

REBUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique

Université Blida -1-

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biologie et Physiologie Cellulaire

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU
DIPLOME DE MASTER EN BIOLOGIE

Option : Microbiologie / Bactériologie

THÈME

**Estimation de la qualité physico-chimique et
microbiologique des eaux de l'oued Djemaa (Larbaa)**

Présenté par :

OUCHENE Imene

Devant le Jury composé de :

M^{me} CHELGHOU M .H	MAA	USDB	Présidente
M^{me} HAMAI D. F	MCA	USDB	Promotrice
M^{me} DEBIBE	MCB	USDB	Examinatrice
M^{me} BIREM.Z	MAA	USDB	Examinatrice

Année universitaire 2013/2014

DÉDICACE

*Tous d'abord, je veux remercier Dieu le tous puissant de m'avoir permis
de réaliser ce modeste travail.*

*Je dédie ce modeste travail à mes très chers parents. Ma mère pour m'avoir
mais au monde et pour m'avoir accompagné tout le long de ma vie. Je
lui dois une fière chandelle. Mon père qui sans lui je ne serais
pas arrivé jusqu'ici. J'espère toujours rester fidèle
aux valeurs morales que vous m'avez apprises.*

A ma sœur et mes frères

A tous mes amies et mes collègues.

REMERCIEMENTS

Je remercie Dieu le tout puissant, pour m'avoir donné la santé, le courage et la Volonté d'étudier et pour m'avoir permis de réaliser ce modeste travail dans les meilleures conditions

J'aimerais exprimer ma gratitude à ma promotrice Mme HAMAIDI. F, pour son apport, ses pertinentes critique, conseils, ses corrections et suggestions.

Nous exprimons notre profonde gratitude à Mme CHELGHOUM de nous avoir fait l'honneur de présider le Jury.

Nous remercions vivement les membres du Jury Mme DEBIBE et Mme BIREM de bien vouloir accepter d'examiner ce modeste travail.

Nous ne pouvons pas oublier de présenter nos remerciements et notre reconnaissance à tout le personnel du groupe SAIDAL.

Ainsi que l'ensemble des enseignants du département de Biologie qui ont contribué à notre formation durant les années d'étude, et à tout ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

RÉSUMÉ

Dans le but d'établir un diagnostic de l'état de pollution du cours d'eau Djemaa situé dans la région de Larbaa (Blida), nous avons tenté de suivre l'évolution de la qualité physico-chimique et microbiologique des échantillons d'eau prélevés au niveau de trois stations sur une période s'étalant du mois de Mars jusqu'au mois de Juillet 2014.

Les résultats des analyses physico-chimiques montrent une conformité aux normes nationales et internationales des eaux de surface, sauf pour la conductivité (1011.78 μ S/cm) et les orthophosphates (0.3 mg/l), où ses valeurs ont largement dépassées les normes dans quelques échantillons prélevés.

La recherche microbiologique montre la prédominance des streptocoques fécaux (329.6 UFC/100 ml). L'origine de la pollution fécale est animale due aux nombreux animaux qui viennent s'abreuver au niveau de cet oued. Les *Pseudomonas aeruginosa* était représenté par un nombre de 41.6 UFC/100ml et les levures et moisissures par 35 UFC/100 ml. L'absence des germes pathogènes comme les salmonelles et les vibriions a été signalée.

L'analyse parasitologique par l'observation microscopique a révélé des formes parasitaires représentées essentiellement par des amibes appartenant à l'espèce *Entamoeba coli*. Nous avons noté l'absence des œufs d'helminthes.

La qualité de l'eau de cet oued a été évaluée à l'aide du Système d'Evaluation de la Qualité des eaux littorales (SEQ Littoral, 2003), l'Indice de Pollution Organique (IPO) et par l'Indice de qualité microbiologique (IQM), et montre que les eaux superficielles de l'oued Djemaa utilisées en irrigation des cultures, à l'abreuvement des animaux et pour la baignade sont globalement de bonne à très bonne qualité.

Mots clés : Oued Djemaa, Larbaa, paramètres physico-chimiques et microbiologiques, SEQ, IPO, IQM.

ABSTRACT

The aim is the study the state of pollution of the Djemaa wadi located in the Larbaa region(Blida), we attempted to monitor the evolution of the physico-chemical and microbiological quality of water samples collected at three stations over a periode from March until July 2014.

The results of physico-chemical analysis shows compliance with national and international standards for surface waters, except for conductivity (1011.78 $\mu\text{S}/\text{cm}$) and orthophosphates (0.3mg/l), where the values have greatly exceeded standards in some samples.

The microbiological research analysis shows the prevalence of fecal streptococci (329.6 CFU / 100 ml). The origin of fecal pollution is animal due to many animals that come to drink at the wadi. The *Pseudomonas aeruginosa* was represented by a number of 41.6 CFU / 100 ml and the yeasts and molds by 35 CFU / 100 ml. The absence of pathogens such as salmonella and vibrio were reported.

The parasitological analysis by microscopic observation revealed parasitic forms represented essentially by amoeba belonging to the *Entamoeba coli* species. We Noted the absence of helminth eggs.

The water quality of the this wadi has been assessed using the coastal waters quality evaluation System (SEQ Coastline, 2003), the Organic Pollution Index (IPO) and microbiological quality index (IQM) and shows that the surface water of Djemaa wadi used in crop irrigation, watering of animals and for bathing are generally good to very good quality.

Keywords: Djemaa wadi, Larbaa, physico-chemical and microbiological parameters, SEQ, IPO.IQM

الملخص

من اجل تشخيص حالة تلوث النهر جمعة الموجود بمدينة الأربعاء قمنا بمتابعة تطور النوعية الفيزيوكيميائية و الميكروبيولوجية لعينات من المياه التي تم جمعها في ثلاث محطات خلال فترة تمتد من مارس إلى جويلية 2014 .

أظهرت نتائج التحاليل الفيزيوكيميائية تطابقا للمعايير الوطنية والدولية باستثناء Conductivité 1011.78 ميكروثنائية/سم
0.3 Orthophosphates مغ/ل , اين نجد القيم قد تجاوزت إلى حد كبير المعايير في بعض العينات.

تظهر الأبحاث الميكروبيولوجية انتشار Streptocoques fécaux (329.6 خلية / 100 مل) مصدر التلوث البرازي هويواني بسبب العديد من الحيوانات التي تأتي للشرب في النهر. *Pseudomonas aérogenosa* التي يمثلها العدد 41.6 وحدة / 100 مل و moisissures و levures بنسبة 35 وحدة / 100 مل. غياب الجراثيم الخطيرة (salmonelles و vibriون).

تحليل الطفيليات عن طريق الملاحظة المجهرية كشف عن أشكال طفيلية ممثلة أساسيا بالأميبات التي تنتمي إلى *Entamoeba coli* وعدم وجود بيض الديدان الطفيلية

تم تقييم نوعية مياه النهر باستخدام نظام تقييم الجودة الشاطئية (SEQ . الساحل 2003) و مؤشر التلوث العضوي (IPO) مؤشر النوعية الميكروبيولوجية (IQM) وبيبين ان المياه السطحية لواد جمعة المستخدمة في ري المحاصيل وسقي الحيوانات والسباحة بشكل عام ذات نوعية جيدة إلى جيدة جدا .

كلمات البحث : وادي جمعة , الأربعاء , المعايير الفيزيوكيميائية و الميكروبيولوجية . IQM IPO, SEQ .

LISTE DES ABREVIATION

- ASR** : Anaérobies Sulfito-Réducteurs.
- CEAEQ** : Centre d'Expérience en Analyse Environnementale du Québec.
- CF** : Coliformes Fécaux.
- CT** : Coliformes Totaux.
- D/C** : Double Concentration
- EDTA** : Ethylène Diamine Tétra Acétique.
- EPA** : Eau peptonée alcaline.
- GNAB** : Gélose nutritive alcaline biliée.
- IPO** : Indice de Pollution Organique.
- IQM** : Indice de Qualité Microbiologique.
- ISO** : International Organization of Standardization.
- MES** : Matières en suspension.
- OMS** : Organisation mondiale de la santé.
- PE** : Prise d'essai.
- S1** : Station 1
- S2** : Station 2
- S3** : Station 3
- SEQ** : Systeme d'Evaluation de la Qualité des eaux littorales.
- SF** : Streptocoques Fécaux.
- SFB** : Bouillon au sélénite de sodium cystéine.
- UFC** : Unité Formant Colonie.
- VF** : Viande foie.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I	: Parasites pathogènes dans les eaux.	12
Tableau II	: Principales maladies transmises par l'eau.....	13
Tableau III	: Relation entre la minéralisation et la conductivité électrique.....	37
Tableau IV	: Résultats des analyses des sulfates (mg/l) pour les 3 stations.....	39
Tableau V	: Résultats des analyses de l'azote ammoniacal (mg/l) pour les 3 stations.....	41
Tableau VI	: Résultats des analyses des nitrites (mg/l) pour les 3 stations.....	42
Tableau VII	: Résultats des analyses des nitrates (mg/l) pour les 3 stations.....	43
Tableau VIII	: Résultats des analyses des orthophosphates (mg/l) pour les 3 stations.....	44
Tableau IX	: Grille de qualité IPO.....	50
Tableau X	: Résultats de l'évaluation de l'Indice de Contamination Microbiologique.....	50
Tableau XI	: Grille de la qualité (IQM).....	51
Tableau XII	: Résultat des Indice de contamination microbiologique (IQM).....	51
Tableau XIII	: Grille de classification des eaux de la station S1 de l'oued Djemaa.....	53
Tableau XIV	: Grille de classification des eaux de la station S2 de l'oued Djemaa	54
Tableau XV	: Grille de classification des eaux de la station S3 de l'oued Djemaa	55
Tableau XVI	: Résultats des analyses physico-chimiques.....	ANNEXE I.
Tableau XVII	: Résultats des analyses microbiologiques.....	ANNEXE II
Tableau XVIII	: Normes de qualité des eaux de surfaces selon l'OMS et le JORA.....	ANNEXE III

LISTES DES FIGURES

Figure 1	: Situation géographique de la zone d'étude.....	14
Figure 2	: Oued Djemaa.....	15
Figure 3	: Situation géographique des sites de prélèvements au niveau de l'Oued Djemaa.....	16
Figure 4	: Variations mensuelles de la température.....	34
Figure 5	: Variations mensuelles du pH.....	35
Figure 6	: Variations mensuelles de la conductivité électriques.....	36
Figure 7	: Irrigation des cultures.....	36
Figure 8	: Baignade.....	36
Figure 9	: Variations mensuelles des chlorures.....	38
Figure 10	: Variations mensuelles des bicarbonates.....	39
Figure 11	: Variations mensuelles de calcium.....	40
Figure 12	: Variations mensuelles de magnésium.....	41
Figure 13	: Variations mensuelles de fer.....	44
Figure 14	: Variations des streptocoques fécaux.....	46
Figure 15	: Origine de la pollution.....	47
Figure 16	: Variation des <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	48
Figure 17	: Variation des levures et moisissures.....	49
Figure 18	: Colimétrie par filtration.....	ANNEXE VI
Figure 19	: Streptométrie par filtration.....	ANNEXE VI
Figure 20	: Recherche et dénombrement des spores de bacteries anaerobies sulfito-réducteurs.....	ANNEXE VI
Figure 21	: Recherche des selmonelles par filtration.....	ANNEXE VI
Figure 22	: Recherche des vibriens cholériques par filtration.....	ANNEXE VI
Figure 23	: Recherche et dénombrement de <i>Pseudomonas</i> par filtration.....	ANNEXE VI
Figure 24	: Recherche et dénombrement des levures et moisissures par filtration.....	ANNEXE VI
Figure 25	: Les étapes de la méthode de Bailenger.....	ANNEXE VI
Figure 26	: Etapes de filtration sur membrane.....	ANNEXE VI

GLOSSAIRE

Eau brute : Eau dans son état naturel, avant qu'elle ne soit traitée (ANONYME, 2004).

Affluent : Désigne de façon générale tout fluide émis par une source de pollution, qu'il soit le fait de zone d'habitations ou d'installation industrielles (RAMADE, 2002).

Kyste : Forme de résistance que peuvent prendre certains microorganismes (BONNARD, 2001).

Pollution : Les effets de l'ensemble des composés toxiques libérés par l'homme dans La biosphère (RAMADE, 2000).

Spore : cellules isolées ou formation cellulaire assurant la dissémination d'une espèce bactérienne, de certains protozoaires, d'un champignon ou d'un végétal inférieur (RAMADE, 2002).

Toxique : substance naturelle ou de synthèse, minérale ou organique, présentant une nocivité pour les êtres vivants, peuvent absorbée par voie foliaire ou racinaire chez les plantes, par inhalation, ingestion ou contact chez les animaux, qui provoque une intoxication des organismes affectés en perturbant telle fonction vitale et pouvant provoquer la mort (RAMADE, 2002).

Phytoplancton : ensemble des organismes unicellulaires autotrophes du plancton marin et limnique (RAMADE, 2002).

Eutrophisation : enrichissement d'un milieu en éléments nutritifs, notamment des composés d'azote et de phosphore, provoquant un développement accéléré des algues et la turbidité qui entraîne une perturbation indésirable de l'équilibre des organismes présents dans l'eau et une dégradation de la qualité de l'eau en question (JARDE, 2002).

Dénitrification : processus biogéochimique par lequel certaines bactéries telles *Pseudomonas denitrificans* transforment l'azote nitrique en N₂O ou en azote gazeux (RAMADE, 2002).

SOMMAIRE

INTRODUCTION	01
 ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE	
I. GENERALITES SUR LES EAUX DE SURFACE.....	02
I.1. Définition des eaux de surface.....	02
I.2. Différents types des eaux de surface.....	02
II. POLLUTION DES EAUX DE SURFACE.....	03
II. 1. Origine de la pollution.....	03
II.1.1. Pollution domestique	03
II.1.2. Pollution industrielle	03
II.1.3. Pollution agricole.....	04
II.2. Principaux types des polluants.....	04
II.2 .1. Polluants physiques	04
II.2.2. Polluants chimiques	04
II.2.3. Polluants biologiques.....	05
III. PARAMETRES DE LA QUALITE DES EAUX SUPERFICIELLES	05
III.1. Paramètres organoleptiques.....	05
III.2. Paramètres physico-chimiques.....	06
III.2.1. Paramètres physiques	06
III.2.2. Paramètres de minéralisation globale	06
III.2.3. Paramètres de pollution	07
III.2.4. Paramètres indésirables.....	08
III.3. Paramètres microbiologiques	08
III.3.1. Germes indicateurs de contamination fécale.....	09

III.3.2. Germes pathogènes.....	10
III.3.3.Flore fongique.....	11
III.3.4. Parasites.....	11
III.4. Maladies à transmission hydrique.....	13

ETUDE EXPERIMENTALE

I. MATERIEL ET METHODES.....	14
I.1.PRESENTATION GENERALE DE LA ZONE D’ETUDE.....	14
I.2. CHOIX DES STATIONS DE PRELEVEMENT.....	15
I.3. MATERIEL	16
I.3.1.Matériel biologique	16
I.3.2. Matériel non biologique.....	16
I.4. METHODES D’ECHANTILLONNAGE ET D’ANALYSES.....	16
I.4.1. Méthodes d’échantillonnage	16
I.4.1.1.Echantillonnage.....	16
I.4.1.2.Fréquence d’échantillonnage.....	17
I.4.1.3. Mode de prélèvement.....	17
I.4.2.Méthodes d’analyses.....	17
I.4.2.1. Analyses physico-chimiques	17
I.4.2.2.Analyses microbiologiques	25
I.4.2.3.Analyses parasitologiques	32
II. RESULTATS ET DISCUSSION	34
II.1. Résultats des analyses physico-chimiques	34
II.2. Résultats des analyses microbiologiques.....	45
II.3. Résultats des analyses parasitologiques.....	49
II.4. Indices de pollution.....	49
Conclusion	56
Références bibliographiques	
Annexes	

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES



- 📖 **A.F.E.E.1985.** Association Française pour l'étude des eaux .
- 📖 **ABOULKACEM ,A. CHAHLAOU, A. SOULAYMANI,A. RHAZI-FILALI ,F. BENALI, D. 2007.** Etude comparative de la qualité bactériologique des eaux des oueds Boufekrane et Ouislane à la traversée de la ville de Meknès (Maroc), *REMISE*, v1(1): 10-22.
- 📖 **AGBOGU,V-N.UNOH,V-JOKUOFU,C-A.SMITH,S-I.JOSEPH,B.AMEH,J-B.2006.**study of the bacteriological and physicochemical indicators of pollution of surface waters in Zaria ,Nigeria. *African Journal of Biotechnology* .5(9):732-737.
- 📖 **AKOTO , O .ADIYIAH, J. 2008.** Dissolved nitrogen in drinking water resources of farming communities in Ghana, *African Journal of Environmental Science and Technology* v 2:31-35.
- 📖 **AMINOT, A. et CHAUSSPIED, M. 1983.** Manuel des analyses chimique en milieu marin CNEXO.395p.
- 📖 **ANONYME, 2004.** Manuel de procédures en matière de salubrité de l'eau potable dans les collectivités des premières nations au sud 60^eparallèle. Direction générale de la santé des premières nations et des Inuits Division de l'hygiène du milieu, Canada. pp : 321-326.
- 📖 **ANSA-ASARE, O.D.MARR I,L. CRESSER ,M.T. 1999.** Evaluation of cycling patterns of dissolved oxygen in a tropical lake as an indicator of biodegradable organic pollution. *Sci. Total Environ.* 231: 145-158.
- 📖 **APFELBAUM, M. ROMRN, M. et DUBUS, M. 2009.** Diététique et nutrition. 7^{ème} édition. Paris : Elsevier Masson. 516p.
- 📖 **ARS. 2011.** Agence Régionale de la santé, Bactériologie nature et origine, France. 4p.
- 📖 **ASANO, T. 1998.** Wastewater reclamation and reuse.Water quality management library,1475 p.

- 📖 **BACHASSON, B. 1997** .Mise en valeur des étangs, Edition LAVOISIER TEC ET DOC, 2^{ème} édition ,80p.
- 📖 **BARROIN, G. 2003**.Gestion des risques. Sante et environnement : le cas des nitrates. Phosphore, azote et prolifération des végétaux aquatiques, Paris. Le Courrier de l'environnement de l'INRA. 48 : 13-26.
- 📖 **BAUMONT, S. CAMARD, J-P. LEFRANC, A. FRANCONI, A. 2004**. Réutilisation des eaux usées: risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Rapport ORS, 220p.
- 📖 **BEAUDRY, J. HENRY, M-T. 1992**. Chimie des eaux, 1^{ère} édition le Griffon d'argile. Canada.537p.
- 📖 **BECHAC,J.C.BOUTIN,P.MERCIER,B.NUER,P. 1984**.Traitement des eaux usées.Paris : Ey Olles.218p.
- 📖 **BENNEFOY, C. GUILLET, F. LEYRAL, G .VERNE-BOURDAIS, E. 2002**. Microbiologie et qualité dans les industries agroalimentaires. Paris : collection : biosciences et techniques, Série : Science des aliments. 248p.
- 📖 **BITTON, G. 1999**. Wastewater microbiology. 2^{ème} Ed .john Willy & sons, NY.578p.
- 📖 **BLAIS,S.PATOINE,M. 2002**. Le phosphore en milieu aquatique dans les agroécosystèmes.Colloque sur le phosphore,une gestion éclairée.Ordre des agronomes du Québec.19 p.
- 📖 **BLIEFERT, J . PERRAUD, P. 2003**. Chimie de l'environnement "air, eau, sols, déchets".Ed. Boeck. Paris, France. 477p.
- 📖 **BOEGLIN, J.C. 2001**. Propriétés des eaux naturelles. Technique d'ingénieur. TI Paris édit., 1-440.
- 📖 **BONNARD, R. 2001**. Le risque biologique et la méthode d'évaluation du risque. Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement, rapport final. 70p.
- 📖 **BORDET, J. 2007**. L'eau dans son environnement rural : hydraulique et cycle de l'eau, l'alimentation en eau potable, l'assainissement des agglomérations Johanet édit., 1-318.
- 📖 **BORDJIBA, O.BEKHOUCHE, F. HASSAINE, A. DJENIDI, R. 2009** .Impact de la pollution par les hydrocarbures sur la qualité des eaux dans la région de Skikda, European journal of Scientific Research, pp 87-97.

- 📖 **BORREGO, A. F. ROMERO, P. 1982.** Study of the microbiological pollution of a Malaga littoral area II Relationship between fecal coliforms and fecal streptococci. VI^e journée étude de pollutions, Cannes, France, 561-569
- 📖 **BOU SAAB, H. NASSIF, N. ANTIONE, G. EL SAMRANI, DAOU, R. SAMIR MED, A. N OUAÏNI, N. 2007.** suivi de la qualité bactériologique des eaux de surface, Laboratoire de Microbiologie, BP 446, Jounief, Liban; Revue des Sciences de l'Eau 20(4) (2007) 341-352.
- 📖 **BOWES, M.J. HOUSE, W.A. 2001.** Phosphorus and dissolved silicon dynamics in the river Swale catchment, UK: a mass-balance approach. Hydrol. Process. 15: 261-280.
- 📖 **BRIERE, F. 2000.** Distribution et collecte des eaux, 2^{ème} édition, Edition Presses internationales polytechniques, pp 01-06.
- 📖 **CASELLI, G. VALLIN, J. WUNSCH, G. 2002.** Démographie: analyse et synthèse, les déterminants de la mortalité, volume 3. Edition de l'institut national d'études démographiques, France. 47 p.
- 📖 **CASTANY, G. 1982.** Principes et méthodes de l'hydrogéologie. Dunod Paris édit., 1-237.
- 📖 **CAVALLARI, E. LELLIS, L. BALZANI, E. LORENZI, I. STEFANELLI, G. P. 2011.** Recherche de Salmonella en environnement hydrique. Les avantages de la PCR en temps réel. Analytical solutions. 5 p.
- 📖 **CAVALO, G-D. ANTONIOTTI, G. BAFFOY, N. GUIGNEMENT-COUDRAIS, S. HAJJAR, J. HORN, C. LEGOUHIR, C. LEGUYADER, A. LEJEUNE, B. MOU NIER, M. SALOMON, V. 2002.** Surveillance microbiologique de l'environnement dans les établissements de santé air, eaux et surface. Direction générale de la santé. Direction de l'hospitalisation et de l'organisation des soins comité technique nationale des infections nosocomiales, France. 77 p.
- 📖 **CEBRON, A. 2004.** Nitrification, bactéries nitrifiantes et émissions de N₂ O, Thèse de doctorat, Université Paris VI Pierre et Marie Curie, 289p.
- 📖 **CENTRE D'EXPERTISE EN ANALYSE ENVIRONNEMENTALE EN QUEBEC (CEAEQ). 2006.** Recherche et dénombrement des entérocoques : méthode par filtration sur membrane, MA.700-Ent 1.0, Rév.3. Ministère de développement durable, de l'environnement et des parcs du Québec. 23p.
- 📖 **CHAHLAOUI, A. 1996.** Etude hydro biologique de l'oued Boufekrane (Meknès), Impact sur l'environnement et la santé. Thèse d'état. Fac. Meknès, 234 p.
- 📖 **CHAMPIAT, D. LARPEN, J-P. 1994.** Biologie des eaux, édition MASSON, 374p.

- 📖 **CHAPMAN ,D. KIMSTACH, V. 1996.** Selection of water quality variables. Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environment monitoring, Chapman edition, 2nd ed. E and FN Spon, London, pp. 59-126.
- 📖 **CLAUSSEN, EM. GREEN,BL.LITSKY,W. 1977.** Fecal streptococci: indicator of pollution.dans: Hoadley, AW et BJ DUTKO, edit, bacterial indicators/health hazards associated with water, Am, Soc, Test. MAT. (ASTM). 635: 247-264.
- 📖 **CORNAZ, A. 2004.** Evaluation du statu trophique d'un canal de drainage sous l'impact des pollutions d'origine diffuses et ponctuelles. 152p.
- 📖 **DEBIECHE, T-H. 2002.** Evolution de la qualitédes eaux (salinité, azote et métaux lourds) sous l'effet de la pollution saline, agricole et industrielle. Thèse de doctorat en sciences de la terre (hydrogéologie et Environnement). Université de Franche-Comté, France. 199p.
- 📖 **DEGREMENT, T. 2005.** Mémento technique de l'eau. 10^{ème} édition. Paris : Lavoisier technique et documentation. 1718p.
- 📖 **DELLARAS, C. 2007.** La microbiologie pratique pour le laboratoire d'analyse ou de contrôle sanitaire : aliments, produits cosmétiques, eaux, produits pharmaceutiques. Médicales internationales. Tec et Doc- Lavoisier édit. 1- 476.
- 📖 **DELLARRAS, C. 2003 .**Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux, Lavoisier : 269p.
- 📖 **DELLARRAS, C. 2006.**Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux. Edition Lavoisier, Paris. 66, 106 p.
- 📖 **DERRADJI, F. BOUSNOUBRA, H. KHERICI, N. ROMEO, M. CARUBA, R. 2007.**Impact de la pollution organique sur la qualité des eaux superficielles dans le Nord-Est algérien, Revue sécheresse, V. 18,(1) :23-27.
- 📖 **DERWICH ,E. BEZIANE, Z. BENAABIDATE, L. BELGHYTI, D. 2008.** Evaluationde la qualité des eaux de surface des oueds Fés et Sebou utilisées en agriculture maraichère au Maroc, Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, Issue07, Juin, pp.59-77.
- 📖 **DESJARDINS, R. 1997.** Le traitement des eaux. 2^{ème} édition, presses internationales, polytechnique de Montréal. 304p.
- 📖 **DJERMAKOYE, M. 2005.** Les eaux résiduaires des tanneries et des teintureries : caractéristiques physico-chimiques, bactériologiques, et impact sur les eaux de surface et les eaux souterraines. Thèse de Doctorat. Université de Bamako. Mali. 119p.
- 📖 **DUSSART, B. 1966.** Limnologie :l'étude des eaux continentales, Edition géologique écologique aménagement ,2^{ème} trimestre.252p.

