

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE 8 MAI 1945 GUELMA
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS
DEPARTEMENT D'ECOLOGIE ET GENIE DE L'ENVIRONNEMENT



570.227

[Handwritten signature]

Mémoire de Master

MA/458

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

Thème

Evaluation de la qualité physico – chimique et bactériologique
des eaux d'un écosystème lacustre cas de Garaet Hadj Tahar
(Skikda)

Présenté par :

- ABERKANE meriem
- HARKAT roqiya
- MEKHALFI meryem

Devant le jury composé de :

Président : Mr. Merzougue Abdelghani (M.A)
Examineur : Mr. DJAKOUN Mohamed (M.A)
Encadreur : Mr. HOUHAMDI Moussa (Pr.)



Juin 2011

Remerciements

Au terme de cette étude nous remercions avant tout Dieu le Tout Puissant, de nous avoir guidé durant les années d'étude et nous avoir permis la réalisation de ce modeste travail.

Nous tenons à exprimer notre reconnaissance à toutes les personnes qui nous ont permis de mener à bien ce travail. Nous remercions tout particulièrement

Messieurs les membres du jury:

Mr. Merzoug Abdelghani maître assistant à l'université de Guelma, d'avoir accepté d'honorer cette soutenance comme président de jury. Qu'il nous soit permis de lui exprimer notre plus haute considération.

Mr. Djekoune Mohamed maître assistant à l'université de Guelma, qui a bien voulu examiner ce travail et d'être membre de jury, nous lui exprimons nos très vifs remerciements et notre profond respect.

Nous souhaiterions manifester notre reconnaissance particulièrement à Mr Houhamdi.M , d'une part pour nous avoir donné l'opportunité d'aborder ce sujet de travail, qui a développé en nous une capacité de recherche et d'adaptation, et d'autre part d'avoir accepté d'être notre encadreur, avec un suivi constant et un intérêt démontré tout au long de notre travail.

Nos vives gratitudes, reconnaissances et remerciements à nos très chers parents pour toutes leurs prières, patience, soutiens et encouragements morales et matériels.

Ainsi que tout le personnel enseignant, de la Section Santé, eau et environnement au département de biologie qui ont participé à notre formation, ainsi que Mrs Nemmouchi Amar et Nouar Tahar du département de chimie pour leur précieuse aide.

Sans oublier le personnel de la DDS Guelma, Mrs : Djiradi Abdelrahmane, Kebieche Hacene, et Mr Amara lotfi ingénieur d'état en Biologie au niveau de l'hôpital Zerdani salah-Ain Beida.

Nos sincères remerciements vont également à Mm Abassi Samah, enseignante à l'université de Skikda pour sa générosité, sympathie, et aide précieuse. Ainsi que M^{elle} Laaieb meriem, Mm Nadhira et tout le personnel de la direction des forêts de la wilaya de Skikda. Et spécialement à la famille Senani.

Enfin à tous ceux qui nous ont soutenus tout au long de ce travail directement ou indirectement, par leur amitié et leur sympathie, trouvent ici l'expression de notre profonde gratitude, et plus particulièrement Mr Guergueb El-Yamine.

Produced with ScanTopdf

Liste des tableaux

N° de tableau	Titre du tableau	N° de page
01	Classification des éléments rencontrés dans l'eau.	06
02	Bactéries Gram négatif, aérobies ou microaérophiles, spirales ou incurvées	17
03	Principales maladies d'origine hydrique, liées à des bactéries	21
04	Infections, intoxications et toxines bactériennes	23
05	Principales maladies d'origine hydrique, liées à des virus	24
06	Principales maladies d'origine hydrique, liées à des parasites	25
07	Principales maladies d'origine hydrique, liées à des protozoaires	26
08	Données climatiques de la station météo de Skikda (de 1984 à 2010)	33
09	<i>Check-list</i> des espèces végétales recensées dans Garaet Hadj Tahar	37
10	<i>Check-list</i> des oiseaux d'eau	40
11	<i>Check-list</i> des odonates	41
12	Caractéristiques des points de prélèvement	45

13	Conservation des prélèvements pour quelques paramètres physicochimique et microbiologique.	47
14	Recherche et dénombrement des microorganismes revivifiables	71
15	Résultat de la recherche des Anaérobies sulfite-réductrices(ASR)	74
16	Aspect macroscopique, microscopique et identification des colonies bactériennes isolées de l'eau de Garaet Hadj-Tahar	74

Produced with Scantopdf

Liste des figures

N° de figure	Titre de figure	N° de page
01	Cycle de l'eau dans la nature	05
02	Complexe de zones humides de Guerbes Sanhadja	29
03	Image satellite de Garaet Hadj Tahar	30
04	Dessin à main levée de Garaet Hadj Tahar	31
05	Photos de Garaet Hadj Tahar prise le 17 avril 2011	31
06	Photos de Garaet Hadj Tahar prise le 17 avril 2011	31
07	Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN II.	35
08	Situation de la station météorologique de la wilaya de Skikda dans le climagramme d'EMBERGER	36
09	Recherche et dénombrement des micro- organismes revivifiables à 22 et à 37°C dans les eaux.	49
10	Recherche et dénombrement des coliformes	51
11	Organigramme de dénombrement des streptocoques fécaux	53
12	Recherche et dénombrement des clostridium sulfato-réducteur	55
13	Evolution du nombre des coliformes totaux /ml dans l'eau de Garaet Hadj Taher	72
14	Evolution du nombre des coliformes fécaux /ml dans l'eau de Garaet Hadj Taher.	72
15	Evolution du nombre des streptocoques du groupe D /ml dans l'eau de Garaet Hadj Tahar	73
16	Aspect macroscopique, microscopique et identification biochimique des colonies sur milieu MC Conkey	76

17	Aspect macroscopique, microscopique et identification biochimiques sur milieu Hektoen	76
18	Aspect macroscopique, microscopique et identification biochimique des colonies sur milieu GNAB	77
19	Aspect macroscopique, microscopique et identification biochimiques des colonies sur milieu SS	77
20	Aspect macroscopique, microscopique et identification biochimique des colonies sur milieu Chapman	78
21	Aspect macroscopique et microscopique des colonies sur milieu King A	78
22	Aspect macroscopique et microscopique des colonies sur milieu VF	79
23	Variations de la température de l'eau du Garaet Hadj Taher	79
24	Variations spatio-temporelles du pH de l'eau de Garaet Hadj Taher	80
25	Variations spatio-temporelles de la conductivité électrique de l'eau de Garaet Hadj Tahar	81
26	Variations de la turbidité de l'eau de Garaet Hadj Taher	82
27	Variations des MES en mg/l de l'eau de Garaet Hadj Taher	82
28	Variations des teneurs d'Oxygène dissous en mg/l de l'eau de Garaet Hadj Tahar	83
29	Variations de la dureté totale en mg/l de l'eau de Garaet Hadj Tahar	84

30	Variations des teneurs en Magnésium dans l'eau de Garaet Hadj Tahar.	85
31	Variations des teneurs en Calcium dans l'eau de Garaet Hadj Tahar	85
32	Variations de la salinité dans l'eau de Garaet Hadj Tahar	85
33	Teneurs en chlorures en mg/l de l'eau de Garaet Hadj Taher	86
34	Variations des teneurs des nitrates dans l'eau de Garaet Hadj Taher.	87
35	Variations des teneurs des nitrites dans l'eau de Garaet Hadj Taher	87
36	Variations des teneurs de l'ammonium dans l'eau de Garaet Hadj Taher	88
37	Variations du TAC dans l'eau de Garaet Hadj Taher	89
38	Variations des teneurs en phosphate dans l'eau de Garaet Hadj Taher	90

Produced with Scantopdf

SOMMAIRE

Introduction

Partie I : Etude bibliographique

Chapitre I : Généralités

Introduction	3
1. Définitions	3
2. Structure de l'eau	4
3. Cycle de l'eau dans la nature	4
4. Etats physiques de l'eau	5
5. composition des eaux naturelles	6
6. Les différents types d'eau dans la nature	7
6.1. Les eaux souterraines	7
6.2. Les eaux de surfaces	7
7. Les zones humides	8
7.1. Définition	8
7.2. Les fonctions des zones humides	8
7.2.1. Les fonctions hydrologiques	8
7.2.2. Les fonctions biologiques	9
7.2.3. Les fonctions climatiques	10
7.2.4. La prévention des risques naturels	10
7.2.5. Les valeurs culturelles et touristiques	11
7.2.6. Les valeurs éducatives, scientifiques et patrimoniales	11
Conclusion	12

Chapitre II : Microbiologies des écosystèmes aquatiques

Introduction	13
1. Les principaux groupes de bactéries aquatiques	13
1.1. Les bactéries phototrophes anoxygéniques	13
1.2. Les bactéries phototrophes oxygéniques	14
1.3. Les bactéries chimiolithotrophes	14
1.4. Les bactéries appendiculées ou bourgeonnantes	14
1.5. Les myxobactéries	15
1.6. Les bactéries à gaines	15
1.7. Les bactéries mobiles par glissement	16
1.8. Les spirochètes	16
1.9. Bactéries à Gram négatif, aérobies ou micro-aérophiles	17
1.10. Bactéries à Gram négatif, anaérobies facultatives	18
1.11. Les bactéries réductrices des sulfates	18
1.12. Cocci à Gram positive	19
1.13. Bactéries à Gram positive, endosporulées	19
1.14. Les Actinomycètes	20
2. Evolution des maladies hydriques	20
2.1. Mode de transmission	20
2.2. Doses infectieuses	20

3. Les Agents responsables des maladies à transmission hydrique(MTH)	21
3.1. Bactéries	21
3.2. Virus	21
3.3. Parasites	25
3.4. Protozoaires	25
Conclusion	26
Partie II : Etude expérimentale	
Chapitre I : Description du site	
Introduction	27
1. Présentation du site d'étude	27
2. Caractéristiques du site d'étude « Garaet Hadj Tahar »	30
2.1. Coordonnées géographiques	30
2.2. Situation géographique	30
2.3. Situation administrative	30
2.4. Géologie, géomorphologie et type de sol	31
2.5. Hydrologie	31
2.6. Etude climatique	32
2.7. Données climatiques de la station météo de Skikda	32
2.7.1. La température	32
2.7.2. La pluviométrie	32
2.7.3. Les vents	33
2.7.4. Synthèse climatique	33
2.8. Cadre biotique	35
2.8.1. La flore	35
2.8.2. La faune	38
3. Exploitation du site	40
3.1. L'agriculture	40
3.2. Le braconnage	41
3.3. Le pâturage	41
Conclusion	41
Chapitre II : Matériel et méthodes	
Introduction	42
1. Matériel utilisé	42
1.1. Sur terrain	42
1.2. Laboratoire de physico-chimie	42
1.3. Laboratoire de microbiologie	43
2. Méthodes d'analyses	43
2.1. Le choix des sites	43
2.2. Prélèvement	43
2.2.1. Quantité d'eau nécessaire à l'analyse	44
2.2.2. Technique de prélèvement	44
2.2.3. Transport des échantillons	44
2.3. Méthodes d'analyse bactériologique	46
2.3.1. Recherche et dénombrement des micro-organismes revivifiables	46

2.3.2. Recherche et dénombrement des coliformes totaux, fécaux et identification d' <i>E coli</i>	48
2.3.3. Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux	50
2.3.4. Recherche et dénombrement des spores de bactéries sulfitoreductrices et <i>Clostridium</i> sulfitoreducteur	51
2.3.5. Recherche des germes pathogènes	53
2.4. Méthodes d'analyse physico-chimique	57
2.4.1. La température	57
2.4.2. Le pH	57
2.4.3. La conductivité électrique	57
2.4.4. La turbidité et les matières en suspension (MES)	58
2.4.5. La coloration	59
2.4.6. L'oxygène dissous	59
2.4.7. Les éléments minéraux majeurs	60
Chapitre III : Résultats et discussions	
1. Résultats des analyses bactériologiques	69
1.1. Les microorganismes revivifiables	69
1.2. Recherche et dénombrement des témoins de contamination fécale	69
1.2.1. Coliformes totaux	69
1.2.2. Coliformes fécaux	70
1.2.3. Streptocoques fécaux	71
1.3. Les spores des bactéries anaérobies sulfito-réductrices (ASR)	71
1.4. Recherche des bactéries pathogènes	72
2. Résultats des analyses physico-chimiques	77
2.1. La Température	77
2.2. Le pH	78
2.3. La conductivité électrique	78
2.4. La turbidité	79
2.5. La couleur apparente	80
2.6. L'oxygène dissous	81
2.7. Détermination de la dureté totale (la détermination de Ca^{++} et Mg^{++})	82
2.8. La salinité (détermination des chlorures de sodium)	83
2.9. L'azote des nitrates	84
2.10. Azote des nitrites	85
2.11. L'Azote ammoniacal (NH_4^+)	86
2.12. L'alcalinité	86
2.13. Les phosphates	87
Conclusion	
Résumé	
Références bibliographique	
Annexe	

Introduction

Notre pays qui appartient aux rives méridionales du bassin méditerranéen, connue pour sa biodiversité biologique, écologique et génétique ; abrite presque tous les habitats écologiques et recèle un patrimoine très varié de zones humides.

Ces zones humides en tant que ressources naturelles présentent des intérêts scientifiques, économiques et esthétiques. Elles sont d'une grande importance pour les programmes de recherche et pour la conservation biologique (Saheb 2009).

L'eau constitue une source unique offerte à de multiples usages, elle constitue un enjeu socio-économique, voire même écologique dans le monde. L'eau est à la fois une source naturelle, un facteur de production et un patrimoine. Sous la pression des besoins considérables de la civilisation moderne, a lieu une expansion, insidieuse de la demande en eau (Addad 2007).

L'eau n'est pas seulement un élément essentiel à la vie, mais aussi une force puissante par elle-même, même aussi son importance dans l'économie humaine ne cesse de croître et l'approvisionnement en eau douce devient de plus en plus difficile, tout en raison du développement et de l'effort accéléré des techniques industrielles modernes que de l'accroissement de la population et de son niveau de vie. En même temps les causes de pollution se sont devenues plus nocives, plus variées et plus insidieuses.

Ces milieux n'ont cessé, d'être dégradés sous l'effet des fortes expositions des activités humaines, en effet, par leur proximité, des activités anthropiques et urbaines, ces milieux sont sujets à différentes sources de pollution : le rejet de eaux usées brutes en est des principales et l'intensification des activités agricoles en bordure et la diversité de ces sources de pollution, leur variations spatio-temporelle, ainsi que la particularité des conditions climatiques constitue une véritable menace de la structure hydrologique de la région de Guerbes-Sanhadja.

Plusieurs études ont déjà été réalisées sur l'eau de Gareat Hadj Tahar, dont des mémoires de Magisters et des thèses de Doctorat, ces dernières indiquant le rôle de l'agriculture ainsi que la nature des formations géologiques dans la détérioration de la qualité des eaux, et

également l'influence de la modification de la qualité de ces eaux sur l'écologie de certaines espèces animales et végétales.

Dans ce travail, nous estimons étudier les eaux de Gareat Hadj Tahar et déterminer leurs degrés de pollution, tout en réalisons une étude portant sur la caractérisation physico-chimique et bactériologique de ces eaux, et également essayer de répondre à certaines questions tels :

- Quel est l'état actuel de la qualité physico-chimique des eaux de la Gareat
- Quels sont les différents polluants existant dans l'eau ainsi que leurs origines ?
- Quels sont les mécanismes physico-chimiques ou biologiques intervenant dans l'évolution de ces polluants dans le temps et dans l'espace ?
- Et enfin, quel est le risque de cette zone humide vis à vis de la pollution ?

Et pour cela, on a structuré notre travail en deux parties :

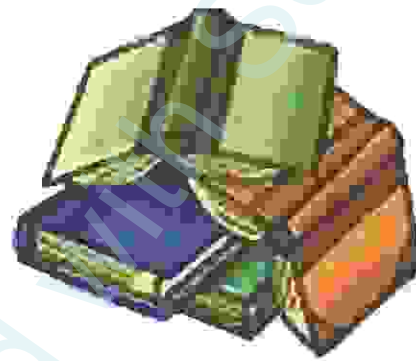
_ La première : est une synthèse bibliographique comportant deux chapitres qui rassemblent des données bibliographiques sur les eaux, les zones humides, ainsi que la bactériologie de ces dernières.

_ La deuxième représente une étude expérimentale comportant 3 chapitres, dont le premier comporte les caractéristiques de la région d'étude, le second définit les méthodes d'analyses bactériologiques et physico-chimiques des eaux, et le dernier rassemble les résultats de ces analyses et leurs discussions.



PARTIE I

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE





CHAPITRE I

Généralité



Introduction

L'eau est l'un des quatre éléments vénérés par les anciens avec l'air, le feu et la terre. Sa répartition dans la nature est universelle, elle fait en outre partie de la constitution des êtres vivants (58 à 67% de l'homme adulte et 80 à 90% des végétaux). Ses propriétés physiques et chimiques, font de l'eau le solvant le plus utilisé, elle peut en effet dissoudre de nombreux composés minéraux et organiques, et héberger de nombreuses espèces végétales, animales et protistes tout en formant un ensemble dit écosystème aquatique, représenté le plus souvent par les différents types de zones humides. (Richard ; 1996)

1. Définitions :

L'eau :

« C'est un corps; incolore, inodore, insipide, liquide à la température ordinaire, composé d'hydrogène et d'oxygène (H_2O), et qui peut dissoudre un certains nombre de corps ». (Tina, 1987).

« L'eau est une molécule polarisée, et possède de ce fait la capacité de dissoudre de nombreux composés en détruisant complètement ou partiellement les liens électrostatiques entre les atomes et les molécules; il se produira ainsi une réaction chimique : la Solvatation (dissolution) ». (Zerouali et Mehiaoui, 2001).

2. Structure de l'eau :

L'eau est un corps composé, constitué des éléments oxygène et hydrogène.

La molécule d'eau est noté H_2O , elle est composé de deux atomes d'hydrogènes pour un atome d'oxygène.

Les atomes d'hydrogène sont chacun porteur d'une charge positive tandis que l'atome d'oxygène est porteur de deux charges négatives.

Les caractères géométriques :

- La molécule H-O-H est coudée,
- Angle de valence de 105° ,
- Distance intermoléculaire H-O = $0,958 \text{ \AA}$

3. Cycle de l'eau dans la nature :

L'eau sous ses différents états suit dans la nature un vaste cycle que résume le schéma de la figure 01.

Les différentes étapes de ce cycle sont les suivantes :

Les précipitations : la vapeur d'eau atmosphérique se condense en nuages qui engendrent des précipitations sous forme de pluie, de neige ou de grêle. Les précipitations, qui constituent l'origine de presque toutes nos réserves en eau douce, sont variables d'une région à l'autre suivant le climat et le relief qui sont des facteurs essentiels.

Le ruissellement : par venue sur le sol, une partie des précipitations s'écoule à sa surface vers le réseau hydrographique et les étendues d'eau libre (lacs, mers), c'est le ruissellement de surface.

L'infiltration : une partie des précipitations pénètre dans le sol et dans le sous-sol où elle alimente les eaux souterraines constituant le stock d'eau du sol et les réserves des nappes aquifères.

L'évapotranspiration : c'est la somme des pertes par transformation de l'eau en vapeur. On distingue deux composantes : l'une constituée par le retour direct de l'eau dans l'atmosphère (phénomène physique), et l'autre constituée par la transpiration des plantes.

Transpiration : Les feuilles des plantes dégagent aussi de la vapeur d'eau, une plante en croissance perd chaque jour 5 à 10 fois la quantité d'eau qu'elle peut contenir. (Ramade, 1993).

En définitive, il existe une circulation de l'eau analogue à celle que provoquerait un gigantesque appareil distillatoire. Le cycle se trouve donc fermé, ce qui se traduit par un bilan global exprimant l'égalité des pertes et des gains.

Précipitations = Ruissellement + Évaporation + Infiltration

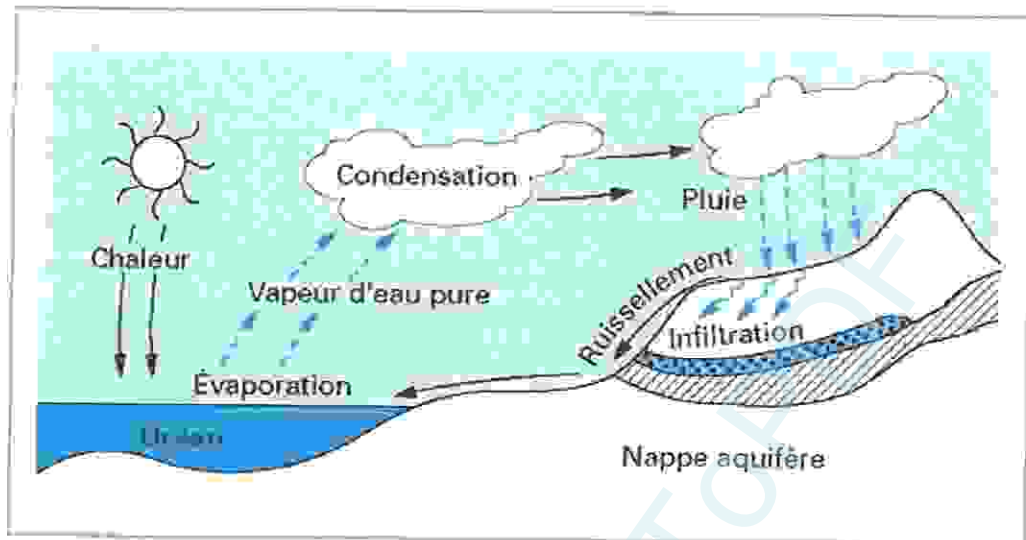


Figure 1 : Cycle de l'eau dans la nature. (Boeglin, 2005).

4. Etats physiques de l'eau :

On soulignera également que l'eau est le seul et unique élément qui existe sous les trois états : solide, liquide, gaz.

4.1. Etat vapeur :

Il est obtenu à partir de 100°C à la pression atmosphérique ; les molécules sont relativement indépendantes les unes des autres et correspondent au modèle angulaire. (Mehalaine, 2009).

4.2. Etat solides :

Il est obtenu en dessous de 0°C sous la pression atmosphérique ; les molécules sont disposées suivant un tétraèdre avec une d'eau centrale et quatre autres disposées suivant les quatre sommets d'un tétraèdre régulier. Le réseau cristallin qui en résulte est hexagonal. Les molécules sont assemblées par des liaisons hydrogène, chaque atome d'hydrogène d'une molécule d'eau étant lié à l'atome d'oxygène de la molécule voisine. (Mehalaine, 2009).

4.2. L'état liquide :

Au cours de la fusion de la glace la liaison hydrogène rompt, le cristal s'effondre et les molécules se rapprochent les unes des autres, la masse volumique augmente jusqu'à une valeur maximale correspondant à une température de 4°C sous l'atmosphère.

Masse volumique de l'eau liquide plus que la masse volumique de la glace. (Mehalaine, 2009).

5. composition des eaux naturelles :

Tableau 01 : Classification des éléments rencontrés dans l'eau. (Boeglin ; 2005)

État ou forme des éléments dans l'eau	Nature des éléments
Matières en suspension	Sables, argiles, boues diverses. Roches en débris, matières organiques, minérales et végétales. Débris divers insolubles.
Matières en émulsion	Matières organiques colloïdales. Huiles minérales, goudrons, suies, pétrole, argiles colloïdales.
Matières organiques solubilisées	Tourbes, déchets végétaux, matières azotées. Produits de synthèse organique solubles, etc.
Sels minéraux	Carbonate, de calcium bicarbonates de sodium sulfate de potassium chlorure, ammonium, nitrates, etc.
Gaz	Oxygène, azote, gaz carbonique, ammoniac, parmi les principaux.
Organismes vivants d'origine végétale, animale, bactérienne et virale	Plancton, algues, champignons, vers, larves d'insectes, autres larves, bactéries, amibes, virus, etc.

Ces distinctions sont arbitraires dans la mesure où, d'une part, une substance peut se trouver soit à l'état dissous, soit en suspension selon les conditions du milieu, et, d'autre part, l'eau est le siège des phénomènes de dégradation biologique qui peuvent transformer des substances organiques en substances minérales.

6. Les différents types d'eau dans la nature :

Les eaux destinées à l'alimentation humaine peuvent avoir des provenances diverses :

Les eaux souterraines ;

Les eaux de surfaces ;

6.1. Les eaux souterraines :

Les eaux souterraines ; enfouies dans le sol ; sont habituellement à l'abri des sources de pollution, puisque les caractéristiques de ces eaux varient très peu dans le temps ; les usines de purification n'ont pas à résoudre les problèmes dus aux variations brusque et importantes de la quantité de l'eau brute.

6.2. Les eaux de surfaces :

Ces eaux se rassemblent en cours d'eau, caractérisés par un contact eau-atmosphère toujours en mouvement et une vitesse de circulation appréciable.

La composition chimiques des eaux de surface dépend de la nature de terrains traversé par l'eau durant son parcours dans l'ensemble des bassins versant.

-concentration important en matières en suspension.

-présence des matières organiques d'origine naturelle provenant de la décomposition des organismes végétaux ou animaux ou dans la rivière et qui se décompose et se décomposent après leur mort (végétaux, animaux)

- présence de plancton : les eaux de surface sont le siège d'un développement important de phytoplancton (algue...) et de zooplancton.

- les eaux de surface sont rarement potables sans aucun traitement. (Bontoux, 1993).

7. Les zones humides

7.1. Définition:

Une zone humide est une région où l'eau est le principal facteur qui contrôle le milieu naturel et la vie animale et végétale associée. Elle apparaît là où la nappe phréatique arrive près de la surface ou affleure ou encore, là où des eaux peu profondes recouvrent les terres.

Au sens juridique, la loi sur l'eau définit les zones humides comme «les terrains, exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, salée ou saumâtre de façon permanente ou temporaire ; la végétation, quand elle existe, y est dominée par des plantes hygrophiles pendant au moins une partie de l'année».

La convention de Ramsar a adopté une optique plus large pour déterminer quelles zones humides peuvent être placées sous son égide. Les zones humides sont «des étendues de marais, de fagnes, de tourbières ou d'eaux naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires, où l'eau est stagnante ou courante, douce, saumâtre ou salée, y compris des étendues d'eau marine dont la profondeur à marée basse n'excède pas six mètres».

Une autre notion a été ajoutée par (Barnaud, 1991). Il s'agit de la biodiversité :
« Les zones humides se caractérisent par la présence, permanente ou temporaire, en surface ou à la faible profondeur dans le sol, d'eau disponible douce, saumâtre ou salée. Souvent en position d'interface, de transition, entre milieu terrestre et milieu aquatique proprement dit, elles se distinguent par une faible profondeur d'eau, des sols hydromorphes ou non évolués, et/ou une végétation dominante composée de plantes hygrophiles au moins pendant une partie de l'année. Enfin, elles nourrissent et/ou abritent de façon continue ou momentanée des espèces animales inféodées à ces espaces ».

7.2. Les fonctions des zones humides :

7.2.1. Les fonctions hydrologiques

Les zones humides contribuent au **maintien et à l'amélioration de la qualité de l'eau** en agissant comme **un filtre épurateur** :

-**filtre physique**, car elles favorisent les dépôts de sédiments y compris le piégeage d'éléments toxiques tels que les métaux lourds, la rétention des matières en suspension... ;

- **filtre biologique**, car elles sont aussi le siège privilégié de dégradations biochimiques (grâce notamment aux bactéries, de désinfection par destruction des gènes pathogènes grâce aux ultraviolets, d'absorption et de stockage par les végétaux, de substances indésirables ou polluantes tels que les nitrates (dénitrification) et les phosphates à l'origine de l'eutrophisation des milieux aquatiques, de certains pesticides et métaux...

Elles ont aussi un rôle déterminant dans la **régulation des régimes hydrologiques**. Le comportement des zones humides à l'échelle d'un bassin versant peut être assimilé à celui d'une **éponge**. Lorsqu'elles ne sont pas saturées en eau, les zones humides retardent globalement le ruissellement des eaux de pluies et le transfert immédiat des eaux superficielles vers les fleuves et les rivières situés en aval. Elles "absorbent" momentanément l'excès d'eau puis le restituent progressivement lors des périodes de sécheresse. (Anonymes ; 2009)

Ce faisant, elles diminuent l'intensité des crues et soutiennent les débits des cours d'eau en période d'étiage (basses eaux). Certaines d'entre elles participent à l'alimentation en eau des nappes phréatiques superficielles.

7.2.2. Les fonctions biologiques

Les zones humides constituent un **réservoir de biodiversité** ou diversité biologique. Cette variabilité des conditions hydriques propre à ces milieux. Ainsi, en France, 30% des espèces végétales remarquables et menacées vivent dans les zones humides; environ 50% des espèces d'oiseaux dépendent de ces zones et les 2/3 des poissons consommés s'y reproduisent ou s'y développent. (Anonymes ; 2009)

Les zones humides assument dans leur globalité les différentes fonctions essentielles à la vie des organismes qui y sont inféodés:

- **fonction d'alimentation** : découlant de la richesse et de la concentration en éléments nutritifs observées dans ces zones, les marais assurent ainsi une mise à disposition de ressources alimentaires pour de nombreuses espèces animales localement et à distance par exportation de matière organique ;

- **fonction de reproduction** : la présence de ressources alimentaires variées et la diversité des habitats constituent des éléments essentiels conditionnant la reproduction des organismes vivants ;
- **fonction d'abri, de refuge et de repos** notamment pour les poissons et les oiseaux. Ces fonctions biologiques confèrent aux zones humides une extraordinaire capacité à produire de la matière vivante; elles se caractérisent ainsi par une productivité biologique nettement plus élevée que les autres milieux. (Anonymes ; 2009)

7.2.3. Les fonctions climatiques :

Les zones humides participent aussi à la régulation des microclimats. Les précipitations et la température atmosphérique peuvent être influencées localement par les phénomènes d'évaporation intense d'eau au travers des terrains et de la végétation (évapotranspiration) qui caractérisent les zones humides.

Du point de vue des changements climatiques, les zones humides jouent au moins deux rôles qui, pour être différents, n'en sont pas moins vitaux: d'une part, dans la gestion des gaz à effet de serre (en particulier le dioxyde de carbone) et, d'autre part, en tamponnant concrètement les effets des changements climatiques. (Anonymes ; 2009)

7.2.4. La prévention des risques naturels

Les fonctions hydrologiques contribuent également à la prévention contre les inondations. Ainsi, en période de crue, les zones humides des **plaines inondables jouent le rôle de réservoir naturel**. Il a été estimé que le maintien d'une zone d'expansion des crues, en bordure d'une rivière (Charles River), au nord-est des Etats-Unis, représentait au début des années soixante-dix une économie de 17 millions de dollars chaque année compte tenu des dommages qui seraient occasionnés si cette zone n'avait pas été maintenue.

Inversement, le rôle de réservoir et l'influence des zones humides sur le microclimat permettent de limiter l'intensité des effets de sécheresses prononcées (soutien des débits d'étiage, augmentation de l'humidité atmosphérique).

