

تتميز منطقة قالمة بوجود العديد من الينابيع المائية الطبيعية ، والتي تعطي لسكان الولاية فرصة لشرب أفضل مياه في حين أنهم يظهرون استيائهم حيال نوعية المياه الصالحة للشرب الحالية .

ولذلك يجب أن نضمن جودتها ليس فقط من الناحية البكتريولوجية ولكن أيضا خصائصها الفيزيوكيميائية.

وقد أجريت تحاليل بكتريولوجية و فيزيوكيميائية لأربعة ينابيع مائية مختارة على مدى شهرين (أفريل، ماي 2011) في مخابر الميكروبيولوجيا في قسم البيولوجيا والكيمياء في قسم هندسة الطرائق التي تؤدي أساسا إلى تحديد الجراثيم الإجمالية و البكتيريا المحددة للتلوث البرازي و الجراثيم المسببة للأمراض و كذلك تراكيز العناصر الفيزيوكيميائية.

وأظهرت النتائج التي تم الحصول عليها ان هاته الينابيع المائية المدروسة ذات نوعية فيزيوكيميائية جيدة ولكن النوعية البكتريولوجية نوعا ما مقبولة و هذا راجع إلى تهاون السلطات و الشعب كسبب رئيس

الكلمات المفتاحية

بكتريولوجيا الماء، المياه الجوفية، مياه الينابيع، قالمة.

**Bibliographie**

- Aouissi A. (2009)**, Microbiologie et physico-chimie de l'eau des puits et des sources de la région de Guelma (Nord-Est de l'Algérie).  
Mémoire de magister, Université du 08 Mai 1945. Guelma. 129 p.
- Algéo, (1997)**, Etude Géophysique Dans La Plaine De Guelma.  
Alger Géophysique (Algéo), Rapport Interne, 28 p.bb
- Benmarce K. (2007)**, Caractéristiques physico-chimiques et isotopiques es eaux souterraines dans la région de Guelma (N.E Algérien).  
Mémoire de magister en hydrogéologie, IST. Université Annaba. 126 p.
- Boubidi W. et al. (2007)**, Traitement et critère de potabilité de l'eau (les normes). Mémoire d'ingénieur d'état, Université 08 Mai 1945. Guelma. 30 p.
- Bouokrouma N. (2008)**, Contribution à l'étude de la qualité microbiologique de l'eau d'un écosystème aquatique artificiel ; cas de la retenue collinaire d'Ain Fakroune (W.d'Oum El Bouaghi).  
Mémoire de magister, Université 8 Mai 1945. Guelma. 64 p.
- Carbonelles D. & Kouyoumdjian S. (1988)**, Bactériologie médicale techniques usuelles.  
Med. Mal. Infe. 251 p.
- Chaouch R. (2007)**, Identification et quantification des déchets solides encombrant les plages d'Annaba, aspect physico-chimique et bactériologique des eaux.  
Mémoire de magister, Université Badji-Mokhtar. Annaba. P 105.
- Cheriet M. & Rouaigia M. (2010)**, Qualité microbiologique des eaux de Oued Messida (Wilaya d'El-Tarf).  
Mémoire de Master, Université du 08 Mai 1945. Guelma. 12 p.
- CRAAG (2004)**, Etude Géophysique Par Gravimétrie De La Région D'Oued Zénati, Guelma.  
Centre de Recherches Astronomiques et Géophysiques Algérien, (C.R.A.A.G.) Rapport Interne, 42 p.
- Dajoz R. (2000)**, Précis D'Ecologie: Cours Et Exercices Résolus.  
7 ième édition. Dunod. Paris. 613p.
- Dégrément. (1998)**, Mémento technique de l'eau.  
8<sup>ème</sup> édition Tec et Doc. Paris. 986 p.
- Djabri L. (1996)**, Mécanismes de la pollution et vulnérabilité des eaux de la Seybouse. Origines géologiques, industrielles, agricoles et urbaines.  
Thèse de Doctorat, Université Badji Mokhtar, Annaba. 261 p.

