

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE 8 MAI 1945 DE GUELMA

Faculté des Sciences de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers  
Département De Biologie



№. 1/2012

9/2012

## Mémoire

Présentée en vue de l'obtention du  
Diplôme de Master

Option : Qualité des Produits et Sécurité Alimentaire

### THÈME

**Caractérisation physico-chimique et bactériologique  
des eaux des sources minérales et des eaux des  
sources ordinaires**

Présenté par : Belahouene Imane  
Habes Nabila  
Kadri Sarra

Soutenu devant le jury :

Kachi S.	M.C.A.	Président	Université de Guelma
Nouar T.	M.C.A.	Rapporteur	Université de Guelma
Gherieb L.	M.C.A.	Examinateur	Université de Guelma
Kachi N.	M.C.A.	Examinatrice	Université de Guelma

Année universitaire : 2011/2012



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE 8 MAI 1945 DE GUELMA

Faculté des Sciences de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers  
Département De Biologie



## Mémoire

Présentée en vue de l'obtention du

Diplôme de Master

Option : Qualité des Produits et Sécurité Alimentaire

### THÈME

---

**Caractérisation physico-chimique et bactériologique  
des eaux des sources minérales et des eaux des  
sources ordinaires**

---

Présenté par : Belahouene Imane  
Habes Nabila  
Kadri Sarra

Soutenu devant le jury :

Kachi S.	M.C.A.	Président	Université de Guelma
Nouar T.	M.C.A.	Rapporteur	Université de Guelma
Gherieb L.	M.C.A.	Examinateur	Université de Guelma
Kachi N.	M.C.A.	Examinatrice	Université de Guelma

Année universitaire : 2011/2012

## Remerciement

Nous tenons à exprimer nos remerciement et notre profond gratitude avant tous à «الله» le tout puissant qui nous a donné le courage et la force pour mener a lieu ce travail.

Au terme de ce travail nous tenons à remercier tous les intervenants et toutes les personnes qui, de près ou de loin ont contribuent à sa réalisation, en particulier :

Notre encadreur Mr Nouar. Tahar Maître de Conférences à l'université de Guelma ,d'avoir accepter de diriger ce travail, sa disponibilité et les précieux conseils nous ont permis d'orienter nos travaux de recherche et de documentation sur le thème choisi, nous ne saurons lui exprimer nos gratitudes et nos reconnaissances à une juste valeur, nous remercions très sincèrement.

Nous remercions les membres du jury qui ont peiné pour lire le manuscrit et Qu'il nous soit permis de leur exprimer notre plus haute considération.

Nous remercions Mr Kachi. S d'avoir en la gentillesse et amabilité d'assurer et d'honorer la présidence du jury.

Nous remercions Mr Gherieb. L Maître de conférences au département de Biologie à l'Université de Guelma, pour avoir exprimé son entière disponibilité à participer à ce jury.

Nous remercions également M<sup>me</sup> Kachi. N Maître de conférences au département de Biologie à l'Université de Guelma, pour leur disponibilité et pour avoir accepté de faire partie de cet honorable jury.

Nous remercions également l'ensemble du personnel du Département de biologie (étudiants, enseignants, techniciens, secrétaires).

## *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail : A Ma très chère mère : source de tendresse et de sécurité, celle qui a veillé à mon chevet et à mon bien être et m'a entouré de tout son amour et son affection*

*A Mon père : Mon exemple de force patience et défi que je le respecte*

*A Mon frère et mes sœurs: bilal, Kawther et meryem*

*A mes très chères amies : Sara et Nabila*

*Toutes mes enseignants et enseignantes*

*Et enfin a toute la promotion 2011-2012 de la biologie*

*IMANE*

Produced with Scantopdf

## *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail : A Ma très chère mère : source de tendresse et de sécurité, celle qui a veillé à mon chevet et à mon bien être et m'a entouré de tout son amour et son affection*

*A Mon père : Mon exemple de force patience et défi que je le respecte*

*A MES frère et mes sœurs: Kheir Eddine, Bilal, Samira, Amina*

*Et la plus chère Salah Eddine*

*A mes très chères amies : Sara et Imane*

*Toutes mes enseignants et enseignantes*

*Et enfin a toute la promotion 2011-2012 de la biologie*

*Nabila*



## Dédicace

*Je dédie ce modeste travail : A Ma très chère mère : source de tendresse et de sécurité, celle qui a veillé à mon chevet et à mon bien être et m'a entouré de tout son amour et son affection*

*A Mon père : Mon exemple de force patience et défi que je le respecte*

*A Mes frères : Abed Raouf et Mohammed laid*

*Et le plus chère Nabil*

*A mon grand-père, ma grand-mère*

*A mes oncles, mes tantes et leurs maries*

*A mes cousins et mes cousines surtout les plus petites :  
Chahd, Fatma et Rahma*

*Sans oublier les plus proches personnes à mon cœur :  
Sabah, Amel, Nadia et Zahra*

*A mes très chères amies : Nabila et Imane*

*Toutes mes enseignants et enseignantes*

*Et enfin a toute la promotion 2011-2012 de la biologie*

*SARA*

## Table de matière

Introduction	01
CHPITRE 1: CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DES EAUX MINERALES ET DES EAUX ORDINAIRE	
1.1 Définition des eaux minérales et eau de source	02
1.2 Situation géographique des sources	03
1.3 Aperçu géologique	03
1.4 Introduction sur le chimisme	04
1.5 Protocole d'acquisition des données	05
1.6 Critique des données	06
1.7 Résultat et discussion	07
1.8 Paramètres physico-chimiques	08
1.8.1 PH et CE	08
1.8.2 Substance des sels dissous	08
1.8.3 Les éléments majeurs	08
1.9 diagramme de Stiff	10
1.10 Faciès hydro chimique	12
1.11 Reconstitution en sels	14
CHAPITRE 2: ETUDE HYDROGEOCHIMIQUE	17
2.1 Les pression partielles de CO <sub>2</sub>	17
2.2 Indice de saturation	17
2.3 Utilisation de l'eau	20
2.3.1 Qualité de l'eau pour la potabilité	20
2.3.2 Critères des eaux d'irrigation	23
2.3.2.1 La conductivité	23
2.3.2.2 Les éléments toxiques	23
2.3.2.3 Influence sur la perméabilité	23
2.3.2.4 Classification des eaux d'irrigation	24
CHAPITRE 3 ETUDE BACTERIOLOGIQUE	29
3.1 Les coliformes	30
3.2 Les coliformes fécaux	30
3.3 Les streptocoque fécaux	31
3.4 Méthode d'analyse bactériologique de l'eau	31
3.4.1 Evaluation des germes totaux (GT)	31
3.4.2 Recherche et dénombrement des coliformes totaux, fécaux avec identification d' <i>Echerichia coli</i> en milieu liquide	33
3.4.3 Recherche et dénombrement des Streptocoque: méthode générale par ensemencement en milieu liquide.	37
3.4.4 Recherche et dénombrement des spores des bactéries anaérobies sulfito-réductrices et de Clostridium sulfito-réducteurs: méthode par incorporation en gélose en tube profonds.	39
3.5 Résultats et interprétation	40
3.6 Rapport CF/SP	43
Conclusions générales	44
Références Bibliographiques	45

## Liste des tableaux

No de tableau	Titre du tableau	No de page
01	Provenance des sources	03
02	Résultats physico-chimiques des sources	06
03	Balance ionique	07
04	Rapport $r \text{Ca}^{+2} / r \text{Mg}^{+2}$ et $r \text{Na}^{+} / r \text{Cl}^{-}$	14
05	Reconstitution en sels des sources	15
06	Indice de saturation des eaux de sources	18
07	Pression partielle valeur logarithmique	19
08	Titre hydrotimétrique (TH mg/L)	21
09	Comparaison des analyses physico-chimiques des eaux avec les normes de l'OMS (2010).	22
10	Pourcentage du sodium et SAR	23
11	Directives pour l'interprétation de la qualité d'une eau d'irrigation	24
12	Comparaison des valeurs de la FAO et l'analyse	25
13	Taux en Sodium ‰	26



14	Analyse biologique	41
15	Répartition des classes	41
16	Répartition des classes et IQM	42
17	Calcul de l' IQM	42
18	Rapport CF /SF	43

Produced with ScanTOPDF

## Liste des figures

N° de figure	Titre de figure	N° de page
01	Diagramme De Stiff	11
02	Diagramme de Piper	13
03	Diagramme de Stabler	16
04	Distribution des pressions partielles du CO <sub>2</sub>	20
05	Diagramme de Wilcox	28
06	Recherche et dénombrement des micro-organismes revivifiables à 22 et à 37°C dans les eaux	32
07	Organigramme de la NPP	36
08	Organigramme de dénombrement des streptocoques fécaux(Ensemencement en milieu liquide)	38

Produced with

## INTRODUCTION

L'eau constitue un élément essentiel dans la vie et dans l'activité humaine. C'est une composante majeure du monde minéral et organique. Elle participe à toutes les activités quotidiennes notamment, domestiques, industrielles et agricoles ce qui la rend un élément récepteur exposé à tous les genres de pollution. Elle est aussi considérée comme un transporteur potentiel de nombreuses maladies.

L'altération de l'environnement naturel, notamment le milieu aquifère est devenu progressivement une préoccupation mondiale. En Algérie, la principale source de satisfaction de la demande en eau est l'eau souterraine, du fait de son exploitation relativement facile. La croissance démographique et la modernisation de l'agriculture entraînent un problème énorme de détérioration de la qualité de cette source souterraine, souvent existante en quantité limitée. 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.

Le contrôle de la qualité de l'eau joue un rôle important dans la santé publique car celle-ci est susceptible d'engendrer des altérations catastrophiques sur le sol, sur l'organisme humain et même de toucher à la santé de toute une population.

Vue cette importance majeure, nous avons essayé d'étudier et de déterminer la qualité microbiologique et physico-chimique de l'eau de certains des sources mises en bouteilles (eau minérale) et des sources ordinaires et ceci dans le but d'apprécier leur qualité physico- chimique et son impact sur l'environnement et sur la santé publique.

### **But du travail**

Le but du notre travail consiste à étudier les caractères physico-chimique et bactériologique en vue de mettre en évidence les caractéristiques des ces eaux commercialisées a travers le pays.

**CHAPITRE 1 : CARACTERISTIQUES  
PHYSICO-CHIMIQUES DES EAUX  
MINERALES ET DES EAUX DE SOURCES**

Produced with Scantopdf

## CHAPITRE 1 : CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DES EAUX MINÉRALES ET DES EAUX DE SOURCES

### 1.1. Définition des eaux minérales et eau de source

Les dénominations eau de source ou eau minérale sont normalement réglementées. Issues de nappes d'eaux souterraines non polluées, profondes ou protégées des rejets dus aux activités humaines, les eaux dites de source sont des eaux naturellement propres à la consommation humaine. Les seuls traitements qu'il est permis de leur appliquer, afin d'éliminer les éléments instables que sont les gaz, le fer et le manganèse, sont l'aération, la décantation et la filtration. Les eaux naturellement gazeuses, qui contiennent du gaz carbonique dissous, peuvent également être regazéifiées avant d'être embouteillées.

