

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

UNIVERSITE 08 Mai 1945 de GUELMA
FACULTÉ DES SCIENCES ET DE L'INGÉNIERIE
DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE



MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Magister en

BIOLOGIE

Option : Hydro-écologie :
Santé, Eau et Environnement.

THÈME

Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique
et microbiologique des eaux de surface et
souterraine de la région de Ain Makhlouf
(Wilaya de Guelma)

Présenté par : CHIBANI Somia

Membres de jury :

Président :	KACHI S. (M.C)	Université de Guelma
Promoteur :	HOUHAMDI M. (Pr.)	Université de Guelma
Examineurs :	BENOUART D.E. (Pr.)	Université de Guelma
	BENDJEDDOU D. (M.C)	Université de Guelma

2009

Dédicace

*À la mémoire de mon frère Ali, qui avec sa disparition une
des pages les plus prestigieuses de ma vie était tournée.*

À :

Ma chère mère, et qui je souhaiterais une longue vie;

Mon chère père, ce lui qui a été toujours à côté de moi toutes ces années;

Mon chère frère : Adel;

Mes chères sœurs : Sana, Amel, Baida et son mari Mouhamed

et leurs filles : Koukou, Nounou et Sousou;

Toute ma famille surtout : Zahia, Hadda, Malika et Houria;

Mes cousines : Naouel, Nadia, Imen, Laila et Khawla;

Mes amies : Raihana, Meriem, Manel, Amina

A tous qui m'ont connue.

Somia

REMERCIEMENT

Au terme de ce travail, je tiens à exprimer mes remerciements et ma profonde gratitude, avant tout à Dieu le tout puissant qui m'a donné le courage et la force pour mener a bout ce modeste travail.

Comme je tiens à remercier toute personne ayant participé à l'élaboration de ce présent mémoire.

Ma première pensée va tout naturellement à mon encadreur M. Houhamdi Moussa qui suit fidèlement mon travail. Je tiens à le remercier pour son encadrement et son soutien, je le remercie pour la confiance qu'il ma témoignée en me confiant ce travail. J'ai apprécié sa grande chaleur humaine.

Mes remerciements vont aussi au M. Kachi S. du quel j'ai en l'honneur et le plaisir de recevoir les conseils, qu'il soit ici vivement remercie d'avoir accepté de présider ce jury de mémoire.

Je voudrais aussi remercier vivement M. Benouarth D.E. pour m'avoir fait l'honneur de faire partie de mon jury.

Je voudrais exprimer ma gratitude au M^{me} Bendjeddou D. pour m'avoir fait l'honneur de faire partie de mon jury.

Je voudrais aussi remercier vivement M. Touati L. pour m'avoir fait l'honneur de faire partie comme membre invité de mon jury.

J'adresse aussi mes sincères remerciements à tous les enseignants et les travailleurs du département de Biologie.

Je remercie vivement mon père qui m'accompagne tout le long de mes sorties.

Je remercie vivement ma sœur Sana.

Je remercie aussi et vivement le personnel de la D.D.S de la wilaya de Guelma, en particulier M. Kebieche Hassan et Mlle. Talhi Nadia pour leurs aides.

Mes remerciements vont également à :

M. Ounissi M. et son équipe de laboratoire surtout Raouf et Nabila.

M. Amar ingénieur du laboratoire de chimie industrielle.

Les personnels du laboratoire du département de Biologie : Nhineh R., Djorfi H. et Bouchlaghem E-H.

Nedjah R., Merzoug S-E, Bensaci T. Guergueb E-Y., Terea C.

Mes collègues de la promotion : hydro-écologie : Santé Eeau et Environnement.

SOMMAIRE

Introduction.....	01
--------------------------	-----------

RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I : GENERALITES SUR L'EAU

1. Le cycle de l'eau	03
1.1. Evapotranspiration.....	03
1.2. Précipitations.....	03
1.3. Ruissellement.....	04
1.4. Infiltration	04
2. Les ressources hydriques.....	05
3. Les sources d'approvisionnement en eau	05
3.1. Les eaux de pluies.....	06
3.2. Les eaux de surface.....	06
3.3. Les eaux souterraines.....	07
3.3.1. Définitions.....	07
3.3.1.1. Les eaux souterraines.....	07
3.3.1.2. Nappe aquifère.....	07
3.3.2. Différents types de nappes.....	07
3.3.2.1. Nappe active (ou nappe libre).....	07
3.3.2.2. Nappe captive.....	08
3.3.2.3. Nappe alluviale.....	08
3.3.2.4. Nappe phréatique.....	08
3.3.3. Propriétés physiques et chimiques.....	08
3.3.4. Critère de choix pour l'implantation d'un point d'eau souterraine.....	10
4. Les ressources en eau en Algérie	10
4.1. L'eau de surface	11
4.2. Les eaux souterraines.....	11