Elles jouent enfin un rôle dans la **stabilisation et la protection des sols**. Ainsi, la végétation des zones humides adaptée à ce type de milieu fixe les berges, les rivages, et participe ainsi à la protection des terres contre l'érosion. (Anonymes ; 2009)

7.2.5. Les valeurs culturelles et touristiques

Les zones humides font en effet partie du **patrimoine paysager et culturel**. Elles forment en quelque sorte la vitrine d'une région et contribuent à l'image de marque de celle-ci. Pourrait-on alors imaginer le Mont-Saint-Michel sans le cadre grandiose de sa baie aux vasières bleutées ou ourlées de prés salés, la Camargue sans ses sansouires parcourues par les manades et ses étangs fréquentés par les Flamants roses, la Brière sans ses roselières enserrées par le labyrinthe des canaux, la Brenne et la Dombes sans leurs étangs bordés de prairies humides et flots boisés, Guérande sans sa mosaïque de marais salants... ?

Elles sont aussi le **support d'activités touristiques ou récréatives** socialement et économiquement importantes. Les zones humides constituent aujourd'hui un pôle d'attraction important recherché en particulier par les citadins. Ainsi, la frange littorale atlantique ou méditerranéenne, les pays de lacs et d'étangs attirent une foule de touristes avides d'activités nautiques. À côté de cette fréquentation de masse, un tourisme vert plus respectueux de l'environnement se développe dans ces espaces naturels. Certains visiteurs viennent ainsi profiter de la beauté des paysages et de la quiétude des lieux; d'autres y pratiquent des activités de chasse, de pêche, d'observation. (Anonymes ; 2009)

7.2.6. Les valeurs éducatives, scientifiques et patrimoniales

L'exubérance des manifestations biologiques des zones humides constitue un excellent support pédagogique pour faire prendre conscience de la diversité, de la dynamique et du fonctionnement des écosystèmes. Les opérations de sensibilisation et d'information sont essentielles pour la prise de conscience des enjeux économiques et écologiques de ces milieux.

D'un point de vue scientifique, il reste encore bien des aspects fonctionnels à élucider. Une **meilleure compréhension** des processus naturels façonnant les zones humides

apparaît indispensable pour une gestion à long terme de ces milieux dans le cadre d'un développement durable.

Enfin, l'ensemble de ces propriétés attribue aux zones humides une valeur patrimoniale reconnue à l'échelle mondiale dans le cadre de la convention de Ramsar. (Anonymes, 2009).

Conclusion

L'eau est au cœur des questions de développement durable, là où les efforts de gestion et d'économie d'eau n'ont pas encore aboutis, ils restent une priorité absolue notamment pour assurer une desserte en eau pour tout usages assurant la salubrité publique, mais aussi d'assurer une stabilité des écosystèmes aquatiques et également une durabilité d'approvisionnement en eau pour les zones humides.

Ainsi les enjeux qualitatifs deviennent à l'instar de la situation mondiale de précautions majeures.



CHAPITRE II

Microbiologie des écosystèmes aquatiques



Introduction

Dans chaque milieu naturel existe une microflore spécifique normale, qui contribue au cycle de la matière en transformant la matière organique en éléments minéraux simple comme le carbone, l'azote, le soufre etc... et qui sont facilement utilisés par d'autres organismes.

Ainsi, dans les lacs la microflore autoépuratrice est constituée de bactéries aérobies et anaérobies.

Ces bactéries rencontrées dans les écosystèmes aquatiques peuvent avoir trois origines différentes:

- Une origine purement aquatique: (Les microorganismes **autochtones** ou germes aquicoles), dont le métabolisme est parfaitement adapté aux conditions de température et aux concentrations en différents nutriments minéraux ou organiques.
- Une origine terrestre, avec des propriétés d'adaptation ou de résistance, qui leur permettent de survivre, et même de se développer dans le milieu aquatique.
- Une origine animale ou humaine: ce sont des germes de contamination, le plus souvent fécale, parfois rhino-pharyngée (baignades et piscines), dont la température normale de développement est aux alentours de 37°C, et qui accoutumés à un milieu nutritif (matières fécales, ou mucus des voies respiratoires), riches en matières organiques. On parlera de survie de ces microorganismes, dans l'eau, et non de multiplication ou de développement. (Lightfoot et Maier)

Remarque : les germes provenant de ces deux dernières origines sont dit des **microorganismes allochtones**.

1. Les principaux groupes de bactéries aquatiques:

1.1. Les bactéries phototrophes anoxygéniques:

Ce sont des bactéries ne libérant pas d'oxygène moléculaire au cours de la photosynthèse. Elles font parties de la classe des *Anoxyphotobacteria*. Ces micro-organismes sont considérés comme étant les premiers êtres vivants, capables de photosynthèse, apparus sur la terre.

Ce sont des bactéries à Gram négatif (elles font partie de la division des *Gracilicutes*), asporulées, de formes très variables selon les genres (bâtonnets, ovoïdes, en forme de poire, hélicoïdaux), mobiles par cils ou par glissement, ou immobiles. Le genre *Rhodospirillum rubrum* est appendiculé et se reproduit par bourgeonnement. Anaérobies strictes ou facultatives. on les sépare

en bactéries sulfureuses et non sulfureuses, selon qu'elles utilisent ou non H_2S (ou HS^-) ou le soufre élémentaire, comme donneur d'électrons.

Ce sont essentiellement des bactéries des eaux dormantes, lacs, étangs, marais, pour les eaux douces, les espèces marines colonisant les lagunes côtières ou les estuaires, les espèces thermophiles étant les hôtes des sources thermales. On les rencontre également sur les sols humides ou régulièrement inondés, ainsi qu'à la surface des benthos soumis aux radiations lumineuses. (Lightfoot et Maier)

1.2. Les bactéries phototrophes oxygéniques:

Elles comprennent deux groupes séparés:

- ✓ Les Cyanobactéries, appelées également Cyanophycées par les "botanistes", ou Algues bleues (ou bleu-vert, selon la dénomination anglo-saxonne: Blue-Green Algae) bien que les algues soient des Eucaryotes.
- ✓ Les *Prochlorales*, groupe récemment découvert (Lewin, 1977), dont l'intérêt pratique est pour l'instant limité, et qui ne sera pas détaillé ci-dessous

1.3. Les bactéries chimiolithotrophes:

Ce groupe est très hétérogène, puisqu'il comprend des genres diversement répartis dans la classe des *Scotobacteria*, et même quelques genres des *Archaeobacteria*. Son utilité est purement pratique.

Les bactéries oxydant l'ammoniaque ou nitrites, celles oxydant le fer et/ou le manganèse ont une importance particulière pour le traitement d'eau: elles sont en effet utilisées pour la nitrification biologique ou la déferrisation et la démanganisation biologiques de l'eau. Les principaux groupes sont :

- a- bactéries nitrifiantes

- b- bactéries oxydant les composés réduits du soufre

- c- bactéries oxydant ou précipitant le fer et/ou le manganèse

- d- bactéries oxydant l'hydrogène moléculaire. (Lightfoot et Maier)

1.4. Les bactéries appendiculées ou bourgeonnantes:

Les bactéries appendiculées forment un ensemble de germes à Gram négatif, le plus souvent aérobies, d'une extrême diversité morphologique et de reproduction (Staley et Fuerst, 1989).

Quelques définitions sont nécessaires, pour la compréhension de la morphologie de ces bactéries:

- ✓ **Protheca:** appendice "cellulaire", c'est-à-dire, contenant du cytoplasme enveloppé dans ses membranes.
- ✓ **Pédoncule (stalk en anglais):** appendice non cellulaire, très fin, invisible en microscopie optique.
- ✓ **Épine (spina en anglais):** appendice non cellulaire, visible en microscopie optique.
- ✓ **Bourgeon (bud en anglais):** départ d'une cellule fille, peut apparaître sur la cellule mère ou sur un appendice. (Lightfoot et Maier)

1.5. Les myxobactéries:

Les particularités des myxobactéries sont les suivantes:

- Formation de corps ructifiants, caractéristique qu'elles ne partagent avec aucun autre groupe.
- Possibilité de déplacement par glissement (même sur des surfaces solides), que possèdent également les membres de l'ordre des *cytophagales*, et certaines cyanobactéries.
- Paroi mince et flexibles, permettant une déformation importante de la forme cellulaire.

Bâtonnets fins, effilés aux extrémités, flexibles, ou cylindriques, à bouts arrondis, peu flexibles. La paroi est très fine, mais présente (différence avec les *tenericutes*), et la réaction à la coloration de Gram est négative. Le mouvement de glissement s'effectue sans organes locomoteurs, et n'est possible qu'à l'interface air-eau, ou sur une surface solide. Elles se déplacent en "essaim" les cellules restant à proximité les unes des autres, enveloppées dans un mucus commun.

Hétérotrophes, et strictement aérobies, les myxobactéries produisent des enzymes extracellulaires permettant de décomposer des macromolécules, comme les protéines, les acides nucléiques, les esters d'acides gras, et la cellulose chez certaines *Polyangiaceae*.

Les myxobactéries sont distribuées dans le monde entier, des régions arctiques aux contrées équatoriales. Les eaux douces et marines, sont leurs habitats principaux. (Lightfoot et Maier)

1.6. Les bactéries à gaines:

Cet ensemble est constitué selon des critères exclusivement morphologiques. Il comprend des à filaments ramifiés, ou non, chaque filament étant inclus dans une gaine extrêmement fine, très transparente, si bien qu'il faut des techniques particulières pour pouvoir la mettre en évidence.

Ce sont des bactéries à Gram négatif, avec un ou plusieurs flagelles polaires ou subpolaires, pour les formes mobiles (le genre *Caryophanon* est à Gram positif, et les cellules ont une mobilité par flagelles péritriches).

Ce sont des bactéries aquatiques, aérobies strictes, organotrophes et hétérotrophes. (Lightfoot et Maier)

1.7. Les bactéries mobiles par glissement:

Ce regroupement est également arbitraire, car basé sur une seule propriété commune, le déplacement par glissement. Les morphologies et les physiologies seront très diverses, selon les taxons.

Les *Cytophagales* ne sont pas toutes filamenteuses, au sens pluricellulaire du terme, mais les cellules très allongées, jusqu'à 70µm pour *Flexibacter*, peuvent donner une impression de filament. Il en est de même pour les *Lysobacterales*. Les gaines sont absentes pour les deux premiers ordres, alors qu'elles existent pour certains genres, chez les *Beggiatoales*.

Le développement se fait par scissiparité, qui accroît la longueur du filament. Il n'existe pas de formes cellulaires de repos, sauf chez *Sporocytophaga*, et *Achroonema*. Les métabolismes sont, selon les genres, aérobies, microaérophiles, anaérobies stricts ou facultatifs. (Lightfoot et Maier)

1.8. Les spirochètes:

Le groupe des spirochètes est très homogène, puisqu'il est intégralement représenté par un ordre, celui des *Spirochaetales*.

Les spirochètes sont caractérisés par leur forme hélicoïdale, une structure membranaire et un mode de locomotion propres. (Lightfoot et Maier)

1.9. Bactéries à Gram négatif, aérobies ou micro-aérophiles:

Tableau 02 : Bactéries Gram négatif, aérobies ou microaérophiles, spiralées ou incurvées (Lightfoot et Maier)

Genre	Morphologie	Physiologie	Ecologie
<i>Aquaspirillum</i>	-Hélicoidal (l'espèce droite, l'incurvée)	-Certaines espèces aérobies en présence de NO_3^- ; d'autres utilisent N_2 Microaérophile	-Eaux stagnantes
<i>Spirillum</i>	-Helicoidal	-Certaines espèces pathogènes pour les animaux ou pour l'homme	-Eaux stagnantes
<i>Campylobacter</i>	-Hélicoidal, en S, en « ailes de mouette »	-Parasite bactérien (des Gram négatif)	-Tube digestif humain et animal
<i>Bdellovibrio</i>	-en virgule, hélicoidal	-Aérobie	-Survit dans les eaux
<i>Spirosoma</i>	Hélices, anneaux, filaments, sinueux	-Aérobie	-Sols et eaux
<i>Runella</i>	coloration rose ou jaune	-Aérobie	-Eaux eutrophes
<i>Flectobacillus</i>		-Hydrolyse la cellulose	
		-Aérobie	-Eaux douces (<i>F. major</i>) et marines
		-Hydrolyse l'amidon (<i>F. major</i>)	
		-Aérobie	
<i>Micreycilus</i>	-Incurvées (anneaux juste avant scission en 2)	-Des souches utilisent le méthanol	-Sols et eaux

1.10. Bactéries à Gram négatif, anaérobies facultatives:

Trois familles composent le groupe, les *Enterobacteriaceae*, les *Vibrionaceae*, et les *Pasteurellaceae*. La première d'entre elles domine largement les deux autres, par le nombre de genres et d'espèces qu'elle comprend, par son importance au point de vue contrôle bactériologique des eaux (indicateurs Coliformes).

a- *Enterobacteriaceae*:

Comme le nom l'indique, les bactéries de cette famille colonisent majoritairement le tube digestif des animaux, des insectes à l'homme.

Ce sont des bâtonnets, mobiles ou immobiles, ne formant pas de spores ou de microcystes, rarement capsulés (*Klebsiella*). Ils sont aérobies/anaérobies facultatifs, et ont un métabolisme soit oxydatif, soit fermentatif.

De très nombreuses espèces, chez les *Enterobacteraceae*, ont un pouvoir pathogène spécifique ou opportuniste. Quatre genres comprennent des espèces ou des sérotypes pathogènes spécifiques: *Escherichia*, *Salmonella*, *Shigella* et *Yersinia*.

b- *Vibrionaceae*:

Ce sont des bâtonnets droits ou incurvés mobiles par flagelles polaires, aérobies/anaérobies facultatifs, ils sont capables de métabolismes oxydatifs ou fermentatifs. Majoritairement, ils sont d'origine aquatique, marine souvent, et ont des exigences minimales en chlorure de sodium très variées, selon les genres et les espèces.

Le genre *Vibrio* comprend des espèces extrêmement mobiles. Les ions Na^+ sont des stimulants, même pour les espèces d'eaux douces. (Lightfoot et Maier)

1.11. Les bactéries réductrices des sulfates:

Le groupe des bactéries réductrices des sulfates est extrêmement hétérogène, sur le plan morphologique. Elles ont en commun d'être à Gram négatif. Strictement anaérobies, elles utilisent les sulfates comme donneur d'électrons, en même temps parfois que d'autres composés oxygénés du soufre, comme les sulfites, le terme de la réduction étant toujours H_2S . Ce sont des "concurrents" des bactéries méthanogènes, la quantité de sulfates disponibles établissant la prééminence de l'un ou de l'autre groupe (en eaux de mer, toujours riches en sulfates, la méthanogènes est toujours secondaire).

De nombreuses bactéries sulfato-réductrices interviennent dans la corrosion biologique (bio-corrosion) des métaux. (Lightfoot et Maier)

1.12. Cocci à Gram positive:

Le Bergey's Manual (vol. 2, 1986) décrit sous cette rubrique 15 genres, dont 3 intéressent la microbiologie de l'eau. Ce sont les genres *Micrococcus*, *Staphylococcus* et *Streptococcus*.

Micrococcus: Ce genre fait partie de la famille des *Micrococcaceae*. Ce sont des bactéries sphériques, formant des amas irréguliers de groupes de quatre cellules. Pigmentées parfois, aérobies strictes, organotrophes et hétérotrophes et habituellement immobiles, les espèces sont halotolérantes (5% NaCl).

Staphylococcus: Ce genre fait également partie de la famille des *Micrococcaceae*. Ce sont des bactéries sphériques, assemblées par paires, groupes de quatre, ou en "grappes de raisin". De nombreuses espèces sont pigmentées. Aérobies/anaérobies facultatif, le métabolisme est à prépondérance oxydative ou à prépondérance fermentative, selon les espèces (*S. saccharolyticus* est anaérobie strict).

Streptococcus et enterococcus: Ce sont des bactéries sphériques, assemblées par paires ou en chaînettes, majoritairement immobiles, anaérobies facultatives (certaines espèces sont anaérobies strictes). Le métabolisme est essentiellement fermentatif. L'absence de catalase les différencie des genres *Micrococcus* et *Staphylococcus*. (Lightfoot et Maier)

1.13. Bactéries à Gram positive, endosporulées:

La présence d'endospores est très majoritairement l'apanage des bactéries à Gram positif. Les genres intéressants en microbiologie des eaux sont nombre de trois: *Bacillus*, *Clostridium* et *Desulfotomaculum*.

Bacillus: C'est un genre très disparate, dont la seule cohérence est due à deux caractères:

La sporulation et l'aérobiose (stricte ou facultative selon les espèces). Toutes les espèces du genre sont hétérotrophes et organotrophes (sauf une espèce, qui est lithotrophe facultative). Les exigences nutritionnelles sont extrêmement diverses, et le métabolisme est respiratoire (oxydatif) ou fermentatif. Il existe des espèces mobiles, d'autres immobiles, des espèces acidophiles, d'autres basophiles, des espèces mésophiles, d'autres thermophiles.

Clostridium: C'est le seul genre sporulé, à Gram positif, anaérobie strict, dans les eaux (à l'état de spores dans les eaux oxygénées), les sédiments anaérobies. Les espèces pathogènes ne sont pas des parasites absolus. (Lightfoot et Maier)

1.14. Les Actinomycètes:

Les Actinomycètes ont longtemps été considérés comme des champignons primitifs, du fait de leur mycélium, souvent à la fois aérien et pénétrant dans le substrat nutritif, du fait également de la fructification par sporanges libérant des spores.

Les Actinomycètes sont des bactéries formant des hyphes, c'est-à-dire des filaments à masse protoplasmique non segmentée, ou irrégulièrement segmentée, mais non constitués d'une succession de cellules identiques distinctes, comme chez les autres bactéries filamenteuses.

Les Actinomycètes sont des germes à Gram positif, le plus souvent aérobies, leur grande diversité métabolique leur permet d'avoir une importance écologique majeure dans l'environnement.

Dans le milieu hydrique, certains genres sont abondants, *Micromonospora* et *Actinoplanes* surtout, mais aussi *Streptomyces* et *Nocardia*, où ils jouent un rôle important dans la décomposition de la matière organique et les équilibres entre espèces, du fait de leur possibilité d'émission d'antibiotiques, et de lyse bactérienne. (Lightfoot et Maier)

2. Evolution des maladies hydriques

Les maladies transportées ou occasionnées par l'eau, comme la typhoïde, le choléra, la dysenterie furent, jusqu'à la fin du siècle dernier, responsables de graves épidémies qui dévastaient des régions entières.

Les maladies d'origine hydrique sont le plus souvent transmises par voie féco-orale et la contamination de l'homme se réalise alors soit par consommation d'aliments contaminés par l'eau, soit lors d'un bain ou d'un contact avec des eaux à usage récréatif. Ces maladies sont généralement liées à la présence de bactéries strictement pathogènes ou opportunistes. Des protozoaires, des parasites et des virus sont également impliqués. (Guiraud, 1998).

2.1. Mode de transmission :

Les agents pathogènes (parasites, bactéries, virus) véhiculés par l'eau d'alimentation se transmettent évidemment par la voie digestive. Mais les eaux, dans leurs diverses utilisations, peuvent provoquer des infections par d'autres voies. Les eaux chaudes sanitaires, favorisant, par la température, la multiplication des *Legionella*, peuvent les disperser dans l'atmosphère par les robinets (brise-jets) et les pommes de douches ; les aérosols contaminants infectent l'homme par voie respiratoire. La pathologie des baignades est essentiellement oto-rhino-laryngologique

(rhinites, sinusites, otites, etc.), et cutanéomuqueuse (eczéma, mycoses, granulomes, etc.). (Alain, 1998)

2.2. Doses infectieuses :

La présence des agents pathogènes (parasites, bactéries, virus) dans une eau d'alimentation est toujours indésirable, mais elle ne signifie pas pour autant que les individus qui absorberont cette eau contaminée seront infectés ou seront malades.

Encore faut-il, en effet, que la dose ingérée soit "infectieuse". Pour connaître les doses infectieuses, il faut avoir recours à des volontaires en bonne santé qui recevront une alimentation expérimentale (aliment ou eau ou aliment + eau) et chez lesquels on observera la fréquence d'apparition de la maladie. Les résultats sont donnés en dose minimale infectieuse (D.M.I.), ou en dose infectieuse 50 % (D.I.50), c'est-à-dire, déclenchant des troubles chez 50 % des individus du groupe expérimenté (Derache, 1986 ; in Mehalaine 2009)

3. Les Agents responsables des maladies à transmission hydrique(MTH)

Les agents microbiologiques :

Les micro-organismes sont responsables de beaucoup d'effets sur la santé des consommateurs grâce à la transmission hydrique (Regnault, 1990).

3.1. Bactéries :

Les bactéries de provenance intestinale, furent et restent dans de nombreux pays à l'origine de grandes épidémies telles que le choléra ou la typhoïde. Elles sont également responsables de pathologies plus bénignes comme des gastro-entérites, (Potelon et Zysman, 1998). (Tableau 03)

► Les toxines bactériennes :

Au cours de leur multiplication, les bactéries peuvent élaborer des toxines qui, le plus souvent, jouent un rôle important au cours du pouvoir pathogène. Ce sont des substances macromoléculaires, qui ont un effet létal ou toxique pour l'organisme animal.

En bactériologie, on distingue classiquement les toxines protéiques et poly-peptidiques d'une part, les endotoxines glucidolipidoprotéiques d'autre part. Dans le cas des maladies transmises par l'eau ou les aliments, le rôle des toxines protéiques est essentiel.

On peut distinguer les toxines, en se référant au site d'action cellulaire (extracellulaire, membranaire, intracellulaire), et au mécanisme d'action moléculaire. Dans le cas des infections ou des intoxications (ingestion directe de toxines) d'origine hydrique, trois types de toxines sont connues. (Block ; 1982). (Tableau 04).

Tableau 03 : Principales maladies d'origine hydrique, liées à des bactéries (Camille et Bernard, 2003)

Bactéries	Maladie	Données épidémiologiques mondiales
<i>Campylobacter jejuni</i> ou <i>C. coli</i>	Campylobactériose	À l'origine de 5 à 14% des diarrhées dans le monde
<i>Chlamydia trachomatis</i>	Trachome	360 millions de cas
<i>Legionella pneumophila</i>	Légionellose	/
<i>Cyanobacteria</i> (Cyanobactéries), Exemple : algues bleues	Intoxication due à des toxines (hépatotoxines, neurotoxines, lipopolysaccharides suivant espèces)	Cas avec des eaux de boissons (rapport non confirmés)
<i>Leptospira</i> spp.	Leptospirose	De 0,1 à 1/100000 habitants sous climats tempérés et 10 ou plus pour 100000 habitants sous climats tropicaux
<i>Salmonella typhi</i> et <i>paratyphi A</i> et <i>B</i>	Fièvre typhoïde et paratyphoïde	17 millions de cas par an
<i>Shigella dysenteriae</i> type 1 <i>S. flexneri</i>	- Dysenterie bacillaire (épidémique) - Maladie diarrhéique (endémique)	Entre 600000 et 1 millions de cas mortels par an en régions tropicales
<i>Shigella sonnei</i>	Infections diarrhéiques	Cas dans les pays industrialisés
<i>Vibrio cholerae</i>	Choléra	384000 cas par an
<i>Yersinia enterocolitica</i>	Entérocolite aiguë d'origine alimentaire...	/

Tableau 04 : Infections, intoxications et toxines bactériennes. (Guiraut, 2003)

Bactéries	Toxines	Activité				
		Entéro Toxique	Cyto Toxique	Cyto Toxique	Neuro toxique	Hépat toxique
Infections						
<i>E. coli:</i>						
EPEC	Shiga like toxine (SLT)	+		+		
EHEC	Shiga like toxine (SLT)	+		+		
ETEC	Toxine thermolabile (LT)	+	+			
EIEC	Toxine thermostable (ST)	+		+		
<i>Shigella</i> sp.	Toxine de Shiga	+		+	+	
<i>Salmonella</i> sp.	Enterotoxine	+		+		
<i>Yersinia</i> sp.	Toxine ST	+	+			
<i>Campylobacter</i>						
<i>Jejuni</i>	Toxine (CJT)					
<i>Vibrio cholerae</i>	Toxine cholérique (TC)	+	+			
Intoxications						
<i>Anabaena</i>						
<i>flos-aquae</i>	Anatoxine-a				+	
<i>Aphanizomenon</i> -						
<i>flos-aquae</i>	Saxitoxine				+	
<i>Microcystis</i>						
<i>Aeruginosa</i>	Microcystine	+				+
<i>Nodularia</i>						
<i>Spumigena</i>	Nodularine	+				+

3.2. Virus :

La présence des virus dans les eaux destinées à l'alimentation explique que les épidémies virales d'origine hydrique ne soient pas exceptionnelles.

Si les virus poliomyélitiques ne constituent plus un véritable danger depuis que la pratique de la vaccination est généralisée, il n'en est pas de même pour les virus Coxsackie et Echo responsables de paralysies, de méningites aseptiques et de rhinites. Cependant le danger le plus grave réside dans la transmission de l'hépatite infectieuse. (Block ,1982)

Tableau 05 : Principales maladies d'origine hydrique, liées à des virus (Camille et Bernard, 2003).

Virus	Maladie	Données épidémiologiques Mondiales
Flavivirus Virus de la dengue, sérotypes 1,2, 3,4, transmis par les moustiques (<i>Aedes aegypti</i> ...)	Dengue et dengue hémorragique	50 à 100 millions de cas de dengue par an en zones tropicales et subtropicales ; 500000 cas de dengue hémorragique par an
Flavivirus Virus de l'encéphalite japonaise, transmis par les moustiques <i>Culex tritaeniorhynchus</i> et <i>C. vishnui</i>	Encéphalite japonaise	30000 à 50000 cas signalés en Asie par
Héparnavirus exemple d'Entérovirus 72 : virus de l'hépatite A (VHA)	Hépatite A	Sévit toute l'année sous climats tropicaux et subtropicaux
Virus de l'hépatite E (VHE), proche des Calicivirus	Hépatite E	Epidémise en Asie (Inde), en Afrique, au Mexique...
Principaux virus des gastro-entérites - Rotavirus humain - Adénovirus humain - Virus de Norwalk - Astrovirus humain - Calicivirus humain...	Diarrhées infectieuses infantiles, diarrhées aiguës nosocomiales (adultes, enfants)	- Épidémiques (Rotavirus) ou endémiques (Adénovirus) dans pays développés - PVD
	Gastro-entérites	Épidémiques pays développés, PVD
Entérovirus Virus de la poliomyélite (3types)	Poliomyélite	Rares flambées liées à des aliments ou à de l'eau contaminées dans des PVD

3.3. Parasites :

De nombreuses maladies peuvent avoir une origine hydrique, la plupart sont des gastro-entérites, ou toxi-infections intestinales. Elles sont généralement liées à la présence des parasites (Cercaires de la schistosomiase, Kystes de la cysticercose, Douve du foie, *Fasciola hepatica*, *Echinococcus*, *Spirometra*, *Dracunculus*,... etc.). (Guiraud, 2003).

Tableau 06 : Principales maladies d'origine hydrique, liées à des parasites (Camille et Bernard, 2003).

Parasites	Maladie	Données épidémiologiques mondiales
<i>Ascaris lumbricoides</i> (vers rond nématode)	Ascariadiase	1 million de cas par an
<i>Dracunculus medinensis</i> (vers rond nématode)	Dracunculose	Plus de 5 millions de cas par an
<i>Onchocerca volvulus</i> (vers rond nématode)	Onchocercose (une filariose)	18 millions de cas par an
<i>Sarcoptes scabiei</i> (acarien)	Gale	300 millions de cas par an
<i>Schistosoma haematobium</i> , <i>S. intercalatum</i> , <i>S. mansoni</i> , <i>S. mekongi</i> (vers plat trématode)	Schistosomoses ou bilharzioses	200 millions de cas par an

3.4. Protozoaires :

Les protozoaires peuvent s'accumuler dans certaines parties du corps, après avoir pénétrer dans le corps humain. Les accumulations sont appelées des kystes. De fait de leur nature parasitaire, les protozoaires peuvent provoquer plusieurs maladies. (Guiraud, 2003).

Tableau 07 : Principales maladies d'origine hydrique, liées à des protozoaires (Camille et Bernard, 2003).

Protozoaires	Maladies	Données épidémiologiques Mondiales
<i>Cryptosporium parvum</i> (parasite intracellulaire)	Diarrhée	0,6 à 4,3 % en Amérique du nord ; 5 à 10 % en Asie, Afrique...
<i>Entamoeba histolytica</i> (amibe)	Amibiase	10 % de la population mondiale
<i>Giardia intestinalis</i>	Giardiose	Très répandue sous climats chauds
<i>Plasmodium falciparum</i> , <i>P. vivax</i> , <i>P. malariae</i> , <i>P. ovale</i> , transmis par les moustiques femelles du genre <i>Anophèles</i>	Paludisme ou malaria	Sous climats tropicaux et subtropicaux. 2 milliards d'individus soumis au risque palustre ; entre 1 et 3 millions de décès par an

Conclusion

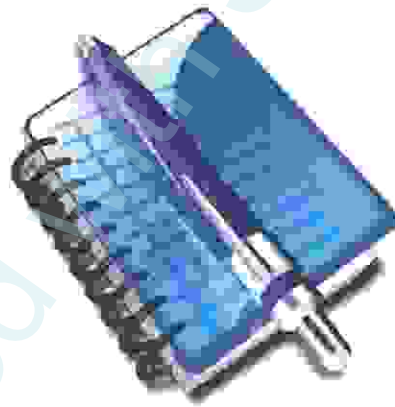
Les organismes pathogènes qui peuvent être présents dans l'eau sont très nombreux et très variés. Leur présence est toujours liée à une pollution fécale de l'eau. Il est difficile de les mettre en évidence, d'une part parce qu'ils sont trop nombreux pour faire l'objet d'une recherche spécifique et d'autre part parce que leur identification est très difficile voire impossible (virus), de plus leur durée de vie dans l'eau est parfois très courte.

Celui qui consomme l'eau naturelle ou qui entre en contact physique avec elle doit toujours douter de la qualité de cette eau. L'eau peut à tout moment être contaminée par une source de pollution qui la rend impropre à certains usages, on ne peut ainsi consommer l'eau, source de vie, que si ses qualités ont été parfaitement contrôlées et, surtout, si elle a été désinfectée.



PARTIE II

ETUDE EXPERIMENTALE





CHAPITRE I

Présentation de la région d'étude



Introduction

La région qui a fait le sujet de notre étude fait partie d'un éco-complexe appelé Guerbès-Sanhaja, Classé en 2002 comme zone humide d'importance internationale par la Convention de Ramsar, situé entre les latitudes $36^{\circ}45'$ - $37^{\circ}1'$ N et longitudes $7^{\circ}13'$ - $7^{\circ}30'$ E dans la partie Est de l'Algérie

S'étalant sur une superficie de 42 100 ha, le complexe de Guerbès-Sanhaja compte 14 sous-zones humides d'où l'appellation de complexe. Il est situé sur une plaine littorale et s'étend sur la partie Est de la wilaya de Skikda, dans les daïras de Ben Azzouz, la Marsa et Djendel (Azzaba).