Les eaux minérales, quant à elles, sont des eaux de source ayant des propriétés particulières : elles ont des teneurs en minéraux et en oligo-éléments susceptibles de leur conférer des vertus thérapeutiques et leur composition est stable dans le temps. Comme les eaux de source, elles ne peuvent être traitées. Une fois mises en bouteilles, ces eaux voyagent beaucoup et sont même exportées.

Un peu partout dans le monde, une eau ne peut être qualifiée de minérale que si elle a été reconnue comme étant bénéfique pour la santé.

Toutes les eaux minérales ne sont pas de qualité identique, puisque la qualité d'une eau brute dépend de la nature des sols dans lesquels elle a voyagé. Il existe donc autant d'eaux minérales qu'il y a de sources, soit plus d'un millier en France qui



possède 70 marques d'eaux minérales. Si certaines ne sont guère plus minéralisées que les eaux de source, d'autres sont très riches en sels minéraux.

La consommation d'eaux minérales s'est en effet considérablement accrue ces dernières années. Une partie des consommateurs se détournerait de l'eau du robinet en raison de son goût et de son odeur, mais aussi parfois parce qu'ils n'osent plus se fier à sa qualité.

Étant donné qu'en Europe, ces eaux ne peuvent être traitées, lorsqu'une source est polluée, comme cela s'est déjà produit, elle ne peut plus être commercialisée. Certains pays en revanche, comme les États-Unis, autorisent la commercialisation, sous l'appellation "eaux de source", d'eaux traitées chimiquement. Ces traitements visent soit à ôter des substances indésirables soit à ajouter des substances manquantes, bref à rendre ces eaux potables et de meilleure qualité. Forte de cet exemple et face à la menace grandissante de pollution des sources, l'Europe s'apprête aujourd'hui à suivre cet exemple : mais que pourra bien alors signifier le label "eau minérale naturelle".

## 1.2. Situation géographique des sources

Les sources retenues dans cette étude se localisent dans la région du Tell. Il est d'extension d'Ouest en Est sur 1200km environ. Le tableau 1 récapitule leur situation géographique.

## 1.3. Aperçu géologique

La région d'ou provient ces eaux, fait par partie de l'ensemble géologique du Tell

d'Algérie du Nord. Cet ensemble qui s'étend de la région de la frontière Algéro-Tunisienne à la frontière Algéro- Marocaine. Sa structure est trop complexe, est due essentiellement à des mouvements tectoniques tertiaires. La géologie a été tirée des travaux de Vila J.M (1980), et Lahondère J.C (1987). Le tableau 1 récapitule les différentes unités géologiques des ces sources.

**Tableau 1 : Provenance des sources**

<b>Nom des sources</b>	<b>Lieu géographique</b>
Sidi Okba	Sidi okba w. Biskra
Ayris	Batna
Saida	saida
Manbaa	Biskra
Sidi Lekbir	Blida
Thevest	Tébessa
Lalla Khedidja	Tizi Ouzou
Sidi Rached	Tizi Ouzou
Batna	Batna
Guedila	Biskra
Qniaa	Bejaia
Ain Souda	Guelma
Youkous	Tébessa
Ifri	Bejaia
Sidi Idriss	Skikda
Mileza	Bordj Hou-Arrandj
Milok	Laghouat
Djurdjura	Bouira
Djemila	Sétif
Hammamet	Tebessa
Toudja	Bejaia
Rahabi	Gérodan (Guelma)
Zeouniz	Boumahra(Guelma)
Ain Guergour	Guelma
Ain Doghmane	Guelma

#### **1.4. Introduction sur le chimisme**

Le chimisme des eaux dépend essentiellement de la composition des milieux traversés et du temps de séjour dans chacun d'eux. Cette composition chimique et son évolution dans le temps, sont également soumises à l'influence de

**Caractérisation Physico-chimique et microbiologique des eaux des sources minérales et des sources ordinaires**

**Tableau 2 : Résultats physico-chimiques des sources**

	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	F	SiO <sub>2</sub>	TDS	CE	PH	PCO <sub>2</sub>
Sidi Okba	143	65.4	63.4	3.76	263	75	445	2.07	0	1.20	0	1062	1422	7.06	0.02476
Ayris	65.6	6.80	28.5	1.9	234.24	37	75	2.7	0.01	0	0	452	579	7.78	0.00418
Saïda	68	50	58	2	376	81	65	15	0	0	12	715	943	7.5	0.001283
Manbaa	67.52	36.33	19.01	0.98	281.80	44	92	4.28	0	1.05	0	547	715	7.6	0.00763
Sidi Lekbir	57.9	16.3	12	0.5	210	15	31	8	0	0	0	370	469	7.6	0.00569
Thevest	89.95	34.05	47.25	0.99	231.8	65	188	2.35	0.01	0	0	659	913	7.77	0.00424
Lalla khadidja	53	7	5.5	0.54	160	11	7	0.42	0	0.26	0	245	316	7.22	0.01042
Sidi Rached	134.38	6.69	29.21	2.45	235	50	139	21.60	0	0	0	618	823	7.39	0.01034
Batna	59	45	15	2	378.2	22	40	0	0	0	0	561	675	6.9	0.05149
Guedila	72	39.6	29	2	278	38	81	2.59	0	0	0	264	534	7.34	0.0129
Qniaa	111.66	26.97	48.22	2.48	259.02	92.12	66.66	12.39	0.01	0	0	620	877	7.24	0.01611
Ain Souda	78.80	16.50	19.60	3.20	2.30	23	26.43	9.68	0	0	0	402	532	7.85	0.00341
Youkous	77.40	14.50	16.40	4.65	218	25.70	35.80	2	0	0	2.33	395	521	7.4	0.00937
Ifri	81	24	15.8	2.1	265	270	53	15	0.02	0	0	726	1067	7.2	0.01807
Sidi Idriss	38.87	3.16	7.14	0.72	127.18	16.97	10.0	0.15	0.02	0	0	205	270	7.5	0.00434
Mileza	125.9	18.3	1.16	0.21	292.8	6.2	110	13.3	0.001	0	0	568	656	7.2	0.01996
Milok	62.6	5.5	5.7	3.7	118.95	13	72	16.36	0	0	0	298	411	7.56	0.00353
Djerdjra	77	19	43	32	247	69	40	18.52	0.01	0	0	486	652	7.25	0.01501
Djemila	98	20	100	3	281	170	50	5	0	0	0	727	1071	7.04	0.02771
Hammamet	62.87	15.10	13.2	4.40	208.77	20.42	28.00	5.1	0.01	0	0	358	469	7.38	0.00943
Toudja	54.7	15.1	38	0.7	205	53.4	18.5	2	0.02	0	0	182	398	7.83	
Rahabi	84	28	84	2.5	205	125	123	88	0	0.15	0	740	1074	7.90	0.00277
Zouaniz	150	33	43	10	128	146	305	64	0	0.24	0	880	1281	7.76	0.00239
Ain Cuergour	165	51	79	11	315	285	115	56	0	0	0	1086	1584	7.94	0.00388
Ain Dughmane	101	17	33	0.5	119	130	89	29	0	0	0	519	816	7.76	0.00223

**Remarque : les bicarbonates ont été corrigés.**

### 1.6. Critiques des données

La rentabilité des analyses chimiques est contrôlée à l'aide de la balance ionique dont l'expression (Nouar, 2008) est la suivante :

$$BI (\%) = (\sum \text{cations} - \sum \text{anions}) \times 100 / \sum (\text{cations} + \text{anions}) \quad (1)$$



Les analyses pour laquelle la BI est supérieure à 10%, ont été éliminées (O.M.S, 1993).

Les principales causes d'erreur sont dues :

- A une erreur systématique liée à la méthode de mesure appliquée à l'observation.
- Au fait que certains éléments n'ont pas été dosés.
- A l'évolution du chimisme du au dégazage de l'eau suite a une variation de température.

Le tableau 3 récapitule l'erreur pour chaque analyse.

**Tableau 3: Balance ionique:  $\kappa$  ,**

Source	Erreur sur la balance ionique %
Sidi Okba	1
Ayrise	10
Saida	0
Manbaa	5
Sidi Lekbir	3
Thevest	1
Lalla Khedidja	6
Sidi Rached	0
Batna	2
Guedila	5
Qniaa	8
Ain Souda	10
Youkous	6
Ifri	5
Sidi Idriss	5
Mileza	2
Milok	2
Djurdjura	9
Djemila	2
Hammamet	4
Toudja	8
Rahabi	3
Zouaniz	5
Ain Guergour	2
Ain Doghmane	0

### 1. 7. Résultat et Discussion

La discussion des analyses représentant les sources minérales et les sources ordinaires et se reportent sur salinité (TDS), le pH, le chlorure, sulfate, bicarbonates,

de calcium, de sodium, de magnésium, de potassium, silice et fluor. Les données recueillies représentent des sources proviennent des différents endroits du tell.

## 1.8. Paramètres physico-chimiques

### 1.8.1. pH et CE

Le pH des eaux de ces sources sont neutres à légèrement alcalin. Les valeurs de pH compris entre 6,9 et 7,94 pour l'ensemble des eaux des sources considérées. Quand aux conductivité, elle varie entre 270 (source Sidi Idriss) à 1524 us/cm à Ain Guergour.

### 1.8.2. Substance des sels dissous (TDS)

TDS est la quantité totale des sels dissous dans l'eau. La valeur du TDS varie entre 182-1086 mg/L. La plus haute concentration est rencontrée à la source Ain Guer gour (tableau 1).

### 1.8.3 .Les éléments majeurs

#### Le calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ )

Les concentrations varient entre 53-165 mg/L. La plus haute valeur provient de la source Ain Guergour.

#### Magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) :

Les teneurs oscillent entre 3,16- 51 mg/L. La plus haute valeur provient de la source Ain Guergour.

**Sodium :  $\text{Na}^+$**  : Il varie entre 5.5 (source Milok) et 100 mg/L à la source Djemila.

**Potassium ( $\text{K}^+$ )**: il montre des valeurs relativement faible, comparé aux autres cations et les concentrations oscillent dans la fourchette de 0,21-11 mg/L.

**Bicarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ )**: exhibent des valeurs variant entre 119 à la source Ain Doghmane et 378,2 mg/L et le maximum provient des sources Batna.



**Chlorures (Cl<sup>-</sup>):** Les chlorures variant entre 6,2-285 mg/L. une seule forte valeur dépasse le standard de l'OMS qui est de 250 mg/L.

**Sulfates (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>):**

De même, les sulfates exhibent des valeurs qui varient entre 7-445 mg/L et les plus fortes valeurs proviennent de la source Sidi Okba. Au delà de 250 mg/L les sulfates ont un effet sur la santé: effet purgatif, irritation gastro-intestinale.

**Nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>):**

Les nitrates présentent des valeurs oscillantes entre 0-88 mg/L et sont en dessous du Standard toléré par l'OMS de 45 mg/L (OMS, 2010). Au delà de cette concentration les nitrates deviennent dangereux et provoquent des maladies en l'occurrence le cancer, l'hypertension chez l'adulte et le baby blue chez l'enfant (méthémoglobinémie du nourrisson); les nitrates réduits en nitrites dans l'intestin se fixent sur l'hémoglobine et diminuent le transfert d'oxygène.

**Silice (SiO<sub>2</sub>):**

Selon les analyses, la silice est présente dans les eaux des sources de avec des teneurs de 0-12 mg/L. C'est un oligo-élément indispensable à l'homme qu'il faut le consommer avec modération. Il n'est délimité par aucune norme.

**Fluor (F<sup>-</sup>):**

Il est existant dans la croûte terrestre et se trouve dans les eaux naturelles par processus naturel. Les fortes teneurs en fluor permettent de développer la maladie de dents (fluorose).

La variation de la concentration du fluor varie entre 0-1,2 mg/L et ne dépassent pas les 1.50 mg/l tolérée par l'OMS (OMS, 2010).

**Nitrite ( $\text{NO}_2^-$ )** : cet élément varie entre 0 et 0.15 mg/L. les nitrites ont probablement une origine extérieure et qui est due à une pollution humaine ou animale.

### 1.9. Diagrammes de Stiff

Selon le diagramme (Figure 1) permet de donner la classification des anions et cations sur leur fortes a faible concertation. Il en ressort des diagrammes (Figure 1) la classification suivante :

- Pour les cations, on a la classification suivante  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ .
- Pour les anions, on a les Bicarbonates, chlorures, sulfate,

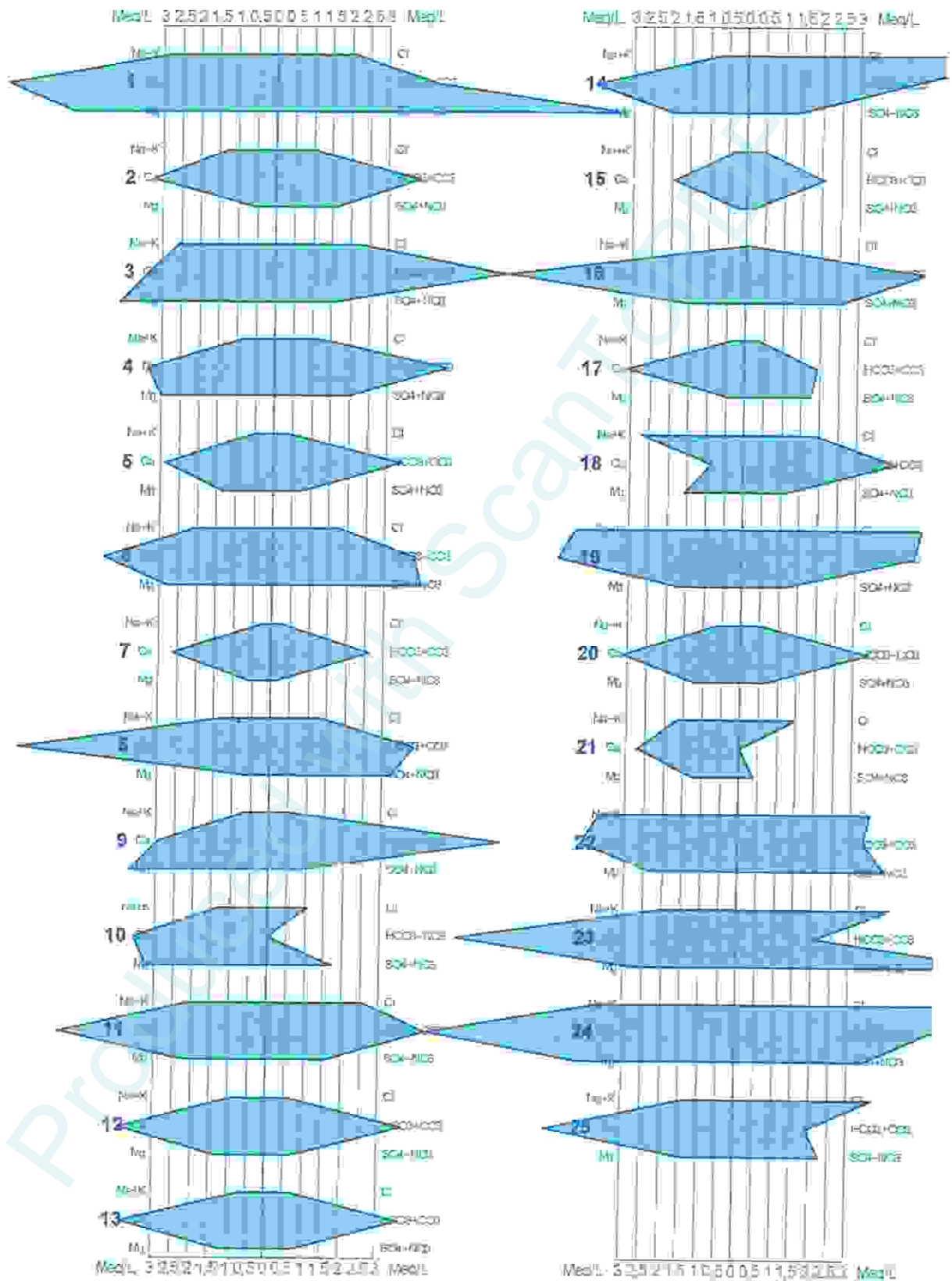


Figure 1 : Diagramme De Stiff

### 1.9. Facies hydro chimique

La nature géochimique et la relation entre les ions dissous dans l'eau peuvent être évalués par le diagramme triangulaire de Piper (1944). Ce diagramme permet de décrire la relation entre cations et anions et la représentation de la composition de l'eau tout en respectant la position des cations et les anions dans le diagramme. La figure permet de dégager deux types de faciès ou faille d'eau (Figure 2):

- Faciès : chloruré sulfaté et calco-magnésien
- Faciès : bicarbonaté calcique
- Faciès mixte (source Qaniaa)

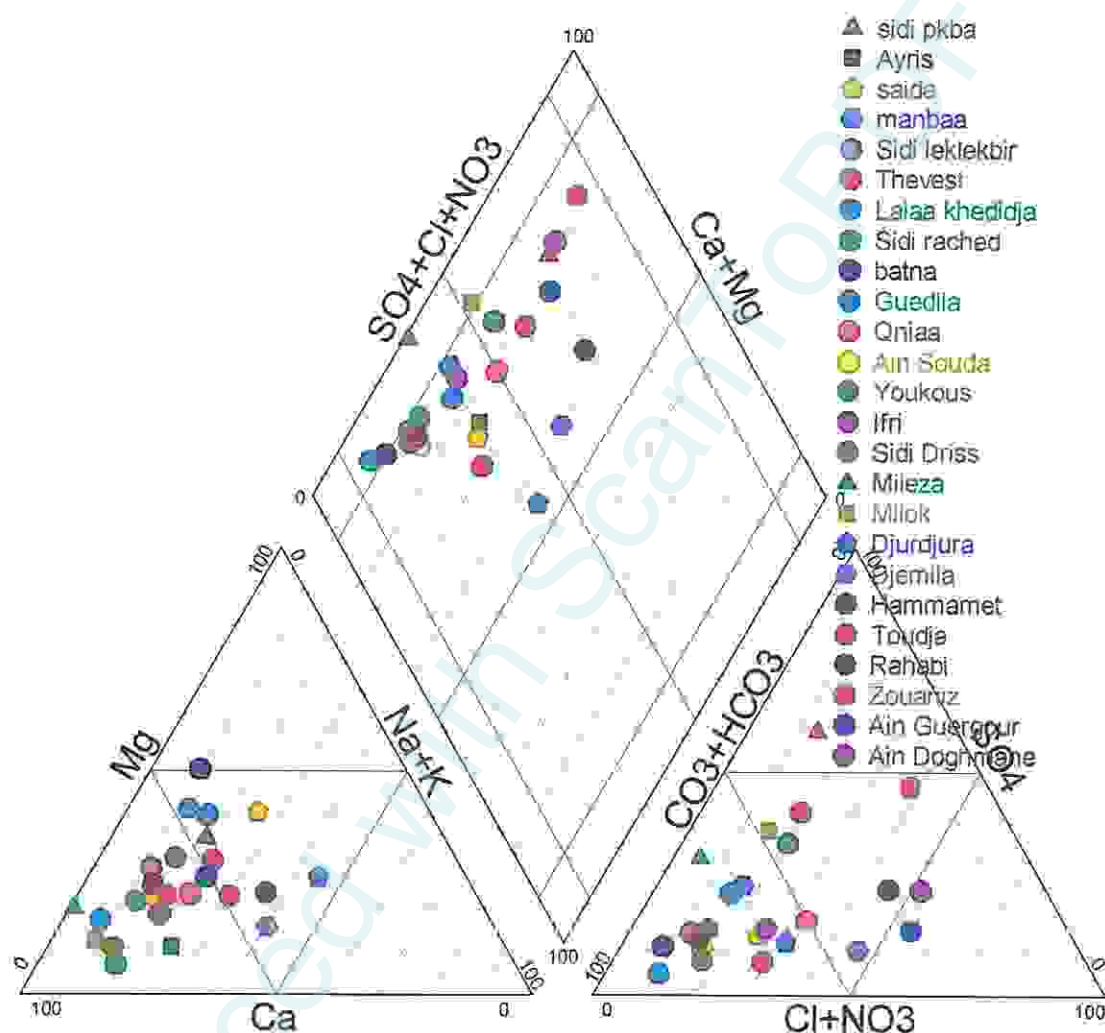


Figure 02 : Diagramme de Piper

Dans l'ordre de déterminer la salinisation, le rapport  $Ca/Mg$  et  $Na/Cl$  ont été calculés. Tous les échantillons ont un rapport  $Ca/Mg$  supérieur à 1 indiquant l'influence des carbonates sur la composition des eaux de ces sources (tableau 4). De même les valeurs des rapports  $Na/Cl$  présentent des valeurs inférieure à l'unité témoignant la fraîcheur des eaux (eaux récentes).



Tableau 4 : Rapport  $rCa^{+2}/rMg^{+2}$  et  $rNa^+/rCl^-$

Source	$Ca^{+2}/Mg^{+2}$	$rNa^+/rCl^-$
Sidi Okba	1,31	0,089
Ayrisse	5,85	0,2457
Saida	0,78	0,1121
Manbaa	1,11	0,0970
Sidi Lekbir	2,14	0,2695
Thevest	1,58	0,1214
Lalla Khedidja	4,56	0,2496
Sidi Rached	12,2	0,1135
Batna	0,78	0,2781
Guedila	1,09	0,1526
Qniaa	2,49	0,0847
Ain Souda	2,87	0,2454
Youkous	3,22	0,1856
Ifri	2,02	0,0149
Sidi Idriss	7,46	0,2846
Mileza	4,13	0,0435
Milok	6,95	0,2836
Djurdjura	2,43	0,2956
Djemila	2,95	0,0848
Hammamet	2,51	0,4401
Toudja	2,18	0,1953
Rahabi	1,80	0,1040
Zouaniz	2,72	0,0456
Ain Guergour	1,94	0,0297
Ain Doghmane	3,58	0,0500

#### 1.10 .Reconstitution en sels

La reconstitution est un outil hypothétique qui permet de mettre en évidence les sels dissous responsable de la minéralisation actuelle des eaux. Cette reconstitution est mise en évidence par le diagramme Stabler (figure 3 ). Il en ressort de la figure que les sels responsable de la minéralisation sont données dans le tableau 5 .