- 📖 **EL ADDOULI, J. CHAHLAOUI, A. BERRAHOU, A. CHAFI, A. ENNABILI, A . 2011.** Approche de la qualité biologique de l'oued Ouislane au voisinage des effluents bruts De la région de Meknes, Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 09, Décembre, pp. 21-33
- 📖 **EL OUALI LALAMI, A. MERZOUKI, M. EL HILLALI, O. MANIAR, S. IBNSOU DA KORAICHI, S. 2011.** Pollution des eaux de surface de la ville de Fès au Maroc : typologie, origine et conséquences. Larhyss Journal, 09, 55 -72.
- 📖 **FALL, C. 2007.** Etude de la qualité de l'eau de robinet et de celle de la nappe phréatique dans les différentes communes d'Arrondissement du département de Guédiawaye, Dakar, Sénégal. pp11-12.
- 📖 **FABY, J.A. BRISSAUD, F. 1997.** L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation. *Office international de l'eau*, 1997, 76p.
- 📖 **FARRAW, J .A.E.KRUSE, J.PHILLIPS, B.A. BRAMELY, A.J.COLINS,M.P. 1984.** Taxonomic studies of *S. Bovis* and *S. equinus*: description of *S. alactolyticus* sp. No. and *S. saccharolyticus* sp. Nov. system. *Appl. microbiol.* 5: 467- 482.
- 📖 **FEDERIGHI. 2005.** Bactériologie alimentaire compendium d'hygiène des aliments. 2^{ème} édition Ed economic a PP5-15.
- 📖 **GAILLARD, F. 2001.** Contrôles thermodynamiques et cinétiques des états d'oxydation du fer dans les liquides silicatés magmatiques : expérimentation, modélisation, applications et simulations. Thèse de Doctorat en Science de la Terre (Matériaux et Minéraux). Université d'Orléans, France. 273 p.
- 📖 **GALES, P. BALEUX, B. 1992.** Influence of the drainage basin input on a pathogenic bacteria (salmonelle) contamination of a Mediterranean lagoon (the Thau lagoon- France) and the survival of this bacteria in brackish water *Sci. Technol.* 25: 105-114.
- 📖 **GARDIN-GOYON, N. 2002.** Qualité Bactériologique de l'eau et impact en élevage bovin laitier, Thèse de Doctorat vétérinaire. Université Claude –Bernard-Lyon, France. 143p.
- 📖 **GAUJOUS, D. 1995.** La pollution des milieux aquatique : aide-mémoire. Edition Technique et Documentation Lavoisier, 220p.
- 📖 **GELDREICH, E-E. 1999.** Klebsiella: American water works Association manual of water supply practices : waterborne pathogens. 89-92 p.
- 📖 **GHIZELLAOUI, S. 2008.** Evaluation and evolution of the quality of the water resources in the distribution network. Elsevier. *Desalination.* 222: 502-512.

- 📖 **GLEESON, C. GRAY, N. A. 1997.**the coliforms index and waterbornedisease, E & FN spoon, 194p.
- 📖 **GOUAIDIA, L. 2005.**Impact de la lithologie et la sécheresse sur le chimisme des eaux souterraines d'une nappe en zone semi-aride cas de la nappe alluvionnaire de Meskiana- Bulletin de Société des Sciences Naturelles du Pays Monbilliard. 245 p.
- 📖 **GOUAIDIA,L. 2008.** Influence de la lithologie et des conditions climatiques sur la variationclimaiques des paramètres physico-chimiques des eaux d'une nappe en zone semi aride, cas de la MeskinaNord-est Algérien .Thèse de Doctorat en sciencesde la Terre . Option Hydrogéologie. Université Badji Mokhtar Annaba,Algérie.130p.
- 📖 **GUASMI ,I. DJABRI, L. HANI, A. LAMOUREUX ,C. 2006.** Pollution des eaux de l'Oued Medjerda par les nutriments. Larhyss Journal, 05, 113- 119.
- 📖 **HADE, A. 2003.** Nos lacs : les connaitre pour mieux les protéger. Canada : FIDES.359p.
- 📖 **HANON, M. ROUELLE, A. 2011.** Qualité des eaux distribuées par le réseau public en Wallonie. Direction des eaux souterraines, de l'état environnementale, Bruxelles, Belgique. 10p.
- 📖 **HARRAT, N. ACHOUR, S. 2010.** Pollution physicochimique des eaux de barrage de la région d'El Tarf, impact sur la chloration. Larhyss Journal, 8 : 47-54.
- 📖 **HARTMANN, P. 2004.****Contamination** des eaux au milieu professionnel, édition Elsevier, pp 63-78.
- 📖 **HASLEY,C . LECLERC, H. 1993.** Microbiologie des eaux d'alimentation. Lavoisier Tec & Doc édit, 1- 495.
- 📖 **HENZE, M.M.C. VAN LOOSDRECHT,M. KARA, G.E. BRDJANOVIC, D. 2008.** Biological wastewater treatment: principles, modeling and design .*Technol Eng*.511p.
- 📖 **IDRISI, L. 2006.** Etude et développement de nouvelles méthodes électrochimique pour la détermination des ions Orthophosphates, nitrite, nitrate et ammonium. Thèse de doctorat d'état en chimie analytique. Université Mohammed V-AGDAL Faculté des sciences Rabat, Maroc. 146p.
- 📖 **IGBINOSA ,E-O. 2009.**Impact of discharge wastewater effluents on the phisico-chemical qualities of a receiving watershed in a typical rural community, ISSN : 1735-1472,pp175-182.

- 📖 **JARDE, E. 2002.** Composition organique des boues résiduares de station d'épuration de Lorraines et effets de la biodégradation. Thèse de doctorat : université Henri Poincaré, Nancy I. 271p.
- 📖 **JOLET, B. REYNAUD, A. 2003.** «Entérobactéries : systématique et méthode de diagnostique», coll. Monographie de microbiologie éditions Médicales internationales. 356p.
- 📖 **JONNALAGADDA, S.B. MHERE ,G. 2001.**Water quality of the odzi river in the eastern highlands of Zimbabwe, Water Res. 35 (10): 2371-2376.
- 📖 **JORA. 1993.**Journal officiel de la République Algérienne n°46.
- 📖 **KOURRADI, R. 2007.** Evaluation de degré de pollution anthropique de l'estuaire de Bou Regreg et impact sur la biologie et dynamique de scrobicularia plana (Linné, 1758) et selon marginatus (Linné, 1767).thèse de doctorat d'état en biologie, spécialité Ecologie animale. Université Mohamed V-AGDAL Faculté des sciences Rabat, Maroc. 300p.
- 📖 **LAIDANI ,Y. HENINI,G.KHATMI,B. DELLAL,A. 2009.** Evaluation de la pollution des eaux du sous bassin versant de l'oued Mina.2^{ème} colloque international de chimie.12p.
- 📖 **LARPENT,J.P.LARPENT GOURGANT,M. 1997.** Mémento technique de microbiologie.3^{ème} édition .Paris :Lavoisier Tech et Do. 1093p.
- 📖 **LECLERC.H. MOSSEL,D. 1983.** Microbiologie :le tube digestif, l'eau et les aliments, DOIN éditeurs,263p.
- 📖 **LECLERCQ ,L.MAQUET .1987.**Intérêt et limites des méthodes d'estimation de la qualité del'eau; Station scientifique des Hautes-Fagnes.
- 📖 **LOUNNAS, A. 2009.** Amélioration des procédés de clarification des eaux de la station Hamadi-Kroma de Skikda. Mémoire de magister en chimie. Option : pollutions chimiques et Environnement. Université du 20 Aout 1955 SKIKDA, Algérie. 120p.
- 📖 **MAHVI ,A .H.KIA,E.B. 2006.**Helminth eggs in raw and treted waste water in the islamic republic of Iran, Estern mediterranean Helth Journal ,v12 : 137-143.
- 📖 **MAKHOUKH, M. SBAA, M. BERRAHOU, A. CLOOSTER, A-VAN. 2011.** Contribution à l'étude physico-chimique des eaux superficielles de l'oued Moulouya (Maroc Oriental). Larhyss Journal. 9 : 149-169.
- 📖 **MALCUIT, E. VITTECOQ, B. BARAN, N. NEGREL, P-H. 2006.**Suivi de la qualité des eaux souterraines de Martinique, campagne de saison des pluies 2005 : résultats et

comparaison avec la 1^{ère} campagne de basses eaux 2004 et 1^{ère} campagne de saison des pluies (2004). Rapport BRGM/RP-54717-FR.27 27 p.

- 📖 **MARCHAND, D. LAMENT, V. MOUCHET, P. LESOIL, M. BAIG, S. ROVEL, J. MAZOUNIE, P. BOURDELET, J.C. BONNELEY, V. HESSE, C. HANBRY, A. MOLES, J. NICOL, R. ANGEL, M. 1989.** Mémento : technique de l'eau. 9^{ème} édition. Tome II. DEGREMONT édit., 595-1459.

- 📖 **MARGAT, J. ANDREASSIAN, V. 2008.** L'eau : Idées reçues. Cavalier bleu édit., 1-125.

- 📖 **MARTINEAU, G. P. 1997.** Maladies d'élevage des porcs. 1^{ère} édition. Ed. France agricole. 316p.

- 📖 **MERABET, S. 2010.** Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux brute et distribuées du barrage réservoir de Beni Haroun. Mémoire de magister en chimie. Option ; chimie analytique. Université de Mentouri de Constantine, Algérie. 104p.

- 📖 **MEYBECK, M. FRIEDRICH, G. THOMAS, R. CHAPMAN, D. 1996.** Rivers. Water quality assessments : a guide to the use of biota, sediments and water in environment monitoring, Chapman edition, 2nd ed. E & FN Spon, London, pp. 59-126.

- 📖 **MIZI, A. 2006.** Traitement des eaux de rejets d'une raffinerie des corps gras région de Bejaia et valorisation de déchets oléicoles. Thèse de doctorat d'état, université d'Annaba, Algérie. 72p.

- 📖 **MOMBA, M-N-B. MALAKATE, V-K. THERON, J. 2006.** Abundance of pathogenic Escherichia coli, Salmonella typhimurium and Vibrio cholerae in Nkonkobe drinking water sources. Journal of Water and Health 4 (3): 289-296 monitoring. Global Environment Monitoring system, WHO, UNEP.

- 📖 **NAGPAL, B-N. SINGH, S. CHAND, S-K. SINGH, A. SRIVASTAVA, A. DUA, V-K. 2011.** Microbiological Quality of Drinking Water in the Villages, Rehabilitation and Resettlement Colonies Located in the Area of Major Dams of Narmada Basin, India. Webmed Central. 11p.

- 📖 **NEAL, C. JARVIE, H.P. HOWARTH, S.M. WHITEHEAD, P.G. WILLIAMS, R. J. NEAL, M. HARROW, M. WICKHAM, H. 2000.** The water quality of the River Kennet: initial observations on a lowland chalk stream impacted by sewage inputs and phosphorus remediation. Sci. Total Environ. 251-252: 477-495.

- 📖 **OMS, 1989.** Health guidelines for the use of water in agriculture and aquaculture . Rapport d'un groupe scientifique de l'OMS. Genève : Organisation Mondiale de la santé. 74p.

- 📖 **OMS, 2004.** World health organisation . Directives de qualité pour l'eau de boisson . 3^{ème} édition , volume 1 Recommandations. Genève, Suisse . 110p.

- 📖 **PETRY, J. SOULSBY, C. MALCOLM, I.A. YOUNGSON, A.F. 2002.** Hydrological controls on nutrient concentrations and fluxes in agricultural catchments. *Sci. Total Environ*, 294 (1-3) : 95-110.
- 📖 **PITKANEN, T. 2010.** Studies on the detection methods of campylobacter and fecal indicator bacteria in drinking water . National Institute for Health and Welfare. Finland. 118p.
- 📖 **POTELON, J-L. ZYSMAN, K. 1998.** Le guide des analyses de l'eau potable. Editeur : Lettre du cadre territorial. Paris, 253p.
- 📖 **PRESCOTT, M. HARLEY, J-P. KLEIN, D-A. 2003.** Microbiologie. Ed. De Boeck Larcier, Paris, 1137 p.
- 📖 **RAMADE, F. 1998.** Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'eau. Edition science internationale, Paris. 786p.
- 📖 **RAMADE, F. 2000.** Dictionnaire encyclopédique des pollutions. Edition Des Sciences internationales. Paris, 690p.
- 📖 **REMINI, B. 2010.** La problématique de l'eau en algérie du nord. *Larhyss Journal*. 8 : 27-46.
- 📖 **RODIER, J. 1984 .** L'analyse de l'eau, Eaux naturelles, Eaux résiduaires et Eaux de mer, 7^{ème} édition, DULOD, Paris.
- 📖 **RODIER, J. BAZIN C. BOUTIN, J-P. CHAMBON, P. CHAMPSAUR , H. RODI, L. 1996.** L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 8^{ème} édition Dunod, Paris, France. 879 p.
- 📖 **RODIER, J. BAZIN, C. CHAMBON, P. BROUTIN, G-P. CHAMPSAUR, H . RODI, L. 2005.** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 8^{ème} édition. Paris : DUNOD technique. 1383.
- 📖 **RODIER, J. LEGUBE, B. MERLET, N. COLL. 2009.** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 9^{ème} édition. Paris : DUNOD technique. 1579p.
- 📖 **SAMAKE, H. 2002.** Analyse physico-chimique et bactériologiques au LNS des eaux de consommation de la ville de Bamako Durant la période 2000 et 2001. Thèse de Doctorat . Mali . 77p.
- 📖 **SCHAFFTER, N. PARRIAUX, A. 2002.** Pathogenic-bacterial water contamination in mountainous catchments. *Water Res.* 36 (1): 131-139.

- 📖 **SELF, J.-R. 2010.** Domestic Water Quality Criteria . Manager , Soil, Water and Plant Testing Laboratory, Colorado State University Crop Series Irrigation, Fact Sheet. 33p.
- 📖 **SEMINE RAS ,H . 2009.** Contribution à l'évaluation et l'inhibition du pouvoir entartrant des eaux dures par plusieurs procédés.Thèse de magister en chimie physique et analytique,option traitement des eaux .Université de Mentouri de Costantine,Algerie. 106p.
- 📖 **SEVRIN-REYSSAC,G. DELANOUE, J. PROULX, D. 1995.** Le recyclage de lisier de porc par lagunage. Edition Technique et Documentation Lavoisier. 118p.
- 📖 **SHANAN, S. ABD, H. HEDENSTROM, I. SAEED, A. SANDSTROM, G. 2011.**Detection of *Vibrio cholerae* and *Acanthamoeba* species from same natural water samples collected from different cholera endemic areas in Sudan. *Bio Medical Center Research* 4(109): 4 p.
- 📖 **SILVA, A.M.M. SACOMANI, L.B. 2001.**Using chemical and physical parameters to define the quality of pardo river water (Botucatu-Sp-Brasil). Technical Note. *Water Res.*35(6): 1609-1616.
- 📖 **SLIMANI, R. 2006.**Contribution à l'étude hygiénique des caractères physicochimiques et bactériologiques des eaux usées de la cuvette de Ouargla et leurs impacts sur la nappe phréatique. Mémoire d'Ingénieur. *Ecologie Envir. Saharienne. Univ. Ouargla.* 108p.
- 📖 **TAILLET, E. CORDELLE, S. URBANO, C. SCHLICH, P. 2008.**Déterminer le goût de l'eau ne coule pas de source. Conférence AgroStat, Session Sensimétrie II. Centre Européen des Sciences du Goût, CNRS-UB-INRA en partenariat avec la Lyonnaise des Eaux, France. 11p.
- 📖 **USEPA. 2006.**United States Environmental Protection Agency. Distribution System Indicators of Drinking Water Quality . 66p.
- 📖 **VEGA, M. PARDO, R. BARRADO, E. DEBAN, L. 1998.** Assessment of seasonal and pollting effects on the quality of river water by exploratory data analysis. *Water Res.* 32(12): 3581-3592.
- 📖 **VILAIN, M. 1989.** La production végétale. Vol 2: la maitrise de technique de la production. ED. Lavoisier (ed.J. Bailliére).Paris- France.
- 📖 **VILLAGINES ,R. 2003.** L'eau : environnement et santé publique, 2^{ème} édition. 97p.
- 📖 **VILLERS, J. SQUILBIN, M. YOURASSOWSKY, C. 2005 .** Qualité physicochimique et chimique des eaux de surface. Institut Bruxellois pour la gestion.
- 📖 **W.H.O. 1987.** Global pollution and health results of related environmental .

- 📖 **WILLCOX, L. V. 2007.** The quality of water for agricultural use. US Dept Agriculture Tech. Bull. 1962, Washington DC.
- 📖 **ZERROUKI, H. SELT, M.T. OUADJINA, N. MILLIANI, Z. MENOUEI, K. KRIDER, C. HADDADI, N. BOUSERTIT, N. BOUDJELLA, A. BENGUERBA, D. AZZOUZ, D. AHMED MESSOUD, R. 2006.** L a faim de l'eau. Le magazine des journalistes scientifiques. Université SAAD Dahlab de BLIDA. 24p.
- 📖 **ZOUREZ, O.H. FERHANI, K. 2003.** Etude physico-chimique et biologique d'un écosystème aquatique : barrage de boukourdane (Wilaya de Tipaza). Mém. D'Ing. D'Etat. En halieutique, I.S.M.A.L, Alger, 104p.

ANNEXE I

Tableau XVI : Résultats des analyses physico-chimiques

Paramètres	Température			Ph			Conductivité			Chlorure		
Dates	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3
09-03-2014	16,5	15	16,2	8,11	8,15	8,13	738,6	717,4	711.4	35.5	31.95	28.5
09-04-2014	18,9	18,3	16,9	8,03	8,04	8,11	900,6	928,1	928.5	71	74.55	78.1
11-05-2014	22,8	22,7	22,7	7,74	7,92	8,03	1158	1167	1170	88.75	106.5	113.6
11-06-2014	26,1	25,5	25,5	7,67	7,82	7,97	1050	1071	1081	106.5	110.05	124.25
13-07-2014	24,4	24,2	24,1	7,78	8,03	7,91	1188	1153	1168	142	134.9	138.45
Moyenne	21,68	21,1	21,08	7,85	7,99	8,03	979,48	1007,3	1011.78	88,75	91,58	96,58
Paramètres	Sulfate			Bicarbonate			Calcium			Magnésium		
Dates	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3
09-03-2014	1.69	2.7	3.685	202	201.5	190	36	32	28	14.4	16.8	21.6
09-04-2014	1.5	2	1	198	207	196	40	36	44	20	14.5	24
11-05-2014	2.965	2.73	2.7	212	216.55	213.5	44	40	40	26.4	24	24
11-06-2014	4.21	3.78	3.645	213.5	201.3	189.1	48	44	36	19.2	19.2	21.6
13-07-2014	2.23	0.995	1.105	183	189	207.4	40	36	32	24	28.8	26.4
Moyenne	2,519	2,441	2,427	201,7	203,07	199,2	41,6	37,6	36	20,8	20,66	23,52
Paramètres	Azote ammoniacal			Nitrite			Nitrate			Orthophosphates		
Dates	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3
09-03-2014	<0.02	<0.02	<0.02	0.036	0.030	0.044	0.54	1	1.43	<0.09	<0.09	0.327
09-04-2014	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	0.022	0.028	0.46	0.37	0.33	0.475	0.476	0.282
11-05-2014	0.09	0.184	0.039	0.089	0.076	0.073	0.12	0.243	0.106	<0.09	<0.09	0.524
11-06-2014	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	0.021	0.05	0.03	0.008	<0.09	0.271	0.216
13-07-2014	0.024	0.069	<0.02	0.123	0.292	0.235	0.048	0.057	0.159	0.094	0.189	0.178
Moyenne	0,0278	0,068	0,016	0.05	0.086	0.07	0.243	0,34	0,406	0.147	0.202	0.3

Paramètres	Fer		
Dates	S1	S2	S3
09-03-2014	0.1	0.071	0.033
09-04-2014	0.13	0.103	0.084
11-05-2014	0.091	0.056	0.021
11-06-2014	0.068	0.043	0.061
13-07-2014	0.016	0.008	0.001
Moyenne	0,081	0,0562	0,04

ANNEXE II

Tableau XVII: Résultats des analyses microbiologiques

Dates parametres	Mars			Avril			Mai			Juin			Juillet			Moyenne		
	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3
Coliformes totaux	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coliformes fécaux	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S . fécaux	158	174	237	253	330	293	320	275	326	460	482	462	471	387	301	332 , 4	329, 6	323, 8
ASP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Salmonelle	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vibriion	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0	0	0	0	0	0	0	0	0
p. aéuginosa	4	33	20	18	22	14	8	16	88	130	95	44	83	68	37	48,6	46,8	40,6
Levures et moississure s	20	16	24	45	47	40	22	33	18	36	42	45	24	37	28	29,4	35	31

/ : paramètre non effectuée .

ANNEXE III

Tableau XVIII: Normes de qualité des eaux des eaux de surfaces selon l'OMS et le JORA .

Paramètres	Unités	Eau de surface	
		OMS 2004	JORA 1993
Paramètres physiques			
pH		5,5 -9	5,5 -9
Conductivité	µS/cm	2500	2800
Températures	°C	30	30
Paramètres de pollution			
Nitrites NO ²⁻	mg/l	0,1	0,1
Orthophosphates	mg/l	0,2	0,5
Azote ammoniacal	mg/l	0,5	0,5
Nitrates NO ³⁻	mg/l	50	50
Minéralisation globale			
Sulfates	mg/l	150	
Calcium	mg/l	100	200
Magnesium	mg/l	50	
Chlorures	mg/l	250	500
bicarbonates	mg/l		
Titres alcalimétrique complet			
Paramètres indésirables			
Fer	mg/l	1	1
Aluminium	mg/l		
Paramètres bactériologiques		OMS 2004	JORA 1992
Coliformes totaux	UFC/100ml	50000	50000
Coliformes fécaux	UFC/100ml	20000	20000
Streptocoques fécaux	UFC/100ml	10000	10000
Spores d'anaérobie sulfito-réducteurs	Spores/20ml	00	00
<i>Salmonella</i>	UFC/100ml	Absence	Absence
<i>Vibrio cholerae</i>	UFC/100ml	Absence	Absence

INTRODUCTION

En Algérie, la question de l'eau est l'un des principaux problèmes de l'environnement, en raison d'une part des conséquences sanitaires et économiques de la pollution de l'eau et de l'insuffisance de l'assainissement et, d'autre part, des pressions exercées sur les ressources du fait de l'accroissement des besoins en eau (**REMINE, 2010**).

Les oueds d'Algérie sont devenus de véritables dépotoirs, en ce sens ils charrient toutes sortes de rejets liquides et solides. Ceci a eu pour incidence une dégradation de la qualité des eaux (**GUASMI et al., 2006**). Le développement socio-économique et l'urbanisation rapide ont eu un impact néfaste sur la qualité des ressources en eau (**HARRAT et ACHOUR, 2010**), donc la pollution des eaux de surface continue de poser un problème sérieux pour l'homme et son environnement. La nature et les êtres vivants subissent de plus en plus les conséquences de cette détérioration dans la qualité des ressources en eau suite à l'activité humaine. En effet, le problème de pollution des ressources en eau (les rivières, les mers, les nappes phréatiques et les lacs), généré par les rejets urbains et par l'activité industrielle et agricole, diminue le potentiel des ressources hydriques de bonne qualité. Cette détérioration de la qualité des eaux a un impact négatif sur la santé de la population et provoque une dégradation de l'écosystème (**DERRADJI et al., 2007**).

Le contrôle et la surveillance de la qualité des eaux de surface et les eaux souterraines devraient susciter un intérêt particulier. Ils doivent avoir comme objectifs majeurs la préservation de la santé de la population et le dépistage de tous les types de pollution pouvant nuire à la santé humaine (**EL OUALI LALAMI et al., 2011**).

Dans la plupart des cas, la pollution s'entend comme un dépassement aux normes, définies en fonction des usages de l'eau. Elle perturbe les conditions de vie et l'équilibre du milieu aquatique et compromet les utilisations de l'eau (**BOU SAAB et al., 2007**).

La ville de Larbaa, se trouve particulièrement touchée par le problème de pollution, du fait de sa démographie croissante et du développement continu du secteur industriel. Le cours d'eau Djemaa, principale oued du réseau superficiel de la ville, est actuellement utilisé intensivement en irrigation des cultures maraichères de la région, pour la baignade, et pour l'abreuvement des animaux domestiques. Cette utilisation s'accompagne de risques sanitaires dont l'évaluation nécessite la connaissance des caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques de ces eaux.