Le réseau hydrologique du complexe est constitué essentiellement de deux grands barrages, celui de Oued El Kebir, l'un des plus importants aussi bien en largeur qu'en volume, avec une largeur variant entre 20 et 50 m qui débouche sur la plage de la Marsa. Huit autres oueds de moindre importance complètent le réseau hydrologique de la plaine, alors que trois autres bassins versants départagent la zone. (Dalel Daoud_El Watan du 27/08/2010)

1. Présentation du site d'étude :

La Garaet Hadj-Tahar est un marais d'eau douce permanent qui couvre 112 ha. (Conservation des forêts de la wilaya de Skikda, 2004) Il est situé à une vingtaine de kilomètres de la Méditerranée et présente une forme ovale très allongée, entouré au Nord-Ouest par une colline d'argile et de grés, qui se lèvent graduellement à 200 m, A l'Est, nous trouvons les dunes et au Sud-Est une plaine alluviale de Oued El Kebir.

La dépression occupée par ce marais est orientée NW-SE. La plus grande partie est couverte d'eau durant la période pluvieuse. Il peut rester ainsi tout au long de l'année malgré l'évaporation d'été et le pompage local intensif. Les éboulements colluviaux remplissent graduellement ce marais, dont la profondeur n'excède pas 2m. Quatre-vingt-neuf (89) espèces végétales sont stratifiées dans quatre ceintures autour de l'eau libre (SAMRAOUI et DE BELAIR, 1997). Ce site joue un rôle important pour l'hivernage de l'avifaune aquatique Cinquante-quatre (54) espèces appartenant à seize (16) familles ont été recensées durant les deux dernières saisons d'hivernage (Metallaoui et Houhamdi ; 2008).

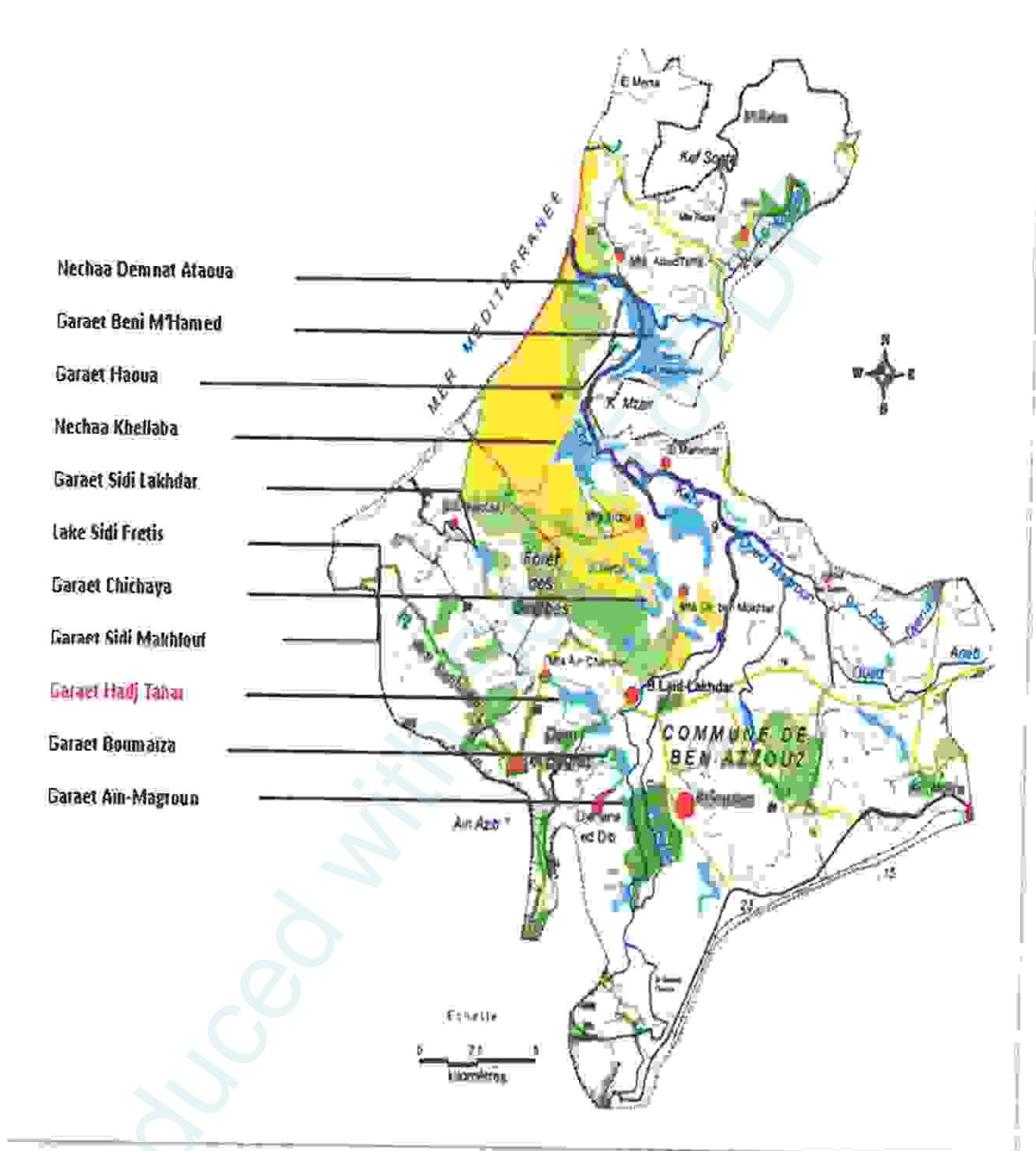


Figure 02. Complexe de zones humides de Guerbes Sanhadja.

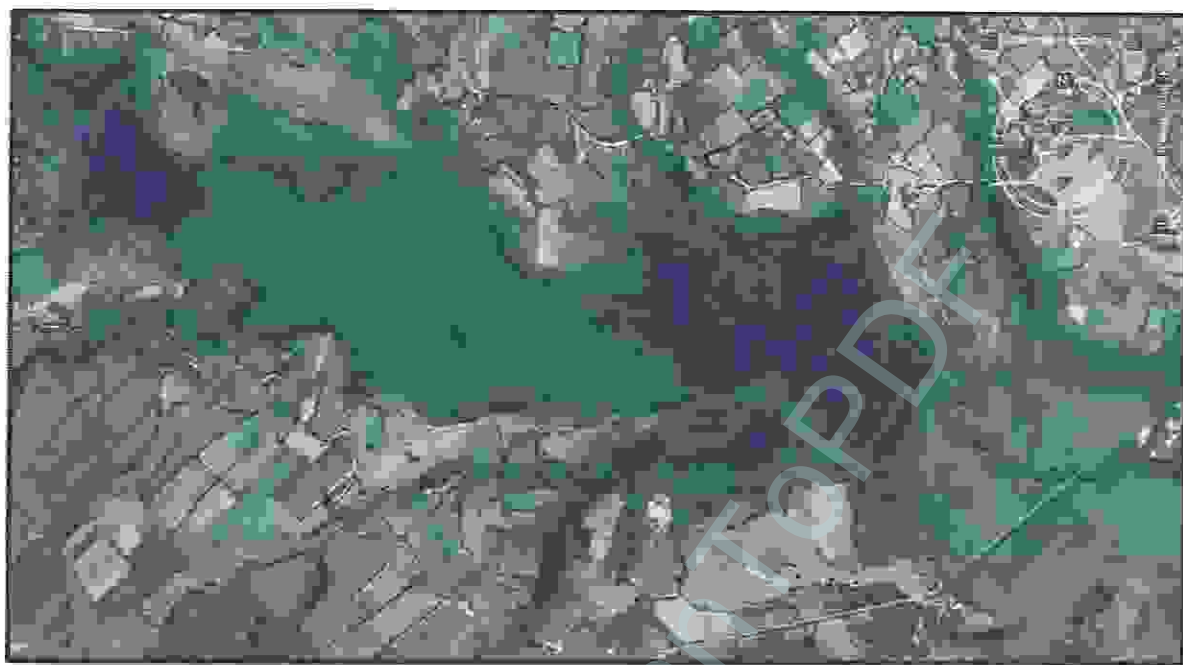


Figure. 03. Image satellite de Garaet Hadj Tahar (Google earth, 2011)

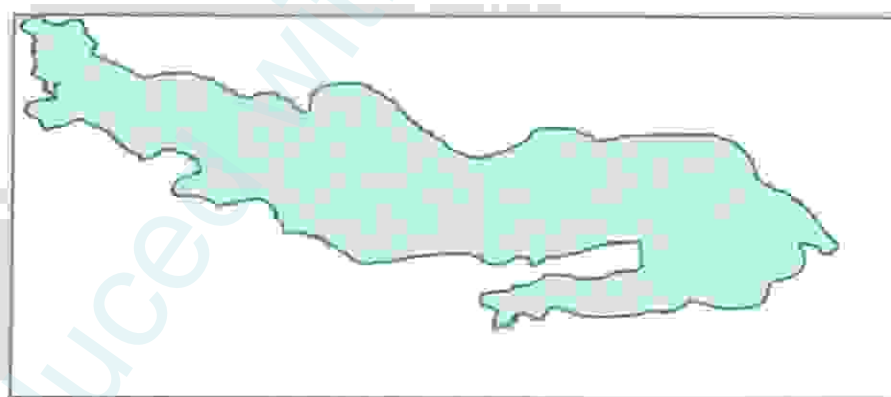


Figure 04. Dessin à main levée de Garaet Hadj Tahar



Figure 05. Photos de Garaet Hadj Tahar prise le 17 avril 2011



Figure 06. Photos de Garaet Hadj Tahar prise le 17 avril 2011

2. Caractéristiques du site d'étude « Garaet Hadj Tahar »

2.1. Coordonnées géographiques :

Garaet Hadj Tahar se situe entre :

- Latitude : de $36^{\circ} 51'566$ N à $36^{\circ} 52'092$ N
- Longitude : de $7^{\circ} 16'506$ E à $7^{\circ} 14'696$ E

2.2. Situation géographique :

Ce site est situé à une vingtaine de kilomètres de la Méditerranée (Nord-Ouest), il est limité au Nord par les forêts de Guerbes et au sud par la plaine de Bekkouche Lakhdar (Daïra de

Azzaba). La Garaet est bordée à l'Est par la route reliant la commune de Ben Azzouz à la wilaya de Skikda et à l'ouest par les forêts de Sanhadja

2.3. Situation administrative :

Sur le plan administratif, Garaet Hadj Tahar dépend de la Wilaya de Skikda, de la Daïra de Ben Azzouz et de la commune de Ben Azzouz.

2.4. Géologie, géomorphologie et type de sol :

La plaine de Guerbes est formée de deux parties (BENDERRADJI, 2000) l'une sableuse et l'autre argileuse :

- **La plaine sableuse :** Elle est développée dans la partie N et NE et forme une barrière qui sépare les dunes de la vallée de Oued El-Kébir Ouest. Le revêtement demeure simple, puisque partout on distingue des dépôts superposés, de bas en haut. Des sables rouges peu argileux présentant des caractères d'hydro-morphologie fréquente, liés à la présence d'une couche d'argile qui empêche l'infiltration de l'eau et favorise ainsi une hydro-morphie remontante.
- **La plaine argileuse :** Allongée du Sud-Ouest au Sud-Est, la plaine argileuse de Ben Azzouz renferme une topographie plane, presque comme toutes les plaines côtières du bassin méditerranéen. Elle est drainée par Oued El-Kébir Ouest qui coule difficilement dans la vallée.

Les formations de la plaine sont composées essentiellement d'alluvions actuelles, à l'exception de la partie d'Aln Nechma où nous rencontrons des basses terrasses rharbiennes.

2.5. Hydrologie :

Le système hydrologique appartient au grand bassin côtier constantinois. Le régime d'écoulement est exoréique. Le réseau hydrographique est composé d'un drain principal, appelé Oued El Kébir qui traverse la plaine alluviale de Ben Azzouz sur une longueur de plus de 20km. Il forme tout le long de son trajet de petites dépressions. Ses principaux affluents sont: Oued El Maboun, Oued Magroun, Oued El Aneb, Oued Siada, Oued Bougbaïba, Oued Fedj El Foul, Oued DerouKa et Oued Moulay Djurf. Ces derniers alimentent en permanence les différentes Garaet. (Joleaud, 1936 ; in Merzoug 2008).

L'eau de Garaet Hadj Tahar a une origine pluviale véhiculée par le principal affluent: Oued El Kébir et par les éboulements colluviaux qui remplissent graduellement ce marais.

2.6. Etude climatique :

Le complexe de zones humides de Guerbes-Sanhadja est caractérisé par un climat méditerranéen (Samraoui et De Blaire ; 1997). Par défaut de l'absence d'une station météorologique dans le site de notre étude, nos données ont été récoltées auprès de la station météorologique de la wilaya de Skikda étalées sur une période de 26 années, allant de 1984 à l'an 2010

2.7. Données climatiques de la station météo de Skikda

Tableau 08. Données climatiques de la station météo de Skikda. (1984 à 2010).

	T° moyenne (c°)			Précipitation (mm)	Humidité relative (%)	Vent
	Mini	Max	Moy			Vitesse moyenne (m/sec)
Janvier	9,32	17,03	12,97	83,15	74,05	3,80
Février	9,28	17,12	13,20	48,1	69,62	3,73
Mars	10,27	18,39	14,35	98,12	71,1	3,58
Avril	13,03	20,90	16,84	49,7	67,06	3,39
Mai	15,69	23,81	19,77	80,47	70,65	3,05
Juin	18,81	26,33	21,60	25,2	70,5	3,18
Juillet	22,33	29,44	25,92	7,75	70,25	3,19
Août	22,48	29,71	26,23	6,36	71,43	2,36
Septembre	21,45	27,58	23,23	88,22	71,12	3,47
Octobre	16,83	24,94	20,81	88,22	70,7	3,50
Novembre	12,93	20,86	16,56	98,3	67,62	3,72
Décembre	10,37	17,71	13,72	99,82	67,95	3,95

2.7.1. La température :

À partir de ces données nous constatons que le mois d'août est le mois le plus chaud avec une température maximale de 29,71°C et que février est le mois le plus froid avec une température minimale de 9,28°C.

2.7.2. La pluviométrie :

La précipitation annuelle dans la région de Skikda équivaut à : 64,45 mm. D'après les données climatiques, le mois de décembre est le mois le plus pluvieux avec une précipitation moyenne de 99,82 mm, par contre le mois d'aout est le mois le plus sec avec une précipitation moyenne de 6,36 mm.

2.7.3. Les vents :

La région de Skikda est très exposée aux vents. La vitesse maximale moyenne des vents qui soufflent sur cette dernière est enregistrée en mois de mars avec une valeur de 3,95m/s

2.7.4. Synthèse climatique :

Diagramme ombrothermique de Bagnlous et Gaussen

Le digramme ombrothermique de Bagnlous et Gaussen nous permet de mettre en évidence la période sèche de notre zone d'étude. Il est tracé avec deux axes d'ordonnées où les valeurs de la pluviométrie sont portées à une échelle double de celle des températures. (Bagnouls et Gaussen H. 1957). Nous observons une saison sèche qui s'étend sur cinq mois

Cet indice nous aide à définir les 5 types de climat méditerranéen du plus aride jusqu'à celui de haute montagne. (EMBERGER, 1955) Il se base sur le régime des précipitations et des températures et il s'exprime selon la formule suivante :

$$Q_2 = \frac{1\ 000 \cdot P}{\left[\frac{M + m}{2} \right] (M - m)}$$

- Q : quotient pluviométrique d'EMBERGER.
- P = Précipitation annuelle moyenne (mm)
- M = Températures des maxima du mois le plus chaud (°K).
- m = Températures des minima du mois le plus froid (°K).

La Numidie Occidentale appartient à l'étage bioclimatique de végétation subhumide à hiver chaud.

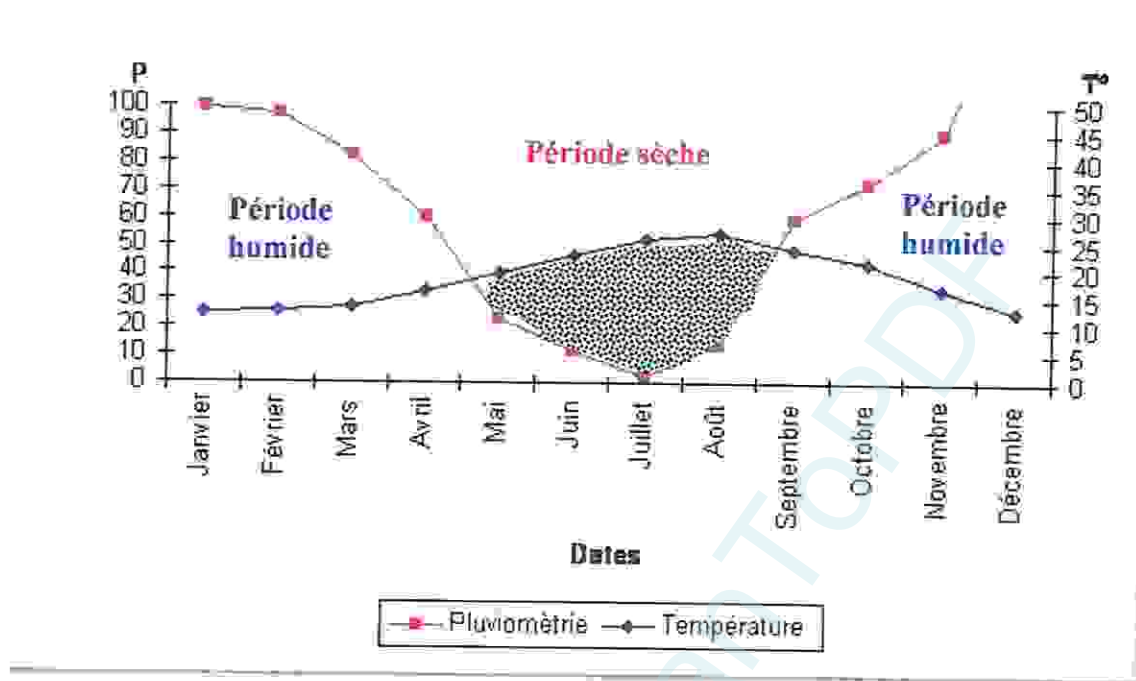


Figure 07. Diagramme Ombrothermique de Bagnîous et Gaussen.

Quotient pluviométrique d'EMBERGER

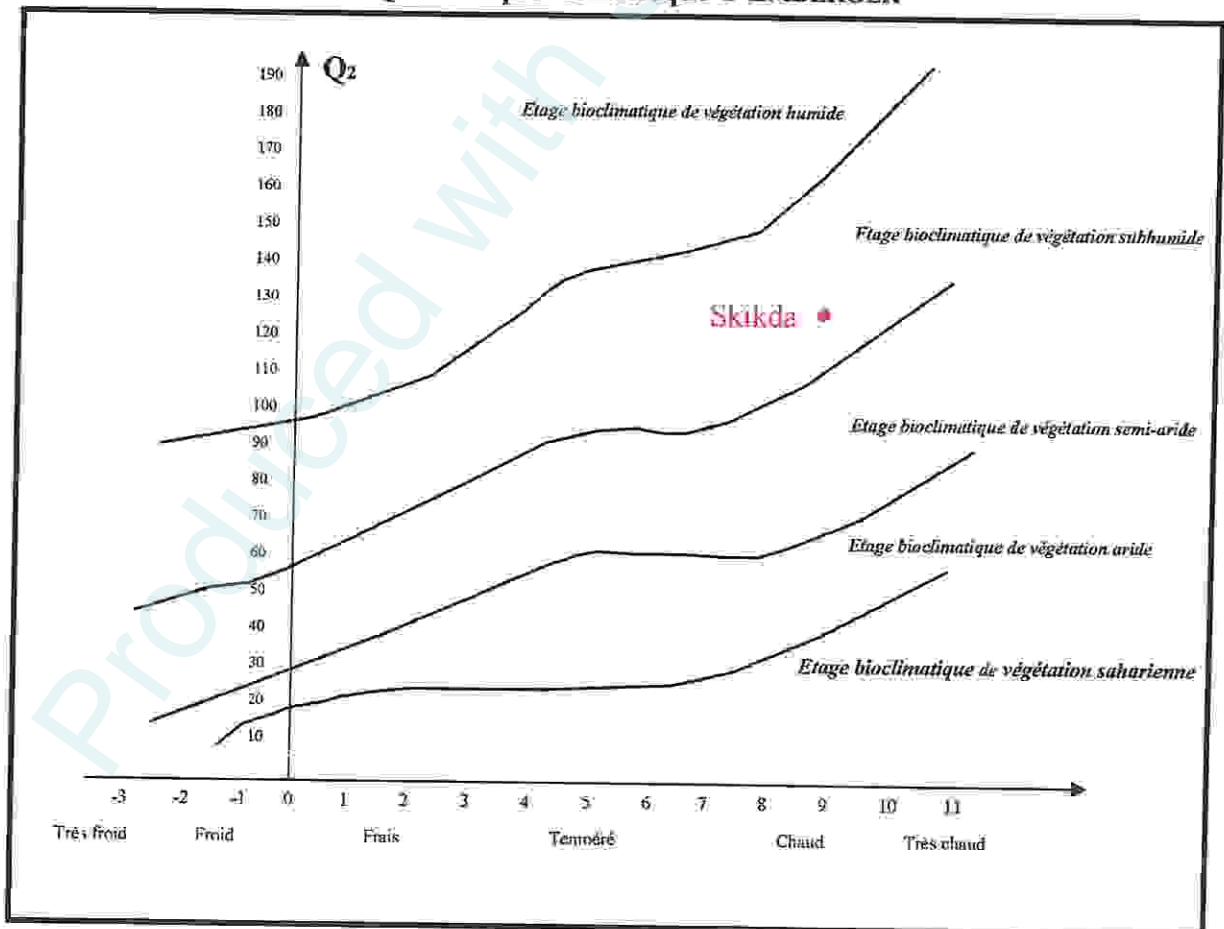


Figure 08. Situation de la station météorologique de la wilaya de Skikda dans le climagramme d'EMBERGER

2.8. Cadre biotique

2.8.1. La flore :

Selon SAMRAOUI et DE BELAIR (1997), l'origine biogéographique des espèces végétales trouvées dans Garaet Hadj Tahar peuvent être distribuée en plusieurs classes (Méditerranéenne, Atlaso-Méditerranéenne, Euro-Méditerranéenne, cosmopolites, Boréale, paléotempéré, tropicale, Endémique, Eurasiatique et autre), quatre-vingt-neuf (89) espèces végétales appartenant 43 familles ont été enregistrées à Garaet Hadj Tahar, presque la moitié sont considérés comme espèce rare et très rare.

Tableau 09. Check-list des espèces végétales recensées dans Garaet Hadj Tahar (SAMRAOUI et DE BELAIR, 1997)

1. Famille des Alismatacées	
1.1 <i>Alisma plantago-aquatica</i>	
2. Famille des Amaranthacées	
2.1 <i>Alternanthera sessilis</i>	
3. Famille des Apiacées	
3.1 <i>Apium crassipes</i>	3.4 <i>Kundmania sicula</i>
3.2 <i>Apium nodiflorum</i>	3.5 <i>Oenanthe fistulosa</i>
3.3 <i>Daucus carota ssp maximus</i>	
4. Famille des Aracées	
4.1 <i>Lemna gibba</i>	<i>Lemna minor</i>
5. Famille des Arctidées	
5.1 <i>Senecio jacobaea</i>	
6. Famille des Asparagacées	
6.1 <i>Asparagus acutifolius</i>	
7. Famille des Asteracées	
7.1 <i>Cotula coronopifolia</i>	7.3 <i>Echinops spinosus</i>
7.2 <i>Chondrilla juncea</i>	7.4 <i>Scolymus hispanicus</i>
8. Famille des Betulacées	
8.1. <i>Alnus glutinosa</i>	
9. Famille des Callitrichacées	
9.1 <i>Callitriche stagnalis</i>	
10. Famille des Ceratophyllacées	
10.1. <i>Ceratophyllum demersum</i>	
11. Famille des Chenopodiacees	
11.1. <i>Chenopodium ambrosioides</i>	

12 Famille des Cyperacées	
12.1 <i>Carex divisa</i>	12.6 <i>Eleocharis palustris</i>
12.2 <i>Carex muricata</i>	12.7 <i>Scirpus holoschoenus</i>
12.3 <i>Carex vulpina</i>	12.8 <i>Scirpus lacustris</i>
12.4 <i>Cyperus fuscus</i>	12.9 <i>Scirpus maritimus</i>
12.5 <i>Cyperus longus</i>	
13 Famille des Equisetacées	
13.1 <i>Equisetum ramosissimum</i>	
14 Famille des Euphorbiacées	
14.1 <i>Euphorbia helioscopia</i>	
15 Famille des Fabacées	
15.1 <i>Lotus pedunculatus</i>	14.2. <i>Trifolium repens</i>
16 Famille des Hyacinthacées	
16.1 <i>Urginea maritima</i>	16.2 <i>Scilla autumnalis</i>
17 Famille des Iridacées	
17.1 <i>Iris pseudoacorus</i>	
18. Famille des Juncacées	
18.1 <i>Juncus acutus</i>	18.2. <i>Juncus subnodulosus</i>
19. Famille des Lamiacées	
19.1 <i>Mentha pulegium</i>	19.3. <i>Lycopus europaeus</i>
19.2 <i>Mentha suaveolens</i>	
20. Famille des Lemnacées	
20.1 <i>Wolffia arrhiza</i>	
21. Famille des Liliacées	
21.1. <i>Asphodelus aestivus</i>	
22. Famille des Lythracées	
22.1 <i>Lythrum salicaria</i>	22.2. <i>Lythrum junceum</i>
23. Famille des Nymphaeacées	
23.1 <i>Nymphaea alba</i>	
24. Famille des Oléacées	
24.1. <i>Fraxinus angustifolia</i>	24.2. <i>Olea europaea</i>
25. Famille des Orchidacées	
25.1. <i>Spiranthes spirali</i>	25.2. <i>Serapias lingua</i>
26. Famille des Osmundacées	
26.1. <i>Osmunda regalis</i>	
27. Famille des Oenotheracées	
27.1. <i>Ludwigia palustris</i>	
28. Famille des Plantaginacées	
28.1. <i>Plantago coronopus</i>	

29. Famille des Poacées	
29.1. <i>Aegilops triuncialis</i>	29.7. <i>Festuca elatior</i>
29.2. <i>Alopecurus bulbosus</i>	29.8. <i>Leersia hexandra</i>
29.3. <i>Crypsis alopecuroïdes</i>	29.9. <i>Paspalum distichum</i>
29.4. <i>Cynodon dactylon</i>	29.10. <i>Phragmites australis</i>
29.5. <i>Digitaria sanguinalis</i>	29.11. <i>Poa trivialis</i>
29.6. <i>Echinochloa crus-galli</i>	
30. Famille des Polygonacées	
30.1. <i>Polygonum salicifolium</i>	30.3. <i>Rumex conglomeratus</i>
30.2. <i>Rumex pulcher</i>	
31. Famille des Portulacées	
31.1. <i>Portulaca oleracea</i>	
32. Famille des Potamogetonacées	
32.1. <i>Potamogeton lucens</i>	31.2. <i>Potamogeton trichoides</i>
33. Famille des Pteridacées	
33.1. <i>Pteris aquilina</i>	
34. Famille des Ranunculacées	
34.1. <i>Ranunculus baudotii</i>	34.4. <i>Ranunculus sardous</i>
34.2. <i>Ranunculus ficaria</i>	34.5. <i>Ranunculus ophioglossifolius</i>
34.3. <i>Ranunculus macrophyllus</i>	34.6. <i>Ranunculus sceleratus</i>
35. Famille des Rosacées	
35.1. <i>Crataegus oxyacantha</i>	35.3. <i>Rosa sempervirens</i>
35.2. <i>Potentilla reptans</i>	35.4. <i>Rubus ulmifolius</i>
36. Famille des Rubiacées	
36.1. <i>Galium palustre</i>	
37. Famille des Salicacées	
37.1. <i>Salix triandra</i>	37.2. <i>Populus alba</i>
38. Famille des Salviniacées	
38.1. <i>Salvinia natans</i>	
39. Famille des Solanacées	
39.1. <i>Solanum dulcamara</i>	
40. Famille des Sparganiacées	
40.1. <i>Sparganium erectum</i>	
41. Famille des Typhacées	
41.1. <i>Typha angustifolia</i>	
42. Famille des Ulmacées	
42.1. <i>Ulmus campestris</i>	
43. Famille des Verbinacées	

2.8.2. La faune :

➤ L'avifaune aquatique de Garaet Hadj Tahar

Garaet Hadj Tahar est un lieu propice pour de nombreuses espèces d'oiseaux aquatiques ; depuis l'année 2005 (METALLAOUI et HOUHAMDI, 2008) jusqu'à ce jour 53 espèces appartenant à quinze (15) familles inféodées directement à l'eau (Tab.10), ont été recensées. Nous avons observés durant nos sorties un seul individu de Flamant rose *Phénicoptéris ruber*.