Tableau 5 : Reconstitution en sels des sources  $\alpha$

Reconstitution en sels	sources
Ca (HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> , CaCl <sub>2</sub> , MgCl <sub>2</sub> , NaCl	04
Ca (HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> , CaSO <sub>4</sub> , MgCl <sub>2</sub> , NaCl	05
Ca (HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> , Mg(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> , Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , NaCl, NaHCO <sub>3</sub>	01
Ca (HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> , Mg(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> , MgCl <sub>2</sub> , NaCl	02
Ca (HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> , Mg(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> , MgSO <sub>4</sub> , MgCl <sub>2</sub> , NaCl	03
CaSO <sub>4</sub> , CaCl <sub>2</sub> , MgCl <sub>2</sub> , NaCl	01
Ca (HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> , CaSO <sub>4</sub> , MgSO <sub>4</sub> , Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , NaCl	03
Ca (HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> , Mg(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> , MgSO <sub>4</sub> , Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , NaCl	02
Ca (HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> , Mg(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> , MgSO <sub>4</sub> , MgCl <sub>2</sub> , NaCl	01
Ca (HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> , Mg(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> , MgSO <sub>4</sub> , NaCl	02
Ca (HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> , CaSO <sub>4</sub> , MgCl <sub>2</sub> , NaCl	01

## **CHAPITRE 2 : ETUDE HYDROCHIMIQUE**

Produced with ScanTOPDF

## CHAPITRE 2 : ETUDE HYDROGEOCHIMIQUE

Dans ce chapitre nous étudions grâce au calcul thermodynamique l'influence de l'interaction eau-roche sur la composition chimique de l'eau.

Les calculs de la pression partielle du CO<sub>2</sub>, et des indices de saturation de certains minéraux ont été effectués en utilisant le programme de diagramme (Simler, 2008)

### 2.1. Les pressions partielles de CO<sub>2</sub> (PCO<sub>2</sub>)

Elle représente la pression partielle d'une phase gazeuse associée à la solution. Les études menées sur la source du CO<sub>2</sub>, ont montré que ce gaz provient de deux sources principales (processus complémentaire). La respiration des racines des végétaux et de l'activité microbologique.

Le gaz carbonique est toujours produit dans le sol et non dans sa phase gazeuse, il devient donc un bon traceur dans les eaux (Mudry, 1987).

### 2.2. Indice de saturation

Il décrit l'état d'équilibre, de sous saturation ou de sursaturation ou d'équilibre d'une eau avec la phase minérale. On le définit à l'aide de la relation suivante:

$$IS = \log IAP / \log K(T)$$

K (T) = constant d'équilibre pour la solution du minéral à la température de l'eau de formation.

IAP = produit de l'activité ionique de l'espèce aqueuse dans laquelle le minéral se dissocie. Dans les solutions diluées, l'activité correspond à la concentration.

Exemple pour la calcite (CaCO<sub>3</sub>)

$$\log IAP = \log (\text{activité de Ca}^{+2} \times \text{activité de CO}_3)$$

Afin de bien identifier les processus géochimiques responsables de l'évolution chimique observée dans les eaux des sources, on a calculé, à partir



des données analytiques relatives à l'échantillonnage, l'état de saturation des minéraux qui réagissent la composition de ces sources.

La simulation numérique a été réalisée à l'aide du logiciel PHREEQC (Parkhurst et al. 1990). Les valeurs obtenues de l'indice de saturation pour la calcite, l'aragonite, la dolomite et le gypse ainsi que la pression partielle de CO<sub>2</sub>, sont réunies dans le tableau. Sur ce tableau, il est clair que la majorité des eaux sont sursaturées en calcite, aragonite et dolomite ce qui leur confère un appauvrissement en calcium et magnésium.

Les indices de saturation obtenus pour l'anhydrite et le gypse, démontrent une sous-saturation généralisée en ces minéraux qui est, peut-être, à l'origine des hautes teneurs obtenues en calcium et en sulfates. Les valeurs obtenues de la pression partielle en CO<sub>2</sub> varient entre et de (-1.350 et -2.395 en valeur logarithmique atm). On peut noter que cette pression est en général faible dans la majorité des points d'eau étudiés

**Tableau 6: indice de saturation des eaux de sources**

Site	Anhydrite (CaSO <sub>4</sub> )	Aragonite CaCO <sub>3</sub>	Calcite CaCO <sub>3</sub>	Dolomite MgCa CO <sub>3</sub>	Gypse (CaSO <sub>4</sub> · 18H <sub>2</sub> O)
Sidi Okba	-1,13	-0,16	-0,01	-0,03	-0,91
Ayrise	-1,96	0,33	0,47	0,31	-1,74
Saida	-2,13	0,22	0,37	0,95	-1,91
Manbaa	-1,94	0,21	0,36	0,79	-1,72
Sidi Lekbir	-2,38	0,08	0,22	0,25	-2,16
Thevest	-1,56	0,38	0,52	0,97	-1,34
Lalla Khedidja	-3,00	-0,41	-0,27	-1,07	-2,78
Sidi Rached	-1,49	0,20	0,35	-0,26	-1,27
Batna	-2,36	-0,40	-0,26	-0,28	-2,14
Guedila	-1,94	-0,02	0,12	0,34	-1,76
Qniaa	-1,89	0,03	0,17	0,08	-1,67
Ain Souda	-2,36	0,46	0,60	0,89	-2,14
Youkous	-2,22	0,01	0,15	-0,07	-2,00
Ifri	-2,03	-0,05	0,09	-0,08	-1,81
Sidi Idriss	-2,93	-0,35	-0,21	-1,16	-2,71
Mileza	-1,62	0,09	0,24	-0,01	-0,40
Milok	-1,96	-0,17	-0,03	-0,76	-1,74
Djurdjura	-2,20	-0,15	-0,01	-0,28	-1,98
Djemifa	-2,07	-0,19	-0,05	-0,44	-1,85
Hammamet	-2,38	-0,10	0,04	-0,19	-2,16
Toudja	-2,64	0,39	0,53	0,85	-2,42
Rahabi	-1,76	0,44	0,58	1,03	-1,54
Zouaniz	-1,21	0,29	0,43	0,54	-0,99
Ain Guergour	-1,62	0,90	1,04	1,92	-1,40
Ain Doghmane	-1,77	0,18	0,32	0,21	-1,55



Tableau 7 : pression partielle valeur logarithmique

Source	Log pCO <sub>2</sub>
Sidi Okba	-2.395
Ayrise	-1.623
Saida	-1.110
Manbaa	-1.884
Sidi Lekbir	-1.752
Thevest	-1.629
Lalla Khedidja	-2.0188
Sidi Rached	-2.0165
Batna	-2.713
Guedila	-2.139
Qniaa	-2.209
Ain Souda	-1.534
Youkous	-1.973
Ifri	-2.258
Sidi Idriss	-1.639
Mileza	-2.302
Milok	-1.549
Djurdjura	-2.178
Djemila	-2.444
Hammamet	-1.975
Toudja	-1.967
Rahabi	-1.444
Zouaniz	-1.380
Ain Guergour	-1.590
Ain Doghmane	-1.350

Les valeurs obtenues de la pression partielle en CO<sub>2</sub> varient entre et de (-1.350 et -2.395 en valeur logarithmique). On peut noter que cette pression est en général faible dans la majorité des points d'eau étudiés et sont inférieures à -3.5 ce qui suggère une alimentation récente et que les eaux sont riches en le gaz carbonique (figure4).

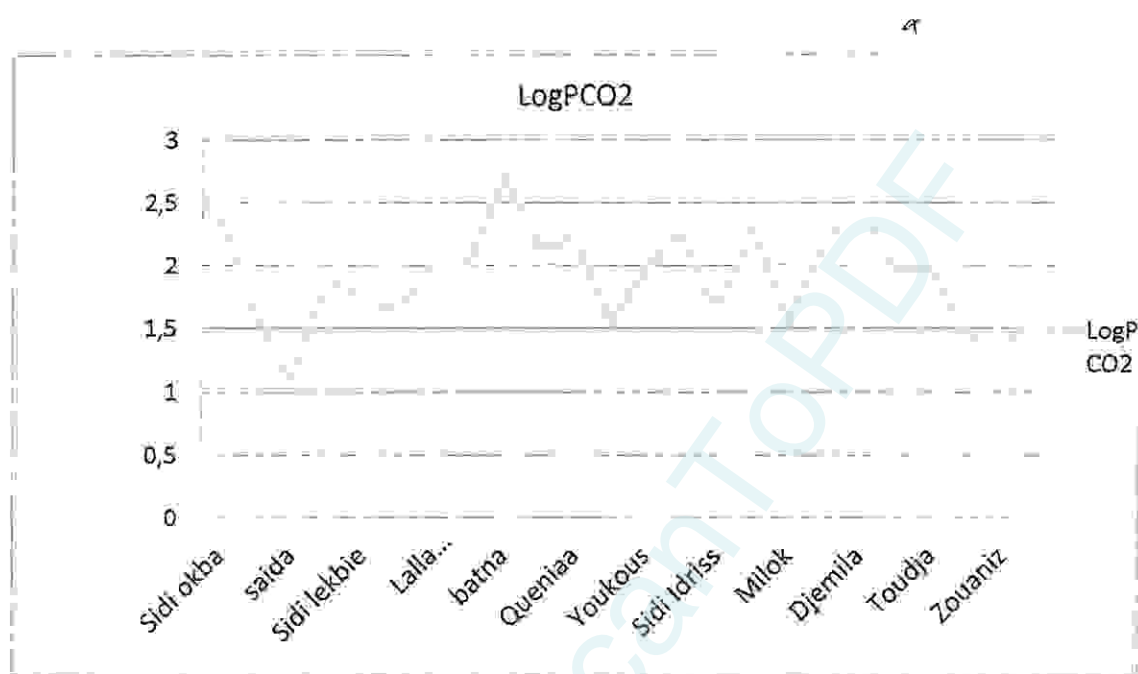


Figure. 4: Distribution des pressions partielles du CO2 (on log )

Lire les valeurs négatives sur le graphe

### 2.3. Utilisation de l'eau

La destination de l'eau tant pour l'irrigation, l'industrie et comme pour la potabilité est conditionné par les conditions physico-chimique et doivent remplir certains conditions spécifiques.