CHAPITRE II : QUALITE ET POLLUTION DES EAUX

1. Qualité de l'eau	12
1.1. Définition	12
1.2. Etude globale de la qualité de l'eau	12
2. L'eau potable	13
3. Qualité de l'eau d'irrigation.....	15
3.1. Qualité physique.....	15
3.2. La qualité biologique.....	15
3.3. Qualité chimique.....	16
4. Classes de qualité des eaux.....	17
5. La surveillance de la qualité de l'eau	18
6. La pollution de l'eau	20
6.1. Définition.....	20
6.2. Origine de la pollution.....	20
6.2.1. Les phénomènes naturels.....	21

6.2.2. La pollution domestique.....	21
6.2.3. La pollution urbaine.....	21
6.2.4. Pollution d'origine agricole.....	21
6.2.5. Pollution industrielle.....	22
6.3. Les polluants de l'eau.....	22
6.3.1. Les polluants physiques.....	22
6.3.2. La pollution chimique.....	24
6.3.3. les composés toxiques.....	25
6.3.4. Les polluants biologiques.....	25

Chapitre III : Description du site d'étude

1. Présentation de la commune	28
1.1. Description des unités topographiques	28
1.2. La géologie	29
1.3. La tectonique	31
1.4. Aspect hydrologique	31
1.5. Les formes géomorphologiques	32
1.5.1. Le paysage collinaire	32
1.5.2. Les cuvettes	32
1.5.3. Les karsts	34
1.6. Faune et flore	34
2. Choix des stations de prélèvement	34
2.1. Description des sites d'étude	35
2.1.1. La retenue collinaire	35
2.1.2. Les eaux souterraines	37
3. Climatologie	39
3.1. Précipitations	39
3.2. La température	41
3.3. Synthèse climatique	41
3.3.1. Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausson	42
3.3.2. Quotient pluviométrique et climagramme d'Emberger	43

PARTIE II : PARTIE PRATIQUE

CHAPITRE IV : MATRIEL ET METHODES

1. Compagnes de prélèvement	44
2. Organigramme de travail	44
3. Analyses physicochimiques de l'eau	44
3.1. Méthodes de prélèvement	44
3.2. Transport et conservation des échantillons	44
3.3. Mesures <i>in situ</i> (Analyses préliminaires)	46
3.3.1. La conductivité électrique	46
3.3.2. La température	46
3.3.3. L'oxygène dissous	46
3.4. Les analyses et dosages au laboratoire	47
3.4.1 Le pH	47
3.4.2. La minéralisation totale (TDS)	47
3.4.3. La turbidité	47

3.4.4. Le titre hydrotimétrique (TH)	48
3.4.5. Dosage du calcium : méthode titrimétrique à l' EDTA	49
3.4.6. Dosage du magnésium	50
3.4.7. L'alcalinité	50
3.4.8. Dosage des chlorures	52
3.4.9. Dosage du sodium et de potassium	52
3.4.10. Dosage des sulfates par la méthode néphélométrique	53
3.4.11. L'azote ammoniacal	55
3.4.12. Dosage de l'azote nitreux	57
3.4.13. Les nitrates	58
3.4.14. Les orthophosphates	60
4. Analyses microbiologiques de l'eau	63
4.1. Prélèvement et conservation des échantillons	63
4.1.1. Méthodes de prélèvement	63
4.1.2. Conservation et transport des échantillons	65
4.2. Dénombrement des microorganismes revivifiables (germes totaux)	65
4.3. Recherche et dénombrement des germes témoignant d'une contamination fécale.....	66
4.3.1. Recherche et dénombrement des coliformes et des coliformes thermo - tolérants : Méthode par ensemencement en milieu liquide et détermination du NPP).....	67
4.3.2. Recherche et dénombrement des streptocoques du groupe D.....	68
4.3.3. Recherche et dénombrement des spores de bactéries anaérobies sulfitoréductrices et de Clostridium sulfito-réducteurs : Méthode par incorporation en gélose en tubes profonds (norme NFT 90-415)	69
4.4. Recherche microbiologique.....	72
4.4.1. Isolement de différentes flores microbiennes	72
4.4.1.1. Milieux de culture	72
4.4.1.2. Préparation des boîtes de Pétri	73
4.4.1.3. Inoculation des boîtes de Pétri	73
4.4.1.4. Repiquage et purification des colonies	73
4.4.2. Identification des germes	73
4.4.2.1. Identification morphologique	73
4.4.2.2. Identification biochimique	75
4.4.2.2.1. Recherche de la catalase	75
4.4.2.2.2. Etude de la mobilité et la fermentation du mannitol	75
4.4.2.2.3. la galerie biochimique APi 20 E	76