La présente étude, prend comme terrain trois stations situées sur le lit de l'oued Djemaa, et son objectif est d'étudier et de déterminer d'une part la qualité physico-chimique, microbiologique et parasitologique des eaux et d'autre part l'utilisation des indices de pollution et de la grille de classification (SEQ) et ceci dans le but d'apprécier l'évolution de sa qualité et son impact sur l'environnement et sur la santé publique.

I. MATERIEL ET METHODES

Notre étude expérimentale a porté sur l'évaluation de la qualité physico-chimique et microbiologique des échantillons d'eau brute prélevés dans trois stations situées au niveau de l'Oued Djemaa dans la commune de Larbaa, wilaya de Blida.

Cette étude a été réalisée durant une période s'étalant du mois de Mars jusqu'au mois de Juillet 2014 au niveau du laboratoire du groupe SAIDAL et au laboratoire de PFE du département de Biologie de l'Université de Blida 1.

I.1. Présentation générale de la zone d'étude

La commune de Larbaa est située au nord-est de la wilaya de Blida. Son chef-lieu est à 25 km au sud-est d'Alger et à 34 km au nord-est de Blida (figure 1).

L'oued Djemaa (figure 2), principal cours d'eau de la région, est le principal affluent de l'oued El Harrach qui prend sa source dans la région du col des deux Bassins (au bas de la ville de Souhane) et passe par Larbaa. Ce cours d'eau reçoit le fleuve de l'oued El Harrach au niveau de sidi Moussa et se jette dans la Méditerranée.

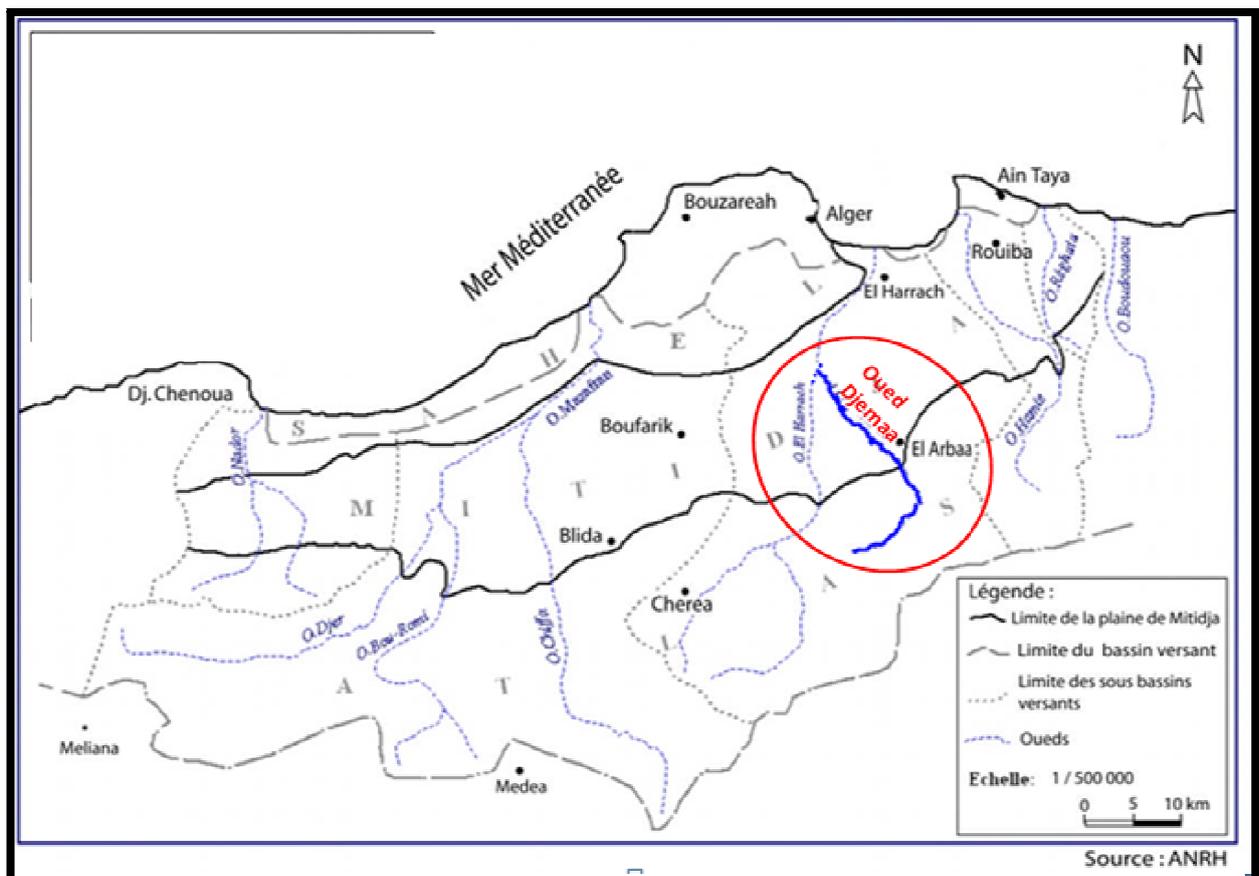


Figure 1 : Situation géographique de la zone d'étude (ANRH, 2013).



Figure 2 : Oued Djemaa

I.2. Choix des stations de prélèvement

Le choix des stations de prélèvement a été effectué en fonction de l'implantation des activités humaines et agricoles, et de leur localisation en amont ou en aval des rejets urbains ou agricoles.

Trois stations (S1 à S3) représentées par la Figure n ° 3 ont été retenues de telle sorte qu'elles soient accessibles et reflètent les caractéristiques réelles des eaux de surface de l'oued Djemaa.

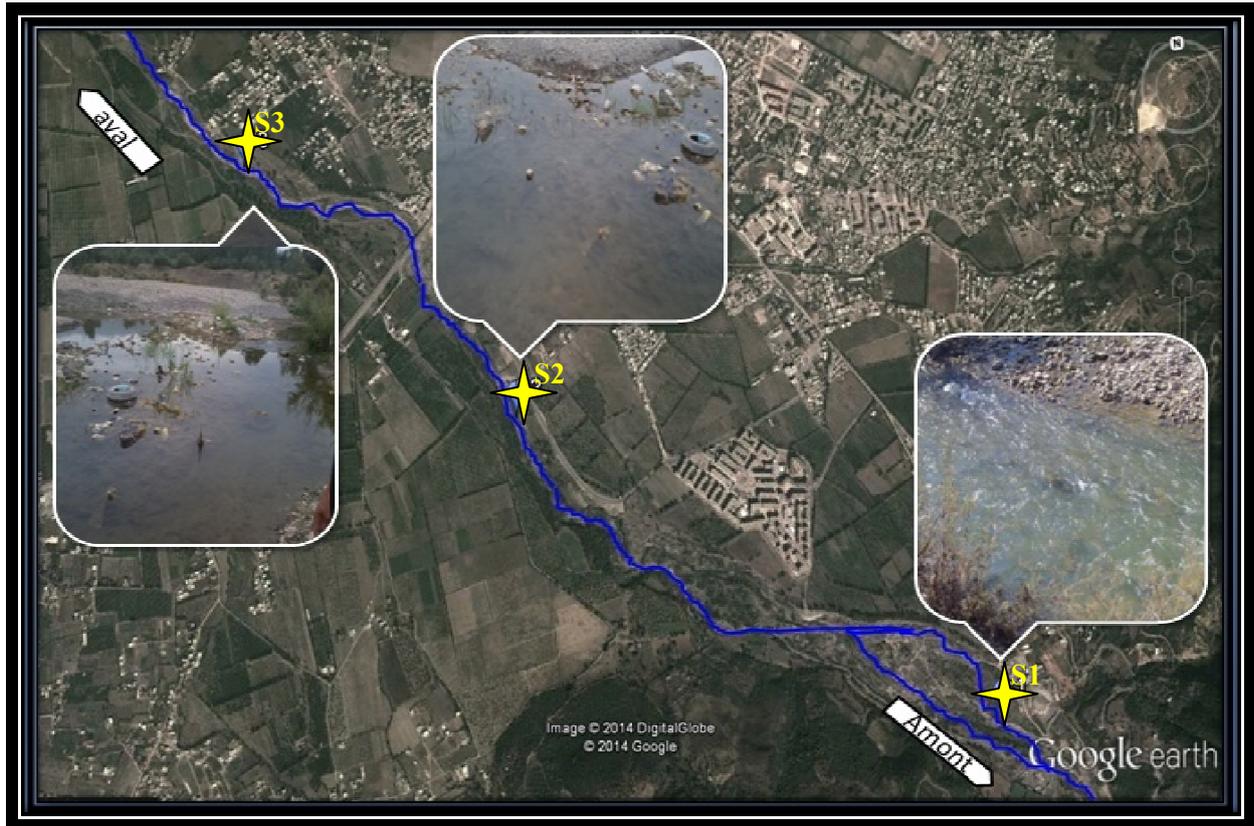


Figure 3 : Situation géographique des sites de prélèvements au niveau de l'Oued Djemaa
(Google Earth).

I.3. Matériel

I.3.1. Matériel biologique

- Eau brute de trois stations de l'Oued Djemaa.

I.3.2. Matériel non biologique

- Le matériel non biologique est constitué d'appareillage, verreries, les solutions, les réactifs et les milieux de culture mentionné en annexe (IV et V).

I.4. Méthodes d'échantillonnage et d'analyses

I.4.1. Méthodes d'échantillonnages

I.4.1.1. Echantillonnage

L'étape d'échantillonnage influence directement la qualité des résultats analytiques obtenus. Des précautions élémentaires doivent être prises pour obtenir un échantillon représentatif. Afin de minimiser les risques associés à la contamination de l'échantillon par le

préleveur, il faut s'assurer de la qualité du prélèvement, de la conservation et du transport adéquat des échantillons.

I.4.1.2.Fréquence d'échantillonnage

La fréquence d'échantillonnage adoptée durant la période d'observation (Mars à Juillet 2014) était d'un prélèvement par mois.

I.4.1.3.Mode de prélèvement

On prélève, chaque mois, à partir des trois stations d'étude :

- Dans des flacons en plastique, un volume de 1,5 litre destiné aux analyses physico-chimiques.
- Dans des flacons en verre stérilisés, un volume de 500 ml destiné aux analyses microbiologiques.
- Dans des flacons en plastique, un volume de 2 litres destiné aux analyses parasitologiques.

Le transport au laboratoire des flacons de prélèvement a été effectué dans une glacière à basse température (+4°C).

I.4.2.Méthodes d'analyses

I.4.2.1.Analyses physicochimiques

Les analyses physico-chimiques ont porté sur les paramètres suivants :

- ◆ La température ;
- ◆ Le potentiel d'hydrogène (pH) ;
- ◆ La conductivité électrique ;
- ◆ Les chlorures (Cl⁻) ;
- ◆ Les sulfates (SO₄²⁻) ;
- ◆ Les bicarbonates (HCO₃⁻) ;
- ◆ Le calcium (Ca²⁺) ;
- ◆ Le magnésium (Mg²⁺) ;
- ◆ L'azote ammoniacal (NH₄⁺) ;
- ◆ Les nitrites (NO₂⁻) ;
- ◆ Les nitrates (NO₃⁻) ;
- ◆ Les orthophosphates (PO₄³⁻) ;
- ◆ Le fer (Fe⁺²) ;

A.Paramètres physiques**❖ Détermination de la température et le potentiel d'hydrogène (pH)
(Norme : NA .751/1990)****☆ Principe**

Mesure la différence de potentiel existant entre électrode de mesure et une électrode de référence plongeant dans une même solution.

☆ Mode opératoire

- * Prendre environ 100 ml d'eau à analyser.
- * Introduire l'électrode du pH mètre (HACH, sens ION), préalablement rincé avec l'eau distillé dans un bécher contenant l'échantillon à analyser.
- * Appuyer sur la touche (Read), la valeur de pH et de la température évoluent jusqu'à se stabiliser.
- * La valeur de pH est donnée directement par l'appareil ainsi que la température .

☆ Expression des résultats

L'appareil donne la valeur de température exprimée en (°C) ainsi que la valeur de pH de l'eau analysée.

❖ La détermination de la conductivité électrique (Norme algérienne NA749).**☆ Principe**

Détermination directe, à l'aide d'un instrument approprié à la conductivité électrique de solution aqueuse. Le conductimètre (METLER TELED0) est un instrument de mesure de courant conduit par les ions présents dans l'eau.

☆ Mode opératoire

- * Remplir un bécher avec une quantité d'eau suffisante pour l'immersion de l'électrode.
- * Mettre l'électrode dans le bécher, puis appuyer sur la touche Read, la valeur de la conductivité s'affiche sur l'écran de l'appareil avec une unité de micro siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$) ou bien milli siemens par centimètres (mS/cm).
- * Si les résultats de la conductivité dépasse la valeur 9999 ($\mu\text{S}/\text{cm}$), les résultats s'affiche en mS/cm ($1 \text{ mS}/\text{cm} = 1000 \mu\text{S}/\text{cm}$).

✧ Expression des résultats

Les résultats sont exprimés en micro siemens par centimètre.

B. Paramètres de minéralisation globale

❖ Dosage des chlorures : titrage au nitrate d'argent avec du chromate comme indicateur (méthode de Mohr) (Norme NFISO 9297)

✧ Principe

Le dosage des chlorures est réalisé par titrage au nitrate d'argent (Ag NO_3) en utilisant du dichromate de potassium ($\text{K}_2 \text{Cr O}_4$) comme indicateur. Réaction des ions chlorures avec des ions argent pour former du chlorure d'argent (Ag Cl) insoluble qui précipite. Ce précipité réagit avec l'indicateur ($\text{K}_2 \text{Cr O}_4$) Pour former du chromate d'argent, brun rouge ($\text{Ag}_2 \text{Cr O}_4$). L'apparition de la coloration brun rouge (virage) marque la fin du titrage.



✧ Mode opératoire

- * Dans un erlen meyer, prendre 5 ml d'eau à analyser.
- * Ajouter 2 gouttes de dichromate de potassium $\text{K}_2 \text{Cr O}_4$ 0 10%.
- * Titrer avec le nitrate d'argent Ag NO_3 à 0,01 N jusqu'à l'apparition de la coloration brun rougeâtre

✧ Expression des résultats

La concentration en chlorure exprimé en milligramme par litre, est donnée par la formule suivante :

$CI = \frac{F \times V \times N \times M}{PE} = \frac{1 \times V \times 0,01 \times 1000}{5}$

$CI^- = V \times 71$

CI^- : Concentration en chlorure (mg/l).

F : Facteur de correction du titre d' Ag NO_3 .

V : Volume d' AgNO_3 nécessaire pour le dosage de l'échantillon (ml).

N : Normalité d'Ag NO₃.

M : Masse des chlorures (mg).

PE : prise d'essai (ml).

❖ **Dosage des sulfates par spectrophotométrie d'absorption moléculaire**
(Méthode allemande utilisée par la SEAAL)

✧ **Principe**

Les ions sulfates, en présence de chlorure de baryum Ba Cl₂ précipitent à l'état de sulfate de baryum

✧ **Mode opératoire**

- * Prendre 2 ml d'eau à analyser.
- * Ajouter 5 ml de la solution stabilisante.
- * Ajouter 2 ml de chlorure de baryum.
- * Compléter à 100 ml avec l'eau distillé.
- * Agiter énergiquement pendant 1 mn.
- * Effectue la lecture à l'aide d'un spectrophotomètre UV/Visible (HACH Odyssey DR 2500) à une longueur d'onde de 420 nm.

✧ **Expression des résultats**

La concentration des sulfates est exprimée en milligramme par litre.

❖ **Dosage de bicarbonates (NF T90-036)**

✧ **Principe**

Détermination des volumes successifs d'acide fort en solution dilué nécessaire pour neutraliser, le volume d'eau à analyser.

✧ **Mode opératoire**

- * Prendre 100 ml d'eau à analyser.
- * Noter son pH.
- * Titrer avec HCl à 0, 1 N jusqu'à obtention d'un pH de 4,3.

✧ **Expression des résultats**

La concentration en bicarbonates est exprimée en mg/l, est donné par la formule suivante :

$$HCO_3^- = \frac{V_A \times N_A \times M \times 1000}{PE} = \frac{V_A \times 0,1 \times 61 \times 1000}{100}$$

$$HCO_3^- = V_A \times 61$$

HCO_3^- : concentration en bicarbonate (mg/l) .

V_A : volume d'acide (HCl) utilisé pour le titrage de l'échantillon.

M : masse molaire des bicarbonates.

N_A : normalité d'acide (HCl).

❖ Dosage du calcium par la méthode titrimétrique à l'EDTA (Norme ISO 6058 NA 1655)

☆ Principe

Titration des ions calcium avec une solution aqueuse de l'EDTA . L'indicateur utilisé est le murexide, qui forme un complexe rose avec le calcium. Lors de titrage, l'EDTA réagit avec les ions calcium, l'indicateur vire alors de la couleur rose à la couleur violet.

☆ Mode opératoire

- * Prélever une prise d'essai de 50 ml de l'échantillon à analyser.
- * Ajouter 2 ml de la solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) à 2N.
- * Ajouter quelque mg de l'indicateur coloré murexide.
- * Titrer avec la solution d'EDTA.
- * Le virage est atteint lorsque la couleur devient nettement violette.

☆ Expression des résultats

La teneur en calcium, exprimée en mg/l, est donnée par l'équation :

$$Ca^{2+} = \frac{V_1 \times C_{EDTA} \times F \times M_{Ca^{2+}}}{PE} \times 1000$$

$$Ca^{2+} = V_1 \times 8 \times 5 \times F$$

Ca^{2+} : concentration de calcium (mg/l).

V_1 : Volume d'EDTA nécessaire pour une concentration donnée.

C_{EDTA} : Concentration molaire d'EDTA (0,01 M/l).

$M_{Ca^{2+}}$: Masse molaire de calcium(g).

F : Facteur de dilution.

PE : Prise d'essai.

❖ **Dosage du magnésium (ISO 6058 ou NF T 90-003)**

✧ **principe**

Titration des ions magnésium avec une solution aqueuse de l'EDTA à pH 10. L'indicateur utilisé est le noir ériochrom. Lors de titrage avec l'EDTA la solution vire au bleu.

✧ **Mode opératoire**

- * Prélever une prise d'essai de 50 ml de l'échantillon à analyser.
- * Ajouter 2 ml de la solution d'hydroxyde d'ammonium (NH₄OH).
- * Ajouter quelque mg de l'indicateur coloré noir ériochrome.
- * Titrer avec la solution d'EDTA.
- * Le virage est atteint lorsque la couleur devient bleue.

✧ **Expression des résultats**

La teneur en magnésium exprimée en mg/l, est donnée par l'équation :

$$Mg^{2+} = \frac{(V_2 - V_1) \times C_{EDTA} \times M_{Mg^{2+}} \times 1000 \times F}{P}$$

$$Mg^{2+} = (V_2 - V_1) \times 4,8 \times 5 \times F$$

Mg^{2+} : concentration en Magnésium (mg/l).

V_2 : Volume total d'EDTA.

V_1 : Volume d'EDTA nécessaire pour une concentration donnée.

C_{EDTA} : Concentration molaire d'EDTA (0,01 M/l).

$M_{Mg^{2+}}$: Masse molaire du Magnésium(g).

F : Facteur de dilution.

PE : Prise d'essai.

C. Paramètres de pollution**❖ Dosage d'azote ammoniacal (ISO 7150)****☆ principe**

L'ammonium et les composés ammoniacaux réagissent avec le réactif de Nessler en donnant un complexe colloïdal jaune brunâtre ou rougeâtre.

☆ Mode opératoire

- * Prendre 50ml de l'échantillon à analyser.
- * Ajouter 2ml de réactif de Nessler.
- * Ajouter 2ml de solution tartrate double de sodium et potassium.
- * Laisser reposer 10 mn.
- * Une coloration jaune brunâtre apparaîtra s'il existe des ions de NH_4^+ .
- * Les mesures sont réalisées au spectrophotomètre à 420 nm.

☆ Expression des résultats

Le résultat est donné directement mg/l.

❖ Dosage des nitrites par la méthode à la sulfanilamide (ISO 5667)**☆ Principe**

Les nitrites réagissent avec la sulfanilamide pour former un composé diazoïque qui, après copulation avec l'EDTA donne naissance à une coloration rose mesurée au spectrophotomètre UV/Visible à 543 nm (HACH Odyssey DR 2500).

☆ Mode opératoire

- * Prendre 50 ml d'eau à analyser.
- * Ajouter 1 ml de la solution de sulfanilamide.
- * Agiter et laisser reposer 5 mn.
- * Ajouter 1 ml de la solution d'EDTA.
- * Laisser reposer 10 minutes.
- * L'apparition de la coloration rose indique la présence de nitrites.
- * Effectuer la lecture à l'aide d'un spectrophotomètre à 543 nm.

☆ Expression des résultats

Le résultat est donné directement en mg/l.

❖ Dosage des nitrates par la méthode au salicylate de sodium (NF T90-021)**☆ Principe**

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

☆ Mode opératoire

- * Prendre 10 ml de l'échantillon à analyser
- * Ajouter 2 à 3 gouttes de NaOH à 30%.
- * Ajouter 1 ml de salicylate de sodium à 0,5 %.
- * Evaporer à sec à l'étuve 75 – 88 °C.
- * Laisser refroidir.
- * Reprendre le résidu avec 2ml d'acide sulfurique concentré (H₂SO₄).
- * Laisser reposer 10 mn.
- * Ajouter 15 ml d'eau distillée puis 15 ml de la solution de tartrate double de sodium et de potassium.
- * L'apparition de la coloration jaune indique la présence des nitrates.
- * Effectuer la lecture à l'aide d'un spectrophotomètre (HACH Odyssey DR 2500) à une longueur d'onde de 415 nm.

☆ Expression des résultats

Le résultat est donné directement en milligramme par litre (mg/l).

**❖ Dosage des orthophosphates par la méthode au molybdate d'ammonium
(Norme ISO 6878)****☆ Principe**

Réaction des ions orthophosphates avec une solution acide contenant des ions de molybdate et d'antimoine pour former un complexe d'antimonyl-phosphomolybdate.

Réduction du complexe par l'acide ascorbique pour former un complexe de molybdène fortement coloré en bleu.

☆ Mode opératoire

- * Prélever 40 ml de l'échantillon à analyser.
- * Ajouter 1 ml d'acide ascorbique.
- * Ajouter 2 ml heptamolybdate d'ammonium.

- * Agiter quelques secondes.
- * attendre 10 mn.
- * à la suite de l'apparition d'une coloration bleue indicatrice de la présence des PO_4^{3-} on procède à la lecture à l'aide d'un spectrophotomètre à la longueur d'onde de 880 nm.

☆ **Expression des résultats**

La concentration en orthophosphate est exprimé en milligramme par litre (mg/l).

D. Paramètre indésirable

❖ **Dosage de fer par la méthode colorimétrique à l'orthophénantroline**

☆ **Principe**

A l'ébullition, l'acide chlorhydrique libère le fer sous forme ionique, il est ensuite réduit à l'état ferreux par l'hydroquinone et dosé colorimétriquement, en utilisant la coloration rouge donné par les sels ferreux avec l'orthophénantroline.

☆ **Mode opératoire**

- * Dans un tube à essai prélever 10 ml de l'eau à analyser.
- * Ajouter 1 ml de solution d'acide chlorhydrique 1N.
- * Porter à l'ébullition pour assurer la solubilisation du fer.
- * Refroidir.
- * Ajuster à 10 ml avec de l'eau bidistillé bouillie.
- * Ajouter 0,3 ml de la solution aqueuse d'hydroquinone à 1%.
- * Ajouter 1 ml de la solution d'orthophénantroline à 1 %.
- * Laisser reposer à température ambiante pendant 30 minutes.
- * Effectuer les lectures au spectrophotomètre UV/Visible à la longueur d'onde de 510 nm.

☆ **Expression des résultats**

La teneur en fer est exprimée en mg/l d'eau.

I.4.2.2. Analyses microbiologiques

Les analyses microbiologiques sont importantes, car la qualité microbiologique d'une eau n'est pas un paramètre stable, au contraire, elle est sujette à des fluctuations dues à des pollutions accidentelles.

Ces analyses ont pour objectif :

- ◆ La recherche et le dénombrement des germes indicateurs de contamination fécale.
- ◆ La recherche de certains germes pathogènes.
- ◆ L'appréciation de la qualité microbiologique des eaux.

la méthode adoptée est celle de filtration sur membrane, qui consiste à filtrer sur membranes (0,22 -0,45 μm) montées dans un appareil à filtration, une quantité d'eau à analyser, puis à appliquer ces membranes sur des milieux sélectifs, coulés en boîtes de pétri de 55 mm de diamètre. (Voire figure 27, annexe VI),

Après incubation, les colonies développées seront dénombrées et éventuellement prélevées pour être confirmées ou étudiées.

A. Recherche et dénombrement des germes indicateurs de contamination fécale

❖ Recherche et dénombrement des coliformes par filtration sur membrane (Norme ISO 9308-1) (Voire figure 19, annexe VI)

☆ Principe

La méthode consiste à filtrer, à travers une membrane de porosité de 0,45 μm , un volume déterminé de l'échantillon et d'incuber ensuite cette membrane pendant 24 heures à 37°C – 44,5 °C sur gélose Mac Conckey.