- DPAT. (2008)**, Direction de la planification et de l'Aménagement du Territoire.  
Rapport Interne, Monographique de la wilaya de Guelma. 36p.
- ENAGEO (1971)**, Entreprise Nationale De Géophysique. Etude Géophysique Dans La Région De Guelma.  
ENAGEO, 52 p.
- Kahlouche B & Athamani-Guemouri S & Guezlans-Tebibel N. (2010)**,  
Microbiologie (Travaux pratiques).  
3<sup>ème</sup> édition corrigée ; Office des Publications Universitaires.133p.
- Labres E. (2006)**, Cours d'hygiène et de microbiologie des eaux.  
Manuel des travaux pratiques des eaux, Institut Pasteur. Alger. 60p.
- Labres Mouffok F. (2008)**, La cour nationale d'hygiène et de microbiologie des eaux de boisson.  
Manuel des travaux pratique des eaux, Institut Pasteur. Alger. 53p.
- Medjelekh D. (2006)**, Impact de l'inertie thermique sur le confort hygrothermique et la consommation énergétique du bâtiment (cas de l'habitation de l'époque coloniale à Guelma).  
Mémoire de magister, Université Mentouri. Constantine. 40 p.
- Mouassa S. (2006)**, Impact du périmètre d'irrigation sur la qualité des eaux souterraines de la nappe alluviale de Guelma et sur les sols.  
Mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar, Annaba. 120p.
- Péchere J. (1982)**, Reconnaître traiter les infections.  
4<sup>ème</sup> édition. Edisem ST Hyacinthe. Québec. 509 p.
- Pilet C & Col. (1987)**, Bactériologie médicale et vétérinaire systématique bactérienne.  
Doin, 371 p.
- Rejsek F. (2002)**, Analyse des eaux.  
Tec et Doc, 358 p.
- RODIER J. (1978)**, L'analyse de l'eau eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer  
Chimie, physico-chimie, bactériologie, biologie.  
6<sup>ième</sup> éditions. Dunod. Paris. 1330 p.
- Roland V. (2003)**, Eau, Environnement et Santé Publique.  
2<sup>eme</sup> édition Introduction à l'hydrologie. TEC et DOC.
- Zouaidia H. (2006)**, Bilan des incendies de forêts dans l'Est Algérien cas de Mila, Constantine, Guelma, Souk Ahras.  
Mémoire de magister, Université Mentouri. Constantine. 126p.



**Webographie**

- (1): [http://www.sololiya.fr/.../3\\_les\\_differeents\\_types\\_de\\_maladies\\_liees\\_a\\_l\\_eau](http://www.sololiya.fr/.../3_les_differeents_types_de_maladies_liees_a_l_eau)
- (2): <http://www.pathexo.fr/documents/articles.../T92-5b-Madagascar.pdf>
- (3): [nhscience.lonestar.edu](http://nhscience.lonestar.edu).
- (4): [aquatechnique.pagesperso-orange.fr/.../page\\_%20conduc.html](http://aquatechnique.pagesperso-orange.fr/.../page_%20conduc.html)
- (5): [http://www.oieau.fr/ReFEA/fiches/.../Physico\\_chimie\\_PresGen.html](http://www.oieau.fr/ReFEA/fiches/.../Physico_chimie_PresGen.html)
- (6): [http://www.memoireonline.com/.../m\\_Evaluation-de-la-qualite-des-eaux-des-puits-couverts-munis-de-pompe-dans-la-commune-de-Porto-Nov](http://www.memoireonline.com/.../m_Evaluation-de-la-qualite-des-eaux-des-puits-couverts-munis-de-pompe-dans-la-commune-de-Porto-Nov)
- (7): <http://www.protec-traitement.com/.../Dosage%20du%20TA%20et%20TAC.htm>
- (8): <http://books.google.fr/books?id=CRxISUP2Ga4C&pg=PA184&lpg=PA184&dq=API20+de+aeromonas&source=bl&ots=A5pQ9ekCKQ&sig=BUY3QLyPBme3qOQTeW4Ex3EXvvE&hl=fr#v=onepage&q&f=false>
- (9): <http://www.ceaeq.gouv.qc.ca/methodes/.../MA303TitrAuto11.pdf>
- (10): [http://www.coursdeau.com/.../pollution\\_nitrates.html](http://www.coursdeau.com/.../pollution_nitrates.html) 07 oct 2010.
- (11): <http://mapyourinfo.com/wiki/fr.wikipedia.org/sodium/>
- (12): <http://www.hc-sc.gc.ca> > ... > Le potassium dans l'eau potable
- (13): <http://www.umc.edu.dz/theses/sc-terre/BOU4469.pdf>
- (14): [http://www.indexmedicus.afro.who.int/iah/fulltext/Thesis\\_Bamako/05P82.PDF](http://www.indexmedicus.afro.who.int/iah/fulltext/Thesis_Bamako/05P82.PDF)