#### 2.3.1. Qualité de l'eau pour la Potabilité

##### La dureté de l'eau

La dureté de l'eau est définie comme l'inhibition de l'action du savon dans l'eau en raison de la précipitation de magnésium et sels de calcium, tels que les carbonates, les sulfates et les chlorures. Cette dureté pourrait être temporaire ou permanente.

Le TH varie entre 67.074 - 626.172 mg/L. La plus grande valeur se situe au niveau de la source de Sidi-Okba et la plus petite valeur au niveau de la source de Sidi-Lekbir.

### Comparaison des paramètres avec les normes de l'OMS

Le tableau ci-dessous énumère la comparaison des analyses physico-chimiques des eaux avec les normes de l'OMS (2010).

**Tableau 9 : comparaison des analyses physico-chimiques des eaux avec les normes de l'OMS (2010).**

Eléments majeurs	Minimum	Maximum	O.M.S (2010)	Observation
pH	6.9	7.94	6,5-9.2	
CE	270	1584	1500	01 source polluée
TDS	182	1086	1500	
F	0	1.2	1.5	
Cl <sup>-</sup>	6.2	285	250	01 source polluée
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	7	445	200	01 source polluée
HCO <sub>3</sub>	0	378.2	600	
NO <sup>3-</sup>	0	88	45	03 sources pollution
SiO <sub>2</sub>	0	12	-	
Ca <sup>2+</sup>	53	165	200	
Mg <sup>2+</sup>	3.16	65.4	150	
K <sup>+</sup>	0.21	11	200	
Na <sup>+</sup>	1.16	100	100	
TH	11	63	500	3 sources polluées

### 2.3.2. Critères des eaux d'irrigation

L'utilisation des eaux trop chargées en sels peut engendrer divers problèmes pédologiques et agronomiques. Les principaux paramètres caractérisant une eau d'irrigation selon (FAO, 1976)

#### 2.3.2.1. La conductivité

Les sels dissous conditionnent la pression osmotique qui peut lorsqu'elle est trop élevée rendre l'absorption de l'eau du sol par les plantes. Par conséquent, elle va entraîner une baisse de rendements des cultures.

La tolérance des cultures à la salinité varie en fonction de l'espèce et du stade végétatif. La période critique se situe de la germination à la fin de la levée.

#### 2.3.2.2. Les éléments toxiques

Les concentrations importantes, accumulées dans le tissu végétatif en chlorures, sodium et bore engendrent des brûlures et dépérissement des feuilles .

#### 2.3.2.3. Influence sur la perméabilité

Celle-ci est liée à l'ion sodium dont la présence entraîne des changements importants dans la structure et l'aération du sol. Il est absorbé par les argiles provoquant ainsi l'asphyxie des racines, donc la perte souvent du périmètre irrigué (Todd, 1980).

Le risque de baisse de perméabilité est évalué par le coefficient d'absorption du sodium SAR(Sodium absorption ratio) défini par la relation :

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}} \text{ méq/l}$$

**Tableau 10 : Pourcentage du sodium et SAR**

Source	Na <sup>+</sup> %	S.A.R (méq/L)
Sidi-Okba	18.81	1.168
Ayris	25.56	0.6736
Saida	25.57	1.337
Manbaa al ghezlane	11.94	0.4857
Sidi Lekbir	11.32	0.3724
Thévest	22.23	1.0950
Lalla Khedidja	7.49	0.2061
Sidi-Rached	15.90	0.7215
Batna	16.97	0.7486
Guedifa	16.33	0.7253
Qniaa	21.96	1.1142
Ain-Souda	15.71	0.6079
Youkous	13.73	0.4921
Ifrj	11.39	0.4473



**Caractérisation Physico-chimique et microbiologique des eaux des sources minérales et des sources ordinaires**

Sidi Idriss	13.38	0.3247
Mileza	0.74	0.0298
Milok	10.21	0.3047
Djurdjura	57.36	2.9709
Djemila	40.56	2.472
Hammamet	25.09	0.9885
Toudja	29.3	1.587
Rahabi	36,64	2.0856
Zouaniz	18,77	1.0159
Ain Guergour	23,82	1.546
Ain Doghmane	18,33	0.8068

Les valeurs SAR sont faible et inférieures à 10 méq/L.3 ce qui implique qu'il ya absence de danger alcalin est prévu pour les cultures. Si l'eau utilisée pour l'irrigation est riche en Na + et pauvre en Ca<sup>2+</sup>, le complexe d'échange d'ions peut devenir saturée d'ions Na +, qui détruit la structure du sol, en raison de la dispersion des particules d'argile (Rao 2006).

#### 2.3.2.4. Classification des eaux d'irrigation

Plusieurs auteurs ont préconisé des méthodes d'aptitude des eaux d'irrigation. Ils tiennent tous compte de la teneur en sodium et la salinité totale des eaux. Le tableau 18 condense de certains paramètres qui influencent la production agricole selon les directives de la FAO (1976,1985) in Nouar 2008.

**Tableau 11 : Directives pour l'interprétation de la qualité d'une eau d'irrigation**  
(D'après FAO, 1976,1985)

	Pas de problème	Problème croissant	Problème graves
CE (ms/cm)		0,7 à 3	>3
SAR		3 à 9	>9



### Application

En tenant compte des analyses, le tableau récapitule les valeurs des paramètres exigés par la FAO. La comparaison des valeurs avec celles de la FAO (tableau 13) donne :

- Selon la CE, 4 échantillons posent des problème croissant et le reste ne pose aucun problème.

**Tableau 12** : comparaison des valeurs de la FAO et l'analyse

	Pas de problème	Problème croissant	Problème Graves	Donnée
CE (ms/cm)	Tous les échantillons moins les quatre	4 échantillons	00	00
SAR	Tous les échantillons	00	00	00

### Pourcentage en sodium soluble

La concentration de sodium joue un rôle important dans l'évaluation de la qualité des eaux souterraines pour d'irrigation en raison de sodium haute rend le sol dur aussi bien que réduit sa perméabilité (Nouar, 2008). Le taux en Na indique que la plupart des échantillons sont propres à l'irrigation et en dessous de la limite autorisée de 50%. Seuls un échantillon est au dessus de la limite autorisée. Lorsque la concentration de sodium est élevée dans l'eau d'irrigation, des ions sodium a tendance à être absorbé par les particules d'argile, déplaçant de magnésium, et des ions calcium. Ce processus d'échange de Na<sup>+</sup> dans l'eau pour Ca<sup>2+</sup> et Mg<sup>2+</sup> dans le sol réduit la perméabilité et, éventuellement, les résultats dans le sol et un drainage interne pauvres (Nouar, 2008). Excédent Na<sup>+</sup>, combinant avec du carbonate, conduit

à la formation des sols alcalins, tandis qu'avec Cl-sols salins sont formés. Ni le sol sera de soutenir la croissance des plantes.

**Tableau 13 : Taux en Sodium %**

Source	Na %	CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )
Sidi Okba	18.81	1422
Ayris	25.56	579
Saida	25.57	943
Manbaa	11.94	715
Sidi Lekbir	11.32	469
Thévest	22.23	913
Lalla Khedidja	7.49	316
Sidi-Rached	15.90	823
Batna	16.97	675
Guedila	16.33	534
Qniaa	21.96	877
Ain-Souda	15.71	532
Youkous	13.73	521
Ifri	11.39	1067
Sidi Idriss	13.38	270
Mileza	0.74	656
Milok	10.21	411
Djerdjra	57.36	652
Djemila	40.50	1071
Hammamet	25.09	469
Toudja	29.3	398
Rahabi	36.64	1074
Zouaniz	18.77	1281
Ain Guergour	23.82	1584
Ain Doghmane	18.33	816

#### **Diagramme de Wilcox**

La conductivité et le SAR permet de d'évaluer la qualité de l'eau pour l'irrigation (Wilcox, 1948). Il en ressort du diagramme de Wilcox 2 groupes d'échantillons :

Groupe1 : est caractérisé par une moyenne salinité et est dans C2

Groupe2 : est caractérisé par une forte salinité (SAR) et est dans C3.

La combinaison de la conductivité et du SAR t peuvent évaluer la qualité de l'eau pour l'irrigation. Ainsi 2 groupes apparaissent

**C2S1** : moyenne salinité et très faible taux de sodium. Ce groupe peut être utilisé sans danger pour l'irrigation de la plupart des cultures sur la plupart du sol " sans restriction.

**C3 S1** : indiquant haute salinité et faible taux de sodium dans l'eau. Ces eaux peuvent être utilisées pour l'irrigation des plantes tolérantes aux sels , cependant leur utilisation peuvent générer des problèmes des argiles.