Tableau 10. Check-list des oiseaux d'eau (METALLAOUI et HOUHAMDI, 2008)

1. Famille des Alcédinidés	
1.2 Martin pêcheur d'Europe <i>Alcedo atthis</i>	
2. Famille des Anatidés	
2.1 Canard Colvert <i>Anas platyrhynchos</i>	2.7 Canard Souchet <i>Anas clypeata</i>
2.2 Canard Chipecau <i>Anas strepera</i>	2.8 Sarcelle d'été <i>Anas querquedula</i>
2.3 Canard Siffleur <i>Anas penelope</i>	2.9 Fuligule Morillon <i>Aythya fuligula</i>
2.4 Sarcelle d'hiver <i>Anas crecca</i>	2.10 Fuligule Milouin <i>Aythya ferina</i>
2.5 Canard Pilet <i>Anas acuta</i>	2.11 Fuligule Nyroca <i>Aythya nyroca</i>
2.6 Sarcelle marbrée <i>Marmaronetta angustirostris</i>	2.12 Erismature à tête blanche <i>Oxyura leucocephala</i>
3. Famille des Ardéidés	
3.1 Crabier-chevelu <i>Ardeola ralloides</i>	3.4 Grande Aigrette <i>Egretta alba</i>
3.2 Bihoreau gris <i>Nycticorax nycticorax</i>	3.5 Aigrette garzette <i>Egretta garzetta</i>
3.3 Héron garde-bœufs <i>Bubulcus ibis</i>	3.6 Héron cendré <i>Ardea cinerea</i>
4. Famille des Charadriidés	
4.1 Grand Gravelot <i>Charadrius hiaticula</i>	4.4 Pluvier argenté <i>Pluvialis squatarola</i>
4.2 Petit Gravelot <i>Charadrius dubius</i>	4.5 Vanneau huppé <i>Vanellus vanellus</i>
4.3 Gravelot à collier interrompu <i>Charadrius alexandrinus</i>	
5. Famille des Ciconiidés	
5.1 Cigogne blanche <i>Ciconia ciconia</i>	
6. Famille des Accipitridés	
6.1 Balbuzard pêcheur <i>Pandion haliaetus</i>	6.2 Busard des roseaux <i>Circus aeruginosus</i>
7. Famille des Laridés	
7.1 Goéland leucophé <i>Larus michahellis</i>	7.2 Mouette rieuse <i>Larus ridibundus</i>
8. Famille des Phalacrocoracidés	
8.1 Grand Cormoran <i>Phalacrocorax carbo</i>	
9. Famille des Phoenicoptéridés	
9.1 Flamant rose <i>Phénicoptéris ruber</i>	

10. Famille des Podicipédidés	
10.1. Grèbe à cou noir <i>Podiceps nigricollis</i>	10.3. Grèbe castagneux <i>Tachybaptus ruficollis</i>
10.2. Grèbe huppé <i>Podiceps cristatus</i>	
11. Famille des Rallidés	
11.1. Râle d'eau <i>Rallus aquaticus</i>	11.3. Talève sultane <i>Porphyrio porphyrio</i>
11.2. Gallinule poule-d'eau <i>Gallinula chloropus</i>	11.4. Foulque macroule <i>Fulica atra</i>
12. Famille des Recurvirostridés	
12.1. Echasse blanche <i>Himantopus himantopus</i>	12.2. Avocette élégante <i>Recurvirostra avosetta</i>
13. Famille des Scolopacidés	
13.1. Bécasseau cocorli <i>Calidris ferruginea</i>	13.7. Chevalier arlequin <i>Tringa erythropus</i>
13.2. Bécasseau variable <i>C. alpina</i>	13.8. Chevalier gambette <i>T. totanus</i>
13.3. Bécasseau minute <i>C. minuta</i>	13.9. Chevalier stagnatile <i>T. stagnatilis</i>
13.4. Combattant varié <i>Philomachus pugnax</i>	13.10. Chevalier aboyeur <i>T. nebularia</i>
13.5. Bécassine des marais <i>Gallinago gallinago</i>	13.11. Chevalier sylvain <i>T. glareola</i>
13.6. Barge à queue noire <i>Limosa limosa</i>	
14. Famille des Sternidés	
14.1. Guifette moustac <i>Chlidonias hybridus</i>	
15. Famille des Threskiornithidés	
15.1. Ibis falcinelle <i>Plegadis falcinellus</i>	

➤ **L'entomofaune** (insectes et autres invertébrés aquatiques)

Dans l'étude réalisée par SAMRAOUI et DE BELAIR, (1997), Garaet Hadj Tahar abrite 16 espèces d'odonates appartenant à 02 sous-ordres, 04 familles et aux différentes origines biogéographiques (Tab.11).

Tableau 11. Check-list des odonates (SAMRAOUI & DE BELAIR, 1997)

Sous-ordres des Zygoptères	
1. Famille des Coenagrionidae	
1.1. <i>Coenagrion scitulum</i>	1.2. <i>Ischnura graellsii</i>
2. Famille des Lestidae	
2.1. <i>Lestes barbarus</i>	2.3. <i>Lestes viridis</i>
2.2. <i>Lestes virens</i>	
Sous-ordre des Anisoptères	
3. Famille des Aeshnidae	
3.1. <i>Aeshna affinis</i>	3.3. <i>Anax imperator</i>
3.2. <i>Aeshna mixta</i>	3.4. <i>Anax parthenope</i>
4. Famille des Libellulidae	
4.1. <i>Acisoma panorpoides</i>	4.5. <i>Sympetrum meridionale</i>
4.2. <i>Crocothemis erythraea</i>	4.6. <i>Sympetrum sanguineum</i>
4.3. <i>Diplacodes lefebverii</i>	4.7. <i>Sympetrum striolatum</i>
4.4. <i>Orthetrum anceps</i>	

De plus, les mêmes auteurs ont noté la présence d'un nombre important d'espèces d'invertébrés aquatiques comme telles les punaises d'eau (*Hydrocyrius columbiae*, *Naucoris maculatus* et *Plea minutissima*), les scarabées d'eau (*Hydrous piceus*, *Cybister lateralimarginalis* et *Cybister senegale nsis*), les cladocères (*Ceriodaphnia rotunda*, *Simocephalus vetulus* et *Camptocereus uncinatus*), les rotifères (*Trichocerca* sp.) et les ostracodes (*Cypris bispinosa*).

➤ Les vertébrés

Grâce à la végétation luxuriante et diversifiée de Garaet Hadj Tahar, de nombreux animaux y trouvent refuge. Nous avons observé à plusieurs reprises la genette (*Genetta genetta*), les grenouilles (*Rana ridibunda*) et les tortues (*Mauremys leprosa*). Le plan d'eau abrite plusieurs espèces de poissons, dont *Gambusia affinis* (SAMRAOUI et DE BELAIR, 1997).

3. Exploitation du site :

3.1. L'agriculture:

L'eau de la garaet est souvent utilisée pour irriguer les cultures environnantes, en particulier les céréales, la tomate et la pastèque. L'équilibre minéral de l'eau de la garaet est perturbé suite à l'utilisation excessive de produits chimiques à des fins agronomiques. Durant nos sorties nous avons noté la présence d'une dizaine de pompes sur le long de la garaet qui irriguaient toute la journée perturbant les populations d'oiseaux d'eau en particulier les Anatidés qui sont les plus nombreuses.

3.2. Le braconnage :

Le braconnage est pratiqué soit par les riverains soit par des braconniers qui viennent des alentours. Cette pratique porte sur toutes les espèces d'oiseaux mêmes les protégées tel que le Fuligule nyroca *Aythya nyroca* et l'Erismature à tête blanche *Oxyura leucocephala*. Ces chasseurs qui ne respectent pas la période de chasse, sont omniprésents dans la garaet, même pendant la période de nidification.

3.3. Le pâturage:

Le cheptel (bovin, ovin, et caprins) de la région de Benazouz ruieument s'abrevoir dans la garaet surtout pendant la période estivale où la majorité des écosystèmes aquatiques de la région sont à sec.

Conclusion

L'ensemble de cette étude, nous a permis de déterminer les principales caractéristiques climatiques et hydrodynamiques de la plaine. Un climat de type méditerranéen a été mis en évidence avec un hiver pluvieux et un été sec, ce qui produit des modifications périodiques de la chimie des eaux par l'effet de dilution pendant les périodes pluvieuses et par l'effet de l'évaporation pendant les périodes sèches.



CHAPITRE II

Matériels et Méthodes



Introduction

La composition chimique, organique et microbiologique d'une eau joue un rôle important dans la détermination de sa qualité, donc la possibilité de son utilisation pour l'alimentation en eau potable ou d'autres usages (irrigation, industrie... etc.), ou même pour étudier la biocénose dans cette eau.

1. Matériels utilisés

1.1. Sur terrain

Glacière et des flacons stériles.

Pour faciliter les prélèvements et éviter tout type de contamination, il est souhaitable d'utiliser des flacons en verre d'une contenance égale à 250ml.

La verrerie destinée aux prélèvements d'eau doit être munis d'un nettoyage avec un détergent puis rinçage avec l'eau propre (eau douce), puis un rinçage final avec l'eau distillée. (Guiraud; 1998)

La verrerie lavée est ensuite stérilisé soit :

- A la chaleur sèche (four Pasteur) à une température comprise entre 170 et 175°C, pendant au moins 1h.
- A la chaleur humide (autoclave) en le maintenant à une température de 121°C, pendant au moins 20mn.

Les flacons en polyéthylène peuvent être stérilisés par irradiation (25KGy soit 2,5 Mrad).

Les flacons d'échantillonnage ne doivent être ouverts qu'au moment du prélèvement de l'échantillon. Une fois l'échantillon est prélevé, les flacons doivent être fermés hermétiquement jusqu'au moment de l'analyse. (Ghars-Allah, 2005).

1.2. Laboratoire de physico-chimie :

Les analyses physico-chimiques nécessitent plusieurs matériels on peut citer : thermomètre, galvanomètre, pH mètre, régulateur, compensateur de température, flacons de polyéthylène, spectrophotomètre, Multiparamètres, burettes, pipettes, ballons jaugés, fioles jaugées, étuve, autoclave, balance, dessiccateur, colorimètre, bain marie, bain de glace, erlenmyers, béchers, papiers filtrantes, verre bruns, réfrigérateur, flacons, portoïrs, barreau magnétique.

1.3. Laboratoire de microbiologie :

L'analyse bactériologique nécessite des membranes filtrantes, bain marie, bec benzène, boîtes de Pétri, pipettes, pipettes Pasteurs, étuve, four Pasteur, rampe de filtration sur membrane, autoclave, tubes à essai, cloches, portoirs, anse de platine, flacons, bain de glace, compteur de colonies, pense, eau de javel, eau distillée, les gants, haute bactériologique.

2. Méthodes d'analyses :

2.1. Le choix des sites :

Les sites où seront prélevés les échantillons pour refléter la qualité de l'eau de la région où on les a prélevés, d'où on doit éviter de prélever dans des zones proches du bord. Dans ces zones on peut rencontrer des concentrations considérables de sable et de sédiments. Pour cette raison, les lieux de prélèvement d'échantillons sont généralement choisis aux endroits où la profondeur de l'eau se situe entre 1 et 1,5m. (Lightfoot et Maier ;)

Pour contribuer à l'évaluation de la qualité physico chimique et bactériologique de l'eau de Garaet Hadj Tahar nous avons choisi deux points de prélèvement, dont les caractéristiques sont décrits dans le tableau ci-dessous :

Tableau 12 : Caractéristiques des points de prélèvement.

Points de prélèvement	Période de prélèvement	Localisation	Caractéristiques
Site 1	1 ^{er} prélèvement au mois d'Avril, et un 2 ^{ème} au mois de Mai	La partie Sud-Est de La Garaet.	Présence de la végétation.
Site 2	1 ^{er} prélèvement au mois d'Avril, et un 2 ^{ème} au mois de Mai	La partie centrale de la Garaet.	Absence de la végétation.

2.2. Prélèvement :

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté ; il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau (gaz dissous, matières en suspension, etc.). (Legube & Merlet 2009)

Les principaux renseignements à fournir pour une analyse d'eau :

- Identité du préleveur.
- Date et heure du prélèvement.
- Particulier ou autorité demandant l'analyse.
- Motif de la demande d'analyse.
- Nom du point d'eau et localisation.
- Origine de l'eau (source, puits, forage, rivière, lac, barrage, citerne.. etc.)

2.2.1. Quantité d'eau nécessaire à l'analyse.

- Analyse complète : 0.5à 1litre.
 - Analyse de surveillance et de surveillance réduite : 350ml.
- (Une recherche éventuelle de *salmonella* nécessite en plus 5litre d'eau).

2.2.2. Technique de prélèvement :

Les eaux doivent être prélevées dans des flacons de verre, stérile.

- Prélèvement à partir d'une eau de surface (rivière, lac, barrage...etc.), plusieurs techniques sont utilisables :

- Le flacon est bouché et est immergé en position verticale en le tenant par le fond, il est alors retourné jusqu'à ce que l'ouverture soit légèrement plus haute que le fond est dirigé dans le sens contraire du courant.

- Si l'eau est immobile l'opérateur peut créer un courant artificiel, au moins à 30 cm de la surface et de 1 à 2 mètres des bords. (Rodier, 2009).

Le flacon ne doit pas être rempli entièrement. En effet, il convient de laisser un petit vide d'air, permettant un mélange correct en secouant le flacon. (Lightfoot, 2002; Chaouch, 2007).

2.2.3. Transport des échantillons :

Pendant le transport il faut éviter la destruction de l'échantillon, ou inversement la surcroissance de microorganismes a l'intérieur de l'échantillon. Ceci peut être obtenu en mettant l'échantillon à l'abri des rayonnements ultraviolets et de la lumière visible, ainsi que des températures élevées. Habituellement, cette protection est obtenue grâce à l'utilisation de glacière contenant des poches de glaces. (Gajous ; 1995)

Les analyses microbiologiques doivent être commencés moins de six heures après le prélèvement .si le transport dépasse six heures et si la température extérieure est supérieure à 10°C ; le transport doit se faire obligatoirement en glacière à une température inférieure à 4°C.

L'évolution est d'ailleurs assez difficile à prévoir et dépend de nombreux facteurs : température, concurrence bactérienne des espèces présentes, composition chimique de l'eau. (Rodier, 2009).

En l'absence de prescription particulière l'ensemencement doit être réalisé le plus rapidement possible. Il est donc admis que le délai maximum entre le prélèvement et le début de l'analyse ne doit pas excéder 24 heures.

Tableau 13 : Conservation des prélèvements pour quelques paramètres physicochimique et microbiologique (Montiel, 1981 ; in Mehalaine 2009).

Caractéristique ou élément analysé	Réceptient	Conservateurs utilisés	Volume minimum du prélèvement (en ml)	Température de conservation en °C	Effectuer la mesure avant...
Coliformes Totaux	Polyéthylène (P) ou verre (V)	Flacon stérile en présence d'une eau traitée	250	4	24h (obscurité)
Coliformes fécaux	P ou V	par un oxydant, ajouter avant stérilisation 5 goûte de thiosulfate de sodium à 10 %	250	4	24h (obscurité)
Streptocoque Fécaux	P ou V		250	4	24h (obscurité)
Dureté	P ou V	Acide nitrique q.s.p pH < 2	100	4	1 mois
Ammonium	P ou V	Acide sulfurique q.s.p pH < 2	200	4	48h (obscurité)
Conductivité	P ou V	Mesure <i>in situ</i> de préférence	100	4	48h (obscurité)
Nitrates	P ou V	Acide sulfurique q.s.p pH < 2	-	4	48h (obscurité) plusieurs semaines.
Nitrites	P ou V	-	-	4	48h (obscurité)
Odeur, couleur, saveur	V	-	500	4	24h
Ph	P ou V	Mesure <i>in situ</i> de préférence	-	4	24h
Aluminium, étain, argent, nickel, cadmium, cuivre, plomb, zinc, cobalt.	P ou V	Acide nitrique q.s.p pH < 1,5	-	-	2 mois

Nos analyses bactériologiques ont été réalisées au niveau du laboratoire d'analyse microbiologique de la Direction de santé (DDS) de Guelma et au niveau du laboratoire de microbiologie du département de biologie de l'université du 08 mai 1945 de Guelma.

Les analyses physico-chimiques, ont été réalisées dans le laboratoire de chimie du département de chimie de l'université du 08 mai 1945 de Guelma.

2.3. Méthodes d'analyse bactériologique :

2.3.1. Recherche et dénombrement des micro-organismes revivifiables :

Les germes totaux dit revivifiables sont la totalité des bactéries, levures et moisissures aéroanaérobies, capables de former des colonies dans ou sur un milieu de culture.

▪ Principe :

- Dans des boîtes de Pétri vides, stérile et numérotées, on met 1ml d'un échantillon non dilué et de diverses dilutions de cet échantillon. (Soit : 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3})
- Compléter ensuite avec environ 19 ml de gélose TGEA fondue puis refroidie à 45°C
- Faire ensuite des mouvements circulaires et de va-et-vient en forme de « 8 » pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose.
- Laisser solidifier sur paillasse environ 15mn.
- Effectuer cette opération en double série de boîtes, dont la 1^{ère} sera incubée à l'obscurité, couvercle en bas, dans une étuve à 22°C pendant 72 heures.
Et la 2^{ème} dans une étuve à 37°C durant 48 heures.

▪ Lecture et dénombrement :

- Retenir pour comptage les boîtes contenant des colonies qui apparaissent en masse sous formes lenticulaires et bien distinctes. Retenir aussi les boîtes contenant entre 30 et 300 colonies, au niveau de deux dilutions successives.
- Calculer ensuite la valeur du nombre N de microorganismes revivifiables à 22°C à part et celle du nombre N de microorganismes revivifiables à 37°C à part, en tant que moyenne pondérée, à l'aide de l'équation suivante :

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

Σc : est la somme des colonies dénombrées sur deux boîtes de dilutions successives retenues.

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

-Arrondir les résultats calculés à deux chiffres significatifs après la virgule (Lebres, 2006).

-Le résultat final de microorganismes revivifiants dénombrés à 22°C et à 37°C par ml d'eau est noté par un nombre compris entre 1,0 et 9,9 multiplié par 10^x où x est la puissance appropriée de 10.

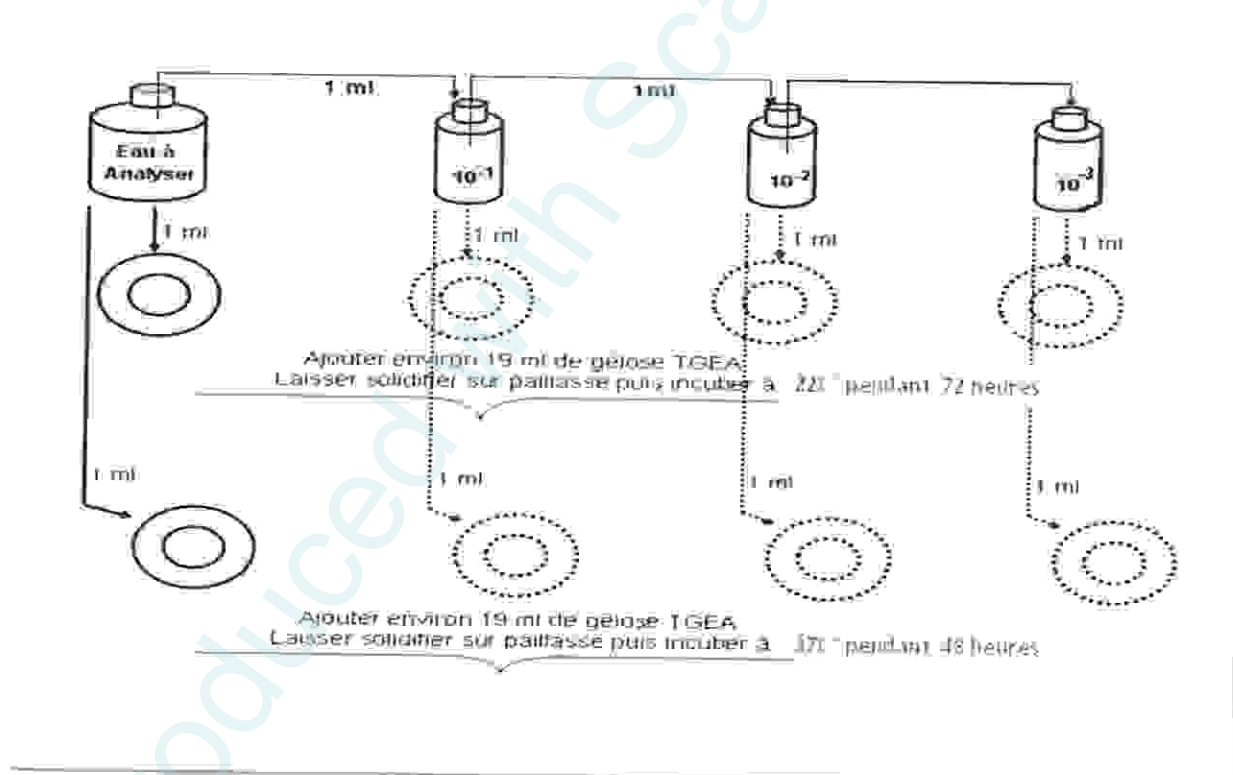


Figure. 09. Recherche et dénombrement des micro-organismes revivifiants à 22 et à 37°C dans les eaux.

2.3.2. Recherche et dénombrement des coliformes totaux, fécaux et identification d'*E. coli*.

La recherche et le dénombrement des bactéries coliformes, coliformes thermo-tolérants et des *Escherichia coli* dans les eaux, en milieu liquide par la technique du NPP, se fait en deux étapes consécutives :

- Le test présomptif; réservé à la recherche des coliformes dans le milieu BCPL (bouillon lactose au pourpre de bromocrésol)
- Le test confirmatif : réservé à la recherche des coliformes thermo-tolérants et d'*Escherichia coli* dans le milieu Schubert.

▪ Test présomptif :

On travaille avec une série de 3 tubes :

- 3 tubes de BCPL D/C+ cloche de Durham,ensemencé avec 10 ml de l'échantillon.
 - 3 tubes de BCPL S/C+ cloche de Durham,ensemencé avec 1 ml de l'échantillon.
 - 3 tubes de BCPL S/C+ cloche de Durham,ensemencé avec 0.1 ml de l'échantillon.
- Les tubes inoculés sont homogénéisés par agitation douce pour ne pas faire pénétrer d'air dans la cloche.
- La lecture se fait après 48 heures d'incubation dans une étuve à 37°C.
- On considère comme positifs tous les tubes présentant à la fois une couleur jaune et de gaz dans la cloche.
- On note le nombre de tube positifs dans chaque série et on reporte à la table du NPP pour avoir le nombre de coliformes totaux dans 100 ml d'échantillon d'eau.

▪ Test confirmatif :

- Les tubes de BCPL trouvés positifs lors du dénombrement des coliformes feront l'objet d'un repiquage à l'aide d'une pipette pasteur (4 à 5 gouttes) dans des tubes contenant le milieu Schubert muni d'une cloche de Durham, L'incubation se fait cette fois-ci au bain Marie à 44°C pendant 24 heures.
- Les tubes ayant apparaitre un anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole par *Escherichia coli* après l'ajout de 2 à 3 gouttes du réactif de Kovacs, avec production de gaz, sont considérés positifs.
- On détermine le nombre des coliformes fécaux thermo-tolérants à partir de tables de NPP par UFC/ 100 ml (Amor abda, 2009).

-Remarque : Etant donné que les Coliformes fécaux font partie des Coliformes totaux, il est pratiquement impossible de trouver plus de Coliformes fécaux que de Coliformes totaux (Lebres, 2006).

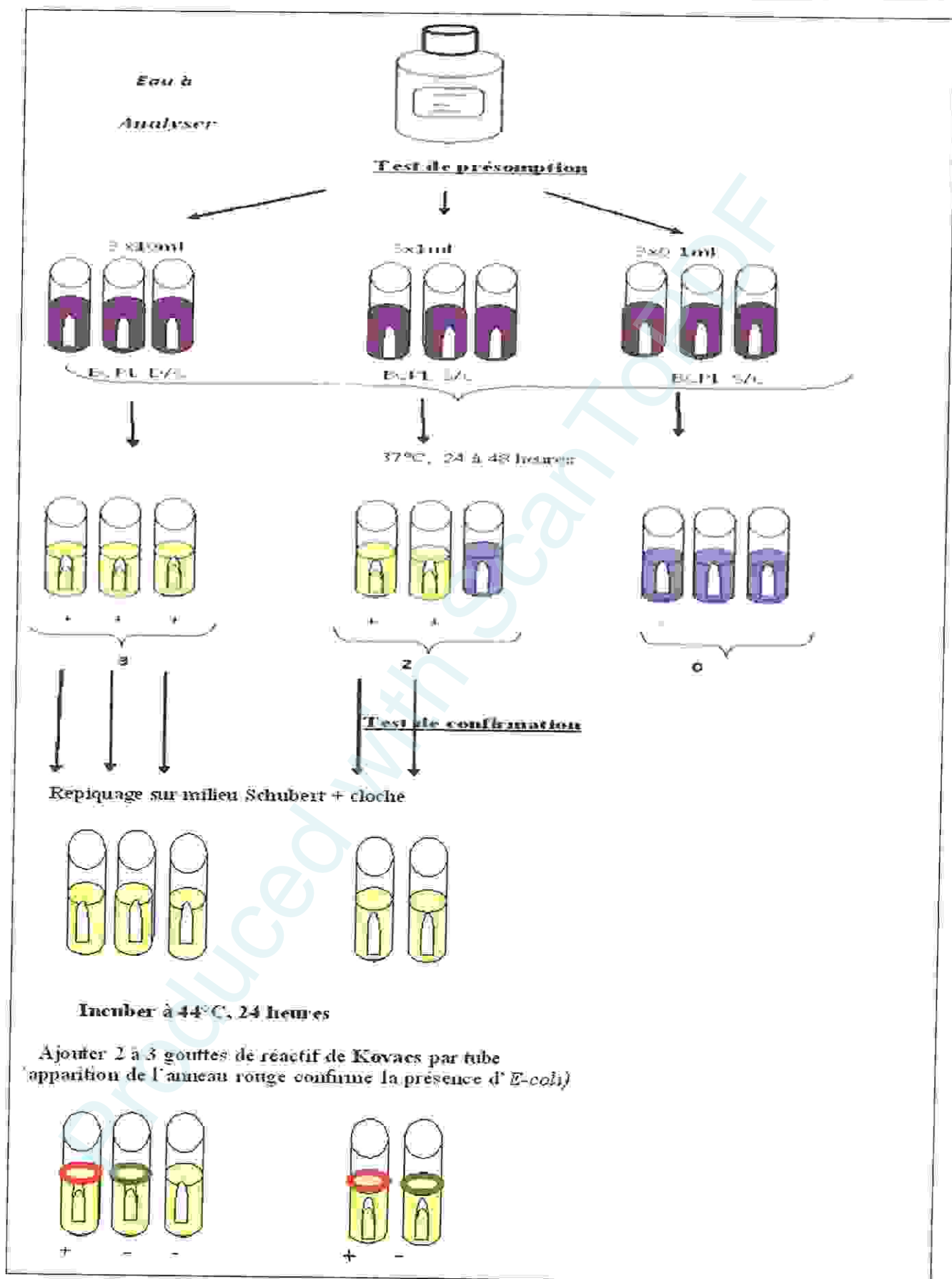


Figure 10. Recherche et dénombrement des coliformes

2.3.3. Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux :

Les techniques d'analyses sont comparables à celles décrites pour les coliformes fécaux (série de 3). Dans ce cas il est prescrit de faire successivement un test présomptif en milieu de Rothe et un test confirmatif en milieu Eva Litsky. L'incubation dans les deux tests se fait en 37°C, pendant 24 à 48 heures.

▪ Lecture:

-Test présomptif :

Les tubes présentant un trouble microbien pendant cette période sont présumés contenir les streptocoques fécaux et sont soumis au test confirmatif.

-Test confirmatif :

L'apparition d'un trouble microbien confirme la présence d'un streptocoque fécal. Parfois, la culture s'agglomère au fond du tube en fixant le colorant et en formant une pastille violette de signification identique à celle du trouble.

-Expression des résultats :

Les résultats de dénombrement des streptocoques fécaux sont exprimés comme ceux coliformes en nombre de germes par 100ml (Rodier 2009).

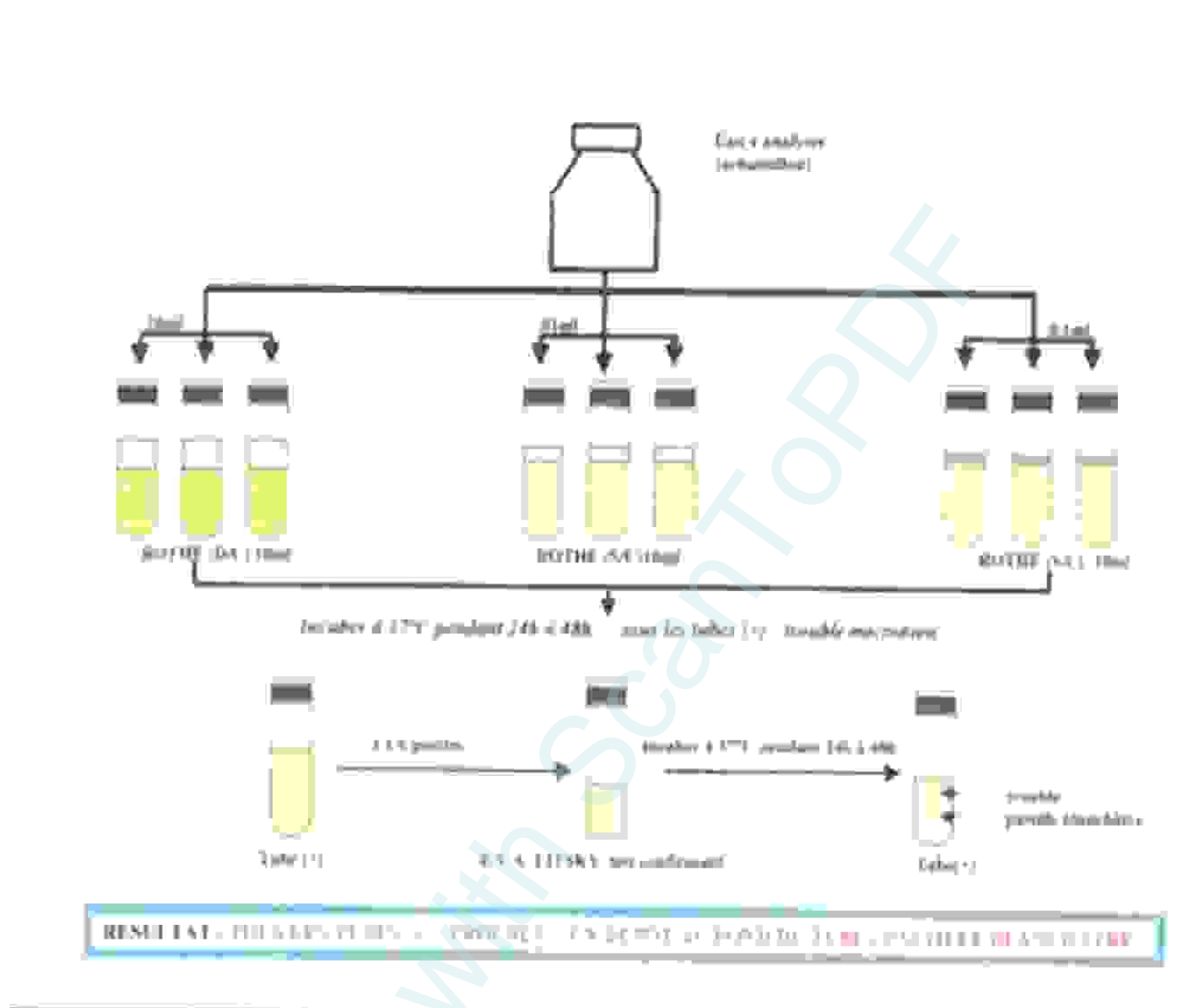


Figure 11. Organigramme de dénombrement des streptocoques fécaux

2.3.4. Recherche et dénombrement des spores de bactéries sulfitoréductrices et *Clostridium* sulfitoréducteur :

Les anaérobies sulfitoréducteurs (ASR) se développent en 24 à 48 heures sur une gélose Viande Foie (VF) en donnant des colonies typiques réduisant le sulfite de sodium (Na₂SO₃) qui se trouve dans le milieu, en sulfure qui en présence de Fe²⁺ donne FeS (sulfure de fer) de couleur noire. (Lebres, 2006)

▪ Mode opératoire :

- Prendre environ 25 ml à partir de l'eau à analyser, dans un tube stérile, qui sera par la suite soumis à un chauffage de l'ordre de 80°C pendant 10 minutes, dans le but de détruire toutes les formes végétatives des ASR éventuellement présentes.
- Après chauffage, refroidir immédiatement le tube en question, sous l'eau de robinet.