☆ Mode opératoire

- * Stériliser la surface supérieure de la rampe de filtration ainsi que la plaque poreuse (en ouvrant le robinet pour aspirer la flamme).
- * Laisser refroidir.
- * Prélever deux membranes de leur emballage à l'aide d'une pince stérile.
- * Poser les membranes sur la plaque poreuse de la rampe à filtration.
- * Agiter soigneusement le flacon d'eau à analyser.
- * Verser stérilement la quantité d'eau désirée (100 ml).
- * Ouvrir le robinet de la rampe pour laisser l'eau s'écouler.
- * Dès que la quantité d'eau est filtrée, prélever la membrane avec une pince stérile en la saisissant par son bord.
- * Déposer la membrane sur le milieu sélectif, en prêtant attention à ne pas piéger de bulles d'air.

* Incuber à :

- 37 °C pendant 48 heures une des boîtes de pétri qui servira à la recherche des coliformes totaux.
- 44°C pendant 24 heures l'autre boîte qui servira à la recherche des coliformes fécaux.

☆ **Lecture**

Après la période d'incubation, on dénombre les colonies des coliformes totaux et fécaux qui apparaissent sous forme de petites colonies rouges, lisses, légèrement bombées.

☆ **Expression des résultats**

Le résultat est donné en nombre de germes par 100ml.

❖ **Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux (Normes NA 766en ISO 789962) (Voire figure 20, annexe VI)**

☆ **Principe**

Le dénombrement des streptocoques fécaux est fondé sur la filtration de l'échantillon à analyser à travers une membrane filtrante ayant une porosité de 0,45 µm suffisante pour retenir les bactéries.

A la fin de l'opération, la membrane est placée dans une boîte de pétri contenant de la gélose Slanetz et Bartely.

☆ **Mode opératoire**

- * Stériliser la rampe de filtration à l'aide de bec bunsen.
- * Prendre le filtre stérile à l'aide d'une pince stérile.
- * Placer le filtre au centre de la membrane poreuse de la rampe.
- * Fermer l'entonnoir et verser l'échantillon à analyser (100 ml).
- * Attendre que la totalité de l'échantillon soit filtré pour retirer le filtre.
- * Placer le filtre dans la boîte de pétri contenant la gélose Slanetz et Bartely..
- * S'assurer que le filtre adhère bien sur la surface de la gélose.
- * Mettre la boîte de pétri dans l'incubateur à 37°C pendant 48 heures.

☆ **Lecture**

Après l'incubation on compte les colonies de streptocoque fécaux qui apparaissent sous forme de petites colonies de 0,5 à 2 mm de diamètre, de coloration rouge, rose ou violette visible sur la boîte.

☆ Expression des résultats

Le résultat est exprimé en nombre de germes par 100 ml.

❖ Recherche est dénombrement des spores de bactéries anaérobies sulfito-réducteurs (Normes NF EN 2646-1) (Voire figure 21, annexe VI).**☆ Principe**

Les échantillons d'eaux sont préalablement chauffés à 80°C pendant 10 min afin de détruire les formes végétatives et garder uniquement les formes sporulées.

Les spores d'anaérobies sulfito-réducteurs sont dénombrés après la rétention sur filtre de porosité 0,45µm et l'incubation sur milieu gélose viande-foie additionné d'une ampoule de sulfite de sodium et une ampoule d'alun de fer à 37°C pendant 24 à 48 heures, en donnant des colonies de coloration noire due à la réduction des sulfites en sulfures qui, en présence de fer donne du sulfure de fer (FeS) de couleur noire.

☆ Mode opératoire

- * Avant de procéder à l'essai, l'échantillon à analyser doit être chauffé dans un bain marie à 80°C pendant 10 min.
- * Refroidir immédiatement sous l'eau de robinet jusqu'à la température ambiante.
- * Filtration de 100 ml de l'échantillon à analyser sur un filtre de 0,45µm.
- * Après filtration, enlever le filtre avec une pince stérile.
- * Le Placer, face supérieur tourné vers le bas dans le fond d'une boîte de pétri en s'assurant qu'il ne reste pas de bulle d'air sous le filtre.
- * Verser soigneusement le milieu de culture VF liquéfié avec additifs, jusqu'au rebord de la boîte de pétri.
- * Incuber à 37°C pendant 24 à 48 heures.

☆ Lecture

Une première lecture doit être réalisée après 24 h d'incubation, pour éviter le développement trop important de bactéries. Dans ce cas une diffusion des halos peut conduire à une coloration noire uniforme de la membrane, rendant alors le dénombrement impossible en 48h

Dans le cas où les colonies caractéristique n'apparaissent pas, réincuber les boîtes et effectuer une deuxième lecture après 48h.

Dénombrer toutes les colonies noires de 0,5 mm de diamètre.

✧ Expression des résultats

Le résultat est exprimé en nombre de spore de germe anaérobies sulfito-réducteurs dans 100 ml d'eau.

B. Recherche des germes pathogènes**❖ Recherche des salmonelles (Voire figure 22, annexe VI) .****✧ Principe**

Pour la recherche des salmonelles le protocole débute également comme pour les autres germes, mais une fois la membrane retirée, elle est placée dans un flacon contenant du bouillon sélénite D/C, qui sera incubé à 37 °C pendant 18 à 24 heures.

✧ Mode opératoire

- * Stériliser la surface supérieure de la rampe de filtration
- * Laisser refroidir
- * Mettre en place de façon aseptique une membrane poreuse de 0,45 µm sur la membrane poreuse
- * Remplir de façon aseptique l'entonnoir avec 100 ml d'eau à analyser.
- * Actionner la pompe à vide pour permettre le passage de l'eau à travers la membrane.
- * Continuer à remplir jusqu'à 5 litres d'eau à analyser selon la dernière recommandation de l'OMS s'il y a pas de colmatage des pores de la membrane.
- * Retirer ensuite la membrane à l'aide d'une pince stérile et la placer dans un flacon contenant du bouillon sélénite D/C, qu'on incube à 37°C pendant 18 à 24 heures.
- * Le lendemain, procéder à un isolement sur gélose Hektoen qui sera incubée à 37°C pendant 24 heures.

✧ Lecture

Les salmonelles apparaissent sous forme de colonies grises avec ou sans centre noir. Ces dernières subiront une identification biochimique.

❖ Recherche des vibrions cholériques (Voire figure 23, annexe VI).**✧ Principe**

La recherche des vibrions cholérique dans l'eau doit habituellement inclure une phase d'enrichissement, de sélection, de confirmation.

☆ Mode opératoire*** Enrichissement primaire**

- S'effectue sur milieu eau peptonée alcaline (EPA) 10 fois concentrée.
- On introduit 3 membranes après une filtration dans EPA bien mélanger le filtre dans le milieu.
- Incuber à 37°C pendant 18 à 24 heures.

*** Enrichissement secondaire**

- On effectue le 2^{ème} enrichissement sur milieu EPA II en tube à raison de 1ml par tube et un isolement sur GNABI.
- Incuber à 37°C pendant 24h.

*** Isolement**

- D'une part, le tube EPII fera l'objet d'un isolement sur GNABII ; et d'autre, la boîte de gélose GNAB I subira une lecture
- On incube la boîte de gélose GNAB II à 37°C pendant 24h.

*** Lecture et identification**

- Lecture de la boîte de gélose GNAB II sera effectuée avec une identification biochimique s'il s'agit de colonies suspectes.

☆ Lecture

Les vibrions se présentent le plus souvent sous forme de colonies lisses et transparentes.

☆ Expression des résultats

Le résultat est donné en nombre de germes par 100 ml.

❖ Recherche et dénombrement des *Pseudomonas aeruginosa* (Normes NF EN 12780) (Voir figure 24, annexe VI).**☆ Principe**

Filtration de 200 ml de l'échantillon à travers une membrane filtrante d'une porosité de 0,22 µm .

Dénombrement des colonies caractéristique produisant de la pyocyanine (bleu-vert) formées sur la membrane filtrante.

✧ Mode opératoire

- * Stériliser la surface supérieure de la rampe de filtration ainsi que la plaque poreuse à l'aide d'un bec benzène.
- * Laisser refroidir.
- * Placer aseptiquement en utilisant une pince stérile la membrane de 0,22 µm sur la membrane poreuse.
- * Verser stérilement la quantité d'eau désirée (200 ml).
- * Actionner la pompe à vide pour absorber l'eau à travers la membrane.
- * Retirer l'entonnoir puis transférer la membrane à l'aide d'une pince stérile et la déposer dans une boîte pétri contenant le milieu sélectif (gélose cétrimide).
- * Incuber la boîte à 37°C pendant 48 heures, le couvercle vers le bas.

✧ Lecture

Après la période d'incubation dénombrer et considérer toutes les colonies produisant une pigmentation bleu-vert (pyocyanine) comme *Pseudomonas aeruginosa*.

✧ Expression des résultats

Le résultat est exprimé en nombre de germes par 200 ml d'eau.

C. Recherche et dénombrement des levures et moisissures (Voire figure25,annexe VI)**✧ principe**

Le principe consiste à filtrer 100 ml de l'échantillon à analyser à travers une membrane filtrante

✧ Mode opératoire

- * Filtrer à travers une membrane filtrante de 0,45 µm.
- * Déposer la membrane sur le milieu agar glycosé de sabouraud.
- * Incuber à 25°C pendant 5 jours.

✧ Lecture

Après la période d'incubation faire la numération des colonies développée.

✧ Expression des résultats

Le résultat est exprimé en U.F.C / 100 ml.

I.4.2.3. Analyses parasitologiques**❖ La méthode de Bailenger modifiée** (Voire figure 26, annexe VI).

La méthode Bailenger modifiée préconisée par l'OMS (1997) donne d'excellents résultats pour la recherche des parasites avec des eaux résiduaires brutes.

☆ Mode opératoire

- * Recueillir un échantillon d'eaux usées de volume connu (V volume), en générale 2 litre.
- * Laisser décanter pendant 1-2 heures, selon la dimension du récipient, il est recommandé d'utiliser un récipient cylindrique ouvert à son sommet, car cela facilite l'élimination du surnageant et permet un rinçage soigneux.
- * Eliminer 90% du surnageant avec une pompe aspirante ou une pompe à main (siphon).
- * Transvaser soigneusement le sidément dans un ou plusieurs tubes à centrifuger, selon le volume, et centrifuger à 4700 tours pendant 15 min. Ne pas oublier de rincer soigneusement le récipient avec une solution détergente.
- * Eliminer le surnageant si l'on a utilisé à l'étape précédente plusieurs tubes à centrifuger, réunir tous les culots dans un seul tube (ne pas oublier de rincer soigneusement avec une solution détergente) et recentrifuger à 4700 tours pendant 15 min.
- * Mettre le culot de centrifugation en suspension dans son volume de tampon acéto-acétique à pH 4,5 (autrement dit, si le volume du culot est de 2 ml, ajouter 2 ml de tampon). Toutefois, si le culot a un volume inférieur à 2 ml, compléter à 4 ml avec le tampon.
- * Ajouter deux volumes d'acétate d'éthyle ou d'éther (soit 4 ml dans l'exemple ci-dessus) et mélanger soigneusement la solution au moyen d'un agitateur vibrant.
- * Centrifuger à 4700 tours pendant 15 min. l'échantillon comporte alors trois phases distinctes. Tous les débris lourds de nature non grasseuse, notamment les œufs d'helminthes et les kystes de protozoaires, sont rassemblés dans la couche inférieure. au – dessus se trouve le tampon, qui doit être clair. Les matières grasses et autres ont migré dans l'acétate d'éthyle ou l'éther et forment un bouchon épais de couleur foncé au sommet de l'échantillon.
- * Noter le volume du culot de centrifugation contenant les œufs, puis éliminer le reste du surnageant en une seule fois en inclinant le tube avec précaution. Il faut par fois commencer par détacher le bouchon grasseux de la paroi du tube à centrifuger avec une aiguille fine.
- * Remettre le culot en suspension dans 5 fois son volume de solution de sulfate de zinc (par exemple, pour un culot de 1 ml, ajouter 5 ml de ZnSO₄). Noter le volume du produit final (X ml). Mélanger soigneusement, de préférence à l'aide d'un agitateur vibrant.

- * Prélever rapidement une fraction avec une pipette graduée un volume de 50 µl de notre échantillon et déposer entre lame et lamelle. il faut préparer 3 lames pour compter les œufs.
- * Laisser reposer les lames remplies sur une surface plane pendant 5 minutes avant de l'examiner. cela laisse le temps à tous les œufs de venir flotter à la surface.
- * Placer la lame sur la platine d'un microscope et l'examiner au grossissement 10×10 ou 40×10 . compter tous les œufs visibles.
- * Calculer le nombre d'œufs par litre à l'aide de la formule ci-dessous :

$$N = AX/PV$$

Ou :

N = nombre d'œufs par litre d'échantillon.

A = nombre d'œufs comptés sur les trois lames.

X = volume de produit final (ml).

P = contenance de trois lames (0,15 ml).

V = volume de l'échantillon initial (2 litre).

II. RESULTATS ET DISCUSSION

II.1.Résultats des analyses physico-chimiques

Les résultats obtenus pour les treize (13) paramètres physico-chimiques réalisés sur les eaux de l’oued Djemaa sont consignés dans le Tableau XVI en annexe I. Ces résultats seront comparés aux normes de l’OMS (2004) et celles du JORA (1993).

II.1.1.Paramètres physiques

☀ Température

La température moyenne des stations d’étude présentent des valeurs comprises entre 21,68°C (station S1), 21,1°C (station S2) et 21,08 °C (station S3)(Tableau XVI, Annexe I). L’évolution temporelle de la température de l’eau montre des valeurs maximales au mois de Juin et Juillet et minimales au mois de Mars (Figure 04). Ces variations dans les valeurs de la température suivent celles du climat de la région.

Les valeurs de la température mesurées dans les eaux de l’oued Djemaa restent acceptables car elles restent en dessous de la norme fixée par l’OMS (30°C).



Figure 04 : Variation mensuelle de la température

L’analyse de ce paramètre est très importante, car elle conditionne de nombreux paramètres, tels que la conductivité électrique, l’oxygène dissous, ainsi que les réactions de dégradation et de minéralisation de la matière organique (RODIER et al., 2005). L’élévation de la température s’accompagne toujours d’une modification des propriétés de l’eau, car elle agit sur la densité, la viscosité, la solubilité des gaz dans l’eau, la dissociation des sels dissous, le pH, de même que sur les réactions chimiques et biochimiques ainsi que sur le

développement et la croissance des organismes vivant dans l'eau et particulièrement les microorganismes (WHO, 1987).

La variabilité saisonnière de la température est liée exclusivement à la notion temps et non pas aux stations d'échantillonnage (CHAHLAOUI, 1996; VEGA *et al.*, 1998 ; SILVA et SACOMANI, 2001).

☀ pH

Les valeurs observées au cours de cette étude révèlent que le pH est légèrement neutre à alcalin dans toutes les stations de l'oued Djemaa. En effet, le pH varie entre 7,6 et 8,11 avec une moyenne de 7,85 dans la station S1 et entre 7,82 et 8,15 avec une moyenne de 7,99 dans la station S2.

Concernant la station S3, les valeurs sont comprises entre 7,91 et 8,13 et possède une valeur moyenne de 8,03. Ces valeurs ne présentent pas des fluctuations très importantes (Tableau XVI en annexe I, figure 05) et restent toujours dans les normes de l'OMS fixées à un maximum de 9.

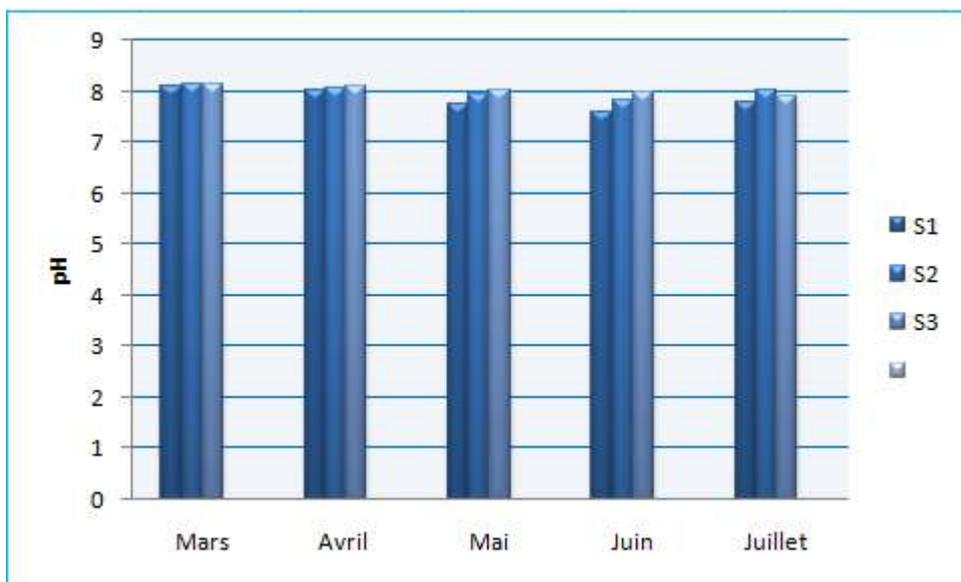


Figure 05 : Variation mensuelle du pH

Le pH (potentiel Hydrogène) mesure la concentration en ions H⁺ de l'eau. Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14, 7. Ce paramètre conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques, et dépend de facteurs multiples, dont la température et l'origine de l'eau. Les valeurs du potentiel Hydrogène se situent entre 6 et 8,5 dans les eaux naturelles (CHAPMAND.etKIMSTACH ,V, 1996). La diminution du pH résulte de l'activité bactérienne de décomposition de la matière organique (ANSA-ASAREET*et al.*, 1999; NEAL*et al.*, 2000).

Des études ont montré que le pH de l'eau est influencé par la température, l'oxygène dissous, la minéralisation totale et bien d'autres facteurs (LAIDANI *et al.*, 2009 ; RODIER *et al.*, 2009 ; SEMINE RAS, 2009).

🏠 Conductivité électrique

Les valeurs de la conductivité électrique enregistrées pendant cette étude varient entre un minimum de 711,4 $\mu\text{S/cm}$ enregistré au mois de Mars (au niveau de la station S3 en aval de l'oued) et un maximum de 1188 $\mu\text{S/cm}$ (au niveau de la station S1 située en amont) pendant le mois de Juillet (figure 06). Ces valeurs restent en dessous de la norme de l'OMS et sont acceptable pour l'irrigation (Figure 07), la baignade (Figure 08) et l'abreuvement des animaux domestiques (Figure 15).



Figure 06 : Variation mensuelle de la conductivité



Figure 07 : Irrigation des cultures

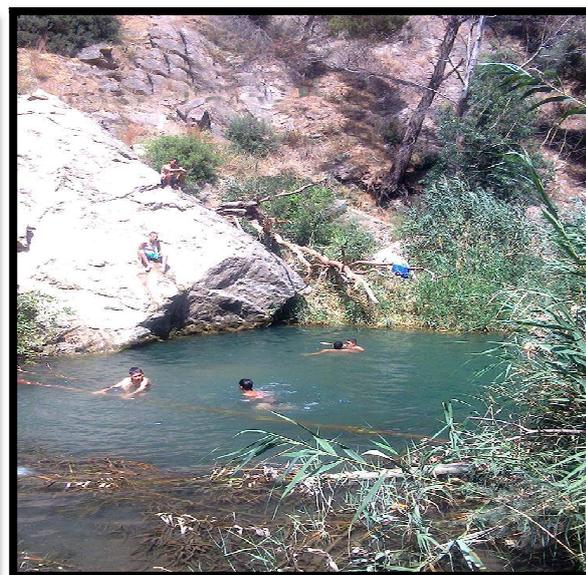


Figure 08 : Baignade

La mesure de la conductivité électrique d'une eau permet d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau et d'en suivre l'évolution (**BECHAC et al., 1984 ; RODIER, 1984 ; SAMAKE, 2002**). Elle est également fonction de la température de l'eau, elle est plus importante lorsque la température augmente. D'après **RODIER et al., (2009)**, une conductivité supérieure à 666 $\mu\text{S}/\text{cm}$ implique une minéralisation importante des eaux ce qui est le cas de la majorité des sites échantillonnés.

Selon **Rodier (1984)**, la mesure de la conductivité constitue une bonne appréciation du degré de minéralisation d'une eau où chaque ion agit par sa concentration et sa conductivité spécifique (Tableau III).

Tableau III: Relation entre la minéralisation et la conductivité électrique.

Conductivité électrique(CE)	Taux de minéralisation
CE < 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Minéralisation très faible
100 < CE < 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Minéralisation faible
200 < CE < 666 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Minéralisation moyenne
666 < CE < 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Minéralisation importante
CE > 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Minéralisation élevée

A partir de cette classification, les eaux de l'oued Djemaa sont caractérisées par une minéralisation importante à élevée en fonction des mois.

La conductivité électrique est également l'un des critères de choix pour juger l'aptitude d'une eau à un usage agricole. En générale, jusqu'à 750 $\mu\text{S}/\text{cm}$, l'eau est considérée comme étant de bonne qualité. De 750 à 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, l'influence de la composition ionique et celle de la nature du sel joue un rôle prépondérant dans le choix de l'eau d'irrigation. Au-delà de 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ l'eau est difficilement utilisable pour l'irrigation (**FABY et BRISSAUD, 1997**).

II.1.2. Paramètres de minéralisation globale

☀ Chlorures

Les chlorures représentent l'un des indicateurs les plus significatifs de la qualité chimique des eaux. Ils sont souvent utilisés comme un indice de pollution et ont une influence sur la faune et la flore aquatique ainsi que sur la croissance des végétaux (**MAKHOUKH, 2011**).

Les concentrations en ions chlorures enregistrées dans les eaux de l'oued Djemaa (figure 09) s'échelonnent entre 28,5 mg/l (à l'aval de l'oued (S3) et 142 mg/l (à l'amont de l'oued (S1). Durant toute la période d'étude, les chlorures enregistrent des teneurs inférieures aux normes de l'**OMS(2004)** fixées à 250 mg/l.



Figure 09 : Variation mensuelle des chlorures

L'évolution temporelle est marquée par un léger abaissement des teneurs en chlorures pendant la fin de l'hiver et au printemps par rapport à la saison estivale résultant de la dilution par les précipitations. Cette évolution indique également la contribution d'un apport anthropique qui peut être d'origine urbaine aussi bien qu'industrielle. En effet, la présence de niveaux accrus des chlorures peut indiquer une contamination des eaux par des eaux usées agricoles, industrielles ou domestiques (USEPA, 2006).

☀ Sulfates

Les variations temporelles des sulfates au niveau des stations échantillonnées révèlent des concentrations globalement identiques (de l'amont vers l'aval de l'oued). Elles sont comprises entre 1 et 4,21 mg/l (Tableau IV). Le détail des résultats est présenté dans l'annexe (I). La station S3 de l'oued présente la valeur moyenne la plus faible, elle est de l'ordre de 2,427 mg/l (Tableau XVI, voire Annexe I).

Les moyennes des sulfates au niveau de l'oued Djemaa restent moins élevées que celles relevées dans les autres travaux (VEGA *et al.*, 1998; SILVA *et SACOMANI*, 2001). Ces auteurs suggèrent que l'enrichissement des eaux en sulfates serait probablement lié à la morphologie des sols traversés par le cours d'eau. D'une façon générale, la présence des sulfates dans des eaux naturelles "non polluées" invoque la présence de gypse ou de pyrite, leur concentration est généralement comprise entre 2,2 et 58 mg/l (MEYBECK *et al.*, 1996).

Tableau N°IV: Résultats des analyses des sulfates (mg/l) pour les 3 stations.

Mois Station	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Normes OMS
S1	1.67	1.5	2.965	4.21	2.23	150
S2	2.7	2	2.73	3.78	0.995	150
S3	3.685	1	2.7	3.645	1.105	150

✿ Bicarbonates

Les carbonates et les bicarbonates sont les principaux contributeurs de l'alcalinité totale de l'eau (SELF, 2010). D'après la figure 10, les concentrations en bicarbonates dans les différentes stations s'échelonnent entre 183 mg/l et 216.5 mg/l. L'évolution temporelle des bicarbonates montre des concentrations plus élevées durant le mois de Mai avec un maximum de 216,5 mg/l. Ceci est en accord avec les études antérieures, suggérant que la saison des pluies contient une plus grande quantité de bicarbonates qu'une période sèche (GOUAIDIA, 2005).

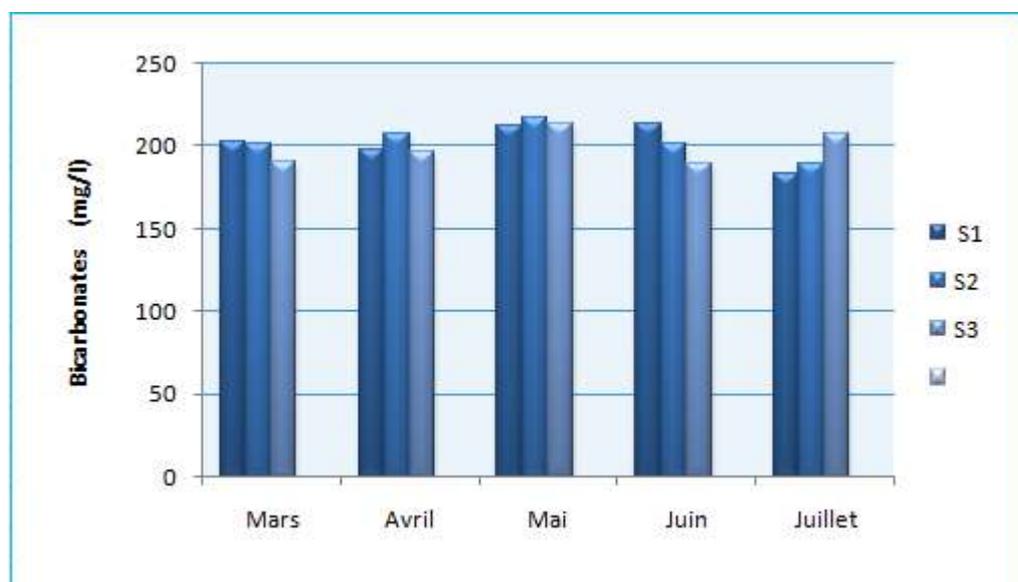


Figure 10 : Variation mensuelle des bicarbonates.