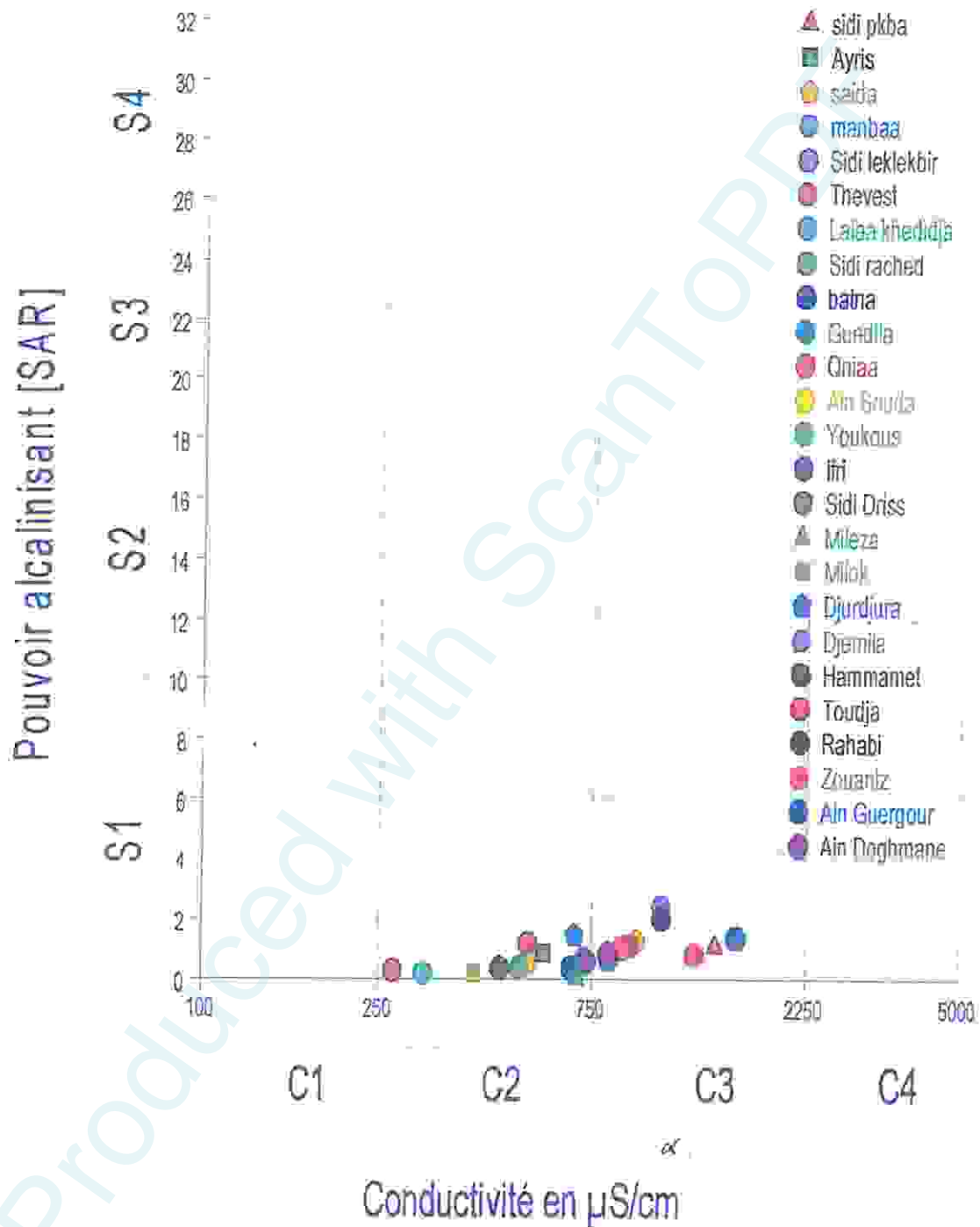


Figure 5 : Diagramme de Wilcoxon

## **CHAPITRE 3 : ETUDE BACTERIOLOGIQUE**

Produced with ScanTOPDF



## CHAPITRE 3 : ETUDE BACTERIOLOGIQUE

### Introduction

Les bactéries dans l'eau peuvent avoir trois origines différentes:

- Origine purement aquatique.
- Origine terrestre.
- Origine animale ou humaine: ce sont des germes de contamination; le plus souvent fécale, parfois rhino-pharyngée dont la température de développement est au voisinage de 37°C et qui sont accoutumés à un milieu nutritif (matière fécale) riche en matière organique. (Sayad, 2008).

### 3.1. Les coliformes:

Les coliformes sont des bacilles à Gram négatifs, aérobies ou anaérobies facultatif, non sporulés, ne possédant pas d'oxydase, capables de se multiplier en présence de sels biliaires et capables de fermenter le lactose avec production d'acides et de gaz en 24 à 48 heures à une température comprise entre 36 et 37°C. (Camille, 2003; Carboneille, 1998).

### 3.2 Les coliformes fécaux:

Les coliformes fécaux, ou coliformes thermo-tolérants, sont un sous-groupe des coliformes totaux capable de fermenter le lactose à une température de 44°C. L'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est *Escherichia coli* (*E. coli*), dans une moindre mesure, certaines espèces des genres *Citrobacter*, *Enterobacter* et *Klebsiella*. (Roux, 2003). La bactérie *E coli* représente toute fois 80 à 90% des coliformes fécaux détectés bien que la présence de coliformes fécaux témoigne habituellement d'une contamination d'origine fécale. (Camille, 2003; Carboneille *et al.*, 1998 et Archibald F. *et al.*, 2003).

Les *Escherichia coli* sont des coliformes thermo-tolérants ayant la particularité de produire de l'indole à partir du tryptophane présent dans le milieu à une température comprise entre 42 ± 2°C. (Bourgeois *et al.*, 1980; Denis *et al.*, 1983).

### 3.3 Les streptocoques fécaux:

Les streptocoques fécaux ou streptocoques du groupe «D» de la classification de Lancefield, ou encore les entérocoques intestinaux, sont des bactéries qui se présentent sous forme de cocci à Gram positive, sphériques ou ovoïdes formant des chainettes, (Bourgeois et Leveau, 1980) ne possédant pas de catalase mais possédant l'antigène du groupe D. Ils sont capables de se développer en 24 à 48 heures à 37°C sur un milieu sélectif à l'azoture de sodium en donnant des colonies caractéristiques réduisant le TTC et qui de plus hydrolysent l'esculine en 2heures à 44°C. (Labres *et al*, 2008).

### 3.4 Méthodes d'analyse bactériologiques de l'eau:

L'étude de la variation de la population bactérienne globale, le dénombrement et la recherche des bactéries d'origine fécale et la recherche des bactéries pathogènes sont les grandes lignes des analyses bactériologiques des eaux. (Guiraud, 1998).

#### 3.4.1 Evaluation des germes totaux (GT):

Cette méthode consiste à la recherche et le dénombrement des microorganismes revivifiables dans les eaux par comptage des colonies à 22° et à 37°C.

#### Mode Opératoire

A partir de l'eau à analyser (Solution mère = 1) et/ou des dilutions décimales  $10^{-1}$  et  $10^{-2}$ , porter aseptiquement 1 ml en double dans deux boîtes de Pétri vides, numérotées et préparées à cet usage comme l'indique le schéma ci-après. (Figure.06)

Compléter ensuite avec environ 19 ml de gélose TGEA fondue puis refroidie à  $45 \pm 2^\circ\text{C}$ . Le temps qui s'écoule entre le moment où l'on a distribué

l'inoculum dans la boîte et celui où le milieu est coulé ne doit pas excéder 15 minutes.

Faire ensuite des mouvements circulaires et de va-et-vient en forme de « 8 » sur une surface horizontale pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose. Laisser solidifier les boîtes sur la pailleasse.

Les boîtes seront partagées en deux séries distinctes :

- La première série sera incubée à  $22 \pm 2^\circ\text{C}$  pendant  $68 \pm 4$  heures,
- La seconde série sera incubée à  $36 \pm 2^\circ\text{C}$ , pendant  $44 \pm 4$  heures.

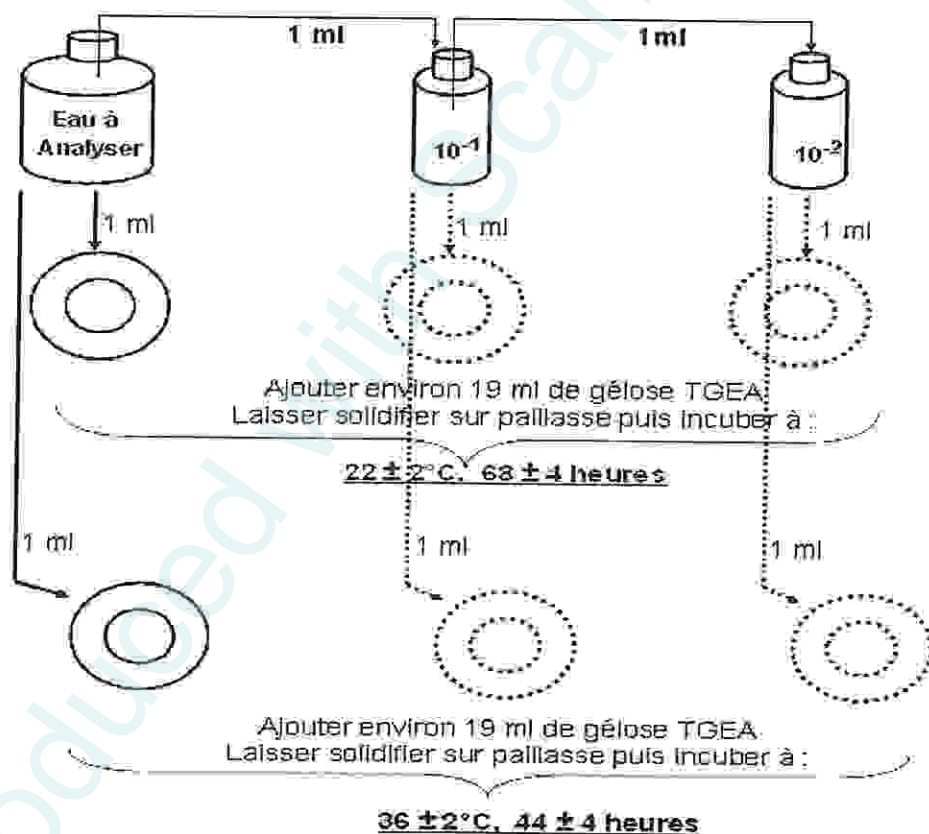


Figure 6 : Recherche et dénombrement des micro-organismes revivifiables à 22 et à 37°C dans les eaux. (Labres *et al.*, 2008)

Les colonies de microorganismes revivifiables apparaissent en masse sous formes lenticulaires et bien distinctes. Retenir les boîtes contenant moins de 300



colonies, au niveau de deux dilutions successives. Il faut qu'une boîte renferme au moins 15 colonies.

Calculer ensuite la valeur du nombre **N**, de microorganismes revivifiables à  $22 \pm 2^\circ\text{C}$  à part et celle du nombre **N** de microorganismes revivifiables à  $36 \pm 2^\circ\text{C}$  à part, en tant que moyenne pondérée, à l'aide de l'équation suivante :

$$N = \frac{\sum c}{1,1 \times d}$$

Où

:

$\sum c$  : est la somme des colonies dénombrées sur deux boîtes de dilutions successives retenues.

**d** : est le taux de dilution correspondant à la première dilution.

Arrondir les résultats calculés à deux chiffres significatifs après la virgule.

Le résultat final de microorganismes revivifiables dénombrés à  $22^\circ\text{C}$  et à  $37^\circ\text{C}$  par ml d'eau est noté par un nombre compris entre 1,0 et 9,9 multiplié par  $10^x$  où  $x$  est la puissance appropriée de 10. (Labres *et al.*, 2008).

### 3.5.2 Recherche et dénombrement des coliformes totaux, fécaux avec identification d'*Escherichia coli* en milieu liquide:

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

#### Mode opératoire

La recherche et le dénombrement des bactéries coliformes, coliformes thermo- tolérants et des *Escherichia coli* dans les eaux, en milieu liquide par la



technique du NPP, se fait en deux étapes consécutives :

- Le test de présomption: réservé à la recherche des coliformes.
- Le test de confirmation : réservé à la recherche des coliformes thermotolérants et d'*Escherichia coli*. (Labres *et al.*, 2008; Chaouch, 2007).

#### Ø Test de présomption

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

- 50 ml dans un flacon contenant 50 ml de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham
- 5 fois 10 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham
- 5 fois 1 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham, (Figure 07)

Chassez l'air éventuellement présent dans les cloches de Durham et bien mélangé le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures.

#### Lecture

Seront considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :

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

Ces deux caractères étant témoins de la fermentation du lactose dans les conditions opératoires décrites. (Labres *et al.*, 2008).

La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table du NPP. (Annexe 2)

#### Test de confirmation

Le test de confirmation est basé sur la recherche de coliformes thermo-

tolérants parmi lesquels on redoute surtout la présence d'*Escherichia coli*.

Les coliformes thermo-tolérants ont les mêmes propriétés de fermentation que les coliformes mais à 44°C.