- Répartir ensuite le contenu de ce tube, dans 4 tubes différents et stériles, à raison de 5 ml par tube.
- Ajouter environ 20 ml de gélose Viande Foie, fondue, additionnée d'une ampoule d'Alun de fer et d'une ampoule de Sulfite de sodium, puis refroidie à $45 \pm 1^\circ\text{C}$.
- L'incorporation se fait dans un tube et non dans une boîte afin de limiter la surface de contact entre le milieu et l'air.
- Mélanger doucement le milieu et l'inoculum en évitant la formation des bulles d'air et en évitant l'introduction d'oxygène.
- Laisser solidifier sur paillasse pendant 30 minutes environ, puis incubé à 37°C , pendant 24 à 48 heures.

▪ **Lecture :**

Considérer comme résultant d'une spore de bactérie anaérobie sulfito-réductrice toute colonie noire entourée d'un halo noir. (Rodier 2009).

La première lecture doit absolument être faite à 16 heures. Il est donc impératif de repérer et de dénombrer toutes les colonies noires poussant en masse et de rapporter le total des colonies à 20 ml d'eau à analyser. (Lebres, 2006)

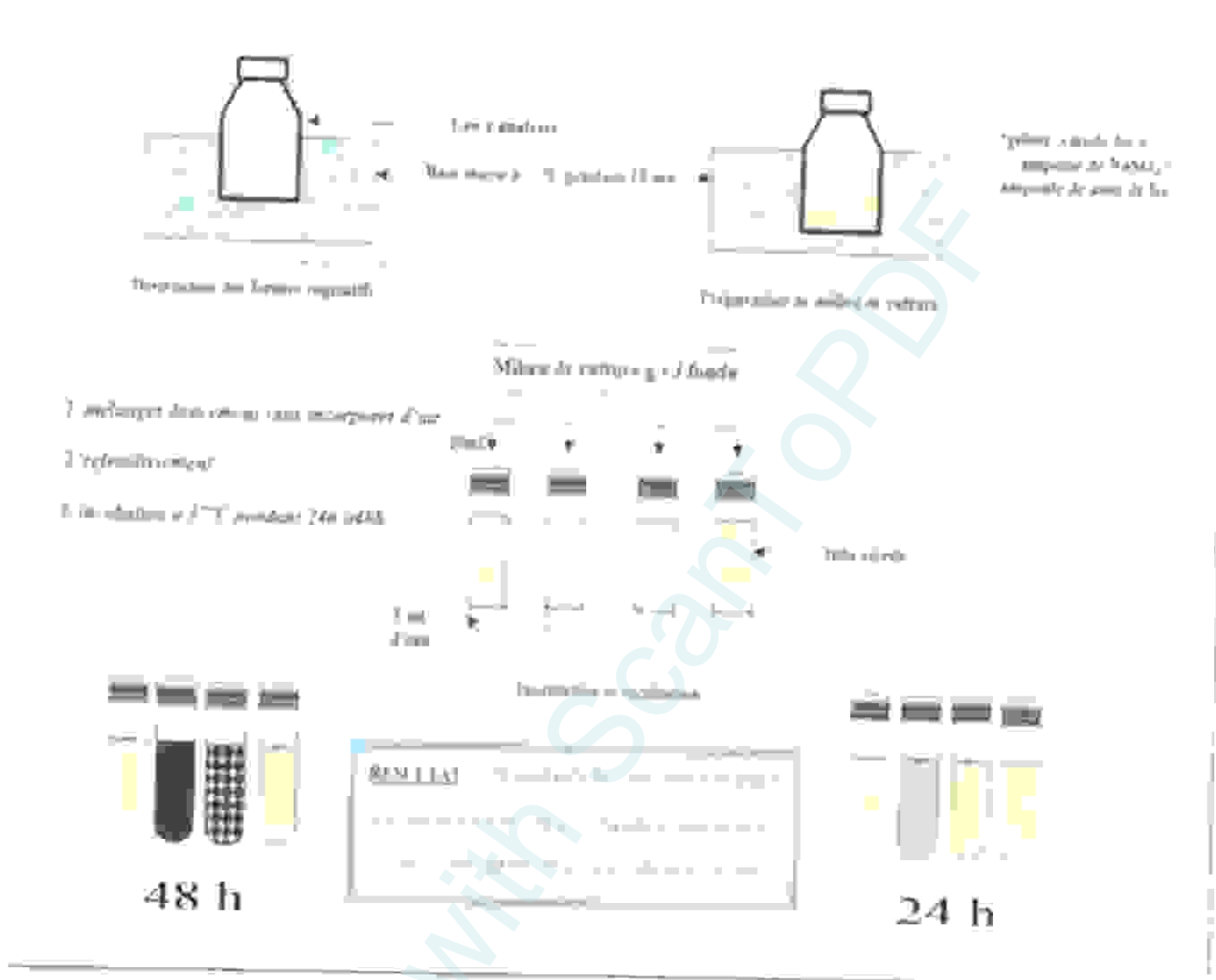


Figure 12. Recherche et dénombrement des *Clostridium sulfato-réducteur*

2.3.5. Recherche des germes pathogènes :

➤ *Staphylocoques* à coagulase+

Les *Staphylocoques* sont des cocci à Gram positif, très répandus dans la nature (air, eau, sol) et vivent souvent à l'état commensal sur la peau et les muqueuses des organismes humains et animaux. Le genre *Staphylococcus* est constitué de plusieurs espèces dont :

- *Staphylococcus aureus*.
- *Staphylococcus epidermidis*.
- *Staphylococcus saprophyticus*. (Délarras, 2008)

▪ Principe :

Le milieu de Chapman est un milieu sélectif, permettant la croissance des germes halophiles. Parmi ces germes figurent au premier rang les bactéries du genre *Staphylococcus*, ce milieu contient un inhibiteur : fortes concentrations en chlorure de sodium (75g.l), ce qui permet un isolement sélectif de *Staphylococcus* tolérant les fortes concentrations en NaCl. (Joffin et Leyrol, 2001)

▪ Résultat :

➤ Les colonies mannitol⁺ : sont entourées d'une auréole jaune.

Le milieu Chapman permet seulement une orientation pour l'identification de l'espèce *Staphylococcus aureus* mais des testes de confirmation sont obligatoires.

Recherche de catalase :

▪ Principe :

La catalase est une enzyme qui dégrade l'eau oxygénée en eau libre et oxygène libre qui se dégage sous forme gazeuse selon la réaction suivante :



▪ Mode opératoire :

À partir d'un milieu solide et aérobie, prélever une quantité suffisante de culture et la mettre en suspension dans une goutte d'eau oxygénée déposée sur une lame. (Joffin et al, 2001)

Si un dégagement de bille de gaz (oxygène) apparaît, le test est dite positif. (Délarras, 2008)

Recherche de la Staphylocoagulase :

▪ Principe :

Les souches *Staphylococcus aureus* provoquent la coagulation du plasma oxalaté de lapin en 24 heures, ainsi que des espèces de staphylocoques animale (*S. intermedius*). Les autres espèces d'origine animale et humaine sont à coagulase négative.

▪ Mode opératoire :

Ensemencer un sérum du sang humain par l'une des colonies poussées sur le Chapman, en suite incubé à 36±2°C. Examiner les tubes 2 h, 4 h puis 24 h.

Le résultat du teste est de voir le coagulum occuper plus de 3/4 du volume du liquide initial. (Bourgois et al, 1980 ; Délarras, 2008)

➤ *Pseudomonas aeruginosa*

▪ **Isolement :**

L'isolement est fait directement sur milieu sélectif King A et King B qui seront coulés dans des tubes stérilisés inclinés. Nous ensemençons une anse de platine d'eau à analyser par stries à la surface de la gélose (la pente). L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures.

▪ **Confirmation :**

- Deux examens microscopiques sont effectués : l'examen direct entre lame et lamelle (il permet d'observer la mobilité des germes) et la coloration de Gram.
- Recherche de la pyocyanine : pigment bleu caractéristique de *Pseudomonas aeruginosa* responsable de la teinte bleue intense des milieux de culture : sa production est favorisée sur milieu de King A.
- Recherche de la pyoverdine : présente une teinte vert fluorescent est souvent masquée par la pyocyanine, sa production est maximale sur milieu de King B. (Pilet *et al.*, 1987)

➤ *Vibrio cholériques*

On entend par Vibrionaceae, des bactéries qui se présentent sous forme de Bacilles à Gram Négatifs droits ou incurvés (BGN), très mobiles, possédant une oxydase, aéro-anaérobies facultatifs, fermentant le glucose sans production de gaz ni d'H₂S, hautement pathogènes. (Labres *et al.*, 2008 ; Pechère *et al.*, 1982, Pilet, 1987).

Premier jour : Enrichissement primaire

L'enrichissement primaire s'effectue sur le milieu Eau Peptonée Alcaline (EPA) en mettant une quantité d'eau à analyser dans un tube d'EPA. Ce dernier sera par la suite incubé à 36 ± 2°C pendant 20 ± 4 heures.

Deuxième jour : Enrichissement secondaire et isolement

Après incubation, le tube constituant l'enrichissement primaire fera l'objet :

- D'un isolement sur gélose GNAB 1, l'incubation se fait à 36 ± 2°C pendant 20 ± 4 heures.
- D'un deuxième enrichissement en transmettant quelques gouttes de la surface dans un nouveau tube d'EPA.
- D'autre part, la boîte de gélose GNAB 1 subira une lecture après 24 heures en tenant compte du fait que les Vibrions se présentent le plus souvent sous forme de grosses colonies lisses, transparentes et très caractéristiques.

Identification morphologique et biochimique : Les colonies sont très fines sur la gélose nutritive, jaunâtre sur la gélose hyperalcaline. (Patrick *et al.*, 1988).

Une identification morphologique et biochimique basée essentiellement sur :

- ↳ Observation à l'état frais (bacilles, mobilité),
- ↳ Coloration de Gram (bacilles Gram négatifs),
- ↳ Oxydase (+),
- ↳ Ensemencement d'un tube de TSI qui sera incubé à 37°C, 24 h (Saccharose, Glucose, Gaz et H₂S),

Faire une mini-galerie biochimique basée sur l'étude des acides aminés en vue de différencier les *Vibrions*, des *Pleisiomonas* et des *Aéromonas*.

➤ *Salmonella*

Les *Salmonella* sont des entérobactéries qui se présentent sous forme de bacilles Gram négatifs, lactose-, qui fermentent le glucose avec production de gaz et de H₂S.

▪ Mode opératoire :

Premier Enrichissement :

Le premier enrichissement s'effectue sur le milieu SFB (Bouillon au sélénite / bouillon de Leifson) en ajoutant à ce dernier 10ml d'eau à analyser, puis incubé à 37°C pendant 18 à 24 heures.

Deuxième enrichissement et isolement :

Ce flacon fera l'objet :

- ↳ d'une part, d'un deuxième enrichissement sur milieu SFB en tubes à raison de 0,1 ml
- ↳ d'autre part, d'un isolement sur gélose SS (Salmonella-Shigella). L'incubation se fait donc à 37°C pendant 24 h.

▪ Lecture des boîtes et Identification :

- ↳ D'une part, le tube de Sélénite fera l'objet d'un 2^{em} isolement,
- ↳ D'autre part, la boîte de gélose SS subira une lecture en tenant compte du fait que les *Salmonella* se présentent le plus souvent sous forme de colonies à centre noir.

▪ Identification morphologique et biochimique :

Les colonies obtenues feront l'objet d'une identification morphologique et biochimique qui se déroule comme suit :

- ↳ Ensemencement d'un tube de Kligler-Hagia ou TSI qui sera incubé à 37°C, 24 h (Lactose, Saccharose, Glucose, Gaz et H₂S). (Lebres, 2005)
- ↳ Identification biochimique par l'API20E.

2.4. Méthodes d'analyse physico-chimique :

On mesure sur place les paramètres suivants :

2.4.1. La température :

C'est un facteur écologique important du milieu, car elle influe sur la densité de l'eau, dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique et dans la détermination de pH, elle joue donc un rôle primordial dans les phénomènes de stratification des lacs et des mers. D'une façon générale, la température des eaux superficielles est influencée par la température de l'air et de leur origine. (Leclerc, 1996).

Elle est mesurée par thermosonde ou thermomètre. La lecture est faite après une immersion de 10 minutes.

2.4.2. Le pH :

Le pH est relié à l'activité en protons par : $\text{pH} = -\log_{10} a_{\text{H}}$

a_{H} : activité en ions H^+ à l'équilibre, avec confusion généralement admise entre l'activité et la concentration, erreur qui peut être considérée comme négligeable en eau douce, mais qui devient significative en eau fortement minéralisée, saumâtre ou (évidemment) en eau de mer.

Il caractérise l'acidité du milieu :

Un pH de 7 signifie que le milieu est neutre.

Un pH inférieur à 7 indique que le milieu est acide.

Un pH supérieur à 7 indique que le milieu est basique.

Le pH influe sur la forme des produits chimiques, exemple les gaz carboniques qui prennent différentes formes à l'équilibre. Le pH n'a pas une incidence directe forte entre 5 et 9.

Il est mesuré sur place par électrode de pHmètre ou par indicateur coloré, exemple papier pH.

2.4.3. La conductivité électrique :

Elle traduit l'aptitude à laisser passer un courant électrique, suivant la loi d'Ohm

$U = R \cdot i$ ou $R =$ résistance, la conductance = $1/R$

L'unité de conductivité est le micro-siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

La conductivité varie suivant la concentration ionique de l'eau, et elle est aussi influencée par la température (qui conditionne la solubilisation des sels minéraux).

Pour la mesure de la conductivité, plonger la sonde dans le milieu à analyser, remuer avec soin et légèrement la sonde et attendre que la lecture se stabilise. Après utilisation, rincer les sondes à l'eau déminéralisée.

A partir de la mesure de la conductivité on peut estimer la **minéralisation**, qui est la quantité de sels minéraux contenues dans l'eau :

Anions : HCO_3^- , SO_4^- , Cl^-

Cations : Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ .

En général, la minéralisation augmente naturellement avec la profondeur, par contre les variations horizontales de la minéralisation dans une nappe sont souvent le témoin d'une pollution. (Gajous ; 1995)

2.4.4. La turbidité et les matières en suspension (MES) :

❖ La turbidité d'une eau est due à la présence des particules en suspension, notamment colloïdales : argiles, limons, grains de silice, matières organiques, etc. L'appréciation de l'abondance de ces particules mesure son degré de turbidité. Celui-ci sera d'autant plus faible que le traitement de l'eau aura été plus efficace. La turbidité a un rôle écologique complexe :

- Baisse de la lumière
- Pouvoir adsorbant
- Abrasion et sédimentation

La turbidité peut être évaluée par un certain nombre de méthodes qui sont pratiquées sur le terrain. L'appareillage utilisé est un turbidimètre et une cuve stérile.

▪ Principe :

La mesure de la turbidité de l'eau peut s'effectuer en utilisant l'effet Tyndall ou l'opacimétrie.

▪ Mode opératoire :

- Remplir la cuve stérile avec l'eau à analyser.
- Appuyer sur le bouton mesure.
- Faire la lecture après la stabilisation de turbidimètre. (Rodier, 2009).

❖ La détermination des matières en suspension [MES] dans l'eau (au laboratoire) s'effectue par filtration ou par centrifugation. La méthode par centrifugation est surtout réservée aux eaux contenant trop de matières colloïdales pour être filtrées dans de bonnes conditions, en particulier si le temps de filtration est supérieur à une heure. D'une façon générale, les matières grossières en suspension doivent être préalablement éliminées par passage sur un tamis (module AFNOR 38) et les dépôts restant dans le flacon de prélèvement soigneusement repris. Il convient d'effectuer la détermination le plus rapidement possible après le prélèvement et de préférence sur la totalité de l'échantillon : rincer le flacon de prélèvement pour éviter les pertes.

▪ Principe de la méthode par filtration sur membrane filtrante :

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

▪ **Matériel spécial :**

- Dispositif de filtration sous vide ou sous pression (100 000 à 200 000 Pa).
- Disques filtrants en fibres de verre (plusieurs types de disques commerciaux sont disponibles, la porosité la plus communément utilisée est 1,2 μm).

▪ **Mode opératoire :**

- Laver le disque de filtration à l'eau distillée, le sécher (105 °C) jusqu'à masse constante, puis le peser (soit M_0) Le.
- Mettre en service le dispositif d'aspiration ou de pression. Verser l'échantillon (V) sur le filtre.
- Rincer la fiole ayant contenu l'eau à analyser avec 10 ml d'eau permutée.
- Faire passer sur le filtre cette eau de lavage.
- Laisser essorer le filtre, sécher à 105 °C dans une étuve pendant 20mn.
- Laisser refroidir au dessiccateur et peser le filtre une deuxième fois (soit M_1). (Rodier ; 2009)

▪ **Expression des résultats**

La teneur de l'eau en matières en suspension (mg / L) est donnée par l'expression

$$M1 - M0 / V \times 1\ 000$$

M_0 = masse du disque filtrant avant utilisation (mg).

M_1 = masse du disque filtrant après utilisation (mg).

V = volume d'eau utilisé (ml).

2.4.5. La coloration :

La coloration est un paramètre essentiel de la « pollution esthétique », elle peut être d'origine :

- Naturelle : certaines eaux très peu minéralisées contiennent des substances humiques fortement colorées.
- Eutrophisation : la pullulation d'algues et de bactéries colore l'eau en vert ou en rouge.
- Chimique : résultant des colorants, phénols et dérivés, pigments chlorophylliens.

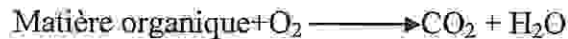
La méthode de mesure : comparaison (après centrifugation) avec une gamme de dilution d'une solution d'étalon de platine-cobalt à 500mg/l de platine. (Gajous ; 1995)

2.4.6. L'oxygène dissous :

L'oxygène dissous est un paramètre très important pour les analyse des eaux, il est depuis très longtemps mesuré par des méthodes chimique, actuellement les sondes sont équipées d'électrode a oxygène. Il est exprimé en mg l^{-1} .

C'est un facteur écologique essentiel :

-Présence= milieu aérobie : permet la respiration des êtres vivants



-Absence= milieu anaérobie : seuls certains micro-organismes subsistent ; réaction de fermentation : Matière organique \longrightarrow $\text{CO}_2 + \text{CH}_4$

Comme c'est le cas pour tous les gaz atmosphériques, la solubilité, ou la saturation, de l'oxygène varie avec la température, la pression et la salinité. (Amino, 1983; Loup, 1974).

Son origine dans l'eau peut être l'activité photosynthétique des végétaux aquatiques ou la dissolution à partir de l' O_2 atmosphérique.

NB : les paramètres ci-dessous cités ont été mesurés au laboratoire de chimie.

2.4.8. Les éléments minéraux majeurs :

Ils sont souvent désignés sous le terme de « sels minéraux », on les rencontre naturellement en quantité notable dans toutes les eaux. Leur toxicité est généralement très réduite mais ils peuvent jouer un rôle écologique important.

A. Détermination de la dureté totale (dosage de Ca^{++} et Mg^{++})

Cette méthode permet de doser rapidement les ions calcium et magnésium. La méthode n'est pas applicable aux eaux de mer et aux eaux ayant une forte teneur en sels.

▪ Principe

Procéder au titrage molaire des ions calcium et magnésium avec l'EDTA à $\text{pH} = 10$ (à cette valeur le complexe EDTA-Mg est plus stable). L'utilisation aussi du noir eriochrome T (NET) qui donne une couleur rouge foncée ou violette en présence des ions Ca^{++} et Mg^{++} .

▪ Mode opératoire

Introduire 50 ml d'eau à analyser dans une fiole conique de 250 ml ; ajouter 4 ml de solution tampon et trois gouttes de solution de noir eriochrome T. la solution se colore en rouge foncé ou violet, le PH doit être de 10. En maintenant une agitation, verser la solution d'EDTA rapidement au début puis goutte à goutte lorsque la solution commence à virer au bleu. Vérifier que la coloration ne change plus par l'addition d'une goutte supplémentaire d'EDTA.

▪ Expression des résultats

La concentration totale en calcium et magnésium, exprimée en milliéquivalents par litre, est donnée par l'expression :

$$1000 \times C \times V_1 / V_2$$

C = concentration en milliéquivalents par litre de la solution d'EDTA.

V1 = volume en ml de la solution d'EDTA.

V2 = volume d'échantillon.

❖ Le calcium (Ca^{2+}) :

Origine généralement naturelle (dissolution du calcaire, du gypse) ; teneur variable de 1 à 200 mg/l Ca en eau douce, d'environ 400 mg/l Ca en eau de mer.

On exprime souvent la teneur en calcium (et magnésium) par la dureté ou titre hydrotimétrique (TH), exprimés en degrés français : 1 degré français = 10.3 mg-l CaCO_3 .

Le calcium joue un rôle essentiel dans la constitution des squelettes et coquilles, et dans les phénomènes de perméabilité cellulaire ; il est concentré par les organismes à partir de l'eau ou des aliments.

En eau douce, la productivité augmente avec la teneur en Ca jusqu'à environ 30 mg/l Ca ; au-delà de 70 mg/l, il peut avoir un effet néfaste sur certains organismes (incrustation calcaires).

La dureté limite l'utilisation industrielle de l'eau (entartrage, lavage, photographie).

Le calcium ne peut en aucun cas poser des problèmes de potabilité. Le seul inconvénient domestique lié à une dureté élevée est l'entartrage. Par contre, les eaux très douces peuvent entraîner des problèmes de corrosion des canalisations. (Gajous ; 1995)

Les eaux adoucies ne doivent pas avoir une dureté inférieure à 15 degrés français (décret du 3 janvier 1989).

▪ Principe de dosage :

Le principe est identique à celui de la méthode complexométrique décrite pour la dureté totale. Comme le dosage se fait à un pH élevé, le magnésium est précipité sous forme d'hydroxyde et n'intervient pas. Par ailleurs, l'indicateur choisi ne se combine qu'avec le calcium.

▪ Réactif :

- Indicateur coloré : Murexide
- Solution d'EDTA (N/50)
- Solution d'hydroxyde de sodium à 2N

▪ Mode opératoire :

- Introduire 50ml d'eau à analyser dans un erlemmeyer au col large.
- Ajouter 2 ml de solution d'hydroxyde et quelques grains d'indicateur coloré.
- Verser la solution d'EDTA jusqu'au virage du rose au violet. (Rodier, 2009).

❖ Le magnésium (Mg^{+2}) :

Origine naturelle (dissolution des roches : magnésites, basaltes, argiles) ou industrielle (industrie de la potasse, de la cellulose, traitements de surface, brasserie) ; en eau douce, les concentrations en Mg sont inférieures à Ca ; en eau de mer c'est le contraire (environ 1.3 g/l Mg).

Élément indispensable à la vie, jouant un rôle dans la respiration et la photosynthèse (dont il peut être un facteur limitant).

Il entre dans la composition du squelette de certains organismes. Dans certaines conditions, il peut être toxique vis-à-vis des poissons, surtout sous forme de chlorure et de sulfate.

A forte concentration, le magnésium confère à l'eau une saveur amère. Les inconvénients d'une teneur excessive en magnésium sont dues à la dureté qu'il confère à l'eau (problème d'entartrage des canalisations). (Gajous ; 1995)

▪ Réactifs :

-Solution d'EDTA (N/50)

-Noir d'eriochrome T

- NH_4OH à $PH=10$

▪ Mode opératoire :

Introduire 50ml d'eau à analyser dans un erlemmeyer au col large, ajouter 02ml de PH_4OH à $pH=10$ et une pincée de noir d'eriochrome T, titrer par l'EDTA (N/50) jusqu'au virage de la couleur bleu. (Hakmi, 2002).

B. La salinité: (détermination des chlorures de sodium)

La salinité est un facteur écologique majeur, une salinisation du milieu (ou une dessalure) entraîne une modification importante de la biocénose, sans qu'il s'agisse forcément d'un appauvrissement, donc d'une pollution.

La présence de sel dans l'eau modifie certaines propriétés (densité, compressibilité, point de congélation, température du maximum de densité). D'autres (viscosité, absorption de la lumière) ne sont pas influencées de manière significative. Enfin certaines sont essentiellement déterminées par la quantité de sel dans l'eau (conductivité, pression osmotique). (Gajous ; 1995)

Le chlorure de sodium ($Na Cl$) n'est qu'un des très nombreux sels composant l'eau, pour la mesure de la salinité on utilise un multi-paramètre.

❖ Le chlorure (Cl^-)

Les chlorures sont des composés naturels des eaux ; ils sont liés aux cations majeurs : calcium, potassium et sodium. Ils proviennent essentiellement de la dissolution du gypse ($CaSO_4 \cdot H_2O$).

Origine :

- Naturelle (mer : 27 g/l NaCl, et terrains salés)
- Humaine (10 à 15 g NaCl dans les urines/j.)
- Industrielles (potasse, industrie pétrolière, galvanoplastie, agroalimentaire).

Indépendamment de la nature de la formation géologique traversée, la présence des chlorures peut être attribuée aux effluents des industries chimiques, à l'exploitation des puits de pétrole, des mines de potasse, aux drainages d'irrigation...etc.

▪ **Principe de dosage:**

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium, la fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent.

▪ **Réactifs :**

- Solution de chromate de potassium à 10%
- Solution de nitrate d'argent N/10.

▪ **Mode opératoire :**

Introduire 25ml d'eau à analyser dans un erlemmeyer au col large, ajouter 2 à 3 gouttes de solution de chromate de potassium à 10%, verser au moyen d'une burette la solution de nitrate d'argent jusqu'à l'apparition d'une teinte rougeâtre qui doit persister 1 à 3 minutes (Fig. 24). (Rodier, 2009).

❖ **le sodium (Na)**

Le sodium est un métal très abondant (environ 26 g /kg de la croûte terrestre soit 2,8 3%) ne se rencontre pas naturellement à l'état natif mais toujours associé à d'autres éléments chimiques (chlorures, sulfates ...). Le principal minéral contenant du sodium et l'un des plus répandus est le sel gemme (chlorure de sodium).

C. L'azote des nitrates

Origine :

- Minéralisation de la matière organique ;
- Engrais azotés ;
- Résidus animaux, fumier, purin ;
- Eaux usées domestiques et stations d'épuration.

Les nitrates stimulent la flore aquatique ; avec l'ammonium, c'est la forme d'azote la plus utilisée par les végétaux, qui peuvent toutefois utiliser également les nitrites, l'azote organique

(*Ulva*, *Enteromorpha*), voire l'azote gazeux (algues bleues). Cette dernière possibilité fait que l'azote n'est pas dans l'eau un vrai facteur limitant de l'eutrophisation. (Gajous ; 1995)

▪ Principe de dosage :

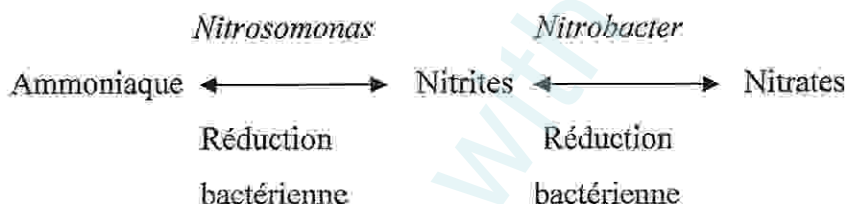
En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosalicylate de sodium, coloré en jaune et susceptible d'un dosage calorimétrique.

▪ Mode opératoire :

Prendre (10ml) d'eau à analyser, l'alcaliniser faiblement avec NaOH 30%, lui ajouter 1 ml de salicylate de sodium, puis évaporer à sec au bain marie à $75^{\circ}\text{C} - 80^{\circ}\text{C}$, ensuite laisser refroidir puis reprendre le résidu avec 2 ml de H_2SO_4 . Ensuite il faut attendre 10 min pour ajouter 15 ml d'eau distillée et 15ml de tartrate double de sodium et de potassium. Puis faire passer au spectrophotomètre.

D. L'azote des nitrites

C'est un stade intermédiaire :



Origine industrielle : traitements de surface, chimie, colorants...

Les nitrites disparaissent vite en milieu naturel. (Gajous ; 1995)

▪ Principe de dosage:

Les nitrites réagissent avec de la sulfanilamide pour former un composé diazoïque, qui après copulation avec le N-1-Naphtylethylènediamine dichlorure donne naissance à une coloration rose.

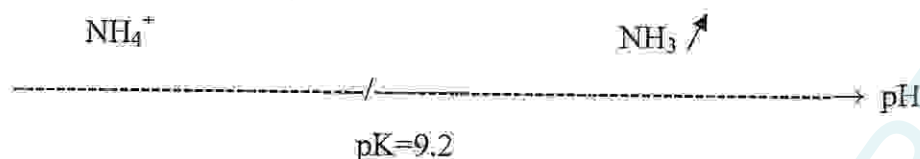
▪ Mode opératoire :

Prendre dans une fiole 50 ml d'eau à analyser, ajouter 1 ml du réactif coloré (mixte) et attendre 10 min avant d'effectuer une lecture au spectrophotomètre à 543 nm. L'apparition de la couleur rose indique la présence de NO_2 .

E. L'ammonium (NH_4^+) :

Dans l'eau, l'azote réduit soluble se retrouve sous deux formes :

L'ion ammonium (NH_4^+) et la forme non dissociée communément appelée ammoniac (NH_3). Ces deux formes traduisent un équilibre acido-basique, que l'on peut représenter par le domaine de prédominance des espèces :



En milieu basique, l'ammoniac est en fait un gaz peu soluble, qui se dégage facilement dans l'atmosphère : on parle alors de « stripping » de l'ammoniac.

Origine :

- Pluie et neige (jusqu'à 2 mg/l ;
- Eaux souterraines (réduction des nitrates) en association avec le fer ;
- Décomposition des déchets azotés (urée, azote organique) ;
- Industrie textile (blanchissement) ;
- Engrais.

L'ammoniac stimule les poussées planctoniques.

Il est toxique pour les poissons, surtout en milieu alcalin, sous forme de gaz qui diffuse facilement à travers les membranes. Une augmentation du pH, qui peut en eau douce n'être due qu'à la consommation du gaz carbonique par photosynthèse, entraîne donc une augmentation de la toxicité due à l'ammoniac.

En milieu oxydant, l'ammoniac se transforme en nitrites puis en nitrates, ce qui induit une consommation d'oxygène.