L'importance des interactions eau/roche et le processus de dissolution/précipitation conditionnent les concentrations en bicarbonates (BLIEFERT et PERRAUD, 2003 et MALCUIT *et al.*, 2006). Les niveaux d'alcalinité allant jusqu'à 400 mg/l de CaCO₃ ne présentent pas un danger pour la santé (SELF, 2010).

☀ Calcium

Dans cette étude, les teneurs en calcium mesurées au niveau des trois stations, sont variables et comprises entre 28 mg/l en aval et 48 mg/l en amont (Voir annexe I, Tableau XVI). C'est dans la station S1 que nous avons enregistré les teneurs les plus élevées (figure 11). Elles restent toujours inférieures aux normes fixées par l'OMS (2004) et le JORA (1993) (100 mg/l et 200 mg/l respectivement).

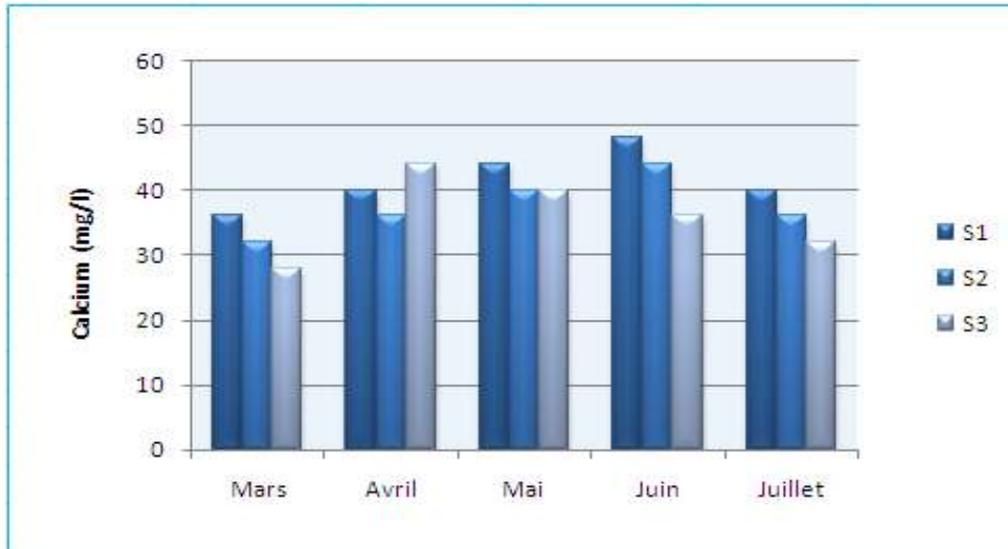


Figure 11 : Variation mensuelle du calcium.

Selon MARCHAND et al.,(1989), les eaux qui dépassent 200 mg/l en calcium présentent de sérieux inconvénients pour les usages domestiques.

☀ Magnésium

Les concentrations en magnésium mesurées de l'amont vers l'aval de l'oued Djema sont toutes inférieures à la norme fixée par l'OMS (2004) (50 mg/l). La station présentant la concentration la plus élevée en magnésium est la station (S2) avec une valeur de 28,8 mg/l (figure 12). Aucune variation significative des concentrations entre les mois n'est à signaler.

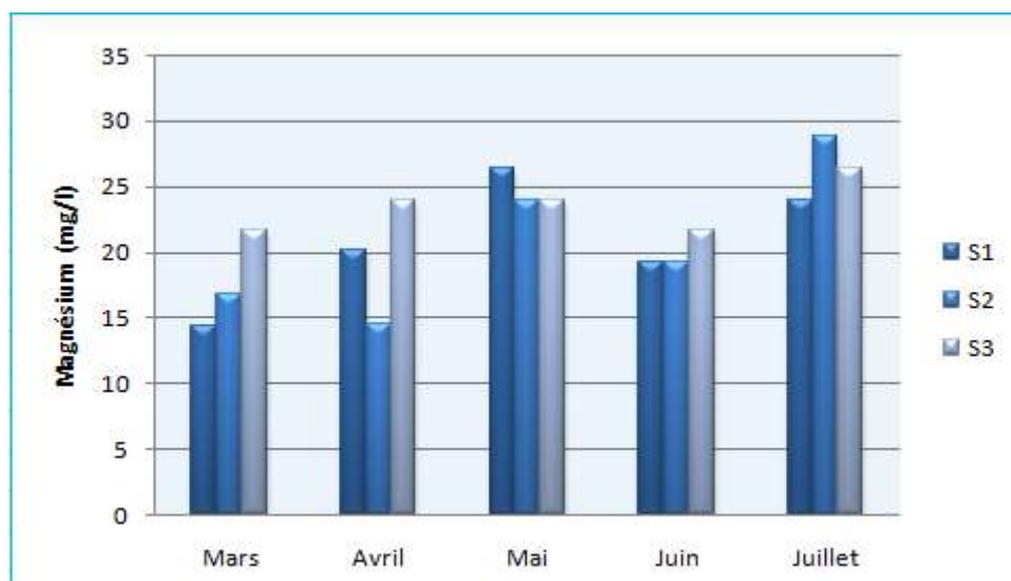


Figure 12 : Variation mensuelle de magnésium.

C'est un élément dominant dans l'eau, le 7^{ème} élément le plus abondant à l'état naturel. Dépassant rarement les 15 mg/l dans les eaux naturelles, sa dureté et sa teneur dépendent de la nature du terrain traversé (BEAUDRY et HENRY, 1992).

II.1.3. Paramètres de pollution

☀ Azote ammoniacal

Nos résultats montrent que les valeurs en azote ammoniacal de l'eau brute des trois stations sont très faibles, à l'exception de celle de la station S2 où nous avons noté 0,184 mg/l comme valeur maximale sans dépasser les normes de 0,5 mg/l (OMS et JORA)(Tableau V). Ces résultats sont similaires à ceux retrouvés par MAKHOUKH *et al.*, (2011) dans les eaux superficielles de l'oued Moulouya au Maroc.

Tableau N° V: Résultats des analyses de l'azote ammoniacal (mg/l) pour les 3 stations

Mois Station	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Normes OMS	Normes JORA
S1	0.001	0.008	0.09	0.016	0.024	0.5	0.5
S2	0.007	0.066	0.184	0.016	0.069	0.5	0.5
S3	0.019	0.016	0.039	0.009	0.012	0.5	0.5

L'azote ammoniacal constitue un bon indicateur de la pollution des cours d'eau par les effluents urbains. Il existe en faible proportion, inférieure à 0,1 mg/l dans les eaux naturelles

(CHAPMAN, 1996). Il peut avoir pour origine : la matière végétale des cours d'eau, la matière organique animale ou humaine, les rejets industriels et les engrais (RODIER *et al.*, 2005).

☀ Nitrites

D'après les résultats obtenus, on remarque que toutes les valeurs enregistrées de l'amont vers l'aval sont inférieures aux normes de l'OMS (2004) pour des eaux de surface, à l'exception des prélèvements du mois de Juillet qui dépassent la norme fixée à 0,1 mg/l au niveau des stations S1, S2 ,S3 avec des valeurs respectives de 0,123 mg/l, 0,292 mg/l, 0,235 mg/l (tableau VI).

Tableau N°VI: Résultats des analyses des nitrites (mg/l) pour les 3stations.

Mois Station	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Normes OMS	Normes JORA
S1	0.036	0.018	0.089	0.015	0.123	0.1	0.1
S2	0.030	0.022	0.076	0.010	0.292	0.1	0.1
S3	0.044	0.028	0.073	0.021	0.235	0.1	0.1

Selon POTELON et ZYSMAN (1998), les nitrites présentent une forme transitoire instable lors de la nitrification ou la dénitrification, sa présence dans le milieu naturel est faible.

Une eau qui renferme des nitrites comme celle observée au mois de Juillet, est considérée comme suspecte car il lui est souvent associé une détérioration de la qualité microbiologique (RODIER *et al.*, 2005). Cependant, les eaux en contact avec certains terrains ou conduites peuvent contenir des nitrites indépendamment de toute souillure (CEBRON, 2004). Pour CORNAZ (2004) en l'absence de pollution, il n'y a pas ou très peu de nitrites dans les eaux naturelles.

☀ Nitrates

Les eaux de l'oued Djemaa ne sont pas assujetties à un risque de pollution par les nitrates du fait que les valeurs enregistrées lors des analyses des différents prélèvements oscillent entre un minimum de 0,008 mg/l et un maximum de 1,43 mg/l enregistrées dans la station S3qui restent d'ailleurs inférieures à la valeur admissible par les normes algériennes et par celles de l'OMS (Tableau VII).

Ces teneurs peu élevées en nitrates dans l'eau comme celles constatées par AKOTO et ADIYIAH (2008) sont probablement en relation avec les faibles teneurs de l'eau en azote

ammoniacal. Toutefois, les nitrates sont souvent présents dans les eaux de surface, car c'est la forme la plus oxydée des composés azotés et le produit final de la décomposition aérobie de la matière organique azotée (IGBINOSA ,2009). Ce qui expliquerait les faibles valeurs trouvées dans les différents sites de prélèvement.

Les valeurs obtenues sont comparativement faibles à celles retrouvées au Maroc par MAKHOUKH et al., (2011) dans les eaux superficielles de l'oued Moulouya ; ELADOULLI et al., (2011) dans l'oued Ouislane et DERWICH et al., (2008) dans les oueds Fès et Sebou.

Tableau N°VII: Résultats des analyses des nitrates (mg/l) pour les 3 stations.

Mois Station	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Normes OMS	Normes JORA
S1	0.54	0.46	0.12	0.05	0.048	50	50
S2	01	0.37	0.243	0.03	0.057	50	50
S3	1.43	0.33	0.106	0.008	0.159	50	50

☀ Orthophosphates

L'analyse des résultats montre que la concentration en orthophosphates dans les eaux de surface de l'oued Djemaa varie entre 0,011 mg/l en amont (S1) et 0,524 mg/l en aval (S3). Certaines valeurs sont supérieures à celle des normes de l'OMS (2004) fixées à un maximum de 0,2 mg/l, mais restent inférieures aux normes de JORA (1993) (0,5 mg/l) sauf au niveau de la station S3 où on a noté une valeur de 0,524 mg/l au mois de Mai (Tableau VIII). Ces résultats concordent avec ceux de MAKHOUKH et al., (2011) sur les eaux de l'oued Moulouya au Maroc. Dans le cas de cette étude, cette disponibilité en orthophosphates peut être expliquée par les rejets urbains des agglomérations avoisinantes et le relargage du phosphore piégé en grande quantité dans les sédiments.

Leurs variations saisonnières seraient dues d'une part aux sources agricoles et domestiques (NEAL et al., 2000 ; JONNALAGADDA et MHERE, 2001; PETRY et al., 2002) et d'autre part à la libération du phosphore stocké dans les sédiments suite aux interactions entre l'eau et les sédiments (NEAL et al., 2000 ; BOWES et HOUSE, 2001).

Tableau VIII: Résultats des analyses des orthophosphates (mg/l) pour les 3 stations.

Mois Station	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Normes OMS	Normes JORA
S1	0.080	0.475	0.011	0.079	0.094	0.2	0.5
S2	0.046	0.476	0.041	0.271	0.189	0.2	0.5
S3	0.327	0.282	0.524	0.216	0.178	0.2	0.5

Les phosphates font partie des anions fixés par le sol, leur présence dans les eaux naturelles est liée à la nature des terrains traversés et à la décomposition de la matière organique (RODIER.1984). Les agents atmosphériques, vent et pluie, représentent aussi des sources de phosphate surtout quand le débit fluvial est faible (BLAIS et PATOINE, 2002).

Rappelons, que des teneurs élevées de cet élément dans les eaux de surface peuvent entraîner leur eutrophisation (VILAIN, 1989).

II.1.4.Paramètre indésirable

🌟 Fer

D'après la figure n°13, nous remarquons que toutes les valeurs obtenues pour le dosage du fer sont inférieures aux normes de l'OMS (2004) et à celles du JORA (1993) fixées à 1 mg/l. Rappelons que des concentrations en fer, même élevées, ne constituent pas de risque pour la santé humaine.

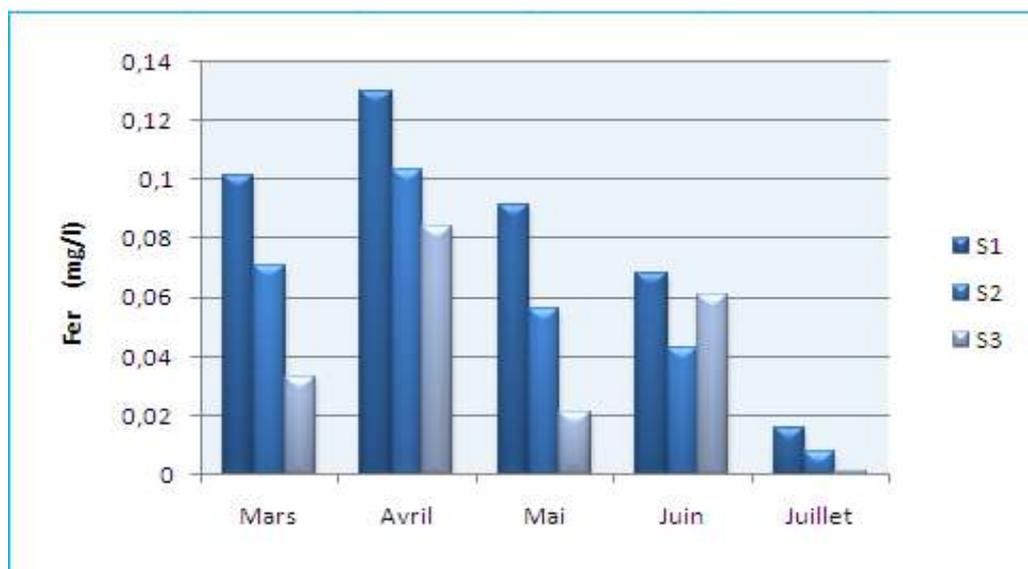


Figure13: Variation mensuelle du fer.

Selon **RODIER *et al.*, (2009)**, les eaux superficielles ne contiennent que très peu de fer, rarement plus de 1mg/l .

II.2. Résultats des analyses microbiologiques

Les résultats des analyses microbiologiques des eaux de surface échantillonnées dans les trois stations de l'oued Djemaa sont consignés dans le Tableau XVII.

II.2.1. Germes indicateurs de contamination fécale

✿ Coliformes

La recherche et le dénombrement des coliformes totaux et des coliformes fécaux ont montré que le nombre de ces germes est nul dans presque tous les prélèvements des stations échantillonnées mise à part l'apparition des coliformes totaux dans le premier prélèvement au niveau de la station S1 où on a noté 2 UFC/100 ml. Le risque sanitaire lié à la présence de bactéries du groupe des coliformes totaux est souvent faible, à l'exception de certaines souches d'*E. coli* et de certaines bactéries opportunistes qui peuvent être à l'origine de graves maladies chez les patients débilisés (**GELDREICH, 1999**).

L'absence de ces indicateurs fécaux s'expliquerait par le fait que ces germes n'ont pas trouvé les conditions de milieu favorable pour se multiplier (richesse en matières organiques facilement biodégradables, température...) comme l'ont déjà signalé de nombreux auteurs dans leurs travaux citons **LARPENT** et **LARPENT-GOURGANT (1997)**; **HASLAY** et **LECLERC (1993)** et **RODIER (1996)**.

✿ Streptocoques Fécaux

D'après la figure 14 et contrairement à la recherche des coliformes, la recherche du troisième groupe indicateur de contamination fécale montre la présence des streptocoques fécaux dans notre zone d'étude avec des concentrations importantes oscillant entre 158 et 482 germes /100 ml . Ces résultats restent néanmoins conformes aux normes de l'**OMS (2004)** (10000 UFC/100 ml) sont semblables à ceux retrouvés par **DERWICH *et al.*, (2008)** dans les eaux de l'oued Fès et Sebou utilisé en agriculture maraichère au Maroc.

A la lumière de ces résultats, il ressort que, dans la totalité des cas, ces points d'eaux sont contaminés par les streptocoques fécaux. La présence de ces germes dans ces eaux indique une pollution d'origine fécale. Cependant, toutes les stations présentent des concentrations en S.F importante pendant les mois de Juin et Juillet où une diminution du débit d'eau a été constaté au cours de nos sorties sur le terrain.

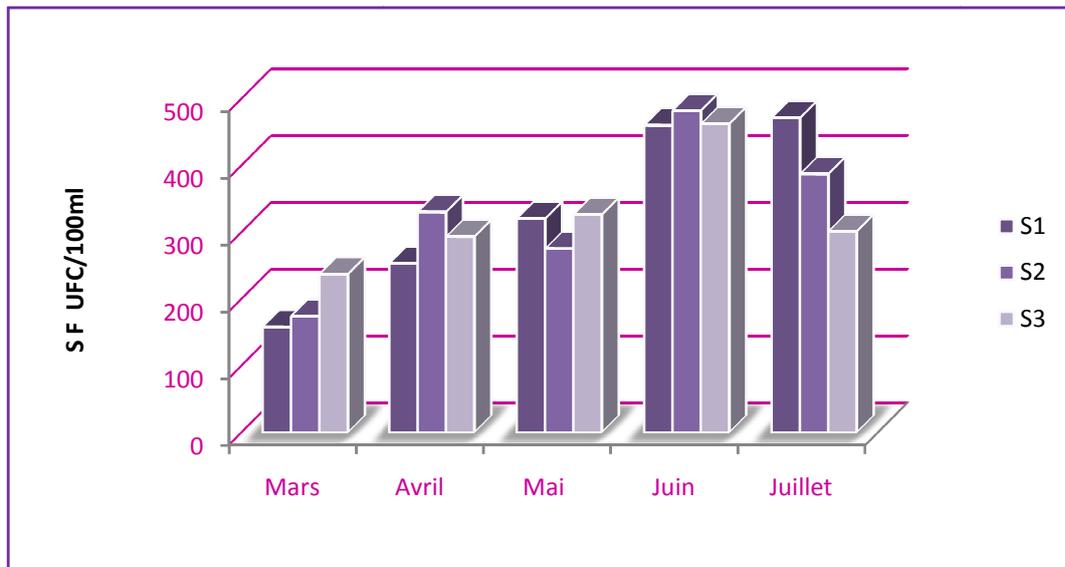


Figure14 : Variation des streptocoques fécaux

Ces bactéries sont communément utilisées pour identifier une pollution d’origine fécale. Leur prolifération est due au déversement des matières organiques et des substances nutritives azotées (RODIER, 1984). Selon SLIMANI (2006), l’apport d’entérocoques par rapport aux coliformes consiste en leur plus grande résistance dans les eaux naturelles, leur présence serait donc le signe d’une contamination fécale de l’eau plus ancienne. De plus, il est intéressant de rappeler que la présence des coliformes fécaux par rapport aux streptocoques est un signe d’une contamination d’origine humaine (GHEZELLAOUI, 2008).

L’origine de la pollution fécale est liée au rapport quantitatif des coliformes fécaux sur les streptocoques fécaux.

$$R = CF/SF$$

- * Si le rapport R est inférieur à 0.7, la contamination est d’origine animale,
- * Si R est compris entre 0.7 et 1, l’origine de la contamination est mixte à prédominance animale.
- * Si R est compris entre 1 et 2, cette origine est incertaine
- * Si R se situe entre 2 et 4, l’origine est dite mixte à prédominance humaine
- * Si R est supérieur à 4, elle est d’origine humaine. (BORREGO et ROMERO, 1982).

Au niveau de l’oued Djemaa, le rapport est inférieur à 0.7, la contamination est par conséquent d’origine animale due aux nombreux animaux qui viennent s’abreuver au niveau de cet oued (Figure 15).



Figure 15 : Origine de la pollution.

🗑️ Anaérobies sulfito-réducteurs (ASR)

Les résultats de la recherche et le dénombrement des spores d'anaérobies sulfito-réducteurs dans les échantillons s'avère négative durant toute la période d'étude (Tableau XVII, annexe II).

Les spores d'anaérobies sulfito-réducteurs sont extrêmement persistantes dans l'environnement et résistantes aux processus de désinfection de l'eau. Par conséquent, leur valeur comme indicateur de contamination fécale a été mise en doute car les spores pourraient se trouver naturellement dans l'environnement ou représenter une source ancienne de contamination fécale (PITKANEN, 2010).

II.2.2. Germes pathogènes

🗑️ Salmonelles et vibrions

Les microorganismes pathogènes tels que *Vibrio cholerae* et *Salmonella* sont généralement transmis à l'homme par ingestion d'eau contaminée et sont responsables de diverses maladies (MOMBA et al., 2006). L'espèce *Vibrio cholerae* est largement répandue dans les milieux aquatiques et est responsable de maladies diarrhéiques dues à la consommation d'eau contaminée (PRESCOTT et al., 2003 ; SHANAN et al., 2011 et NAGPAL et al., 2011). La recherche de *Salmonella* revêt une importance particulière car sa présence dans l'environnement hydrique est le signe d'une contamination fécale (CAVALLARI et al., 2011).

Durant cette étude, aucun prélèvement ne s'est révélé positif ni pour les bactéries du genre *Salmonella* ni pour l'espèce *Vibrio cholerae* (Tableau XVII). Cette absence a été déjà mentionnée dans d'autres études similaires citons celles d'ABOULKACEM et al., (2007); de

GALES et BALEUX, (1992); de CHAHLAOUI, (1996); de SCHAFFTER et PARRIAUX, (2002) etd’EL ADDOULI *etal.*,(2011).

Selon ABOULKACEM *etal.*, (2007), ceci peut être expliqué soit par l’absence des porteurs asymptotique de la population habitante dans cette région soit par la difficulté de recherche de ces germes du fait de leur nombre très faible par rapport aux germes banals.

🦠 Pseudomonas aeruginosa

La détectiondes *Pseudomonas aeruginosa* dans les eaux brutes des trois stations s’est révélée positive. Durant toute la période d’étude, on a constaté des valeurs qui oscillent entre 4 et 130 germes /100ml(Tableau XVII, annexe II). Dans la plus part des stations, la concentration des *Pseudomonas aeruginosa* est plus élevée durant les deux derniers mois probablement en relation avec un faible débit de l’eau qui marque la saison estivale (figure 16).

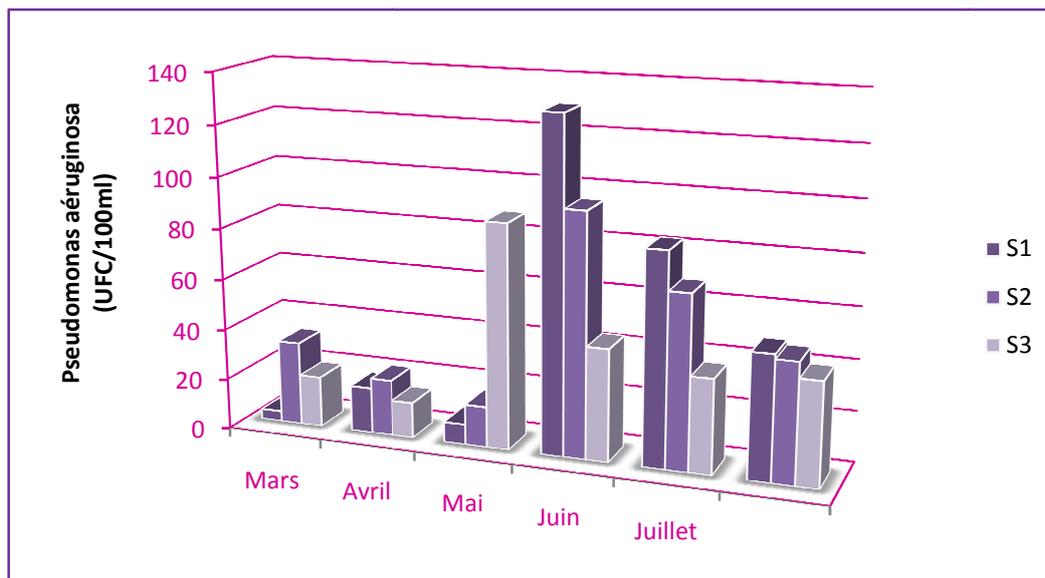


Figure 16 : Variation de *Pseudomonas aeruginosa*.

Cette bactérie se trouve fréquemment dans certains réseaux d’eau et dans l’environnement. Son origine peut être humaine et éventuellement fécale (DELLARAS, 2006).