*Escherichia coli* est un coliforme thermo-tolérant qui entre autre :

- produit de l'indole à partir du tryptophane présent dans le milieu à 44°C,
- donne un résultat positif à l'essai au rouge de méthyl.
- ne produit pas de l'acétyl méthyl carbinol,
- n'utilise pas le citrate comme source unique de carbone.

Les tubes de BCPL trouvés positifs lors du dénombrement des coliformes feront l'objet d'un repiquage à l'aide d'une anse bouclée dans tube contenant le milieu Schubert muni d'une cloche de Durham, (Figure 07)

Chasser l'air éventuellement présent dans les cloches de Durham et bien mélanger le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait cette fois-ci au bain Marie à 44°C pendant 24 heures. (Labres *et al.*, 2008).

### Lecture

Seront considérés comme positifs, les tubes présentant **à la fois** :

- § Un dégagement gazeux, et
- § Un anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole par *Escherichia coli* après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kowacs.

La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table du NPP en tenant compte du fait qu'*Escherichia coli* est à la fois producteur de gaz et d'indole à 44°C, pendant 24 heures. (Labres *et al.*, 2008).

### Remarque :

Etant donné que les coliformes fécaux font partie des coliformes totaux, il est pratiquement impossible de trouver plus de coliformes fécaux que de coliformes totaux.

Les résultats sont exprimés en germes par 100ml d'eau analysé. (Labres *et al.*, 2008).

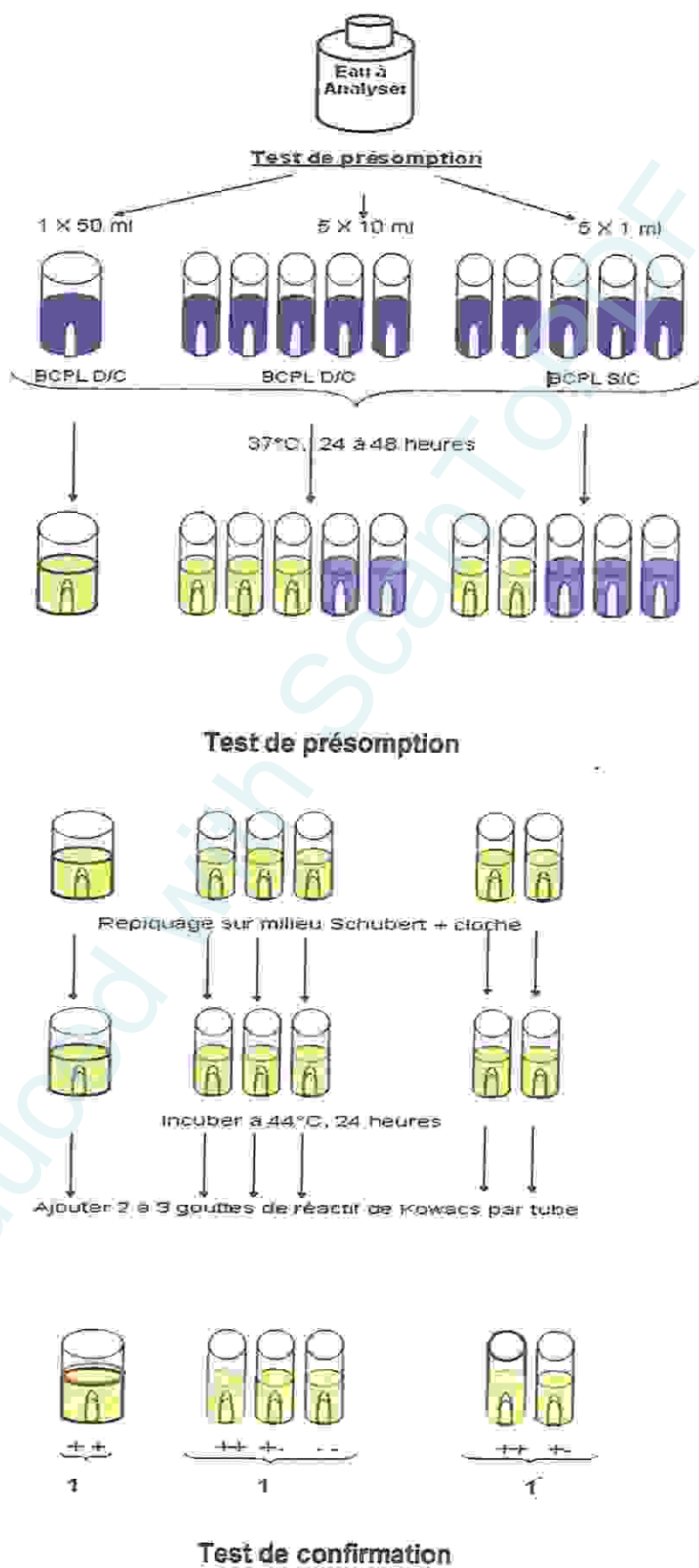


Figure 07 : Organigramme de la NPP (Labres *et al.*, 2008).

### 3.5.3 Recherche et dénombrement des Streptocoques: méthode générale par ensemencement en milieu liquide.

Cette méthode de référence, consiste en la recherche et le dénombrement des entérocoques intestinaux ou streptocoques du groupe « D » de la classification de Lancefield, nommés aussi streptocoques fécaux dans les eaux.

#### Mode opératoire

La recherche et le dénombrement des streptocoques du groupe « D » dans les eaux, en milieu liquide, se fait en deux étapes consécutives :

- Ø Le test de présomption: réservé à la recherche présomptive des Streptocoques.
- Ø Le test de confirmation : réservé à la confirmation réelle des Streptocoques du groupe« D ». (Chaouch, 2007).

#### Ø Test de présomption

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

- 50 ml dans un flacon contenant 50 ml de milieu Rothe D/C.
- 5 fois 10 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu Rothe D/C
- 5 fois 1 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu Rothe S/C. (Fig.12).

Bien mélanger le milieu et l'inoculum.

L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures. (Labres *et al.*, 2008).

#### Lecture

Seront considérés comme présomptifs les tubes présentant un trouble microbien ;

seulement ces derniers :

- ne doivent en aucun cas faire l'objet de dénombrement
- doivent par contre, absolument faire l'objet d'un repiquage sur milieu Eva-Litsky dans le but d'être justement confirmés.

#### Ø Test de confirmation

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

Les tubes de Rothe trouvés positifs feront donc l'objet d'un repiquage à



l'aide d'une anse bouclée dans un tube contenant le milieu Eva litsky.

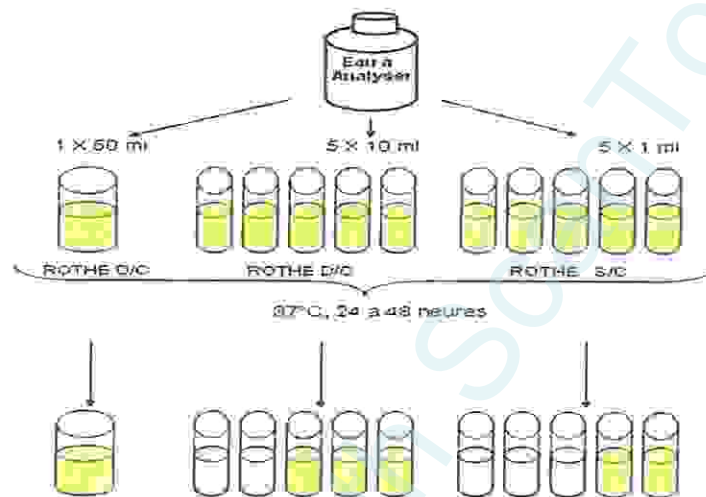
Bien mélanger le milieu et l'inoculum.

L'incubation se fait cette fois-ci à 37°C, pendant 24 heures. (Labres *et al.*, 2008).

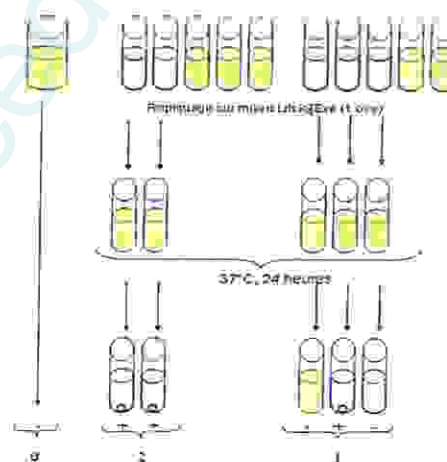
Lecture

Seront considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :

- Un trouble microbien, et
- Une pastille violette (blanchâtre) au fond des tubes.



### Test de présomption



### Test de confirmation

Figure 8 : Organigramme de dénombrement des streptocoques fécaux(Ensemencement en milieu liquide). (Labres *et al.*, 2008).

### 3.5.4 Recherche et dénombrement des spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices et de *Clostridium* sulfito-réducteurs: Méthode par incorporation en gélose en tubes profonds.

Cette méthode consiste à rechercher, et dénombrer les spores des bactéries anaérobies sulfito-réductrices et de *Clostridium* sulfito-réducteurs dans les eaux, par incorporation en gélose en tubes profonds.

#### Définition

On entend par bactéries anaérobies sulfito-réductrices des bactéries qui se présentent sous forme de bacilles à Gram positif et qui en se développant à une température de  $36 \pm 2^\circ\text{C}$  en 24 à 48 heures en gélose profonde de type gélose Tryptose Sulfite Cyclosérine ou Tryptose Sulfite Néomycine ou encore gélose Viande Foie, donnent des colonies caractéristiques qui sont de couleur blanche entourées d'une auréole noire. Cette dernière est le témoin de la réduction du sulfite de sodium ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ) qui se trouve dans le milieu, en sulfure qui en présence de  $\text{Fe}^{2+}$  donne  $\text{FeS}$  (sulfure de fer) de couleur noire. (Labres *et al.*, 2008; Pechère, 1982).

La présence de spores de bactéries ASR dans les eaux, sans flore d'accompagnement, constitue généralement un véritable indice de contamination ancienne.

#### Mode opératoire

A partir de l'eau à analyser :

- Transférer environ 25 ml dans un tube stérile, qui sera par la suite soumis à un chauffage de l'ordre de  $75^\circ\text{C}$  pendant 15 minutes, dans le but de détruire toutes les formes végétatives des bactéries anaérobies sulfito-réductrices éventuellement présentes. Un autre flacon rempli d'une autre eau servira de témoin de température.
- Après chauffage, refroidir immédiatement le flacon destiné à l'analyse, sous l'eau de robinet.
- Répartir ensuite le contenu de ce tube, dans 4 tubes différents et stériles, à raison de 5 ml par tube.

- Ajouter environ 18 à 20 ml de gélose Tryptose Sulfite Cyclosérine ou Tryptose Sulfite Néomycine ou encore gélose Viande Foie, fondue puis refroidie à  $47 \pm 1^\circ\text{C}$ , additionnée de leurs additifs spécifiques.
- Mélanger doucement le milieu et l'inoculum en évitant d'introduire des bulles d'air et de l'oxygène.
- Laisser solidifier sur paillasse pendant 30 minutes environ, puis incuber à  $36 \pm 2^\circ\text{C}$ , pendant  $44 \pm 4$  heures, dans le cas de la gélose Viande Foie. (Labres *et al.*, 2008).