En milieu naturel, la valeur guide de qualité requise à la vie des poissons (directive européenne) est de 0.04 mg/l NH_4 pour les eaux salmonicoles et 0.2 mg/l NH_4 pour les eaux cyprinicoles ; dans les « classes de qualité » françaises, la limite est de 0.5 mg/l NH_4 entre les classes 2 et 3 (mauvaise). (Gajons ; 1995)

• Principe de dosage :

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

▪ **Réactifs:**

Réactif I :

- Acide dichloroisocyanurique 2 g.
- Hydroxyde de sodium (NaOH) 32 g.
- H₂O distillée q.s.p 1000 ml.

Réactif II (coloré) :

- Tricarbonate de sodium 130 g.
- Salicylate de sodium 130 g.
- Nitropruciate de sodium 0.97 g.
- H₂O distillée q.s.p 1000 ml

▪ **Appareillage:**

Spectrophotomètre UV-Visible

▪ **Mode opératoire :**

- Prendre 40 ml d'eau à analyser
- Ajouter 4 ml du réactif I
- Ajouter 4 ml du réactif II et ajuster à 50 ml avec H₂O distillée et attendre 1h. 30

* L'apparition de la coloration verdâtre indique la présence de : NH₄⁺

Effectuer la lecture à 655 nm.

▪ **Expression des résultats :**

Le résultat est donné directement en mg/l. (Rodier ; 2009)

F. Les phosphates (PO₄)

Origine :

- Naturelle : phosphates calciques
- Contamination fécale
- Détergents
- Engrais
- Industrie chimique
- Polyphosphates (utilisés contre l'entartrage).

Les phosphates sont généralement responsables de l'accélération des phénomènes d'eutrophisation (facteur limitant) dans les lacs ou les rivières.

Ils peuvent avoir un effet bénéfique comme sel nutritif notamment en mer ou ils sont présents à faible dose (50 à 100 $\mu\text{g/l}$). (Gajous ; 1995)

▪ **Principe de dosage :**

La réaction des ions orthophosphate avec une solution acide contenant des ions molybdate et antimoine, forme un complexe d'antimonyl-phosphomolybdate, puis réduction de ce complexe par l'acide ascorbique pour former un complexe de bleu de molybdène de couleur vive.

▪ **Mode opératoire :**

Prendre dans une fiole 40 ml d'eau à analyser, puis ajouter 1 ml d'acide ascorbique et 2 ml du réactif mixte. Attendre 10 min avant de passer l'échantillon au spectrophotomètre. L'apparition de la coloration bleue indique la présence de PO_4^{-3} .

G. Détermination de l'alcalinité (TA et TAC) :

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence des hydrogencarbonates, carbonates et hydroxydes.

L'eau à analyser doit être conservée de préférence dans des récipients en polyéthylène ou en verre borosilicaté et l'analyse doit être pratiquée dans les 24 heures après le prélèvement.

- Le titre alcalimétrique ou TA mesure la teneur de l'eau en alcalis libres et en carbonates alcalins caustiques.
- Le titre alcalimétrique complète ou TAC correspond à la teneur de l'eau en alcalis libres, carbonates et hydrogencarbonates.

▪ **Principe :**

Ces déterminations sont basées sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué, en présence d'un indicateur coloré.

▪ **Mode opératoire :**

- **Détermination du titre alcalimétrique (TA) :**

Prélever 100 ml d'eau à analyser dans une capsule de porcelaine blanche de 12 cm de diamètre environ. Ajouter 1 à 2 gouttes de solution alcoolique de phénophtaléine. Une coloration rose doit alors se développer dans le cas contraire le TA est nul, ce qui se produit en général. Pour les eaux naturelles dont le pH est inférieur à 8,3. Verser ensuite doucement l'acide dans la capsule

à l'aide d'une burette, en agitant constamment et ceci jusqu'à décoloration complète de solution (pH = 8,3).

Soit V le nombre de millilitres d'acide utilisé pour obtenir le virage.

- Détermination du titre alcalimétrique complet (TAC) :

Utiliser l'échantillon traité précédemment ou le prélèvement primitif s'il n'y a pas eu de coloration. Ajouter 2 gouttes de solution de méthylorange et titrer de nouveau avec le même acide jusqu'au virage du jaune au jaune orangé (pH = 4,3). S'assurer qu'une goutte d'acide en excès provoque le passage de la coloration du jaune orangé au rose orangé (pH = 4). Soit V' le nombre de millilitres d'acide 0,02 N versés depuis le début du dosage. Retrancher de ce volume 0,5 ml, quantité d'acide nécessaire pour le virage de l'indicateur, qui est un peu plus faible que le pH de neutralisation exacte de l'hydrogénocarbonate.

▪ Expression des résultats :

-TA :

$V/5$ exprime le titre alcalimétrique en milliéquivalents par litre.

V exprime le titre alcalimétrique en degrés français (en effet 1 °F correspond à 10 mg de carbonate de calcium ou à 0,2 mg/L).

- TAC :

$V' - 0,5/5$ exprime le titre alcalimétrique complet en milliéquivalents par litre.

$V' - 0,5$ exprime le titre alcalimétrique complet en degrés français. (Rodier, 2009)



CHAPITRE III

Résultats et discussions

Produced with Scantopdf



1. Résultats des analyses bactériologiques :

Une analyse bactériologique comporte d'une part, une analyse quantitative, qui nous donne une numération des germes et d'autre part, une analyse qualitative qui consiste à rechercher tous les germes en présence.

Une eau de qualité, doit être exempte de bactéries pathogènes et de virus. Elle ne doit non plus contenir des "germes tests" de contamination car ceux-ci, bien qu'inoffensifs, signalent la présence de germes pathogènes. Par contre la présence de germes banals est admise dans l'eau.

1.1. Les microorganismes revivifiables :

Tableau 14 : Recherche et dénombrement des microorganismes revivifiables

Période	Température	Site 1	Site 2
Avril	22°C	57x10 ¹ UFC/ml	/
	37°C	33x10 ³ UFC/ml	47x10 ¹ UFC/ml
Mai	22°C	36x10 ¹ UFC/ml	37x10 ² UFC/ml
	37°C	58x10 ¹ UFC/ml	31x10 ³ UFC/ml

/: Nombre de colonies moins de 30.

1.2. Recherche et dénombrement des témoins de contamination fécale :

1.2.1. Coliformes totaux :

La recherche des coliformes est primordiale du fait qu'un grand nombre d'entre eux vivent en abondance sur les matières fécales des animaux à sang chaud et de ce fait constituent des indicateurs de première importance (Duffour, 1977).

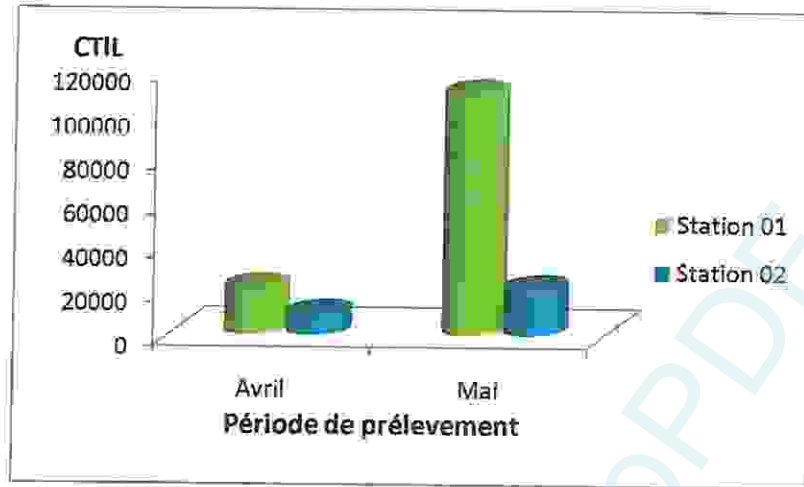


Figure 13 : Evolution du nombre des coliformes totaux /ml dans l'eau de Garaet Hadj Taher.

1.2.2. Coliformes fécaux :

Escherichia coli est le type de coliforme d'habitat fécal exclusif ; sa recherche est donc extrêmement importante.

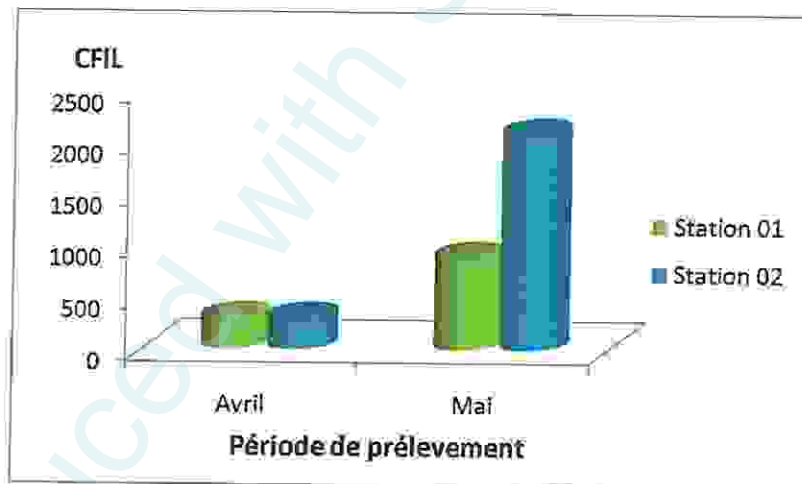


Figure 14 : Evolution du nombre des coliformes fécaux /ml dans l'eau de Garaet Hadj Taher.

L'évolution du nombre de coliformes fécaux dans les eaux de Garaet Hadj Tahar varie spatio-temporellement en fonction des conditions climatiques qui conditionnent l'exploitation du site par les animaux, principalement les oiseaux. Ces derniers semblent être l'unique source de la contamination fécale, du fait de l'absence de tous rejets d'eau résiduaire dans le site.

1.2.3. Streptocoques fécaux :

Les streptocoques fécaux sont des excellents indicateurs de contaminations récentes par la matière fécale des animaux. (Rodier 2009)

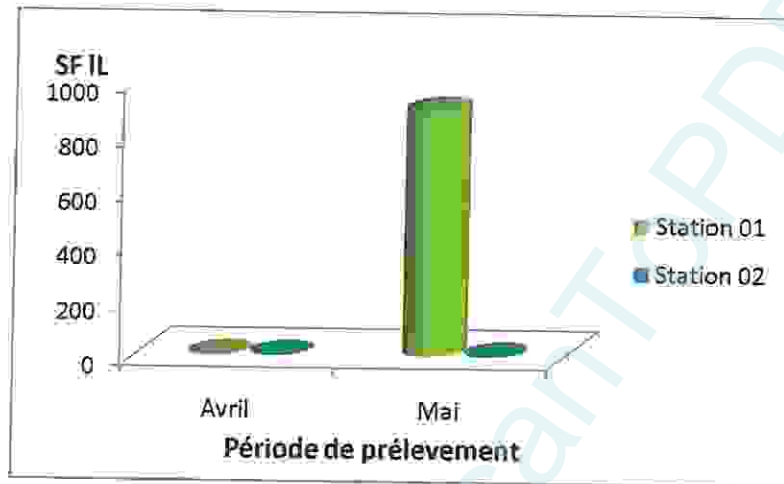


Figure 15 : Evolution du nombre des streptocoques du groupe D /ml dans l'eau de Garaet Hadj Tahar.

Les streptocoques fécaux ou les entérocoques, sont des germes très sensibles aux variations physicochimiques du milieu et ne résistent pas dans l'eau (ils s'adaptent difficilement en dehors de leur milieu habituel qui est l'intestin). Mais leur présence est étroitement liée à la quantité et à la concentration de la matière fécale dans l'eau. Dans l'eau de Garaet Hadj Tahar son origine est principalement aviaire.

Le graphique des Streptocoques D nous montre que l'effectif le plus élevé a été observé durant le mois de mai au niveau du site1. Ce qui indique une contamination récente dans ce site, qui peut être causée par des espèces animales à sang chaud nouvellement arrivées dans le site.

1.3. Les spores des bactéries anaérobies sulfito-réductrices (ASR):

Les anaérobies sulfito-réducteurs sont souvent considérés comme des indices de contamination ancienne. La forme spore, beaucoup plus résistante que les formes exclusivement végétatives des coliformes fécaux et des streptocoques fécaux, permettrait ainsi de détecter une pollution fécale ancienne, bien que ça ne puisse pas être toujours le cas, car les clostridies sulfito-réductrices peuvent avoir une origine tellurique.

Tableau 15: Résultat de la recherche des Anaérobies sulfito-réductrices(ASR).

	S1	S2
Avril	ND	-
Mai	-	-

Les résultats du tableau 15 montrent l'absence de tout signe de contamination ancienne dans notre région d'étude, sauf une faible présence de spores de bactéries anaérobie strictes sulfito-réductrices enregistrée dans le S1 durant le mois d'avril, où leur dénombrement dans le tube était impossible suite à la coloration du milieu en noir (halo noir) qui résulte de la réduction du sulfite par les bactéries.

1.4. Recherche des bactéries pathogènes:

Dans le but de la recherche de certains germes pathogènes dans les eaux de Garaet Hadj Tahar, tels : les vibrions, les staphylocoques, les entérobactéries, les clostridies, les salmonelles et shigelles, et les *Pseudomonas*, on a utilisé plusieurs méthodes d'ensemencement (par étalement, incorporation, par stries ou par filtration sur membrane) sur plusieurs milieux de culture gélosés (TGEA, GNAB, Viande foie, Chapman, Hektoen, Mac Conkey, SS, King A et King B)

Le repiquage successif utilisé dans le seul but de purifier les souches nous a permis de distinguer les caractères de toutes les colonies sur leurs milieux préférentiels d'isolement.

Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau 16.

Tableau 16: Aspect macroscopique, microscopique et identification des colonies bactériennes isolées de l'eau de Garaet Hadj-Tahar

Culture	Observation macroscopique des colonies	Observation microscopique	Identification
Gélose (TGEA)	-Circulaire, lisse, plate, brillante transparente, 1 mm de diamètre. - Irrégulière, lisse, plate, jaune, 1 mm de diamètre. -Bambée, lisse, brillante, à contour régulier, jaune.	-Bacilles isolées ou en chaînettes, Gram négatif. -Bacilles isolés, Gram négatif.	/

Gélose Mac Conkey (MC)*	-Circulaire, ondulés, bossue, rigoureuse, transparente légèrement blanchâtre -Rose claire, circulaire, bombée, avec un centre foncé, lisse, brillante, 1 mm de diamètre.	-Bacilles isolés, Gram négatif. -Bacilles isolés, Gram négatif.	- <i>Aeromonas hydrophyla</i>
Gélose Hektoen (GH)	-Vertes ou bleuâtre, bossue, circulaire, ondulés, rigoureuse. T.petites. (Lac-) -Jaune saumon, rondes rigoureuses plates, 1mm de diamètre, avec virage de couleur du milieu en jaune. (Lac+)	-Bacilles isolés, Gram négatif. -Bacilles isolés, Gram négatif.	- <i>Serratia odorifera</i> - <i>Salmonella arizonae</i>
Milieu Chapman	-Petite, opaque, lisse, bombée, à contour régulier, de couleur blanche. -Bombée, lisse, à contour régulier, jaunâtre avec virage de couleur du milieu entourant les colonies au jaune brillant.	-Cocci groupées en amas, Gram positif.	- <i>Staphylococcus lentus</i> [catalase +] [Coagulase -]
Gélose (GNAB)	-Colonie blanchâtre, bombée. -Rondes, légèrement bombée, lisses, transparentes, très petites (lentilles).	-coccobacilles isolés ou en diplocoques qui tourne sur elles mêmes. Gram négatif	(Souche non identifiée)
Gélose SS	-blanche, rondes, bombée, à contour régulier, brillantes.	- bâtonnets courts, Gram négatif.	- <i>Serratia marcescens</i>
Viande foie (VF)	- Colonie noire de 0.5 mm entourée d'un halo noir (suite à la réduction du Sulfite).	- Bacilles isolés, Gram positif	/
King A King B	- Colonies blanchâtres, bombées, rondes, lisses, à contour régulier,	- bâtonnets courts, Gram positif.	- <i>Pseudomonas aeruginosa</i>

/ : Test non effectué

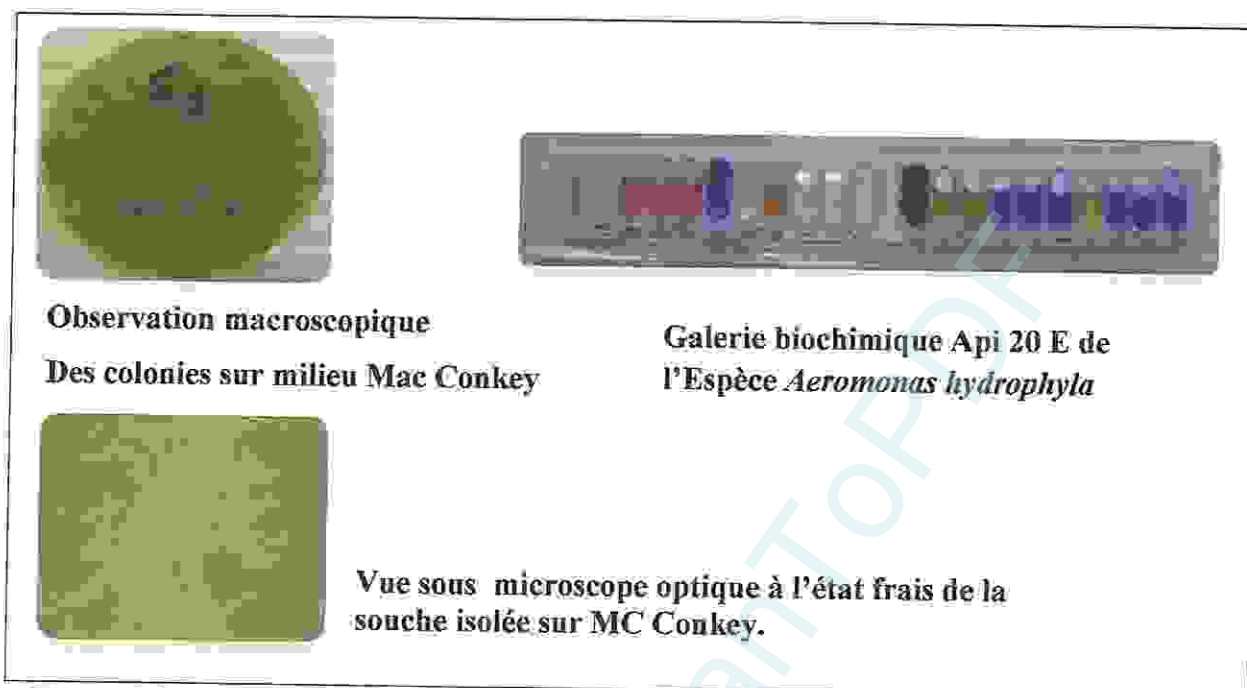


Figure 16: Aspect macroscopique, microscopique et identification biochimique des colonies sur milieu MC Conkey.

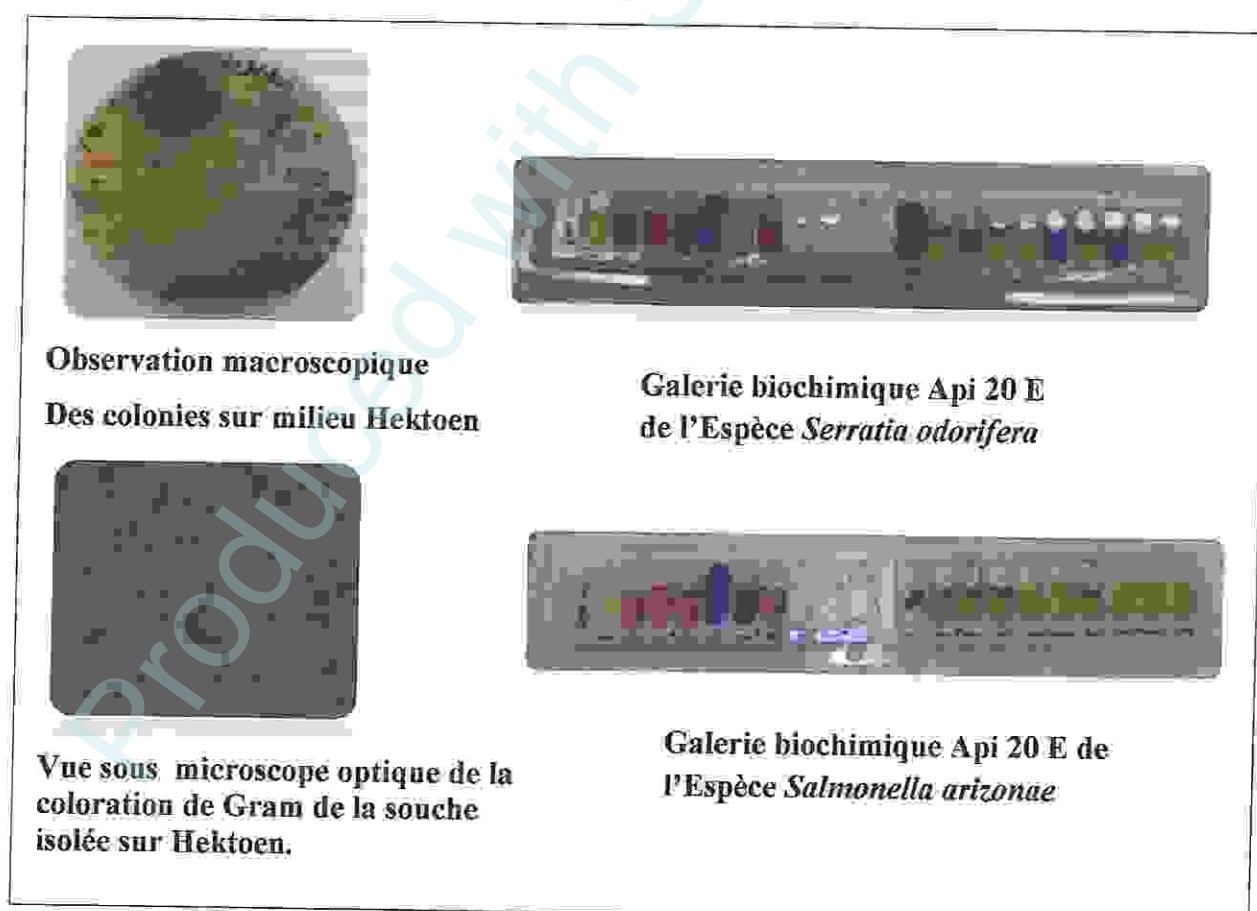


Figure 17: Aspect macroscopique, microscopique et identification biochimiques sur milieu Hektoen

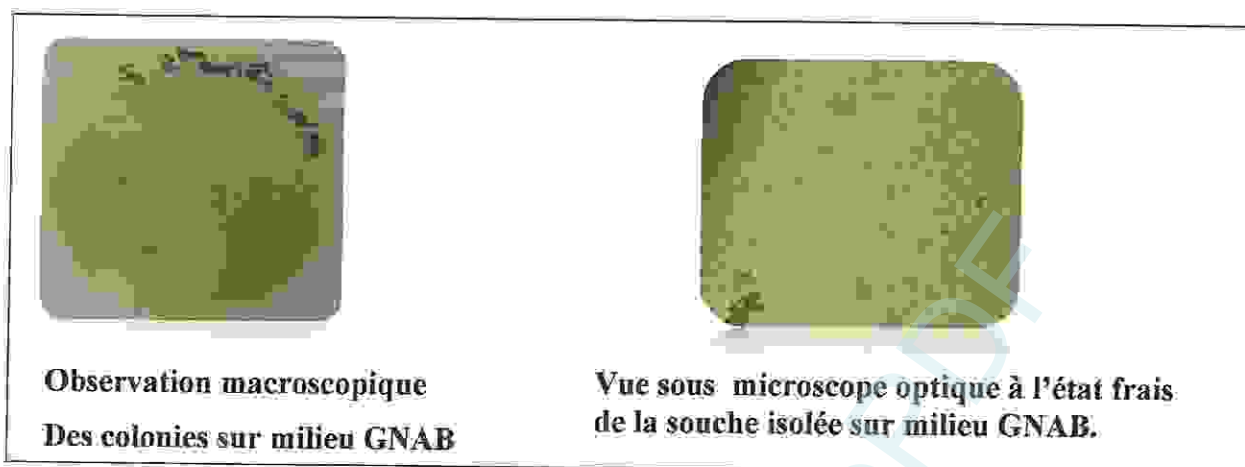


Figure 18: Aspect macroscopique, microscopique et identification biochimique des colonies sur milieu GNAB

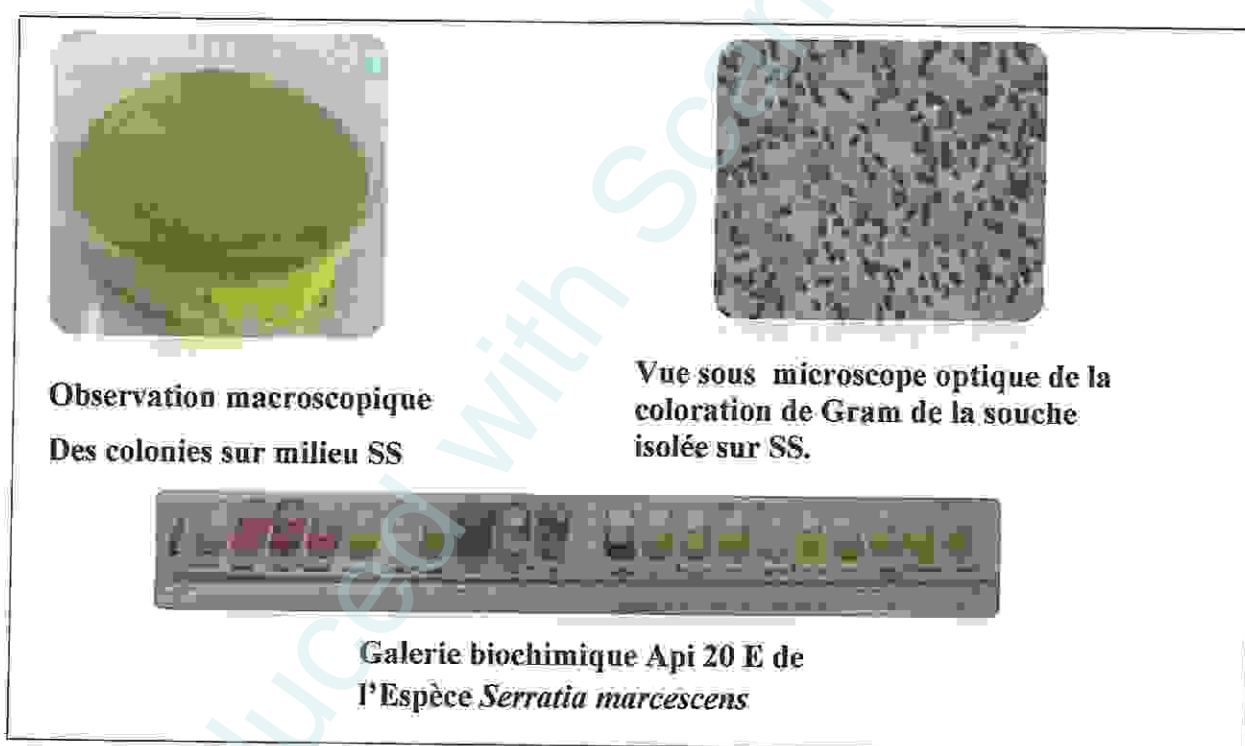


Figure 19: Aspect macroscopique, microscopique et identification biochimiques des colonies sur milieu SS

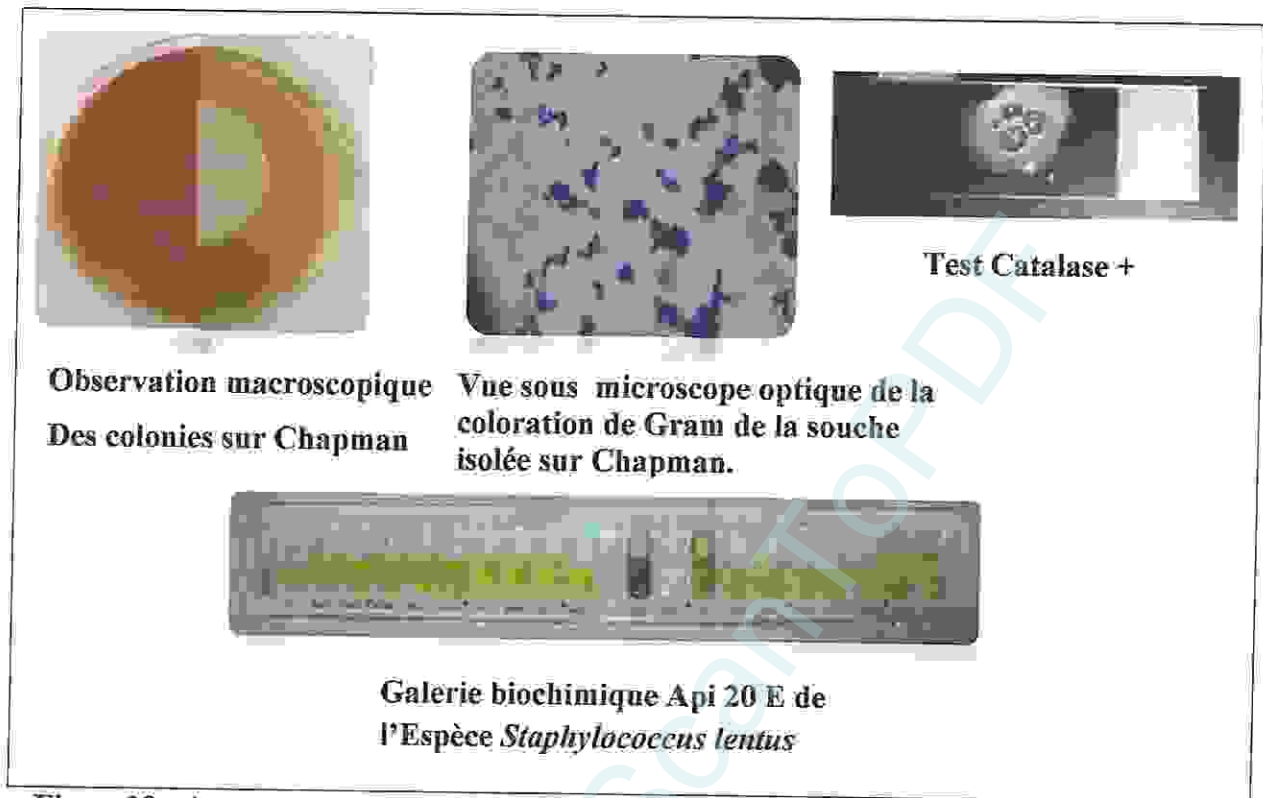


Figure 20 : Aspect macroscopique, microscopique et identification biochimique des colonies sur milieu Chapman