CHAPITRE V : RESULTATS ET DISCUSSION

1. Analyses physico-chimiques	78
1.1. Mesures <i>in situ</i>	78
1.1.1. La conductivité électrique	78
1.1.2. La température	79
1.1.3. L'oxygène dissous	80
1.2. Les mesures de laboratoire	82
1.2.1. Le pH	82
1.2.2. La minéralisation totale (TDS)	83
1.2.3. La turbidité	84
1.2.4. La dureté	84

1.2.5. Le calcium	85
1.2.6. Le magnésium	86
1.2.7. Le titre alcalimétrique complet (T.A.C).....	87
1.2.8. Les chlorures	88
1.2.9. Le sodium	88
1.2.10. Le potassium	89
1.2.11. Les sulfates	90
1.2.12. L'ammonium	90
1.2.13. Les nitrites	91
1.2.14. Les nitrates	92
1.2.15. Les orthophosphates	92
2. Les analyses microbiologiques.....	93
2.1. Les résultats des dénombrements microbiens	93
2.1.1. Les germes aérobies mésophiles totaux	94
2.1.2. Les coliformes totaux	94
2.1.3. Les coliformes fécaux	96
2.1.4. Les streptocoques fécaux	96
2.1.5. Les anaérobies sulfuro-réducteurs	97
2.2. Les résultats de la recherche microbiologique	97
2.2.1. Les résultats de la culture microbienne.....	97
Conclusion.....	104
Références bibliographiques	
Résumés	
Annexes	

Liste des figures

Figure	Titre	Page
Fig.1.1	Schéma général du cycle de l'eau.....	04
Fig.1.2	Schéma représentant les différents types de nappes.....	09
Fig.3.1	Situation géographique de la commune de Ain Makhlouf.....	29
Fig.3.2	Carte des structures géologiques de la commune de Ain Makhlouf	30
Fig.3.3	Carte hydrogéologique de la commune de Ain Makhlouf.....	33
Fig.3.4	Localisation géographique des sites d'étude	34
Fig.3.5	Image satellite de la retenue collinaire de Oued Medjez El-B'gare.....	35
Fig.3.6	Photos des différents sites d'étude	38
Fig.3.7	Evolution des précipitations moyennes mensuelles de la station de Guelma (1994-2008).....	40
Fig.3.8	Variations saisonnières des précipitations (Station météorologique de Guelma) (1994-2008).....	40
Fig.3.9	Evolution des températures moyennes mensuelles observées durant la période (1994-2008).....	41
Fig.3.10	Diagramme Ombrothermique de Bagnoul et Gausson.....	42
Fig.3.11	Situation de la région de Guelma dans le climagramme d'Emberger (1994-2008)...	43
Fig.4.1	Organigramme général de travail.....	45
Fig.4.2.	Schéma de la NPP.....	71
Fig.4.3	Schéma de la galerie API 20 E.....	76
Fig.5.1.	Variation mensuelle de la conductivité électrique.....	79
Fig.5.2.	Variation mensuelle de la température.....	80
Fig.5.3.	Variation mensuelle du taux de l'oxygène dissous	81
Fig.5.4.	Variation mensuelle du pH.....	82
Fig.5.5.	Variation mensuelle des TDS.....	83
Fig.5.7.	Variation mensuelle de la turbidité.....	84
Fig.5.6.	Variation mensuelle du titre hydrotimétrique.....	85
Fig.5.8.	Variation mensuelle du taux de calcium	86
Fig.5.9.	Variation mensuelle du taux de magnésium	87
Fig.5.10.	Variation mensuelle du TAC.....	87
Fig.5.11.	Variation mensuelle des chlorures.....	88
Fig.5.12.	Variation mensuelle de sodium.....	89
Fig.5.13.	Variation mensuelle du taux de potassium.....	89
Fig.5.14.	Variation mensuelle des sulfates.....	90
Fig.5.15.	Variation mensuelle de l'ammonium.....	91
Fig.5.16.	Variation mensuelle des nitrites.....	92
Fig.5.17.	Variation mensuelle des nitrates.....	92
Fig.5.18.	Variation mensuelle des orthophosphates.....	93
Fig.5.19.	Variation mensuelle des germes aérobies totaux mésophiles	94
Fig.5.20.	Variation mensuelle des coliformes totaux.....	95
Fig.5.21.	Variation mensuelle des coliformes fécaux.....	96
Fig.5.22.	Variation mensuelle des streptocoques fécaux.....	97
Fig.5.23.	Variation mensuelle des anaérobies sulfuto-réducteurs.....	97