### Lecture et interprétation

La première lecture doit être absolument faite à 16 heures car très souvent les spores des bactéries anaérobies sulfite-réductrices sont envahissantes sinon on se trouvera en face d'un tube complètement noir rendant ainsi l'interprétation difficile voire impossible et l'analyse sera à refaire en utilisant des dilutions décimales de  $10^{-1}$  voire  $10^{-2}$ . La deuxième lecture se fera à 24 heures.

Dénombrer toutes colonies noires de 0,5 mm de diamètre, ayant poussé en masse et rapporter le nombre total des colonies dans les quatre tubes à 20 ml d'eau à analyser. (Labres *et al.*, 2008).

### 2.1. Résultats et interprétation

Les analyses microbiologiques ont été réalisées dans le laboratoire de la direction de la santé de la wilaya de Guelma santé, pour les quatre sources retenues pour cette étude. Les résultats sont consignés dans le tableau

**Tableau 14 : Analyse biologique**

Source	Germes totaux (/100ml)	Coliformes totaux	Coliformes fécaux /100ml	Streptocoque fécaux/100ml
Rahabi	340	35	16	39
Zeouaniz	80	11	92	160
Ain Guergour	120	22	15	92
Ain Doghmane	90	47	22	36

La présence de germes microbiologiques dans les eaux de ces sources est du probablement aux rejets domestiques non canalisé, aux eaux d'irrigation et lessivage des terrains contenant ces germes par la pluie.

Comme pour les analyses chimiques, il est possible de calculer pour les cours d'eau un indice de contamination bactériologique à partir du dénombrement de différents germes dont les principaux, généralement associés à la pollution organique, sont les bactéries totales, les coliformes fécaux et les streptocoques fécaux.

#### Calcul de l'IQM

Les limites des classes (tableau 15) ont été établies par Bovesse et Depelchin(1980)

**Tableau 15 : Répartition des classes**

Classe n°	Germes tot./ml	Colif.f. /ml	Strepto.f. /ml
5	<2000	<100	<5
4	2000-9000	100-500	5-10
3	9000-45000-	500-2500	10-50
2	45000-360000	2500-20000	50-500
1	>360000	>20000	>500



**Caractérisation Physico-chimique et microbiologique des eaux des sources minérales et des sources ordinaires**

En comparaison avec le tableau ci-dessus, les valeurs appartiennent à la classe

**Tableau 16** : répartition des classes et IQM ☒

Source	Germes totaux (/100ml)	Coliformes totaux	Coliformes fecaux /100ml	Streptocoque fecaux/100ml	IQM moyen calculé
Rahabi	340	35 Classe 5	16 Classe 5	39 Classe 3	13/3=4.25
Zeouaniz	80	11 Classe 5	92 Classe 5	160 Classe 2	4
Ain Guergour	120	22 Classe 5	15 Classe 5	92 Classe 2	4
Ain Doghmane	90	47 Classe 5	22 Classe 5	36 Classe 3	4.25

Le tableau ci-dessous récapitule le degré de contamination fécale.

**Tableau 17** : Calcul de l'IQM ☒

IQM	IQM calculé	Contamination fécale
4,3-5,0	4.25.4	Nulle
3,5-4,2		Faible
2,7-3,4		Modérée
1,9-2,6		Très forte
1,0-1,8		Très accentuée

L'IQM calculé pour Les différentes sources est de 4,5 et 4. Par comparaison au classement du tableau 17. L'indice de qualité microbiologique est nul à faible.

L'indice de qualité bactériologique calculé pour les quatre stations donne une moyenne de 4.25. Ce qui traduit par une pollution faible.

### 3.1 Rapport CF/SF:

Selon la classification adoptée par Borrego et Roméro 1982, (in Nouar, 2008) :

- Si  $r < 0.70$  ; entièrement d'origine animale -  $0.7 < r < 1$  ; mixte a prédominance animale
- $1 < r < 2$  ; d'origine incertaine
- $2 < r < 4$  mixte a prédominance humaine
- $r > 4$  source exclusivement humaine

Il en ressort de nos analyses que la contamination fécale est entièrement d'origine animale pour les quatre sources.

**Tableau18** : Rapport CF/SF  $\ll$  .

source	Rapport	Observation
Rahabi	0.48 < 0.7	entièrement d'origine animale
Zeouaniz	0.57 < 0.7	
Ain Guergour	0.16 < 0.7	
Ain Doghmane	0.61 < 0.7	

Conclusion :

L'étude microbiologique a révélé que les eaux des sources de Guelma sont contaminées par les germes totaux, streptocoques fécaux et par les coliformes.

## Conclusions générales

Du point de vue hydro-chimique, la minéralisation est caractérisée surtout par les chlorures, sulfates, calcium et magnésium pour les forages, puits et sources situées au centre du bassin et bicarbonaté calcique et magnésien pour les sources des bordures calcaires du sud-est, sud-ouest et les sources de la frontière Nord.

Les valeurs obtenues de l'indice de saturation pour la calcite, l'aragonite, la dolomite et le gypse ainsi que la pression partielle de  $\text{CO}_2$ , montrent que les eaux de la presque totalité des sources sont quasi sur-saturées en calcite, aragonite et dolomite ce qui leur donne un appauvrissement en calcium et magnésium. Les indices de saturation obtenus pour la dolomite et le gypse, démontrent une sous-saturation généralisée en ces minéraux qui est, peut-être, à l'origine des hautes teneurs obtenues en chlorures, en magnésium, en sodium et en sulfates. Les valeurs obtenues de la pression partielle en  $\text{CO}_2$  sont en général faibles dans la majorité des points d'eau étudiés mais qui reste inférieure à 3.5 ce qui suggère un enrichissement en  $\text{CO}_2$  et une alimentation récente de ces sources.

En général, les eaux sont de bonne qualité pour l'alimentation humaine et agricole sauf pour les sources de Guelma qui présentent une pollution microbiologique. Cette dernière est d'origine animale.

Parkhurst DL, Thorstenon DC, Plummer LN. PHREEQ (1990) A computer program for geochemical calculations. USGS water resources investigations report: 80-96, 1990; 210 p.

Pechère J. C., Acar J., Grenier B. et Nihoul E., (1982). Reconnaître, comprendre et traiter les infections. 4<sup>ème</sup> édition. *Edisem ST-Hyacinthe*. Québec. 509p.

Rajagopal, T. Graham, " Expert opinion and groundwater quality protection. The case of nitrate in Drinking water". *Groundwater* 1989 ; 27

Roux, (2003). TP de microbiologie : Analyses de l'eau. *NOVELLO Célia. IUP SIAL*, Université Paris 12p.

Sayad L., (2008). *Qualité physico-chimique et bactériologie des eaux de l'écosystème lacustre Lac des Oiseaux (wilaya de Taraf)*. Mémoire de Magister. Université Badji Mokhtar Annaba. 125p.

Piper A. M (1944) A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analyses. *Transactions American Geophysical Union*, 25: 914-928.

Todd D.K (1980) *Ground water hydrology*, New York: *Wiley*, pp. 180.

Vila J.M (1980) *La chaîne alpine d'Algérie orientale et des confins algéro-tunisiens*. Thèse de Doctorat és-Sciences, univ. Pierre et Marie Curie. Paris VI, France pp (58-72).

Wilcox, L.V (1948) *The quality of water for irrigation use*. U.S. Department of Agriculture, Technical Bulletin 962. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, pp. 40.

WHO (2010) World Health Organisation. *Guidelines for drinking water quality*, 2<sup>nd</sup> ed., volume2. Health criteria and other supporting information. Geneva, Switzerland, pp (914-928; 1944).



### Résumé

Ce travail, a pour objectif d'étudier les caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques des eaux des sources du Telle algérien. Les résultats de cette étude montrent en général, de la concentration en éléments majeurs qui sont dans les normes de l'OMS.

Les eaux des sources de Guelma présentent pollution bactériologique, avec des concentrations variées, la contamination fécale est avérée par la présence d'un degré modérée en coliformes totaux, Coliformes Fécaux, en Streptocoques fécaux.

**Mots clés:** Physico-chimie, Bactériologie, Tell, Algérie

### Abstract :

This work aims to study the physic-chemical and bacteriological of the water sources in the algerien tell. The results of this study show in general concentrations of majors elements that are within WHO Standards.

The sources water of Guelma present a bacterial pollution, with varying concentration. fecal contamination is proven by the presence of moderate degree of total coliforms, fecal coli forms and fecal streptococci.

**Key words:** physico-chemical, bacteriology, Tell, Algeria

### ملخص

ويهدف هذا العمل لدراسة مصادرة المياه الفيزيائية والكيميائية والجرثومية الجزائري. نتائج هذه الدراسة تظهر بشكل عام، تركيز العناصر الرئيسية التي تدخل في نطاق معايير منظمة الصحة العالمية. مصادر المياه من التلوث الجرثومية الموجودة ببقالة، تظهر تركيز متفاوتة، وقد ثبت تلوث برازي بسبب وجود درجة معتدلة من مجموع القولونيات، القولونيات البرازية، العقديات البرازية فيها.

الكلمات الرئيسية: الكيمياء الفيزيائية، علم الجراثيم، أخير، الجزائر

## Résumé

Ce travail, a pour objectif d'étudier les caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques des eaux des sources du Telle algérien. Les résultats de cette étude montrent en général, de la concentration en éléments majeurs qui sont dans les normes de l'OMS.

Les eaux des sources de Guelma présentent pollution bactériologique, avec des concentrations variées, la contamination fécale est avérée par la présence d'un degré modérée en coliformes totaux, Coliformes Fécaux, en Streptocoques fécaux.

**Mots clés:** Physico-chimie, Bactériologie, Tell, Algérie

## Abstract :

This work aims to study the physic-chemical and bacteriological of the water sources in the algerien tell. The results of this study show in general concentrations of majors elements that are within WHO Standards.

The sources water of Guelma present a bacterial pollution, with varying concentration. fecal contamination is proven by the presence of moderate degree of total coliforms, fecal coli forms and fecal streptococci.

**Key words:** physico-chemical, bacteriology, Tell, Algeria

## ملخص

ويهدف هذا العمل لدراسة مصادر المياه الفيزيائية والكيميائية والجرثومية الجزائري. نتائج هذه الدراسة تظهر بشكل عام، تركيز العناصر الرئيسية التي تدخل في نطاق معايير منظمة الصحة العالمية. مصادر المياه من التلوث الجرثومي الموجودة ببقالة، تظهر تركيز متفاوتة، وقد ثبت تلوث برازي بسبب وجود درجة معتدلة من مجموع القولونيات، القولونيات البرازية، العقديات البرازية فيها.

الكلمات الرئيسية: الكيمياء الفيزيائية، علم الجراثيم، أخير، الجزائر