II.2.3.Flore fongique

La recherche des levures et des moisissures dans les stations étudiées, montre également une présence avec un nombre variable compris entre 20 et 45 UFC/100 ml (S1) et entre 16 et 47 UFC/100 ml pour la deuxième station (S2). Concernant, la troisième station, nous avons noté un effectif qui varie entre 18 et 40 UFC/100 ml, avec des moyennes respectives de 29,5 UFC/100 ml ,35 UFC/100 ml et 31 UFC/100 ml (Figure 17).

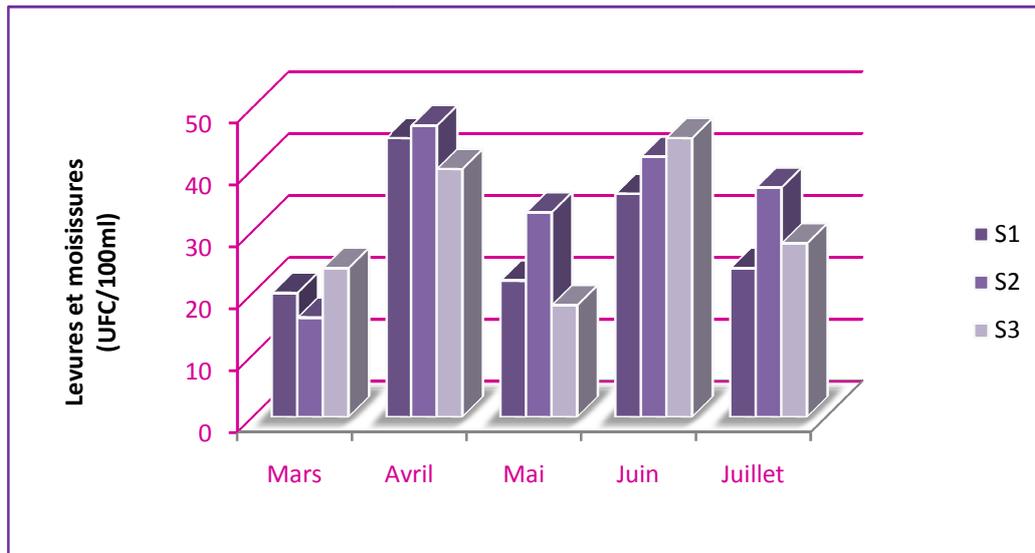


Figure 17 : Variation des levures et moisissures.

II.3. Résultats des analyses parasitologiques

La recherche microscopique des espèces parasitaires pour l'ensemble des prélèvements des trois stations n'a révélé ni la présence de kystes de protozoaires ni des œufs d'helminthes à l'exception de prélèvement provenant de la station S2 où on a pu identifier comme kystes de protozoaires la forme amibe représentée par *Entamoeba coli* pendant le mois de Mai.

Selon l'OOMS(1989), l'abondance en œufs d'helminthes et de kystes de protozoaires se fait surtout durant la période printemps-été en relation avec les conditions de température, de l'humidité, de l'oxygène et les rayonnements solaires favorables à leur maturation. Dans notre cas, les prélèvements ont coïncidé avec un temps pluvieux, ceci pourrait expliquer leur absence.

II.4. Indices de pollution

En vue d'apprécier la contamination et la qualité des eaux de l'oued Djemaa, nous avons utilisé plusieurs indices :

II.4.1. Indice de Pollution Organique (IPO)

L'Indice de Pollution Organique a été proposé pour la première fois par LECLERCQ et MAQUET (1987), dont le principe est de répartir les valeurs des éléments polluants en 05 classes, de déterminer à partir de ses propres mesures le numéro de classe correspondant pour chaque paramètre pour en faire la moyenne. Les valeurs de cet indice sont réparties en cinq classes représentant des niveaux de pollution s'étendant du moins pollué (classe 5) au plus pollué (classe 1) (Tableau IX). Cet indice permet d'apprécier la qualité organique des eaux.

Tableau IX: Grille de qualité IPO.

Paramètres Classes	Ammonium mg -N/l	Nitrites µg-N/l	Phosphates µg-P/l	IPO	Pollution organique
5	< 0.1	<5	<15	5,0 – 4,6	Nulle
4	0,1– 0.9	6 – 10	16 – 75	4,5 – 4,0	Faible
3	1– 2.4	11 – 50	76 – 250	3,9 – 3,0	Modérée
2	2.5 – 6.0	51 – 150	251 – 900	2,9 – 2,0	Forte
1	> 6	> 150	> 900	1,9 – 1,0	Très forte

(LECLERCQ et MAQUET, 1987).

Tableau X: Résultats de l'évaluation de l'Indice de Pollution Organique dans l'oued Djemaa.

Station	IPO calculé	Pollution organique
S1	3.66	Modérée
S2	3.33	Modéré
S3	3	Modéré

D'après le Tableau X, les valeurs calculées des différents indices de la pollution organique des trois stations de l'oued Djemaa, montre une variation légère de l'IPO d'une station à l'autre (IPO=3.66 ; 3,33 et 3), due à l'afflux et à la variation des débits d'eaux usées des différentes agglomérations dans le milieu récepteur.

A l'amont de l'oued Djemaa, ses affluents portent une charge organique importante, dégradant sa qualité. Cependant, les valeurs de l'IPO (IPO=3,66) diminuent vers les stations S2 S3 où la pollution est relativement faible en raison de la dilution par un débit supplémentaire de l'affluent (Oued Ghrora).

Selon la grille de qualité IPO et d'après nos résultats, on note que les eaux des trois stations de l'oued Djemaa sont de pollution organique modérée.

II.4.2. Indice de qualité Microbiologique (IQM)

Comme pour les analyses chimiques, il est possible de calculer pour les cours d'eau un indice de qualité microbiologique 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 .

La méthode de traitement de données est basée sur l'indice de Contamination fécale (**BOVESSE et DEPELCHIN, 1980**). Le principe est de répartir les valeurs des éléments polluants en 05 classes et de déterminer à partir de ses propres mesures le numéro de classe correspondant pour chaque paramètre pour en faire la moyenne (Tableau XI).

Tableau XI: Grille de la qualité (IQM) .

Classe n°	Bact. tot./ml	Colif. f. /ml	strepto.f./ml	IQM	Contamination fécale
5	<2000	<100	<5	4,3-5,0	Nulle
4	2000-9000	100-500	5-10	3,5-4,2	Faible
3	9000-45000	500-2500	10-50	2,7-3,4	Modérée
2	45000 .360000	2500-20000	50-500	1,9-2,6	Forte
1	>360000	>20000	>500	1,0-1,8	très forte

(**BOVESSE et DEPELCHIN, 1980**).

Tableau XII : Résultat de l'indice de qualité microbiologique (IQM).

Stations	IQM calculé	Contamination fécale
S1	4	Faible
S2	4	Faible
S3	4	Faible

Selon la grille de qualité IQM et d'après nos résultats, on note que les eaux des trois stations de l'oued Djemaa sont de faible contamination fécale. Cependant, l'apport d'eau de pluie et le ruissellement peut jouer un rôle important dans la diminution de la pollution par le fait de la dilution.

II.4.3. Grille d'évaluation de la qualité des eaux (SEQ)

La qualité physico-chimique et biologique de l'eau de l'oued Djemaa pour les trois stations a été évaluée à l'aide du Système d'Evaluation de la Qualité des eaux littorales (SEQ Littoral, 2003). Cette grille a été adoptée en Algérie par l'Agence Nationale des Ressources Hydriques (ANRH) :

- * **Classe I :** Eau de bonne qualité, utilisée sans exigence particulière, elle est représentée graphiquement par la couleur bleue.

- * **Classe II** : Eau de qualité moyenne, utilisée après un simple traitement, représentée en vert.
- * **Classe III** : Eau de mauvaise qualité, ne peut être utilisée qu'après un traitement très poussé, elle est représentée en jaune.
- * **Classe IV** : Polluée, ne peut être utilisée qu'après un traitement spécifique, elle est représentée en orange.
- * **Classe V** : Pollution excessive, elle est représentée en rouge.

Les valeurs moyennes obtenues (Tableaux XIII, XIV, XV) sont réparties en cinq niveaux de pollution allant du moins pollué (classe I) au plus pollué (classe V) et ont permis de classer l'oued Djemaa en fonction des valeurs obtenues.

De cette classification, il en ressort que l'eau analysée dans les trois stations de l'oued Djemaa est de bonne à très bonne qualité pour la majorité des paramètres physico-chimiques et microbiologiques (Température, pH, conductivité, sulfates, calcium, magnésium, NO_3^- , NH_4^+ , coliformes totaux, coliformes fécaux) à l'exception des streptocoques fécaux, les données montrent que la qualité est passable pour l'ensemble des sites échantillonnés.

Tableau XIII: Grille de classification des eaux de la station S1 de l'oued Djema.

Paramètres	Très bonne	Bonne	Passable	Mauvais	Très mauvaise
Température	< 20	20-21.5	21.5- 25 (21.68°C°)	25-28	>28
pH	< 8 (7.85)	8-8.5	8.5-9	9-9.5	>9.5
Conductivité	< 2500 979.48µs/cm	2500-3000	3000-3500	3500-4000	>4000
Chlorure	<50	50-100 (88.75mg/l)	100-150	150-200	>200
Sulfates	<60 (2.519mg/l)	60-120	120-190	190-200	>200
Calcium	<160 (41.6mg/l)	160-230	230-300	300-500	>500
Magnésium	<50 (20.8mg/l)	50-75	75-100	100-400	>400
NO ₃ ⁻	<2 (0.243mg/l)	2-10	10-25	25-50	>50
NO ₂ ⁻	<0.03	0.03-0.3 (0.05mg/l)	0.3-0.5	0.5-1	>1
NH ₄ ⁺	<0.5 (0.027 mg/l)	0.5-1.5	1.5-2.8	2.8-4	>4
PO ₄ ⁻³	<0.1	0.1- 0.5 (0.147mg/l)	0.5-1	1-2	>2
Coliformes Totaux	< 50 (UFC/100ml)	50-500	500-5000	5000-10000	>10000
Coliformes Fécaux	< 20 (0UFC/100ml)	20-200	200-2000	2000-20000	>20000
Streptocoques fécaux	<20	20-200	200-2000 (332.4)	2000-20000	>20000

Tableau XIV:Grille de classification des eaux de la station S2 de l'oued Djemaa

Paramètres	Très bonne	Bonne	Passable	Mauvais	Très mauvaise
Température	< 20	20- 21.5 (21.1°C)	21.5-25	25-28	>28
pH	<8 (7.99)	8-8.5	8.5-9	9-9.5	>9.5
Conductivité	< 2500 1007.3µs/cm	2500-3000	3000-3500	3500-4000	>4000
Chlorures	<50	50-100 (91.59mg/l)	100-150	150-200	>200
Sulfate	<60 (2.441mg/l)	60-120	120-190	190-200	>200
Calcium	<160 (37.6mg/l)	160-230	230-300	300-500	>500
Magnésium	<50 (20.66mg/l)	50-75	75-100	100-400	>400
NO ₃ ⁻	<2 (0.34mg/l)	2-10	10-25	25-50	>50
NO ₂ ⁻	<0.03	0.03-0.3 (0.086mg/l)	0.3-0.5	0.5-1	>1
NH ₄ ⁺	<0.5 (0.068mg/l)	0.5-1.5	1.5-2.8	2.8- 4	>4
PO ₄ ⁻³	<0.1	0.1-0.5 (0.204mg/l)	0.5-1	1-2	>2
Coliformes Totaux	<50 0UFC/100ml	50-500	500-5000	5000-10000	>10000
Coliformes Fécaux	<20 0UFC/100ml	20-200	200-2000	2000-20000	>20000
Streptocoques fécaux	<20	20-200	200-2000 (329.6)	2000-20000	>20000

Tableau XV:Grille de classification des eaux de la station S3 de l'oued Djemaa

Paramètres	Très bonne	Bonne	Passable	Mauvais	Très mauvaise
Température	< 20	20- 21.5 (21.08°C)	21.5-25	25-28	>28
pH	<8	8-8.5 (8.03)	8.5-9	9-9.5	>9.5
Conductivité	< 2500 1011.7µs/cm	2500-3000	3000-3500	3500-4000	>4000
Chlorure	<50	50-100 (96.58mg/l)	100-150	150-200	>200
Sulfate	<60 (2.427mg/l)	60-120	120-190	190-200	>200
Calcium	<160 (36mg/l)	160-230	230-300	300-500	>500
Magnésium	<50 (23.52mg/l)	50-75	75-100	100-400	>400
NO ₃ ⁻	<2 (0.406mg/l)	2-10	10-25	25-50	>50
NO ₂ ⁻	<0.03	0.03-0.3 (0.07mg/l)	0.3-0.5	0.5-1	>1
NH ₄ ⁺	<0.5 (0.019mg/l)	0.5-1.5	1.5-2.8	2.8-4	>4
PO ₄ ⁻³	<0.1	0.1-0.5 (0.3mg/l)	0.5-1	1-2	>2
Coliformes Totaux	<50 0UFC/100ml	50-500	500-5000	5000-10000	>10000
Coliformes Fécaux	<20 0UFC/100ml	20-200	200-2000	2000-20000	>20000
Streptocoques fécaux	<20	20-200	200-2000 (323.8)	2000-20000	>20000

I. GENERALITES SUR LES EAUX DE SURFACE

La surface de la terre est recouverte d'une grande partie d'eau à l'état liquide (environ 70%). Cette eau existe sous trois états, liquide – solide – gazeux (**BLIEFRET et PERRAUD, 2001**).

I.1. Définition des eaux de surface

Ce terme englobe toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents (**LECLERC et MOSSEL, 1983**). Les eaux de surfaces proviennent surtout des pluies. Elles sont constituées d'un mélange d'eau de ruissellement et d'eau souterraine (**HASLAY et LECLERC, 1993**). Il s'agit d'une ressource facilement accessible mais malheureusement fragile et vulnérable, la pollution la rend souvent impropre à l'utilisation en l'absence d'un traitement préalable (**BOEGLIN, 2003**).

Selon **BOEGLIN (2001)**, ces eaux sont caractérisées par :

- Des variations saisonnières et un degré moindre journalières des paramètres physiques tels que la température, la turbidité et la coloration.
- La présence fréquente de matière organique d'origine naturelle provenant de la décomposition des organismes animaux et végétaux après leur mort.
- le développement plus ou moins important de phytoplancton (algues).

I.2. Différents types des eaux de surface

Il existe plusieurs types des eaux de surface :

🚧 **Lacs** : Ils sont constitués de bassins naturels, de retenues d'eau, ce qui a pour effet :

- De réduire la turbidité des eaux étant donné que, grâce à leur faible turbulence, les matières en suspension ont tendance à se déposer au fond.
- De réduire également la concentration des bactéries et des virus pathogènes dans ces eaux, grâce à l'effet combiné de sédimentation et les longs séjours de l'eau dans les lacs, là où les conditions sont peu favorables à la survie de ces organismes, qui sont généralement d'origine intestinale.
- D'accroître la concentration de certains sels nutritifs comme le phosphore, l'azote, ce qui provoque l'eutrophisation des lacs (**BRIERE, 2000**).

- ✚ **Oueds** : Dans les régions basses et en plaine, les cours d'eau prennent l'allure d'un oued, qui se jette les uns dans les autres et donnent naissance aux fleuves. Les oueds se caractérisent par leur irrégularité de leur débit au cours de l'année, lequel dépend de multiples facteurs, tel la provenance de leur bassin versant. Ils sont toujours caractérisés par des eaux qui sont nettement moins turbulents et des températures plus variables (DUSSART, 1966).
- ✚ **Étangs** : Un étang est une surface d'eau peu profonde (moins de 6m), à très faible écoulement. La masse liquide se renouvelle très lentement (BACHASSON, 1997).

II. POLLUTION DES EAUX DE SURFACE

Le problème de la pollution des eaux représente sans aucun doute un des aspects les plus inquiétants de la crise globale de l'environnement (RAMADE, 1998). Selon GAUJOUS (1995), la pollution résulte de l'introduction dans un milieu des substances conduisant à son altération. Elle désigne l'ensemble des rejets que l'homme libère dans l'écosystème et qui, sans être vraiment dangereux pour l'organisme, exercent une influence perturbatrice sur l'environnement (RAMADE, 1998).

II.1.Origines de la pollution

Les origines de la pollution de l'eau sont variées et intimement liées aux activités humaines : pollution domestique, industrielle et agricole (ZERROUKI et al., 2006).

II.1.1.Pollution domestique

Provenant des habitations, elle est en générale véhiculée par le réseau d'assainissement jusqu'à la station d'épuration.

Selon GAUJOUS (1995), la pollution domestique se caractérise par :

- Des germes fécaux ;
- Des fortes teneurs en matières organiques ;
- Des sels minéraux ;
- Des détergents.

II.1.2.Pollution industrielle

Provenant des usines, elle est caractérisée par une grande diversité, suivant l'utilisation de l'eau (GAUJOUS, 1995). Selon ZERROUKI et al., (2006), les rejets industriels peuvent être constitués des :

- Matières organiques et des graisses (abattoirs, industries agro-alimentaires..) ;
- Hydrocarbures (industries pétrolières, transports) ;
- Métaux (traitements de surface, métallurgie) ;
- Acides, bases, produits chimiques divers (industrie chimique, tanneries...) ;
- Eaux chaudes (circuits de refroidissement des centrales thermiques) ;
- Matières radioactives (centrales nucléaires, traitement des déchets radioactifs).

II.1.3. Pollution agricole

L'agriculture constitue la première cause des pollutions diffuses des ressources des eaux. Dans la quasi-totalité des pays où l'agriculture les emploie, les engrais et les pesticides ont contaminés les nappes souterraines et les eaux superficielles (**ZERROUKI et al., 2006**).

II.2. Principaux types des polluants

Un polluant est un facteur physique, chimique ou biologique issu de l'activité humaine et provoquant, sous une intensité ou une concentration anormale, une altération de la qualité de l'eau naturelle (**MARGAT et ANDREASSIAN, 2008**).

II.2.1. Polluants physiques

Les principaux agents physiques de la pollution sont :

- ✚ **La chaleur** : les eaux à température trop élevée influent à la fois sur la solubilité de l'oxygène et sur l'équilibre biologique (**BOEGLIN, 2001**).
- ✚ **La radioactivité** : c'est potentiellement le plus dangereux des polluants physiques. C'est pourquoi tous les rejets sont sévèrement réglementés et contrôlés (**CASTANY, 1982**).

II.2.2. Polluants chimiques

Ils sont nombreux et d'origines divers. Les plus importants sont :

- ✚ **Les sels minéraux dissous**: les plus couramment rencontrés dans la pollution des eaux sont : les nitrates, les phosphates, les sulfures, les nitrites, les carbonates..... (**ZOUREZ et FARHANI, 2003**).
- ✚ **Les métaux lourds** : les plus dangereux sont les cyanures, le mercure sous sa forme soluble (dose mortelle : 1 à 2 g), le chrome cancérigène sous sa forme polyvalente, le plomb, le sélénium et le cadmium (**CASTANY, 1982**).

- ✚ **Les pesticides**: ce sont des produits utilisés pour lutter contre les organismes qui portent atteinte aux ressources végétales ou animales. L'emploi de pesticides par voie aérienne peut provoquer une contamination directe des eaux (**MARGAT et ANDREASSIAN, 2008**).
- ✚ **Les détergents** : ils inhibent les processus d'autoépuration, limitent le développement des microorganismes du sol et bloquent l'oxygénation (**CASTANY, 1982**).
- ✚ **Les hydrocarbures** : ils donnent un goût désagréable à l'eau (un litre d'essence suffit pour dégrader entre 1000 et 5000 m³) (**CASRANY, 1982**).

II.2.3. Polluants biologiques

La pollution microbienne est un risque sanitaire majeur pour la santé de l'homme. C'est le premier problème contre lequel il faut lutter, car à l'inverse des autres polluants, il s'agit d'un risque à court terme. Ils comprennent: les virus, les bactéries et les parasites. Ces germes sont véhiculés par l'eau souillée par des matières fécales animales ou humaines (**HARTMANN, 2004**)

III. PARAMATRES DE LA QUALITE DES EAUX SUPERFICIELLES

L'appréciation de la qualité des eaux de surface se base sur la mesure des paramètres physico-chimiques ainsi que sur la présence ou l'absence d'organismes et de micro-organismes aquatiques (**VILLERS et al., 2005**).

III.1. Paramètres organoleptiques

Les critères organoleptiques sont des paramètres de confort qui n'ont généralement pas d'incidence directe sur la santé (**BORDET, 2007**).

- ❖ **Couleur** : La couleur apparente est due aux matières en suspension et en solution. Elle est en fonction des composés chimiques solubles qui sont colorés (**DJERMAKOYE, 2005**).
- ❖ **Odeur** : L'existence d'une odeur est synonyme de pollution ou de présence de matières organiques en décomposition, ce qui est trop dangereux pour la santé de consommateurs (**FALL, 2007 ; RODIER et al., 2009**).
- ❖ **Goût** : Il peut être défini comme l'ensemble des sensations gustatives et de sensibilité chimique perçue lorsque l'eau est dans la bouche (**RODIER et al., 2005**). La modification des caractéristiques gustatives de l'eau constitue un bon indicateur de

dégradation possible de sa qualité (PETELON et ZYMAN, 1998). Chaque eau possède un goût qui est en partie liée à sa composition minéral (TAILET *et al.*, 2008).

III.2. Paramètres physico-chimiques

La connaissance de certains paramètres physico-chimiques donne une appréciation préliminaire de la qualité et du degré de la pollution d'une eau (BORDJIBA *et al.*, 2009).

III.2.1. Paramètres physiques

❖ Température

La température de l'eau joue un rôle dans la solubilité des sels, agit sur la conductivité et par conséquent dans la détermination du pH. La température des eaux superficielles est influencée par la température de l'air, elle est mesurée soit avec un appareil électrométrique soit avec un thermomètre précis (RODIER *et al.*, 2005).

❖ Potentiel hydrique (pH) :

Le pH de l'eau représente son acidité ou son alcalinité mesurée par un pH mètre. C'est un paramètre important pour définir le caractère agressif ou incrustant d'une eau. Il faut ajouter que le pH d'une eau naturelle dépend de l'origine de celle-ci et de la nature des terrains traversés (DJERMAKOYE, 2005).

❖ Conductivité électrique

La conductivité est la capacité d'une solution à conduire le courant électrique. Cette capacité dépend de plusieurs facteurs tels que la nature des ions présents et leur concentration totale. Elle donne une idée sur la salinité et permet une bonne appréciation du degré de minéralisation d'une eau (KOURRADI, 2007 ; MAKHOUKH *et al.*, 2011).

III.2.2. Paramètres de minéralisation globale

❖ Chlorures (Cl)

L'eau contient presque toujours des chlorures, mais en proportion très variable. Leur présence est liée principalement à la nature des terrains traversés. La teneur en chlorures augmente généralement avec le degré de minéralisation d'une eau (LOUNNAS, 2009).

❖ Sulfates (SO₄)

Les sulfates sont des composés naturels des eaux. Ils sont liés aux cations majeurs tels que le calcium, le potassium et le sodium. Ils proviennent de certains minéraux, en particulier du gypse ou apparaissent à partir de l'oxydation des minéraux sulfureux (MERABET, 2010).

Les sulfates participent au métabolisme des bactéries contenues dans l'eau. Ces bactéries Sulfito-réductrices transforment les sulfates en sulfures avec dégagement de gaz sulfureux créant des désagréments à l'environnement (**MIZI, 2006**).

❖ Bicarbonates (HCO_3^-)

La présence des bicarbonates dans l'eau est due à la dissolution des formations carbonatées (cipolin, calcaire) par des eaux chargées en gaz carbonique (**DEBIECHE, 2002 ; GOUAIDIA, 2008**).

❖ Calcium (Ca^{2+})

C'est un métal alcalino-terreux et l'élément principal de la dureté de l'eau. Sa teneur dans l'eau est liée à la nature géologique des terrains traversés (**POTELON et ZYSMAN, 1998**). La présence est liée principalement à deux origines naturelles : soit la dissolution des formations carbonatées (CaCO_3), soit la dissolution des formations gypseuses (CaSO_4) (**DEBIECHE, 2002**).

❖ Magnésium (Mg^{2+})

C'est l'un des éléments les plus répandus dans la nature. Le magnésium contribue à la dureté de l'eau. (**MARCHAND et al., 1989**). Il provient de la dissolution des formations carbonatées à fortes teneurs en magnésium (**DEBIECHE, 2002**).

III.2.3. Paramètres de pollution

❖ Azote ammoniacal (NH_4^+)

L'azote ammoniacal est souvent rencontré dans les eaux superficielles. Il a pour origine la matière organique végétale et animale des cours d'eau. (**MERABET, 2010**).

Il est présent sous deux formes en solution, l'ammoniaque (NH_3^+) et l'ammonium (NH_4^+). Il est utilisé par le phytoplancton comme source d'azote et oxydé par les bactéries nitrifiantes (**AMINOT et CHAUSSEPIED, 1983**).

❖ Nitrites (NO_2^-)

Les nitrites constituent une étape importante dans la métabolisation des composés azotés. Ils s'insèrent dans le cycle de l'azote entre l'ammoniac et les nitrates. Leur présence est due, soit à l'oxydation bactérienne de l'ammoniac, soit à la réduction des nitrates. Ils ne représentent qu'un stade intermédiaire et sont facilement oxydés en nitrates (**MERABET, 2010**).