## - Résultats des analyses microbiologiques

Tab.07. Dénombrement des germes totaux.

	Avril		Mai	
Température :	37°C	22°C	37°C	22°C
Source A	135 UFC	35 UFC	135 UFC	125 UFC
Source B	75 UFC	40 UFC	0 UFC	0 UFC
Source C	254 UFC	120 UFC	120 UFC	195 UFC
Source D	300 UFC	174 UFC	0 UFC	0 UFC

- UFC : Unité formant colonie.

Tab.08. Dénombrement des Coliformes totaux.

	Avril	Mai
Source A	20	15
Source B	0	7
Source C	11	3
Source D	110	6

- Les résultats sont exprimés par CT/ml.

Tab.09. Dénombrement des coliformes fécaux.

	Avril	Mai
Source A	7	0
Source B	0	0
Source C	7	0
Source D	40	0

- Les résultats sont exprimés par CF/ml.

**Tab.10.** Dénombrement des Streptocoques fécaux.

	Avril	Mai
<b>Source A</b>	0	0
<b>Source B</b>	0	0
<b>Source C</b>	3	0
<b>Source D</b>	0	0

- Les résultats ont exprimés par SF/ml.

**Tab.11.** Dénombrement des ASR.

	Avril	Mai
<b>Source A</b>	0	0
<b>Source B</b>	0	0
<b>Source C</b>	0	0
<b>Source D</b>	0	0

- (-) : Absence des ASR.

Tab.12. Table de la NPP.

5 tubes par dilution							
Nombre caractéristique	Nombre de cellules	Nombre caractéristique	Nombre de cellules	Nombre caractéristique	Nombre de cellules	Nombre caractéristique	Nombre de cellules
000	0.0	203	1.2	400	1.3	513	8.5
001	0.2	210	0.7	401	1.7	520	5.0
002	0.4	211	0.9	402	2.0	521	7.0
010	0.2	212	1.2	403	2.5	522	9.5
011	0.4	220	0.9	410	1.7	523	12.0
012	0.6	221	1.2	411	2.0	524	15.0
020	0.4	222	1.4	412	2.5	525	17.5
021	0.6	230	1.2	420	2.0	530	8.0
030	0.6	231	1.4	421	2.5	531	11.0
100	0.2	240	1.4	422	3.0	532	14.0
101	0.4	300	0.8	430	2.5	533	17.5
102	0.6	301	1.1	431	3.0	534	20.0
103	0.8	302	1.4	432	4.0	535	25.0
110	0.4	310	1.1	440	3.5	540	13.0
111	0.6	311	1.4	441	4.0	541	17.0
112	0.8	312	1.7	450	4.0	542	25.0
120	0.6	313	2.0	451	5.0	543	30.0
121	0.8	320	1.4	500	2.5	544	35.0
122	1.0	321	1.7	501	3.0	545	45.0
130	0.8	322	2.0	502	4.0	550	25.0
131	1.0	330	1.7	503	6.0	551	35.0
140	1.1	331	2.0	504	7.5	552	60.0
200	0.5	340	2.0	510	3.5	553	90.0
201	0.7	341	2.5	511	4.5	554	160.0
202	0.9	350	2.5	512	6.0	555	180.0

Tab.13. Qualité physico-chimique de l'eau de boisson (Directive de l'OMS, 2002).

Normes	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)