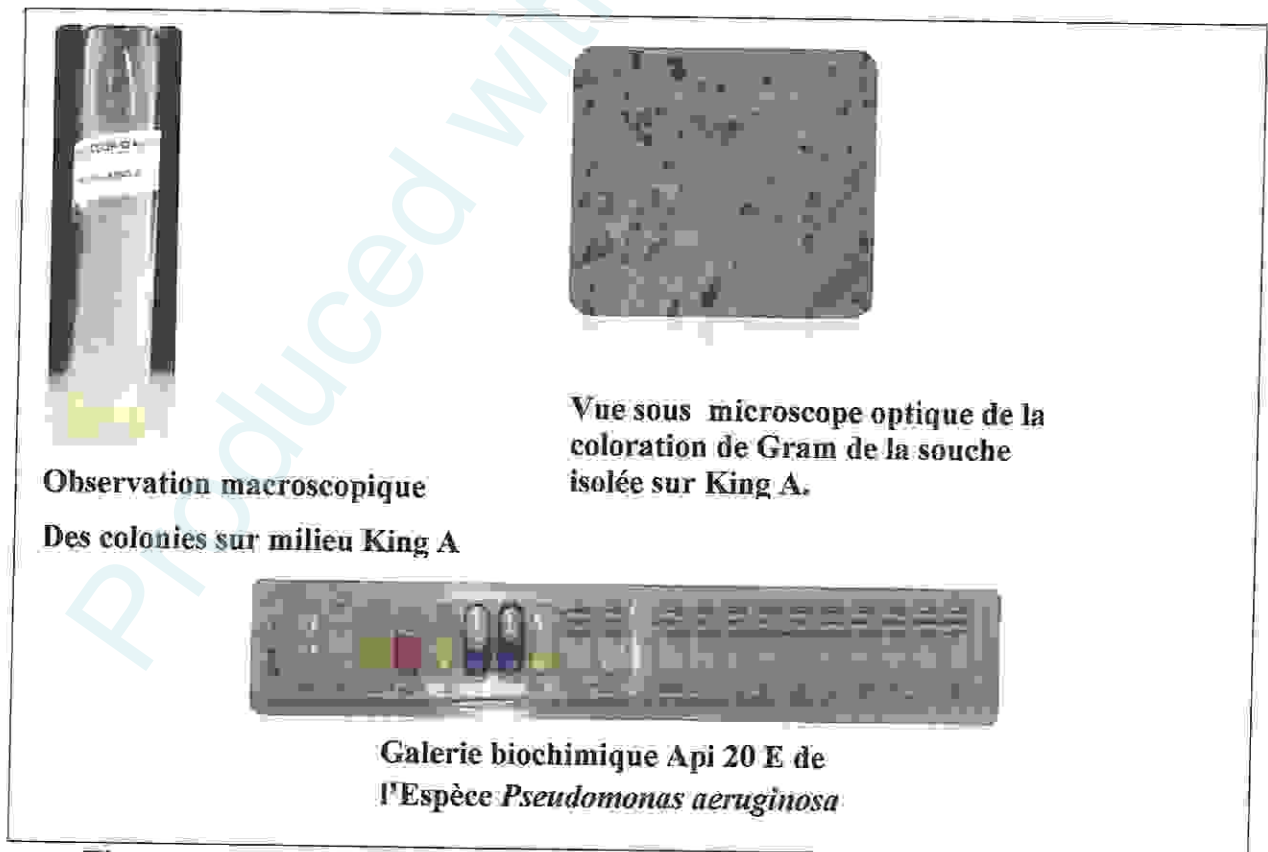


Figure 21 : Aspect macroscopique et microscopique des colonies sur milieu King A

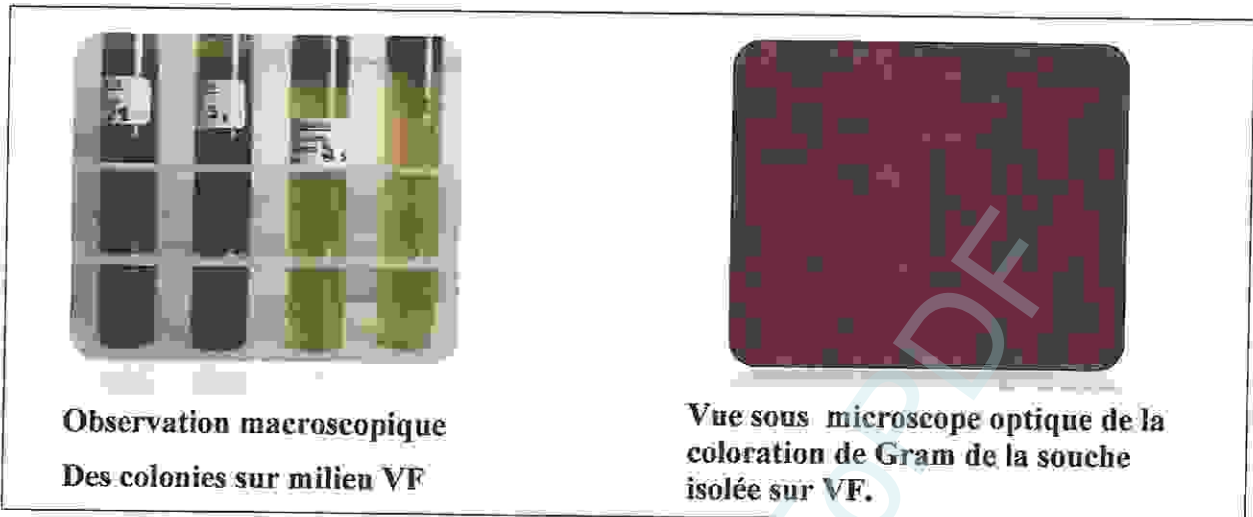


Figure 22 : Aspect macroscopique et microscopique des colonies sur milieu VF

2. Résultats des analyses physico-chimiques :

2.1. La Température :

La température de l'eau varie principalement en fonction de celle ambiante, qui est très variable dans le temps. Ces variations sont directement liées au jour et à l'heure des prélèvements effectués entre 09 h et 10h.

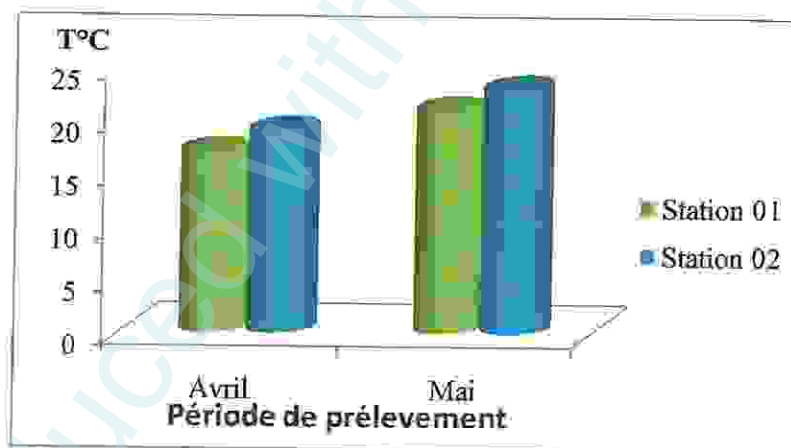


Figure 23 : Variations de la température de l'eau du Garaet Hadj Tahar.

Elle est moyenne au début de notre étude au mois d'avril ($T=18^{\circ}\text{C}$) puis elle a augmentée durant le mois de mai ($T=22^{\circ}\text{C}$), bien que notre étude a été effectuée durant la même saison, donc on n'a pas pu constater de grandes variations de température.

Les variations de température affectent certaines propriétés de l'eau, comme la solubilité de l'oxygène ou la vitesse des réactions chimiques de dégradations et de minéralisation des matières organiques (Martin, 1979), les réactions de dénitrifications cessent à 3°C , elles

reprennent à 5°C et sont cinq fois supérieures à 20°C quand les conditions d'oxygénation le permettent.

Le développement des microorganismes, particulièrement les bactéries, et du point de vue physicochimique, est influencé directement par l'évapotranspiration, ce qui favorise la minéralisation et l'augmentation des concentrations des éléments dans l'eau.

L'augmentation de la température favorise également le développement des algues et des végétaux aquatiques en liaison avec l'enrichissement du milieu en éléments nutritifs, et c'est ce que nous avons observé durant le mois de mai.

2.2. Le pH :

Le pH doit être compris entre 5 et 9 pour permettre un développement normal de la faune et de la flore. La valeur du pH dépend de la conductivité ; les eaux les plus minéralisées ont un pH élevé.

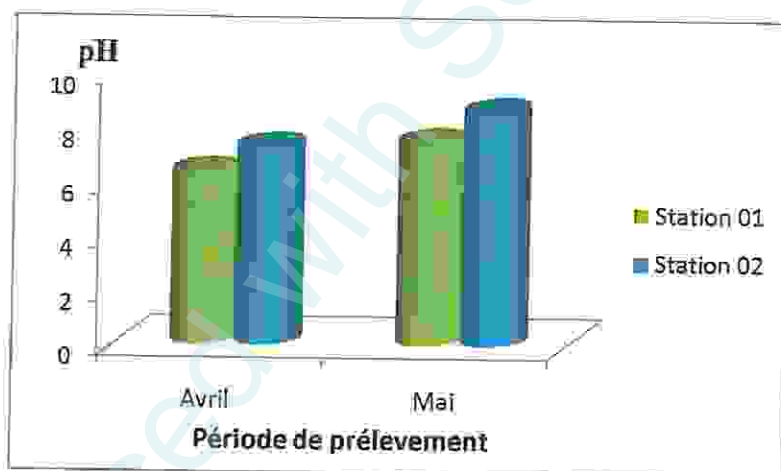


Figure 24: Variations spatio-temporelles du pH de l'eau de Garaet Hadj Tahar.

L'eau de Garaet Hadj Tahar a présentée pendant les deux mois d'étude des valeurs de pH entre (6.3 et 8.6).

2.3. La conductivité électrique :

Elle est proportionnelle à la quantité de sels minéraux dissous dans l'eau ; donc la mesure de la conductivité électrique permet d'évaluer rapidement la minéralisation globale de l'eau

(Rodier, 2009).

Une conductivité électrique élevée est signe de pollution du cours d'eau. La conductivité électrique permet d'avoir une idée sur la salinité de l'eau. Une conductivité élevée traduit soit des pH anormaux, soit une salinité élevée.

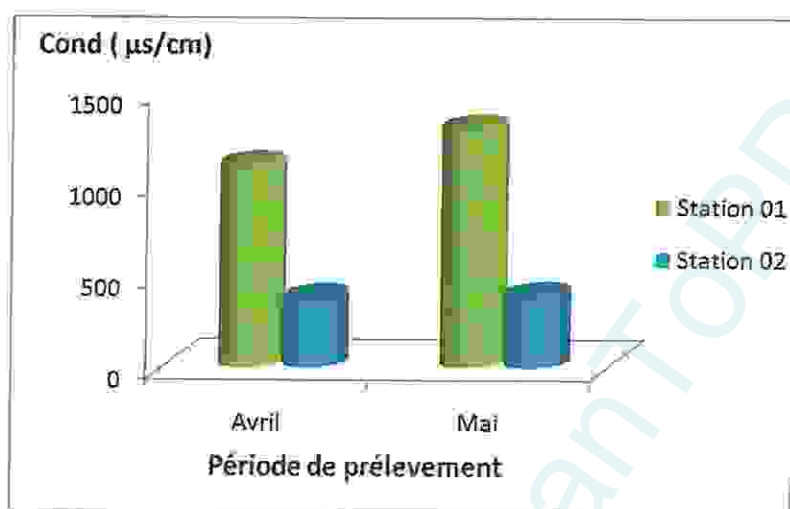


Figure 25: Variations spatio-temporelles de la conductivité électrique de l'eau de Garaet Hadj Tahar

Les valeurs de la conductivité enregistrées sur notre site d'étude variaient entre (377 et 1305µS/cm), durant la période d'étude, vérifiant une faible minéralisation de ce plan d'eau et la diminution, voir l'absence d'une pollution minérale.

Ces valeurs expriment une variation spatiale de la qualité de l'eau de Garaet Hadj Tahar, où on peut qualifier les eaux du site1 (en fonction de la conductivité électrique) de passable à médiocre durant la période de notre étude, contrairement à celles du site 2 qui était de bonne qualité.

NB : On a utilisé la grille de la qualité des eaux naturelles appliquée par l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH)

2.4. La turbidité :

La turbidité est liée à la présence de particules en suspension dans l'eau qui diffusent la lumière dont le limon, l'argile, les matières organiques et inorganiques en fines particules. Certaines conditions météorologiques peuvent modifier la turbidité de l'eau, comme, les hautes chaleurs en été et la pluviométrie, qui sont des facteurs qui augmentent la turbidité.

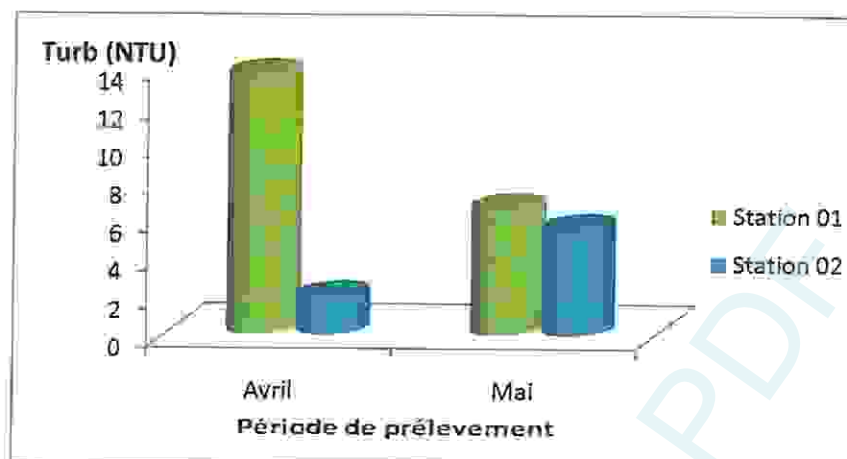


Figure 26: Variations de la turbidité de l'eau de Garaet Hadj Tahar

Ces valeurs qui varient entre (1,94 et 13,59 NTU) montrent une variation spatiale de la turbidité des eaux de Garaet Hadj Tahar où les grandes valeurs sont toujours enregistrées dans le S1, et également une variation temporelle, où la turbidité de l'eau diminue en mois de mai. Cette diminution semble être due à la diminution de la pluviométrie et la consommation des matières organiques et inorganiques par les végétaux aquatiques dont on a remarqué l'accroissement de leur développement durant ce mois.

L'eau de la Garaet était (selon la grille de l'ANRH) de bonne qualité en fonction de la turbidité.

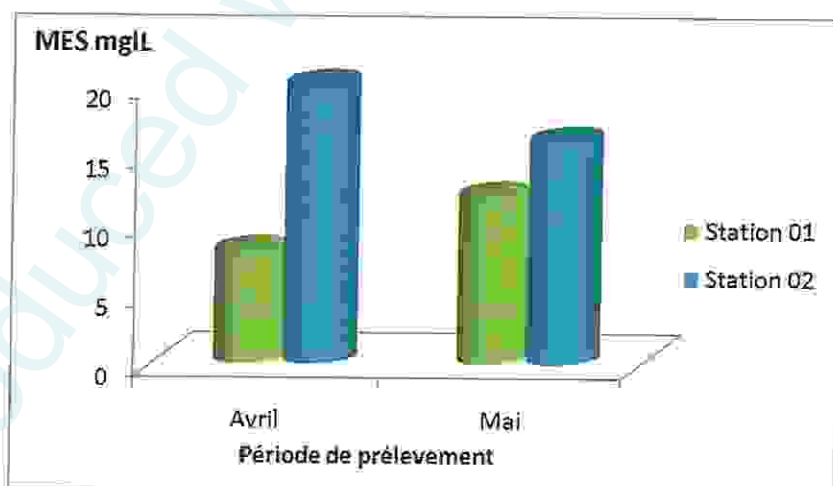


Figure 27: Variations des MES en mg/l de l'eau de Garaet Hadj Tahar.

2.5. La couleur apparente :

On a constaté que l'eau de la Garaet a été claire durant toute la période de notre étude.

2.6. L'oxygène dissous :

Le dioxygène est un des facteurs fondamentaux de la vie. La présence de dioxygène dans les eaux joue un rôle primordial dans le maintien de la vie aquatique, et donc dans les phénomènes d'autoépuration (dégradation de la matière organique) et de la photosynthèse.

L'oxygène dissout provient en majeure partie de l'atmosphère. Une autre partie de l'oxygène est produite par les plantes aquatiques durant le jour. De manière générale la teneur en dioxygène dépend de la respiration des organismes aquatiques, de la dégradation des polluants (consommation de dioxygène) et de l'activité de photosynthèse de la flore (production de dioxygène). Il constitue un excellent indicateur du fonctionnement du plan d'eau à différents titres :

-Sur le plan physique (indicateur de pollution) : les matières minérales et organiques réduites sont oxydées biologiquement et font diminuer la concentration en O_2 dissous. Une eau appauvrie en O_2 peut à ce titre être considérée comme polluée.

-Sur le plan biologique : l'oxygène présent dans l'eau est vital aux organismes vivants.

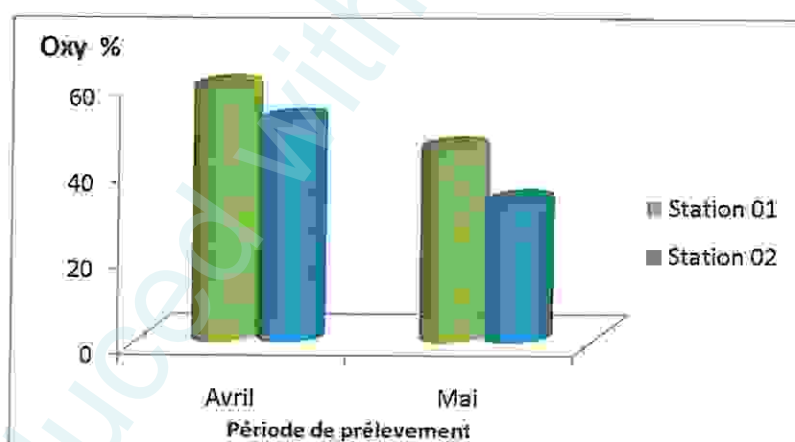


Figure 28 : Variations des teneurs d'Oxygène dissous en mg/l de l'eau de Garaet Hadj Tahar.

Le pourcentage de saturation en dioxygène (qui est fonction de la température de l'eau) permet de déterminer la qualité de l'eau.

Il est à noter que la situation devient critique entre 50 et 30% de saturation et elle devient dangereuse entre 30 et 10% et quelle est létale pour la faune aquatique si le pourcentage est inférieur à 10%.

Selon les résultats enregistrés durant notre période d'étude, l'eau de Garaet Hadj Tahar avait une faible oxygénation (entre 32,2 et 58,7%), vérifiant ainsi la première situation. Cette dernière était passable durant le mois d'Avril et s'est diminuée pour devenir mauvaise en mois de Mai, ce qui semble être dû à la forte consommation d' O_2 par les organismes vivants dans ce plan d'eau, pour la dégradation des matières organiques et inorganiques essentielles à leur développement, qui était intense durant le mois de Mai.

2.7. Détermination de la dureté totale (la détermination de Ca^{++} et Mg^{++}) :

Bien que la dureté puisse avoir sur l'eau des effets d'ordre esthétique et organoleptique, on n'a pas fixé de concentration maximale acceptable car la tolérance à l'égard de la dureté peut varier considérablement selon les conditions locales. Une eau dont la dureté est supérieure à 200 mg/l est considérée comme médiocre, mais elle peut être tolérée par les consommateurs; les eaux dont la dureté est supérieure à 500 mg/l sont inacceptables pour la plupart des usages domestiques. (Anonyme ; 2009).

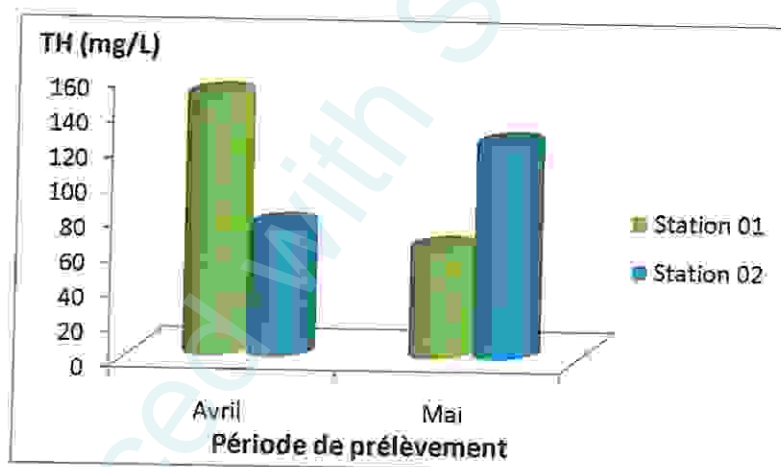


Figure 29 : Variations de la dureté totale en mg/l de l'eau de Garaet Hadj Tahar.

Selon les résultats obtenus en analysant l'eau de Garaet Hadj Tahar, et qui étaient tous inférieurs à 200 mg/l, on peut dire que cette eau possède une dureté très faible.

Les principaux cations responsables de la dureté de l'eau, le calcium et le magnésium, ne constituent pas une menace directe pour la santé publique, dont la variation de la teneur en ces deux cations dans l'eau de Garaet Hadj Tahar est résumée dans les deux diagrammes ci-dessous :

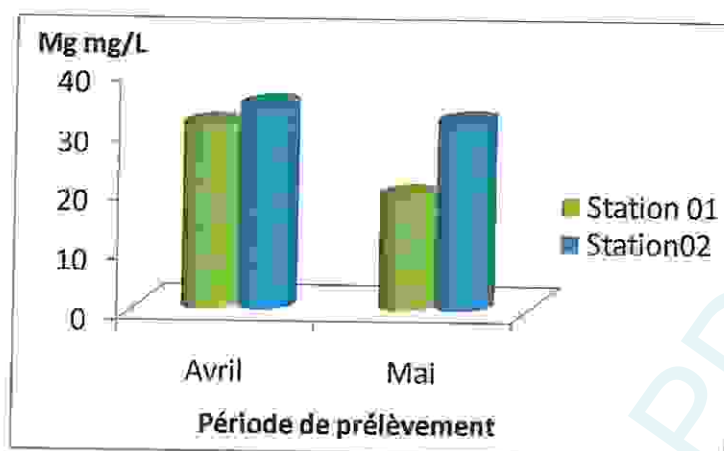


Figure 30 : Variations des teneurs en Magnésium dans l'eau de Garaet Hadj Tahar.

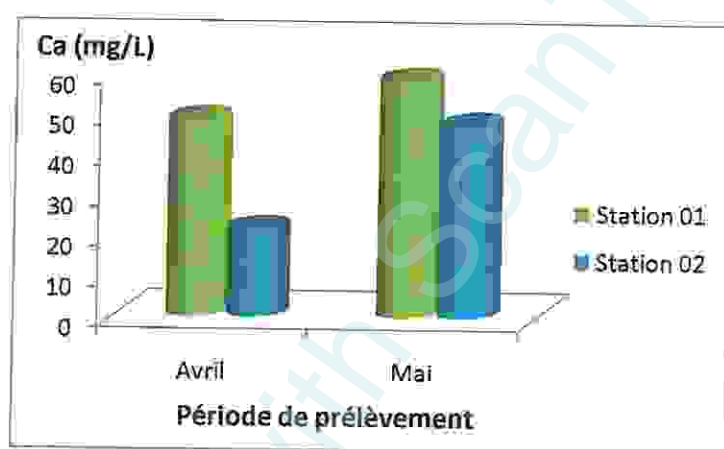


Figure 31: Variations des teneurs en Calcium dans l'eau de Garaet Hadj Tahar

La teneur des ions bivalents (Ca^{+2} et Mg^{+2}) sont peut variable entre le mois d'avril et le mois de mai ; sauf que le premier élément est plus élevé dans le S2 et le second dans le S1.

2.8. La salinité (détermination des chlorures de sodium) :

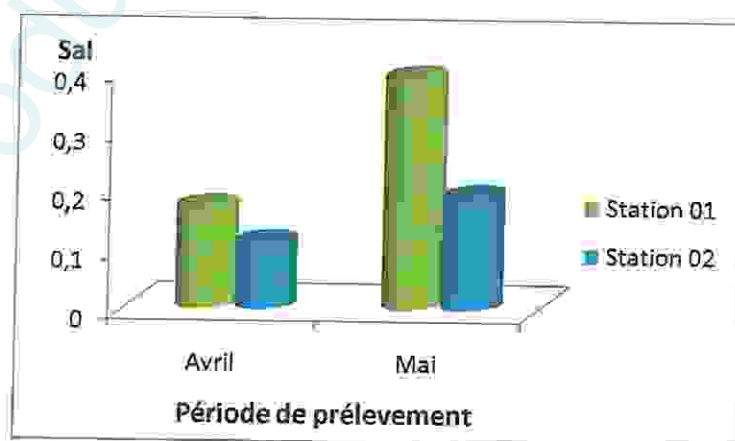


Figure 32 : Variations de la salinité dans l'eau de Garaet Hadj Tahar

Les résultats de la salinité enregistrés dans notre site d'étude, et qui varient entre (0,11 et 0,39) confirment ceux de la conductivité.

[Salinité ↔ Minéralisation ↔ Conductivité]

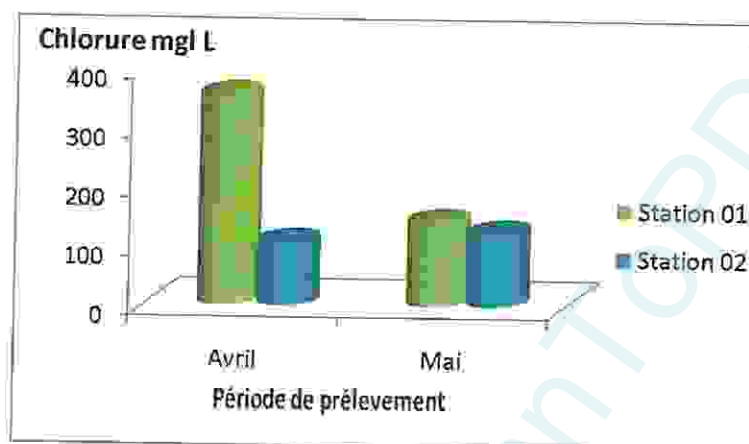


Figure 33 : Teneurs en chlorures en mg/l de l'eau de Garaet Hadj Tahar.

Les taux de cet élément dans le lac étaient entre (106,5 et 355 mg/l)

2.9. L'azote des nitrates :

Les nitrates sont en effet l'élément chimique majeur qui conditionne la vie des microorganismes dans un écosystème aquatique (Faurie, 2003). Les bactéries ont toujours besoin de source azotée pour synthétiser leurs protéines. Les nitrates sont à la fois des nutriments pour la croissance des végétaux et une contrainte pour la production d'eau potable. La pollution par les nitrates provient des rejets agricoles, par le lessivage des sols à l'occasion d'épisodes pluvieuses. Les nitrates contribuent avec le phosphore à l'apparition de phénomènes d'eutrophisation.

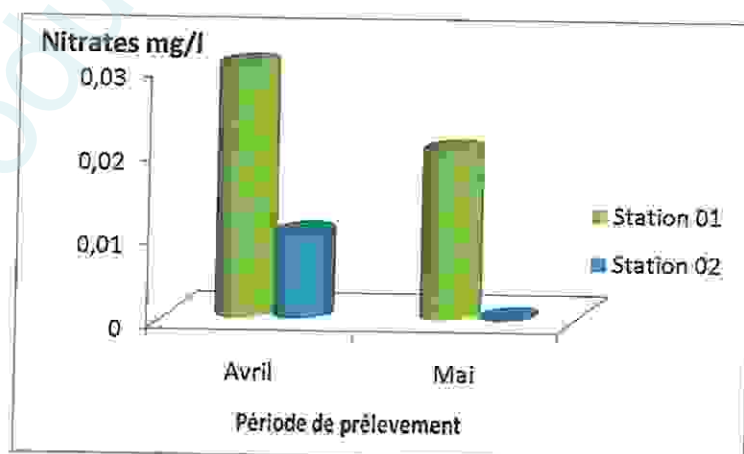


Figure 34 : Variations des teneurs des nitrates dans l'eau de Garaet Hadj Tahar.

Les taux de cet élément dans le Lac étaient entre (0 et 0,03 mg/l), vérifiant une bonne qualité d'eau (selon la grille de l'ANRH). Ces résultats montrent une variation spatiale de la teneur en Nitrate dans l'eau de Garaet Hadj Tahar, due principalement à la présence de la végétation dans le S1 et l'absence totale de cette dernière dans le S2. La diminution de la teneur en cet élément en fonction du temps est due principalement à sa consommation par les organismes vivants et partiellement par sa réduction en Nitrites sous l'influence d'une action dénitrifiante.

2.10. Azote des nitrites :

Les nitrites proviennent par deux processus :

- oxydation incomplète de l'azote ammoniacal, (nitrification incomplète)
- réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiante.

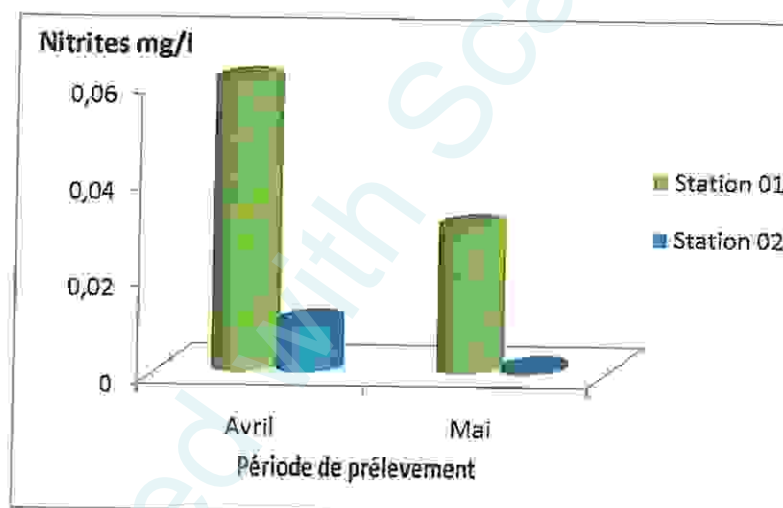


Figure 35 : Variations des teneurs des nitrites dans l'eau de Garaet Hadj Tahar.

Les valeurs de nitrites enregistrées dans notre site d'étude varient entre (0,0008 et 0,06 mg/l).

Les nitrites instables ne se maintiennent que lorsque le milieu n'est pas suffisamment oxydé, leur présence indique un état critique de pollution organique, ce qui n'est pas le cas à Garaet Hadj Tahar, dont la qualité de ses eaux (selon la grille de l'ANRH) est excellente, en fonction de cet élément.