Les nitrites constituent un poison dangereux pour les organismes aquatiques, même à de très faibles concentrations. Sa toxicité augmente avec la température. Ils provoquent une dégradation de l'hémoglobine du sang des poissons qui ne peut plus véhiculer l'oxygène (SEVRIN-REYSSAC *et al.*, 1995).

❖ Nitrates (NO_3^-)

Les nitrates sont des ions minéraux nutritifs solubles dans l'eau, qui sont directement assimilables par les plantes. Ils constituent le stade final de l'oxydation de l'azote. Ils ne sont pas toxiques, mais des teneurs élevées provoquent une prolifération algale qui contribue à l'eutrophisation du milieu. (SEVRIN-REYSSAC *et al.*, 1995).

❖ Orthophosphates (PO_4^{3-})

Dans les eaux, le phosphore se trouve principalement sous forme d'orthophosphate. Le phosphate est la forme sous laquelle le phosphore peut être assimilé par les êtres vivants, en particulier les algues (BARROIN, 2003 ; IDRISI, 2006).

Les phosphates peuvent être d'origine naturelle (produit de décomposition de la matière vivante, lessivage de minéraux) mais, à l'heure actuelle, leurs présences dans les eaux sont plutôt d'origine artificielle (engrais, polyphosphates des formulations détergentes, eaux traités aux phosphates, industrie chimique...) (MERABET, 2010).

III.2.4. Paramètres indésirables

❖ Fer

Le fer est le quatrième élément le plus abondant après l'oxygène, le silicium et l'aluminium (GAILLARD, 2001). Le fer contenu dans l'eau provient des roches et des sols (LOUNNAS, 2009).

III.3. Paramètres microbiologiques

Quelque soit son origine la mauvaise qualité microbiologique de l'eau est un facteur de risque pour l'environnement, ce qui rend indispensable d'effectuer les analyses microbiologiques afin d'apprécier les risques sanitaires (MARTINAU, 1997). Le risque sanitaire lié aux microorganismes est un risque immédiat, c'est la raison pour laquelle le suivi sanitaire est plus strict. La stratégie de contrôle sanitaire repose donc sur la recherche de germes dits « témoins de contamination fécale », qui peuvent être révélateurs de la présence éventuelle de germes pathogènes (ARS, 2011).

III.3.1. Germes indicateurs de contamination fécale

La grande majorité de ces microorganismes nocifs diffusent dans l'environnement aquatique par l'intermédiaire des souillures fécales humaines ou animales (**HASLEY et LECLERC, 1993**).

❖ Coliformes

Ce sont des microorganismes indicateurs de contamination fécale (**DELARRAS, 2007**). Ils sont présents en très grand nombre dans l'intestin et les selles de l'homme. Ils appartiennent à la famille des Enterobacteriaceae (**COUJOUS, 1995**). Ce groupe renferme :

☆ Coliformes totaux (CT)

Les coliformes totaux sont des bacilles à Gram négatif, non sporulés, oxydase négatif, aéro- anaérobies ou anaérobie facultatifs. Ils peuvent se développer en présence des sels biliaires ou d'agents de surface équivalents. Ils sont capables de fermenter le lactose avec production d'acides et de gaz en 48 heures à une température de 35 à 37°C (**DELARRAS, 2007**). Les coliformes totaux sont présents un peu partout dans la nature, dans les eaux riches en éléments nutritifs, dans les sols, sur la végétation et sur les animaux (**HADE, 2003**).

Les coliformes regroupent les genres *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Yersinia*, *Serratia* (**RODIER et al., 2005 ; JOLET et REYNAUD, 2003**).

☆ Coliformes fécaux (CF)

Le terme « coliforme fécaux » ou « coliforme thermo-tolérants » correspond à des coliformes qui présentent les mêmes propriétés des coliformes totaux après une incubation à 44 C° (**RODIER et al., 2009**). Ils ne constituent pas un taxon précisément défini, mais regroupent des espèces bactériennes telles qu'*Escherichia coli*, *Citrobacter freundii* (**GADIN-GOYON, 2002**). On retrouve les coliformes fécaux en grand nombre dans les intestins et les excréments des animaux à sang chaud (**DESJARDINS, 1997**).

Escherichia coli est l'espèce la plus importante de ce groupe car en plus de ces caractéristiques, elle produit l'indole à partir de tryptophane (**BENNEFOY et al., 2002**).

❖ Entérocoques

Les entérocoques sont des bactéries sphériques, en paires ou en chaînettes, à Gram positif, catalase négative, anaérobies facultatives qui hydrolysent l'esculine en présence de la bile (**CEAEQ, 2006**). Sous la dénomination générale d'entérocoques (streptocoques fécaux) et selon l'OMS, les streptocoques fécaux sont en grande partie d'origine humaine. Cependant, certaines bactéries de ce groupe proviennent également des fèces des animaux comme

Streptocoque bovis, *S. equinus*, *S. gallolyticus* et *S. alactolyticus* (CLAUSEN *et al.*, 1977 ; FARROW *et al.*, 1984 ; BITTON, 1999).

Ils sont néanmoins considérés comme indicateurs d'une pollution fécale, et leur principal intérêt dans le fait qu'ils soient résistants à la dessiccation et persistent plus longtemps dans l'eau (GLEESON et GRAY, 1997).

❖ Spores Anaérobies Sulfito-Réducteurs

Ce sont des anaérobies stricts à Gram positif, catalase négative, sporulées, réduisent les sulfites en sulfures d'hydrogènes. Parmi les spores anaérobies sulfito-réducteurs celles de *Clostridium perfringens* est l'espèce la plus souvent associée aux fèces des animaux à sang chaud. Ils peuvent également être d'origine tellurique (HENZE *et al.*, 2008). Les spores de *Clostridium perfringens* ont une résistance qui se rapproche de celles des micro-organismes fécaux les plus résistants (HANON et ROUELLE, 2011).

III.3.2. Germes pathogènes

❖ Salmonelles

Les salmonelles sont classées dans la famille des Entérobactéries. Ce sont des bacilles à Gram négatif mobile par ciliature péritriche, oxydase négative, catalase positive, non sporulés, aéro-anaérobie facultatifs fermentent le lactose avec ou sans production de gaz et possèdent une nitrate- réductase (FEDERIGHI, 2005).

Les salmonelles regroupent deux types principaux d'infection :

- Fièvre typhoïde et paratyphoïde : sont des maladies contractées lors de consommation d'eau ou d'aliment contaminés par *Salmonella typhi* et *Salmonella paratyphi*.
- Et les gastro-entérites. (DELARRAS, 2003).

❖ Vibrions cholériques

Les vibrions font partie de la famille des Vibrionaceae. Ce sont des bâtonnets incurvés en virgule ou droits, mobiles par ciliature polaire, aérophiles, Gram négatif et oxydase positive.

Les vibrions concernant la santé de l'homme comprennent principalement :

- Les vibrions cholériques des eaux : ce sont des halotolérant et peuvent se développer en présence de chlorure de sodium. Ils engendrent le cholera chez les sujets qui consomment des eaux de boissons non traitées et contaminées.
- Les vibrions halophiles provoquant les TIAC (DELARRAS, 2003).

❖ *Pseudomonas*

Le genre *Pseudomonas*, de la famille des Pseudomonadaceae, regroupe des bactéries mobiles aérobies Gram négatif, de 2 à 4 µm de longueur, en forme de bâtonnets renflés, avec un flagelle polaire qui joue un rôle important dans la pathogénicité (AGBOGU *et al.*, 2006; WILLCOX, 2007). Ces bactéries sont asporulées et peuvent produire des pigments, tels que la pyocyanine (vert-bleu) (DELARRA, 2006; CAVALO *et al.*, 2002 ; WILLCOX, 2007).

III.3.3. Flore fongique

Toutes les eaux renferment des champignons. Ces organismes eucaryotes, sont constitués d'un thalle qui, suivant le cas, peut être unicellulaire, dissocié et bourgeonnant (levure) ou filamenteux composé d'un mycélium ramifié sans cloisons (siphomycètes) ou septé (septomycées).

La nature et la densité des organismes fongiques dépendent de la qualité des eaux, elle-même liée aux facteurs de l'environnement. (CHAMPIAT et LARPENT, 1994).

III.3.4. Parasites

Ce sont surtout le milieu physique (retenue d'eau, canal etc. .) et les caractéristiques physico-chimiques qui créent les conditions propices à la prolifération des vecteurs et hôtes intermédiaires des parasites, parmi les parasites pathogènes pour l'homme et qui sont transmissibles par l'eau, les plus importants sont les protozoaires et les helminthes (ASANO, 1998).

❖ Protozoaires

Les protozoaires sont des organismes unicellulaires munis d'un noyau. Certains protozoaires adoptent au cours de leur cycle de vie une forme de résistance, appelée kyste qui peuvent être véhiculés par les eaux résiduaires. Cette forme peut résister généralement aux procédés de traitement des eaux usées (BAUMONT *et al.*, 2004). Parmi les protozoaires les plus importants du point de vue sanitaire, il faut citer *Entamoeba histolytica*, responsable de la dysenterie amibienne et *Giardia lamblia* (Tableau I) (ASANO, 1998).

❖ Helminthes

Les helminthes sont des vers multicellulaires. Tout comme les protozoaires, ce sont majoritairement des organismes parasites. La concentration en œufs d'helminthes dans les eaux usées est de l'ordre de 10 à 10³ œufs/l. Il faut citer, notamment, *Ascaris lumbricades*, *Enterobius vermicularis*, *Trichuris trichiria*, *Taenia saginata* (MAHVI ET KIA, 2006).

Les œufs d'helminthes sont très résistants et peuvent notamment survivre plusieurs semaines voire plusieurs mois sur les sols ou les plantes cultivées (BAUMONT *et al.*, 2004).

Tableau I : Parasites pathogènes dans les eaux.

Organisme	Symptômes, maladie	Nombre pour un Litre	Voies de contamination Principales
Protozoaires			
<i>Entamoeba histolytica</i>	Dysenterie amibienne	4	Ingestion
<i>Giardia lamblia</i>	Diarrhée, malabsorption	125 à 10000	Ingestion
<i>Balantidium coli</i>	Diarrhée bénigne, ulcère du colon	28 à 52	Ingestion
<i>Cryptosporidium</i>	Diarrhée	0,3 à 122	Ingestion
<i>Toxoplasma gondii</i>	Toxoplasmose : ganglion, faible fièvre	/	Inhalation/ingestion
<i>Cyclospora</i>	Diarrhée, légère fièvre, perte de poids	/	Ingestion
<i>Microsporidium</i>	Diarrhée	/	Ingestion
Helminthes			
<i>Ascaris</i>	Ascariadiase:diarrhea, troubles nerveux	/	Ingestion
<i>Ancylostoma</i>	Anémie	5 à 111	Ingestion/cutanée
<i>Necator</i>	Anémie	6 à 188	Cutanée
<i>Taenia</i>	Diarrhée, douleurs musculaires	/	Ingestion
<i>Trichuris</i>	Diarrhée, douleur abdominal	/	Ingestion
<i>Toxocora</i>	Fièvre, douleur abdominal	/	Ingestion
<i>Strongyloides</i>	Diarrhée, douleur abdominal, nausée	10 à 41	Cutanée
<i>hymenolepis</i>	Nervosité, troubles digestifs, anorexie	/	Ingestion

(ASANO, 1998).

III. 4. MALADIES A TRANSMISSION HYDRIQUE

Les eaux naturelles superficielles, et dans une moindre mesure, souterraines véhiculent une multitude de microorganismes dont certains sont pathogènes pour l'homme (Tableau II). Ces agents pathogènes peuvent être d'origine bactériologique, parasitaire, ou virale et peuvent être à l'origine de nombreuses maladies (CASELLI *et al.*, 2002).

Tableau II : Principales maladies transmises par l'eau .

ORGANISMES	MALADIES	SITE ATTEINT
1 – BACTERIES		
<i>Shigella</i>	Shigelloses (dysenterie bacillaire)	Système gastro-intestinal
<i>Salmonella typhi</i>	Fièvre typhoïde	Intestin
<i>Salmonella cholerae</i>	Fièvre entérique	Système gastro-intestinal
<i>Salmonella entéritique</i>	Gastro entérite	Système gastro-intestinal
<i>Escherichia coli</i>	Gastro entérite	Système gastro-intestinal
<i>Vibrio cholerae</i>	Choléra	Intestinal
2- VIRUS		
Poliovirus	Poliomyélite méningite aseptique	Moelle épinière
Coxsackievirus	Myocardite méningite aseptique –épidémie myalgie	Cœur –muscle
Echovirus	Méningite aseptique gastroentérite	Méningites- intestin
Adénovirus	Pharyngite	Pharynx
Réovirus	Maladies respiratoires diarrhées	Appareil respiratoire et digestif
Virus A de l'hépatite	Hépatite infectieuse	Foie
Virus gastro- entéritique	Gastro-entérite	Système gastro intestinal
3- PROTOZOAIRE		
<i>Entamoeba histolytica</i>	Amibiase	Système gastro-intestinal
<i>Naegleria</i>	Méningite encéphalitique	Système nerveux central
<i>Giardia lamblia</i>	<i>Giardiase</i>	Intestin

(A.F.E.E.1985).

Conclusion

La présente étude s'insère dans le cadre de l'évaluation de la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux de l'oued Djemaa utilisées en agriculture, la baignade et l'abreuvement des animaux et reçoit les rejets sans aucun traitement préalable, en vue d'évaluer les impacts sur l'environnement et les risques sanitaires.

Les résultats obtenus de cette étude nous permettent de conclure comme suit :

✧ Pour les paramètres physico-chimiques:

- Des faibles teneurs en nitrates, en sulfates et en azote ammoniacal ont été notées.
- Des valeurs élevées pour la conductivité électrique et pour les orthophosphates .
- Les autres paramètres comme la température, le pH, ...etc., montrent des valeurs acceptables et conformes aux normes de l'OMS des eaux de surface.

✧ Pour les paramètres microbiologiques :

- La recherche des germes indicateurs de contamination fécale est négative à l'exception des streptocoques fécaux.
- La recherche de certains germes pathogènes, genre *Salmonella* et *Vibrion*, a aboutit à des résultats négatifs.
- La présence de *Pseudomonas aeruginosa*, et de la flore fongique (levures et moisissures) été signalée.

✧ Les analyses parasitologiques ont montré après la réalisation de la méthode de Baillenger :

- Une absence des œufs d'helminthes.
- La présence des kystes des protozoaires représentés essentiellement par la forme amibe *Entamoeba coli*

L'utilisation des indices de pollution pour l'analyse des eaux de l'oued Djemaa permettent de conclure que la qualité de ces eaux est bonne à très bonne et peuvent donc être utilisées pour l'irrigation des cultures maraichères, pour la baignade ainsi que pour l'abreuvement des animaux domestiques.

La protection de ces eaux contre les contaminations diverses est nécessaire et impérative pour que ces eaux servent encore en agriculture sans risque de contamination.

Quelques perspectives de recherche se dessinent à la lumière des résultats obtenus:

- * Nettoyer l'oued Djemaa des rejets domestiques et des eaux usées et traiter ces eaux avant d'être rejetées dans la mer Méditerranéenne.
- * Des analyses de contrôle et de détection efficaces doivent être assurées avec rigueur tout au long de l'année au risque d'assister à des pathologies inattendues.
- * Elargir l'échantillonnage à plusieurs stations.
- * Suivre l'évolution des paramètres physico-chimiques et microbiologiques des eaux de l'oued Djemaa afin d'évaluer les conséquences de son utilisation pour l'irrigation, pour l'environnement et pour la santé humaine et animale.

ANNEXE IV

Matériel utilisé pour les analyses physico-chimiques

◆ Appareillage

- Agitateur magnétique.
- Balance analytique.
- Conductimètre.
- pH mètre.
- Etuve.
- Plaque chauffante.
- Spectrophotomètre UV-Visible.
- Haute à flux laminaire.

◆ Verrerie

- Bêchers
- Erlen Meyer.
- Fioles jaugées.
- Pipettes.
- Portoir.
- Tube à essai.
- Spatule.
- Eprouvettes graduées.

◆ Réactifs et colorants

- Nitrate d'argent.
- Dichromate de potassium.
- Chlorure de baryum.
- Hydroxyde d'ammonium.
- Hydroxyde de sodium.
- Heptamolybdate d'ammonium.
- Salicylate de sodium.
- Tartrate double de sodium et de potassiums.
- Nessler.
- Acide chlorhydrique.
- Acide sulfurique.
- E D T A.
- Murexide.
- Noir ériochrome.

◆ Composition des différents réactifs et solutions.

✿ Chlorures

◆ Solution de nitrate d'argent à 0,01 N

- * Nitrate d'argent1,6987 g.
- * Eau distillée.....q.s.p 1000ml.

◆ Indicateur coloré Chromate de potassium $K_2Cr_2O_4$ à 10%

- * Chromate de potassium.....10g.
- * Eau distillée.....q.s.p 1000 ml.

✿ Sulfates

◆ Solution stabilisante

- * Acide chlorhydrique60ml.
- * Ethanol.....200ml.
- * Chlorure de sodium.....150 mg.
- * Eau distillée.....q.s.p 1000 ml.

◆ Solution de chlorure de baryum

- * Chlorure de baryum.....150 mg.
- * Acide chlorhydrique.....5 ml.
- * Eau distillée.....q.s.p 1000 ml.

✿ Bicarbonates

◆ Solution d'acide chlorhydrique à 1N

◆ Solution d'HCl à 0,1 N

- * Solution d'HCl à 1 N..... 100 ml.
- * Eau distillée.....q.s.p 1000 ml.

☀ Calcium et Magnésium

◆ Solution d'E.D.T.A. N/50 ($C_{10} H_{14} N_2 Na_2 O_8 \cdot 2H_2O$) (0,02N ou 0,01M)

- * EDTA3,725g.
- * Eau distillée.....q.s.p 1000 ml.

◆ Solution d'hydroxyde de sodium (Na OH) à 2N

- * NaOH (pastilles).....80g.
- * Eau distillée.....q.s.p 1000 ml.

◆ Solution d'hydroxyde d'ammonium (NH_4OH) pH=10,1

- * Chlorure d'ammonium.....67,5g.
- * NH_4OH (25 %).570ml.
- * E.D.T.A.....5ml.
- * Eau distilléeq.s.p 1000 ml.
- * Conserver la solution dans une bouteille de polyéthylène

☀ L'azote ammoniacal

◆ Solution de tartrate double de sodium potassium

- * Tartrate double de sodium potassium500g.
- * Eau distilléeq.s.p 1000ml.

◆ Réactif de Nessler

- * Iodure de potassium36,5g.
- * Iodure de mercure50 g.
- * Hydroxyde de potassium150g.
- * Eau distilléeq.s.p 1000 ml.

☀ Nitrites

◆ Solution de sulfanilamide

- * Sulfanilamide1g.
- * Acide chlorhydrique à 10%q.s.p 100 ml.

◆ Solution de dichlorhydrate N-1 naphthyléthylénediamine à 0,1%

☀ Nitrates

◆ Solution de salicylate de sodium à 0,5 %

- * Salicylate de sodium 0,5 g.
- * Eau distillée.....q.s.p 1000 ml.

◆ Solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) 30%

- * NaOH.....30g.
- * Eau distillée.....q.s.p 1000 ml.

◆ Acide sulfurique concentré

◆ Tartrate double de sodium et de potassium

- * Hydroxyde de sodium400g.
- * Tartrate de sodium et de potassium..... .60g.
- * Eau distillée.....q.s.p 1000 ml.

☀ Orthophosphates

◆ Solution d'heptamolybdate d'ammonium

- * Heptamolybdate d'ammonium.....13g.
- * Eau distillée.....100 ml.

◆ Solution d'acide ascorbique

- * Acide ascorbique10g.
- * Eau distillée.....100 ml.

◆ Solution d'acide sulfurique

- * Acide sulfurique pur.....0,5g.
- * Eau distilléeq.s.p 100ml.

ANNEXE V

Matériels utilisés pour les analyses microbiologiques

◆ Appareillage

- Autoclave.
- Bain marie.
- Bec bunsen.
- Etuve (37°C et 44°C).
- Rampe de filtration.
- Balance.

◆ Verrerie et matériel consommables

- Boîtes de pétri.
- Membrane filtrante.
- Fiole à vide.
- Spatule.

◆ Réactifs et Additifs

- Additif slanetz.
- Additif SFB.
- Alun de fer.

◆ Milieu de culture

- Gélose Mac conkey.
- Gélose au cétrimide.
- Gélose viande foie (VF).
- Gélose Slanetz et Bartely
- Gélose Hektoen.
- Bouillon au sélénite de sodium cystéine (SFB).
- Eau peptonée alcaline (EPA)
- Gélose nutritive alcaline biliée (GNAB).
- Gélose sabouraud.

◆ Composition des différents milieux de cultures

✿ Gélose mac conkey

- * peptone.
- * lactose .
- * sel biliaires.
- * cristal violet .
- * rouge neutre .
- * chlorure de sodium .
- * Agar.

✿ Gélose au Cétrimide

- * peptone de gélatine
- * peptone de caséine
- * bromure de tétradonium (cétrimide)
- * acide nalidixique
- * sulfate de potassium
- * chlorure de magnésium
- * agar
- * pH = 7,1

✿ Milieu de Slanetz et Bartely

- * Tryptose
- * Extrait de levure
- * Glucose
- * Hydrogénophosphate dipotassique (K_2HPO_4)
- * Azoture de sodium (NaN_3)
- * Agar –agar
- * Eau distillée

✿ Gélose Viande Foie

- * Glucose.
- * Amidon.
- * Agar.
- * Eau distillée.
- * Ajuster le ph à 7, 6-7,8, stérilisé pendant 15minutes à 121°C.

Bouillon au Sélénite de Sodium Cystéine (SFB)

- * Peptone pancréatique de caséine.
- * Lactose.
- * Monohydrogénosélénite de Na.
- * 1-Cystéine.
- * Eau distillée.
- * Ajuster Ph à $7 \pm 0,2$.

Gélose Hektoen

- * Peptone pepsique de viande.
- * Extrait de levure.
- * Sels biliaires.
- * Lactose.
- * Saccharose.
- * Salicine.
- * Chlorure de sodium.
- * Hyposulfite de sodium.
- * Citrate de fer ammoniacal.
- * Bleu de bromothymol.
- * Fushine acide.
- * Gélose.
- * Diluer, chauffer, refroidir le milieu à $45-50^{\circ}\text{C}$ puis couler en boîtes de pétri.

Eau peptonée alcaline (EPA)

- * Peptone.
- * Lactose.
- * Monohydrogénophosphate de Na.
- * Dihydrogénophosphate de K.
- * Eau distillée.
- * Ajuster le Ph à $7,2 \pm 0,1$, autoclaver à $121 \pm 1^{\circ}\text{C}/15$ min.

Gélose Nutritive Alcaline Biliée(GNAB)

- * Peptone.
- * Extrait de viande.
- * Chlorure de sodium.
- * Agar.
- * Eau distillée.
- * Dissoudre, ajuster le pH à 9, stériliser à l'autoclave à $121^{\circ}\text{C}/20$ min.

Gélose Sabouraud

- * Peptone de caséine (bovin).
- * Peptone de gélatine (bovine ou porcine).
- * Glucose.
- * Agar.
- * Eau purifiée.
- * pH 6,1.