L'ion nitrate est la principale forme d'azote inorganique trouvée dans les eaux naturelles. L'ion nitrite s'oxyde facilement en ion nitrate et ne se retrouve ainsi que très rarement en concentrations importantes dans les eaux naturelles. Ce qui explique la diminution de sa teneur dans l'eau en fonction du temps.

2.11. L'Azote ammoniacal (NH_4^+) :

L'ion ammonium correspond à la forme réduite de l'azote. Ce composé azoté est caractéristique des eaux résiduaires où il est associé à l'azote organique. Dans des conditions d'oxygénation normale, cet élément est oxydé en nitrites puis en nitrates. Ce n'est pas la forme ionisée (NH_4^+) qui est toxique, mais la forme non ionisée (NH_3). La transition vers cette forme non ionisée dépend du pH, de la température et du taux d'oxygène. A fortes doses, l'azote ammoniacal et organique peut être toxique pour la biocénose (faune et flore) du milieu récepteur par la consommation d'oxygène nécessaire à sa transformation et la toxicité propre à l'ammoniac.

En générale une eau bien oxygénée ne contient que des traces d'ammoniaque.

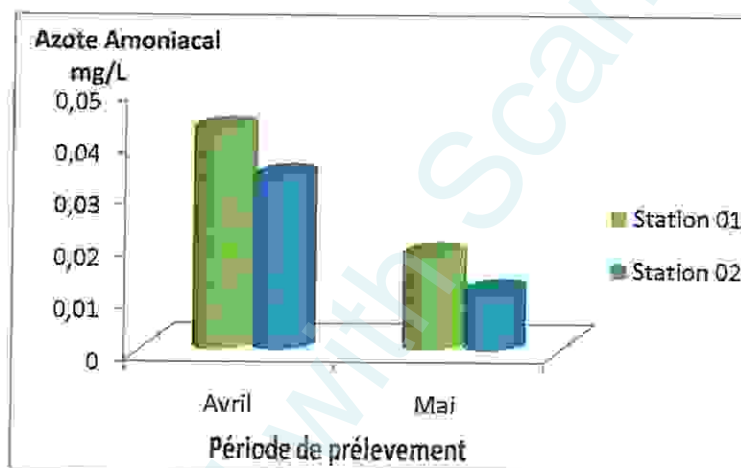


Figure 36 : Variations des teneurs de l'ammonium dans l'eau de Garaet Hadj Tahar

Les valeurs en azote ammoniacal dans l'eau de Garaet Hadj Tahar oscillent entre (0,011 et 0,042 mg/l), exprimant une qualité normale de cette eau (selon la grille de l'ANRH).

2.12. L'alcalinité :

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence d'hydrogencarbonates (HCO_3^-), de carbonates (CO_3^{2-}), d'ions hydroxydes (OH^-) et d'une façon plus limitée, aux ions silicates (HSiO_3^{2-}), phosphates (PO_4^{3-}) ou encore aux espèces moléculaires des acides faibles.

L'alcalinité, indice du pouvoir tampon de l'eau, est étroitement liée à la dureté.

On distingue le titre alcalimétrique simple (TA) qui mesure la teneur de l'eau en alcalis libres et en carbonates alcalins caustiques. (Rodier ; 2009)

Ce dernier était nul dans l'eau de Garaet Hadj Tahar où le pH n'était pas suffisamment basique (inférieur à 8,5).

Le titre alcalimétrique complet (TAC) correspond à la teneur en carbonates et hydrogénocarbonates.

Dans les eaux naturelles, l'alcalinité, exprimée en HCO_3^- , varie de 10 à 350 mg/l.

Pour une eau ne contenant que des hydrogénocarbonates (cas le plus fréquent), $\text{TA} = 0$ et $\text{TAC} = \text{HCO}_3^-$. L'eau de notre site d'étude avait des valeurs de TAC variant entre (95 et 110 mg/l) (Figure 37).

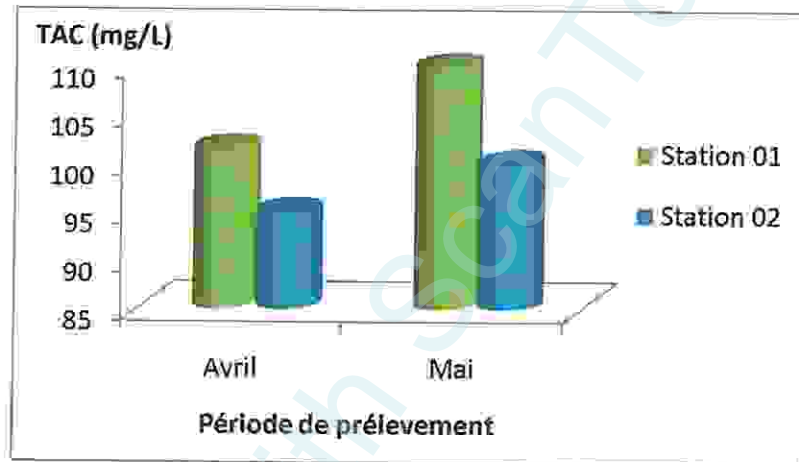


Figure 37 : Variations du TAC dans l'eau de Garaet Hadj Tahar

2.13. Les phosphates:

Le phosphore est naturellement présent dans les eaux superficielles en faible concentration, compte tenu de son importance dans la constitution des êtres vivants. Il joue souvent, vis-à-vis de leur développement, le rôle de "facteur limitant".

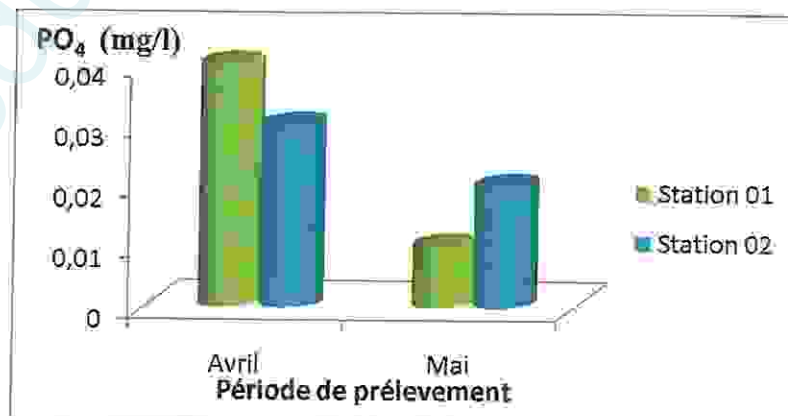


Figure 38 : Variations des teneurs en phosphate dans l'eau de Garaet Hadj Tahar.

En effet, selon Rodier (2009), le phosphore joue un rôle très important dans le développement des algues. Il est susceptible de favoriser leur multiplication dans les eaux des lacs, où elles contribuent à l'eutrophisation.

Selon (Verneaux, 1973) La présence des phosphates dans les eaux naturelles à des concentrations supérieurs à 0,2mg/l est l'indice d'une pollution par des eaux vannes contenant des phosphates organiques.

Les eaux de la garaet présentent pour l'ensemble des deux stations, un taux en phosphate inférieur aux limites citées précédemment (entre 0,01 et 0,04 mg/l), ce qui révèle une situation excellente.

Conclusion

Il y a plusieurs millions d'années, c'est dans l'eau qu'est apparue la première forme de vie qui s'est développée et a évolué jusqu'à celles que nous connaissons aujourd'hui aussi bien pour la flore que pour la faune.

En Algérie, il reste encore et beaucoup à sensibiliser tous les utilisateurs de l'eau et des zones humides à engager une profonde réflexion sur la gestion des écosystèmes aquatiques, car leur devenir à long terme dépend de la gestion de cette utilisation.

Le thème que nous venons de développer entre dans le cadre de la protection et la conservation des zones humides, et notamment l'eau qui est la plus consommée par tous les êtres vivants.

L'objectif de l'analyse bactériologique d'une eau n'est pas d'effectuer un inventaire de toutes les espèces présentes, mais de rechercher celles qui sont susceptibles d'être pathogènes, ce qui est souvent plus aisé, et celles qui les accompagnent et qui sont en plus grand nombre souvent présentes dans l'intestin des mammifères et sont par leur présence indicatrices d'une contamination fécale et donc des maladies associées à la contamination fécale. On peut noter que durant la période de notre étude, la présence de germes test de contamination fécale, était importante principalement durant le mois de mai. Elle est favorisée par les conditions abiotiques et biotiques adéquates du milieu récepteur pendant cette période.

Quant aux résultats des analyses physicochimiques, les concentrations en éléments minéraux (nitrates, nitrites, ammonium, phosphates, calcium et magnésium) étaient inférieurs aux normes requises, indiquant une pollution chimique minimale du plan d'eau, et qui malgré ça, semble être menacé vu l'utilisation des engrais chimiques dans les terres agricoles avoisinantes et la diminution de la quantité de ses eaux qui sont utilisées pour l'irrigation ou d'autres usages urbains surtout durant la période sèche où tout autres plans d'eau sont asséchés.

D'une manière générale, La Garaet est écologiquement appréciable par rapport aux autres écosystèmes aquatiques du Nord-Est de l'Algérie. En comparant à des études précédentes réalisées sur ce même site, la qualité de ses eaux est en détérioration lente, ce qui influe négativement sur la qualité biologique (physico-chimie et microbiologie) et écologique de ce système aquatique qui se dégrade progressivement.

Du fait que l'homme en tire des profits inestimables entre autres la maîtrise des crues, la recharge des eaux souterraines, la rétention et l'exportation des sédiments et nutriments, l'épuration des eaux, la diversité biologique, les bienfaits des zones humides, loisirs et tourisme et une valeur culturelle sure, Il doit les gérer avec beaucoup d'attention et de conscience afin d'assurer leur pérennité (protection et conservation).

Produced with ScanTOPDF

Résumé :

Le thème que nous venons de développer, et qui vise à déterminer la qualité physicochimique et bactériologique de Garaet Hadj Tahar qui fait partie de l'éco-complexe Guerbès-Sanhadja au niveau de la wilaya de Skikda ; entre dans le cadre de la protection et la conservation des zones humides, et notamment l'eau qui est la plus consommée par tous les êtres vivants.

L'ensemble des résultats des analyses bactériologiques a révélé que l'eau de Garaet Hadj Tahar est exposée à une légère contamination d'origine fécale causée principalement par l'élevage intensif, ainsi qu'au nombre très élevé d'oiseaux hébergés par ce marais.

Les paramètres physico-chimiques, affichent des faibles teneurs en matières chimiques provenant principalement des engrais utilisés dans les terrains agricoles avoisinants, ces valeurs enregistrées restent encore faibles pour pouvoir causer une pollution organique ou métallique.

Afin d'assurer la pérennité de cet écosystème aquatique, il serait nécessaire de diminuer voire arrêter l'exploitation de son eau pour l'irrigation afin de maintenir son niveau d'eau.

Mots clés:

Zones humides, Garaet Hadj Tahar, qualité de l'eau, physico-chimie, bactériologie, pollution.

Produced with Scantopdf

Summary:

The theme we have just developed, aiming to define the physicochemical and bacteriological water quality of Garaet Hadj Tahar a part of the Eco complex Guerbès-Sanhadja located in the wilaya of Skikda, comes within the context of protecting and preserving wet areas and especially water that is mostly consumed by all living beings.

The whole results of bacteriological analysis showed that Garaet Hadj Tahar water is exposed to a light contamination from fecal roots mainly caused by the intensive stock farming, and the excessively high number of birds dwelling there.

Physicochemical parameters display weak contents of chemical matters chiefly coming from neighboring agricultural fields fertilizers; these records are not strong enough to cause an organic or metallic pollution.

In order to preserve this aquatic ecosystem and its water level, the exploitation of its water in irrigating aims should be decreased or even stopped.

Key words:

Wet areas, Garaet Hadj Tahar, water quality, physic-chemistry, bacteriology, pollution.

Produced with Scantopdf

المخلص

يدخل موضوع دراستنا التي تهدف الى تحديد النوعية الفيزيو كيميائية و البكتير يولوجية لمياه قرعة الحاج الطاهر في اطار المحافظة على المناطق الرطبة و حمايتها و ليس فقط المياه و التي تعد الأكثر استهلاكاً من قبل جميع الكائنات الحية.

مجموع نتائج التحليل البكتيريولوجية بينت أن مياه قرعة الحاج الطاهر معرضة إلى تلوث خفيف ذو مصدر برازي ناتج عن المواشي و ارتفاع عدد الطيور المقيمة في هذه المياه.

بينت المعايير الفيزيوكيميائية احتواء بسيطا لهذه المياه على المواد الكيميائية الناتجة عن استعمال الأسمدة في الاراضي الزراعية المجاورة، هذه القيم المسجلة تبقى أضعف من أن تسبب تلوث عضوي او معدني.

من أجل ضمان تيمومة هذا النظام البيئي المائي من الضروري خفض أو حتى وقف استعمال مياهه للري للحفاظ على مستوى الماء به.

الكلمات المفتاح

المناطق الرطبة قرعة الحاج الطاهر نوعية المياه الفيزيوكيميائية البكتيريولوجية التلوث



REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES



Produced with
TOPDF

1. **Amino A., et Chaussied M., (1983).** *Manuel des analyses chimiques en milieu marin. C.N.E.X.O.FRANCE.* 395p.
2. **Aouissi A., Fouzari A., et Meziane N., (2007).** *Qualité bactériologique de l'eau d'Oued Seybouse.* Mémoire d'ingénieur. Université 8 mai 1945 Guelma. 57p.
3. **Atoussi S., (2008).** *Ecologie des canards plongeurs dans la Garaet Hadj Tahar (Ben Azouz, Skikda).* Mémoire de Magister. Université 8 mai 1945, Guelma. 68p.
4. **Archibald F., (2003).** Coliformes fécaux. Institut national de santé publique de Québec. 3p.
5. **Benderradji M. L., (2000).** *Les milieux humides de l'extrême Nord-est algérien de Guerbes aux confins Algéro-Tunisiens: Ecogéographie et aménagement.* Thèse de doctorat d'état. Univ. Mentouri-Constantine. 497p.
6. **Block J., (1982)** *Élimination des micro-organismes au cours du traitement des eaux usées urbaines.* TECetDOC Lavoisier. Paris France, 465p.
7. **Boeglin J., (2005).** *Contrôle des eaux douces et de consommation humaine. Techniques de l'Ingénieur* p 4210.
8. **Bontoux, (1979).** *Cycle et bilan de l'azote en rivière.* Comptes-rendus des troisièmes journées scientifiques et techniques : l'eau, la recherche et l'environnement, limoges, (10-12 Oct.) 185-203P.
9. **Boulkroune H., (2008).** *Contribution à l'étude biologique du pouvoir auto-épurateur de l'eau : cas du marais d'El-Kennar.* Mémoire due Magister. Université de Jijel. 119p.
10. **Bourgeois C. M. et Leveau J., Y., (1980).** *Techniques d'analyse et de contrôle dans les industries agro-alimentaire.* T3. 331p.
11. **Camille D., (2003).** *Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux. Réglementation, prélèvements, analyses. Tec et Doc* 156 p.
12. **Dégrément, (1998).** *Mémento technique de l'eau 8ème édition Tec et Doc.* Paris 986p.
13. **Derache R., (1986).** *Toxicologie et sécurité des aliments tec et doc Lavoisier paris cedex .598P*
14. **Denis F., (2007).** *Bactériologie médicale techniques usuelles.* Masson. 384p.

15. Ghars-allah Z., (2005). *Evaluation de la pollution du littoral d'Annaba qualité microbiologique de l'eau et teneur en métaux lourds du sédiment superficielle*. Mémoire de Magister. Université Badji Mokhtar Annaba. 76p.
16. Guiraud J., P., (1998). *Microbiologie alimentaire*. Dunod. France. 652p.
17. Guiraud J., (2003). *Microbiologie alimentaire*. Paris. P99, 101, 133, 354,374.
18. Hakmi A., (2002). *Traitement des eaux " analyse de l'eau de source bousfer ORAN*, Mémoire de magister. Université des sciences et de la technologie Oran.71p.
19. Houhamdi M., (1998). *Ecologie du Lac des oiseaux: cartographie, Palynothèque et utilisation de l'espace par l'avifaune aquatique*. Mémoire de Magister. Université Badji Mokhtar, Annaba. 127p.
20. Houhamdi M., (2002). *Ecologie des peuplements aviens du Lac des oiseaux. (Numidie orientale)*. Thèse de doctorat d'état. Université Badji Mokhtar, Annaba 138p.
21. Joffin C., Et Joffin G., N., (2003). *Microbiologie alimentaire*. C.R.D.P.Aquitaine, p. 86.
22. Labres et Mouffok F., (2008). *Le cours national d'hygiène et de microbiologie des eaux de boisson*. Manuel des travaux pratique des eaux. Institut Pasteur d'Algérie. 53p.
23. Leclerc, (1996). *Microbiologie générale*. Doin. 368p.
24. Lightfoot N et Maier F., (2002). *Analyses microbiologiques des aliments et de l'eau*.
25. Loup J. P., (1974). *Les eaux terrestres*. Collection dirigée par Jean Pelletier. Masson et Cie. Paris Ive 1974. 14p.
26. Merzoug A., (2008). *Comportement diurne du Canard chipeau Anas strepera et de la Foulque macroule Fulica atra hivernant à Garaet Hadj Taher (wilaya de Skikda)*. Mémoire de Magister. Université 8 mai 1945, Guelma. 85p.
27. Metallaoui S., et Houhamdi M., (2008). *Données préliminaires sur l'avifaune aquatique de la Garaet Hadj Taher (Skikda, nord-est algérien)*. ABC Bull Vol 15 (1) : 71-76.
28. Montiel A ., (1981). Conservation des échantillons. T.S.M.p 285-290.
29. Patrick B., (1988). *Bactériologie, collection de la biologie à la clinique*, Flammarion, France, 660p.
30. Pilet C., (1987). *Bactériologie médicale et vétérinaire. Systématique bactérienne*. Doin. 371p.

31. **Potelon Et Zysman, (1998).** *Le guide d'analyse de l'eau potable* .France. pp 79,213
32. **Ramade F., (1993).** Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement. *Science Internationale*. Paris, 822p.
33. **Rodier J., (1996).** *Analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires.* Dunod, Paris 1130p.
34. **Rodier J., (2005).** *L'analyse de l'eau. Eaux naturelles. Résiduaires. Eau de mer.* Paris, 1383p.
35. **Samraoui B., et De Belair G., (1997).** *The Guerbes-Sanhadja wetlands:part I. Overview.* *Ecologie* 28: 233-250.
36. **Tina., (1987).** *les eaux minéraux.* Mémoire de fin d'études, INATA .Université Mentori.constantine,p 1 ,7.
37. **Zerouali, (2001).** *Le Remède contre les endommagements des chandrières :* séminaire organisé du 18 au 20/03/2001.

Produced with Scantopdf

Sites Web:

- [1]. http://www.ifen.fr/zoneshumides/pages/medd_definition.htm
- [2]. http://www.ramsar.org/info/values_biodiversity_f.htm
- [3]. <http://garciajeanlouis9051.neuf.fr/aaBXIII4.html#Bdellovibrio>
- [4]. <http://www.fr.hidritec.com/Documentation/parametres2.htm>
- [5]. http://fr.wikipedia.org/wiki/Demande_biologique_en_oxyg%C3%A8ne
- [6]. [http://fr.wikipedia.org/wiki/Sabouraud_\(G%C3%A9lose\)](http://fr.wikipedia.org/wiki/Sabouraud_(G%C3%A9lose))
- [7]. <http://www.h2otech.ca/problemes-et-solutions-traitement-eau.aspx>
- [8]. <http://drink-o.ifrance.com/dangers.html>
- [9]. Travaux pratiques de biochimie. (2005). Dosage de calcium dans l'eau. Document de PDF. 5p. <http://fr.wikipedia.org/wiki/Microbiologie> (03/2009).
- [10]. Groupe protect (2005). Matériels et réactifs pour les analyses de l'eau. <http://www.protec-traitement.com> (03/2009).
- [11]. Google earth, (2009). Europa Technologies. Tele Atlas. www.googleearth.com (09/2010)

1- Composition des milieux de culture :

♦ **Eau peptonée exempte d'indole :** elle est surtout utilisée pour la recherche de la production d'indole.

➤ **Formule** (en grammes par litre d'eau distillée) :

Peptone exempte d'indole	10 g/l.
Chlorure de sodium	5 g/l.
pH final	7.2.

➤ **Préparation :**

Mettre 15 g de milieu déshydraté dans un litre d'eau distillée. Mélanger soigneusement jusqu'à complète dissolution. Ajuster, si nécessaire, le pH à 7.2. Répartir puis stériliser à l'autoclave à 120°C pendant 15 minutes.

♦ **B.C.P (bouillon lactosé au bromocrésol-pourpre) :** il permet de rechercher et de dénombrer les coliformes, par la fermentation du lactose et la production de gaz.

Il y a deux types:

➤ **Double concentration :**

Peptone	10 g/l.
Extrait de viande.....	6 g/l.
Lactose	10 g/l.
Pourpre de bromocrésol.....	0.05 g/l.
Eau distillée.....	1000 ml.
pH final =6, autoclavage à 120°C pendant 20 minutes.	

➤ **Simple concentration :**

Peptone	5 g/l.
Extrait de viande.....	3 g/l.
Lactose.....	5g/l.
Pourpre de bromocrésol.....	0.025 g/l.
Eau distillée.....	1000 ml.
pH final =6, autoclavage à 120°C pendant 20 minutes.	

♦ **Milieu de Chapman :** le milieu de Chapman mannité est un milieu sélectif pour la culture des staphylocoques.

➤ **Formule** (en grammes par litre d'eau distillée) :

Peptone bactériologique	10g/l.
Extrait de viande de bœuf	1 g/l.
Chlorure de sodium.....	75 g/l.
Mannitol.....	10g/l.
Rouge de phénol.....	0.025 g/l.
Agar	15g/l.
pH final= 7.5 (environ)	

➤ **Préparation :**

Verser 111g de poudre dans un litre d'eau distillée. Porter à ébullition jusqu'à dissolution complète. Stériliser à l'autoclave à 121°C pendant 15minutes.

- ◆ **Milieu de Mac Conkey** : l'utilisation de ce milieu est recommandée pour isoler et énumérer les entérobactéries dans les eaux, le lait, les matières alimentaires, les urines. Il peut aussi être utilisé pour la recherche, dans les matières fécales, des salmonella, shigella et des E. coli entéropathogènes pour les nourrissons.

- **Formule** (en grammes par litre d'eau distillée)

Peptone bactériologique.....	20 g/l.
Sels biliaires.....	1.5 g/l.
Chlorure de sodium.....	5 g/l
Lactose.....	10g/l
Rouge neutre.....	0.03 g/l.
Cristal violet.....	0.001 g/l.
Agar.....	15 g/l.
pH = 7.1 (environ).	

- **Préparation** :

Verser 51.5 g de poudre dans un litre d'eau distillée. Faire bouillir jusqu'à dissolution complète. Stériliser à l'autoclave à 120 °C pendant 15 minutes. Liquéfier au bain-marie bouillant et coller en boîte de pétri. Après solidification, laisser sécher à l'étuve à 37°C (couvercle entrouvert).

- ◆ **Milieu de Hektoen** :

- **Formule** (en grammes par litre d'eau distillée) :

Protéase peptone.....	12g/l
Extrait de levure.....	3.0 g/l
Saccharose.....	12.0 g/l
Lactose.....	2.0 g/l
Solicine.....	2.0 g/l
Chlorure de sodium.....	5.0 g/l
Thio sulfate de sodium.....	5 g/l
Citrate ferrique ammoniacal.....	5 g/l
Sels biliaires.....	9.0 g/l
Bleu de bromothynol.....	0.064 g/l
Fuchsine acide.....	0.04 g/l

- **Préparation** :

Dissoudre 75 g/l, ne pas autoclave. Après refroidissement aux environs de 50°C, 15 mg/l Novobiocine peuvent être mélangés sous forme de solution aqueuse filtrée stérilement. Couler en boîtes pH=7.7±0.1.

- ◆ **Viande foie (VF)**: préparer en deux étapes :

- **Milieu de base** :

Base viande foie.....	30g
Glucose.....	2g
Amidon.....	2g
Agar.....	1g
Eau distillée.....	1000 ml

- **Au moment de l'emploi** : Ajouter à 20 ml de base fondé

Sulfate de sodium a 5 %.....	0.5 ml
Alun de fer commonacol.....	4 gouttes

- ◆ **Gélose nutritive** : la gélose nutritive est un milieu qui convient à la culture des germes ne présentant pas d'exigences particulières.

- **Formule(en grammes par litre d'eau distillée) :**

Peptone.....	5g/l
Extrait de viande.....	1g/l
Extrait de levure.....	2g/l
Chlorure de sodium.....	5 g/l
Agar.....	15g

pH =7.4 (environ)

- **Préparation :**

Verser 28 g dans un litre d'eau distillée. Porter à ébullition jusqu'à dissolution complète. Stériliser à l'autoclave à 121 °C pendant 15 minutes.

- ◆ **Rothe (bouillon glucose l'acide de sodium) :** il y a deux types :

- **Double concentration :**

Tryptone.....	40 g
Glucose.....	10 g
Chlorure de sodium.....	10 g
Phosphate bi potassique.....	5.4 g
Acide de sodium.....	0.4 g
Eau distillée.....	1000ml

pH=6.8 autoclavage=15 mn à 121°C.

- **Simple concentration :**

Tryptone.....	20 g
Glucose.....	5 g
Chlorure de sodium.....	5g
Phosphate bi potassique.....	2.7 g
Acide de sodium.....	0.2 g
Eau distillée.....	1000ml

pH=6.8 autoclavage=15 mn à 121°C.

- ◆ **Eva-Litsky :**

Peptone.....	20g/l
Glucose.....	5g/l
Chlorure de sodium.....	5g/l
Phosphate bi potassique.....	2.7 g/l
Azosphate de sodium.....	0.3 g/l
Ethyle- vliote.....	5g/l

pH =7

- ◆ **TGEA (gélose numération : gélostryptone-glucose-Extrait de levure) :**

Tryptone.....	5g
Glucose.....	1g
Extrait de levure.....	2.5 g

Gélose	15g
Eau distillée.....	1000ml
pH =7	

◆ **Bouillon au sélénite / bouillon de leifson (S.F.B) :**

- Peptone.....	5g
- Lactose.....	4g
- Phosphate disodique	10g
- Sélénite acide de sodium.....	4g
- Eau distillée.....	10g

pH: 7,2 + 0,2 chauffage au maximum à 60°C pendant 10 minutes

◆ **Milieu BHIB : pH=7.4**

Protéose peptone.....	10g/l
Infusion de cervelle de bœuf.....	12.5g/l
Chlorure de sodium.....	5g/l
Phosphate disodique.....	2.5g/l
Glucose.....	15g/l
Eau distillée.....	1000ml

2. Réactifs :

◆ **Réactif TDA :** pour la recherche de tryptophane désaminase :

Perchlorure de fer.....	3.4 g
Eau distillée.....	100ml

◆ **Réactif IND :** pour la recherche de l'indole :

Paradiméthylaminobenzaldéhyde.....	5.0g
Alcool isoamylique.....	75.0 ml
HCL	37%

◆ **Réactif de Voges Proskauer (VP) :** pour la recherche de l'acétone :

➤ **VP 1 :**

Hydroxyde de potassium.....	40 g
Eau distillée.....	100 ml

➤ **VP 2 :**

Alpha naphthol.....	6 g
Ethanol	100ml

◆ **Réactif Kowax :** pour la recherche de l'indole.

Coloration de Gram :

- **Lugol :** Elle est utilisée sur la coloration de Gram pour fixer le colorant

-Iode.....	1g.
-Iodure de potassium.....	2g.
Eau distillée.....	3g.

- **Violet de gentiane :** Elle est utilisée pour colorer les bactéries.

-violet de gentiane.....	1g.
-Ethanol à 90%.....	1 ml.
-phénol.....	2g. (dans 100ml d'eau distillée)

Tab.01 : Table de Mac-Grady (NPP)

Nombre caractéristique	Nombre de micro-organisme
000	0.0
001	0.3
010	0.3
011	0.6
020	0.6
100	0.4
101	0.7
102	1.1
110	0.7
111	1.1
120	1.1
121	1.5
130	1.6
200	0.9
201	1.4
202	2.0
210	1.5
211	2.0
212	3.0
220	2.0
221	3.0
222	3.5
223	4.0
230	3.0
231	3.5
232	4.0
300	2.5
301	4.0
302	6.5
310	4.5
311	7.5
312	11.5
313	16.0
320	9.5
321	15.0
322	20.0
323	30.0
330	25.0
331	45.0
332	110.0
333	140.0

Tab.02 : Lecture et interprétation des résultats de l'API 20 E

Test	Groupements active	Réactions/ Enzymes	Résultats	
ONPG	Ortho-nitro-phényle-B-D-Galactopyranoside	Beta-galactosidase	Positive	Négative
			incolore	Jaune
ADH	Arginine	Arginine désahydrolase	Jaune	Rouge/orange
LDC	Lysine	Lysine décarboxylase	Jaune	Orangé
ODC	Orthine	Ornithine décarboxylase	Jaune	Rouge/orange
<u>CIT</u>	Sodium citrate	Utilisation de citrate	vert	Bleu-ver/orange
<u>H₂S</u>	Thiosulfate de sodium	Production de H ₂ S	incolore	Noir
URE	Urée	Uréase	Jaune	Rouge/orange
TDA	Tryptophane	Tryptophane désaminase	Jaune	Marron
IND	Tryptophane	Production d'indole	incolore	Rose
<u>VP</u>	Pyruvate de sodium	Production d'acétoine	VP1+ VP2	
			Incolore	Rose/rouge
<u>GEL</u>	Gélatine emprisonnant de charbon	Gélatinase	Pas de diffusion de pigment noir	Diffusion de pigment noir
GLU	Glucose	Fermentation /oxydation	Bleu/bleu vert	Jaune/vert jaune
MAN	Mannitol	Fermentation /oxydation	Bleu/bleu vert	Jaune
INO	Inositol	Fermentation /oxydation	Bleu/bleu vert	Jaune
SOR	Sorbitol	Fermentation /oxydation	Bleu/bleu vert	Jaune
RHA	Rhamnose	Fermentation /oxydation	Bleu/bleu vert	Jaune
SAC	Sucrose	Fermentation /oxydation	Bleu/bleu vert	Jaune
MEL	Melibiose	Fermentation /oxydation	Bleu/bleu vert	Jaune
AMY	Arabinose	Fermentation /oxydation	Bleu/bleu vert	Jaune
ARA	arabinose	Fermentation /oxydation	Bleu/bleu vert	Jaune
NO ₃ -NO ₂	GLU tube	Production de NO ₂ réduction N ₂ gaz	NIT 1+NIT 2, 2-3 min	
			Jaune	Rouge