ANNEXE VI

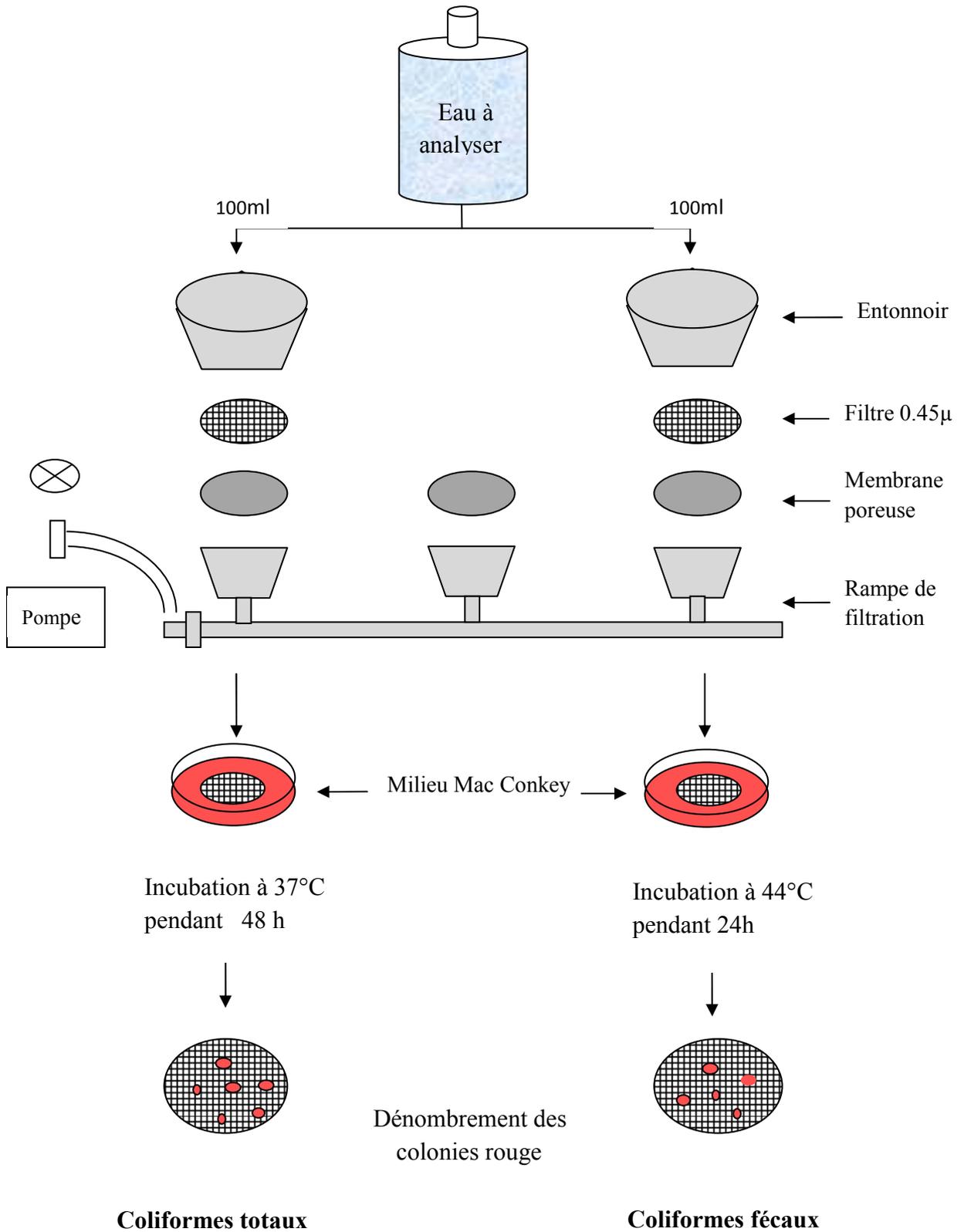


Figure 18: Colimétrie par filtration

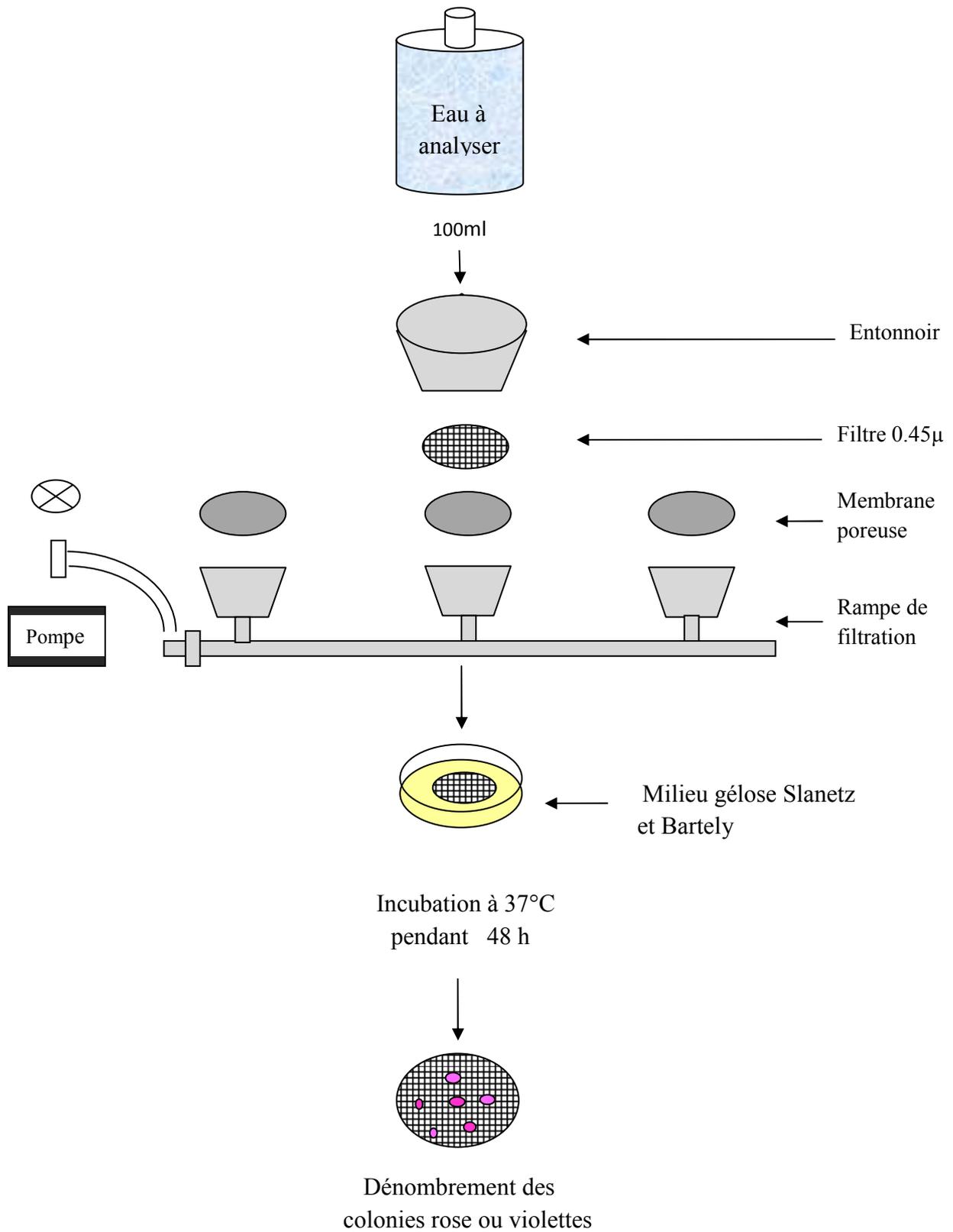


Figure 19 : Streptométrie par filtration

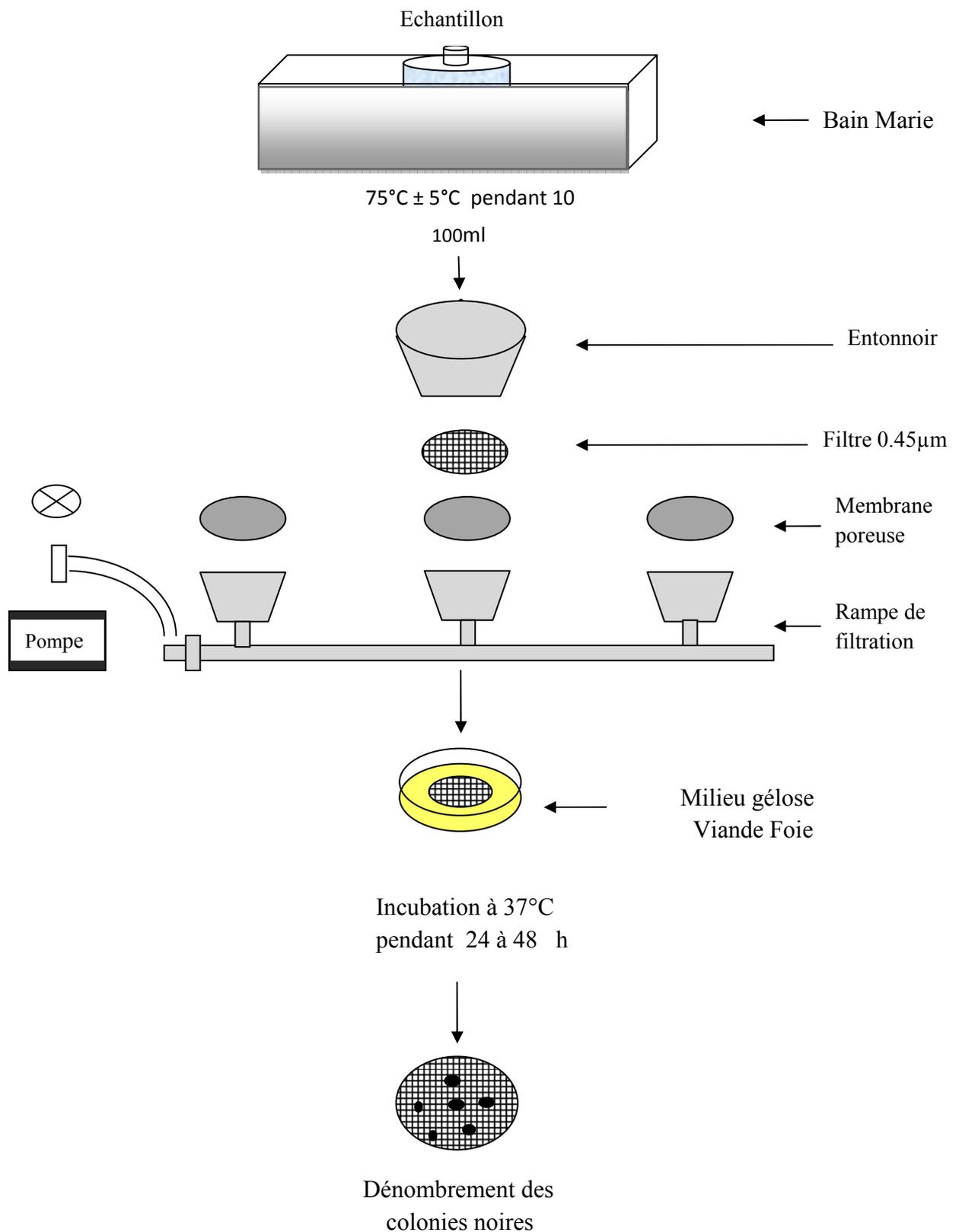


Figure 20 : Recherche et dénombrement des spores de bactéries anaérobie sulfito-réductrices par filtration

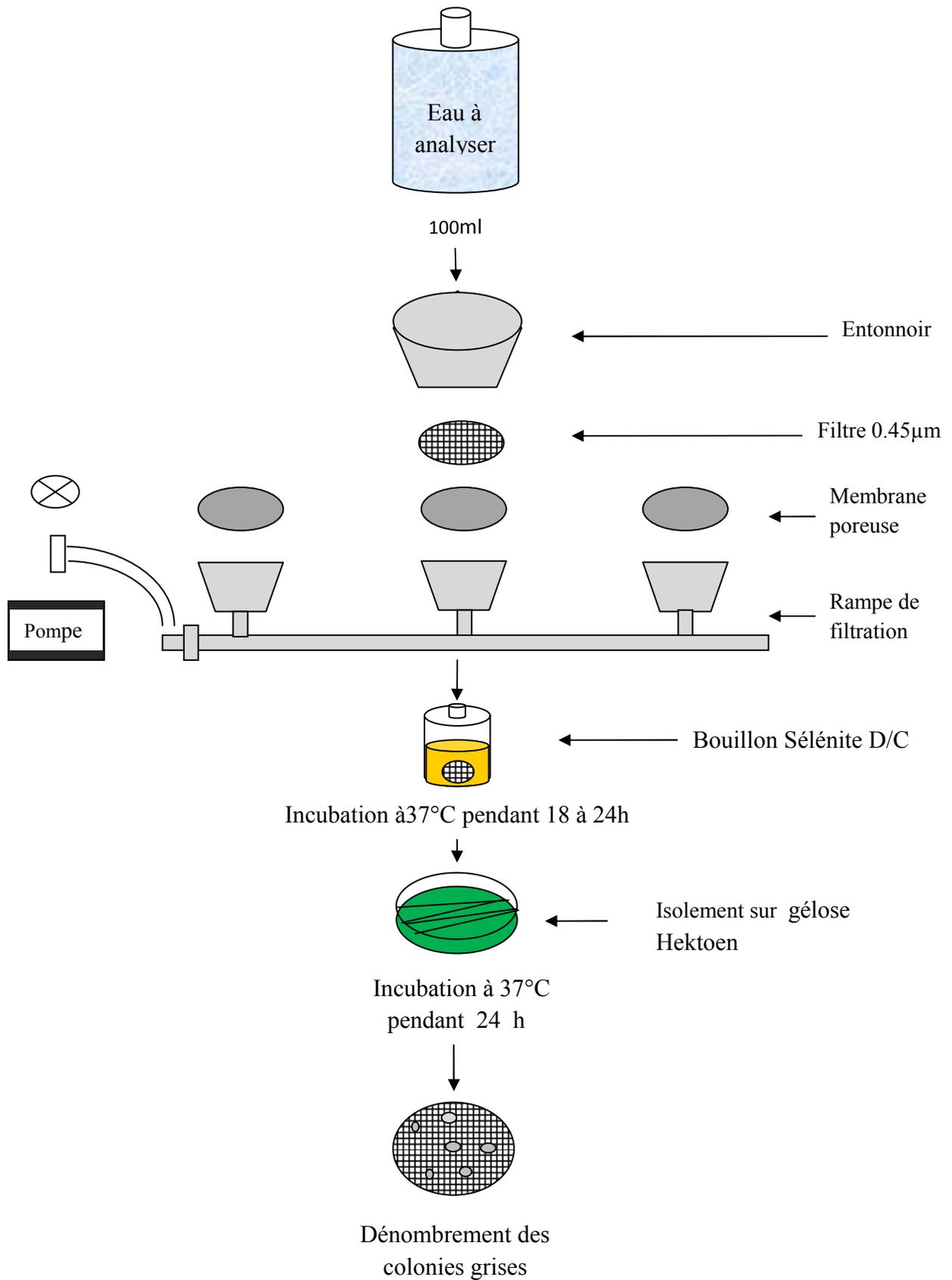


Figure 21 : Recherche des salmonelles par filtration

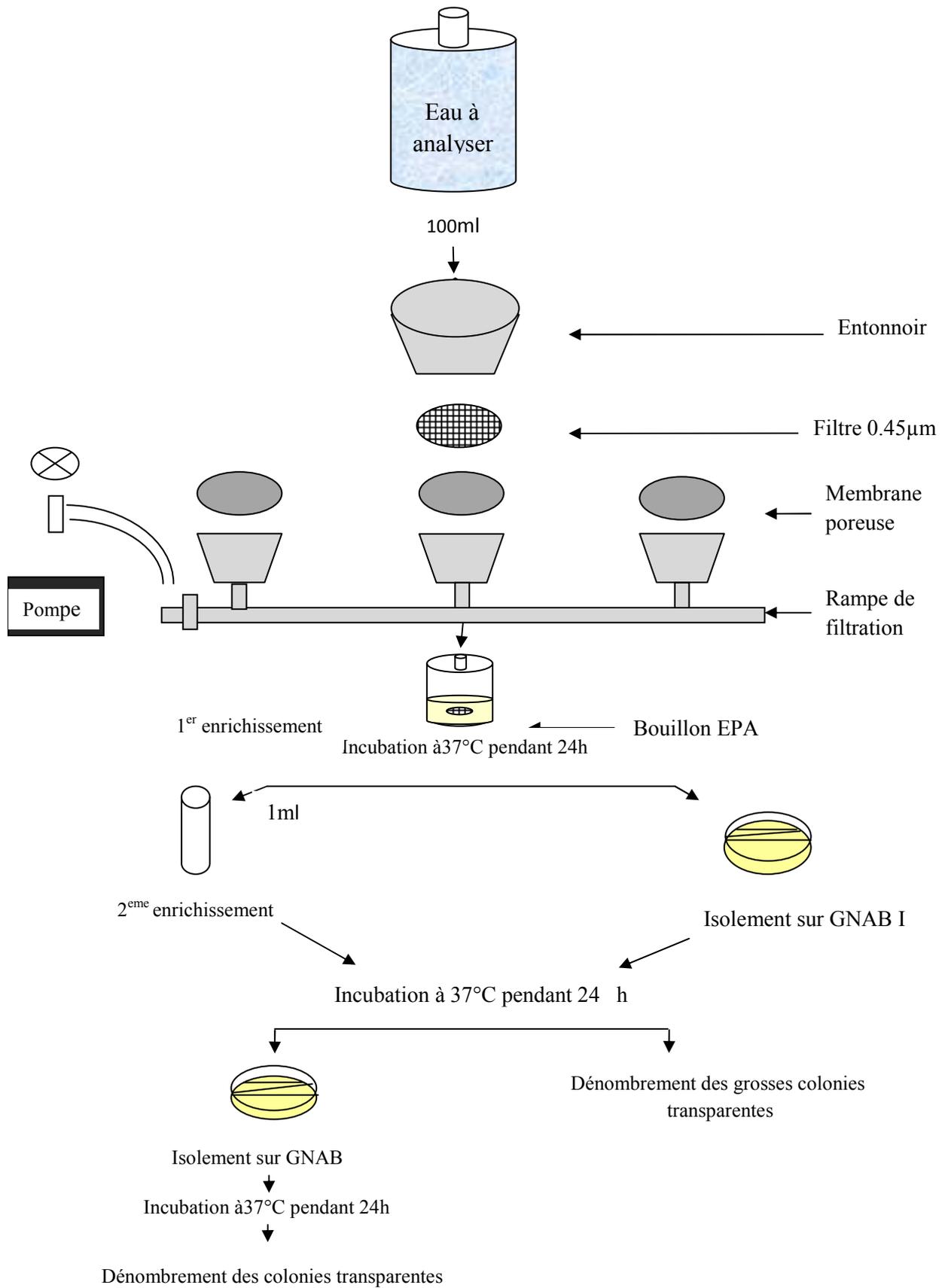


Figure 22 : Recherche des vibrions cholériques par filtration

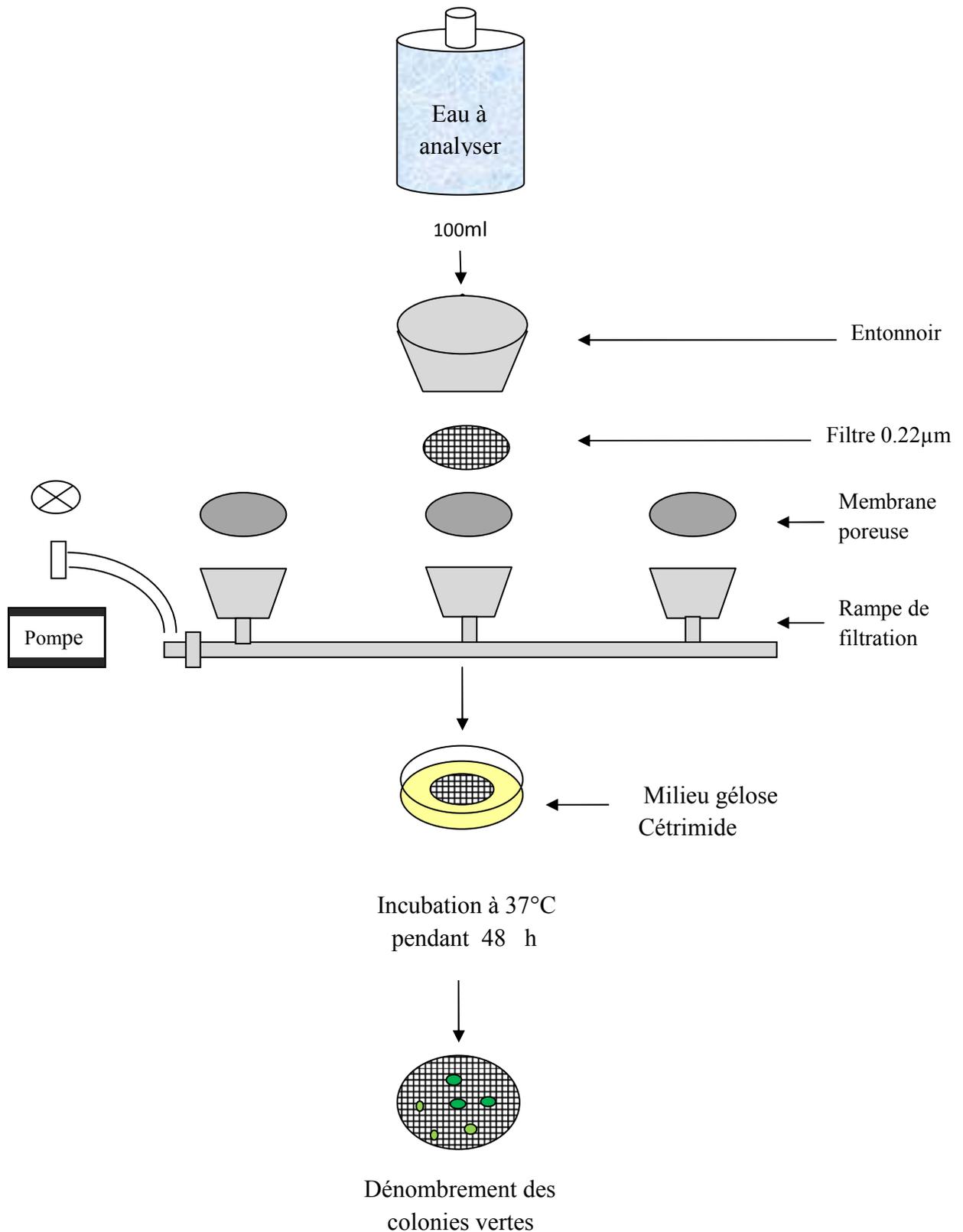


Figure 23 : Recherche et dénombrement de *Pseudomonas aeruginosa* par filtration

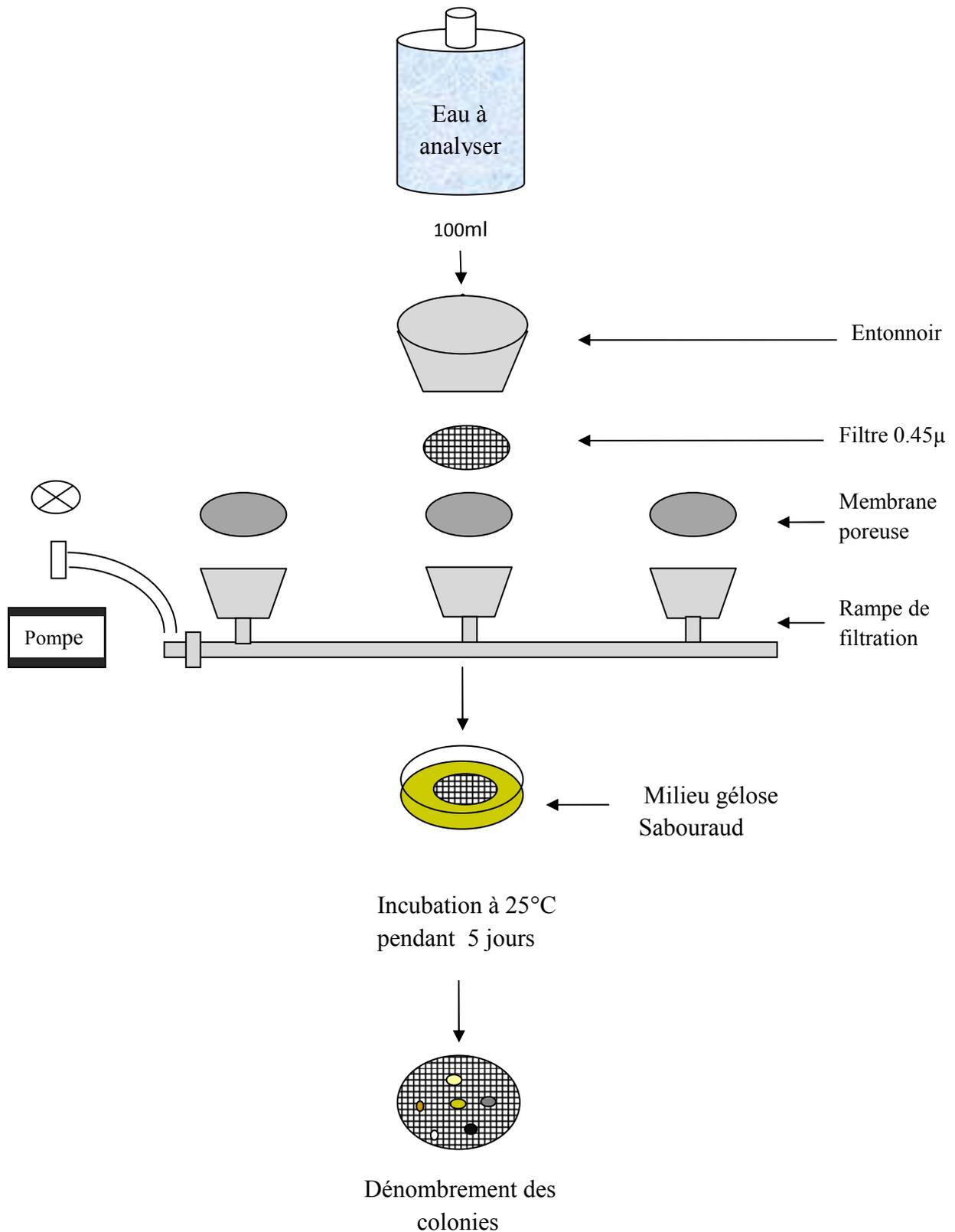


Figure 24 : Recherche et dénombrement des levures et moisissures par filtration

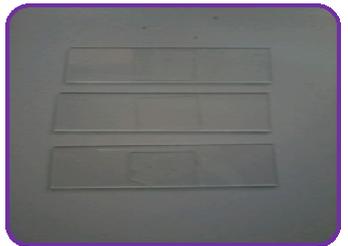


Figure 25 : les étapes de la méthode de Bailenger (de gauche à droite) (photos originales)



Figure 26 : Etapes de filtration sur membrane (de gauche à droite) (photos originales)



Etuve
Rampe de filtration
Incubateur (37°C)



Incubateur (44°C)
pH mètre
Conductimètre



Incubateur (25°C)
Spectrophotomètre
Agitateur vibrant



Centrifugeuse



Plaque chauffante



Balance