Liste des tableaux

Tableau	Titre	Page
Tab.1.1	Volume d'eau terrestre sous forme liquide, solide, gazeux	05
Tab.1.2	Répartition de l'eau douce en % : 100% volume 36.020.000	05
Tab.2.1	Caractéristiques d'une eau de bonne qualité	13
Tab.2.2	Comparaison de normes de qualité des eaux	14
Tab.2.3	Indicateurs de qualité de l'eau d'irrigation et risques	16
Tab.2.4	Classement des eaux de surfaces stagnantes et courantes d'après leur qualité	17
Tab.2.5	Classification des paramètres de surveillance	19
Tab.3.1	Précipitations moyennes mensuelles et annuelles (Station de Guelma 1994-2008)	39
Tab.3.2	Moyenne mensuelle des températures (1985-2007) : Station météorologique de Guelma	41
Tab.4.1	Préparation de la courbe d'étalonnage pour les sulfates	54
Tab.4.4	Préparation de la courbe d'étalonnage des nitrates	59
Tab. 4.5	Courbe d'étalonnage pour NO_3^-	60
Tab.5.24	Résultats de la culture microbienne	98
Tab.5.25	Résultats de l'aspect microscopique	102
Tab.5.26	Résultats de l'identification bactérienne	103

Liste des abréviations et des symboles

%	Pourcentage
°	Degré
°C	Degré Celsius
°K	Degré Kelvin
°f	Degré français
µmole	Micromole
µmole.l ⁻¹	Micromole par litre
A.N.R.H	Agence Nationale des Ressources Hydriques
BCPL	Bouillon Lactosé au Pourpre de Bromocrésol
C.E.A.E.Q	Centre d'Expertise en Analyse Environnementale du Québec
C.F	Les coliformes fécaux
C.T	Les coliformes totaux
cm	Centimètre
d	Densité
D.H.W.G	Direction d'Hydraulique de la Wilaya de Guelma
DBO5	Demande Biologique en Oxygène pendant 5 jours
DCO	Demande Chimique en Oxygène
EDTA	Acide Ethylène Diamine Tétracétique
g	Gramme
G.N	Gélose Nutritive
g/l	Gramme par litre
h	Heure
ha	Héctare
hm ³	Héctomètre cube
IBGN	Indice Biologique Global Normalisé
Km ²	Kilomètre carré
Km ³	Kilomètre cube
m	Mètre
M.C	Mac Conkey
m ³	Mètre cube
m ³ /ans	Mètre cube par ans
m ³ /ans/habitant	Mètre cube par ans et par habitant
m ³ /s	Mètre cube par seconde
MES	Matière En Suspension
mg/l	Milligramme par litre
min	Minute
ml	Millilitre
mm	Millimètre
mm/mois	Millimètre par mois
mole.l ⁻¹	Mole par litre
N	Normalité
nm	Nanomètre
NPP	Le Nombre le Plus Probable
Ø	Le diamètre
O.M.S	Organisation Mondiale de la Santé
P	Les Précipitations
P.N.U.E	Programme des Nations Unis Pour L'environnement

pH	Potentiel d'Hydrogène
PVP	Polyvinyl-pyrrolidone
Sab	Sabouraud
S.F	Les streptococoques fécaux
T	La température
T.A	Le titre alcalimétrique
T.D.S	Les Solides Totaux Dissous
TAC	Le titre alcalimétrique complet
TGEA	Tryptone-glucose-Extrait de levure
TH	Titre hydrotimétrique
UFC	Unité Formant Colonie
UFT	Unité Formant Trouble
V.F	Viande Foie
μS/cm	Microsiemens par centimètre

INTRODUCTION

Indispensable à la vie, l'eau douce est une ressource dont la disponibilité a depuis toujours guidée le développement des formes de vie sur la terre. Elle a également conditionnée et conditionne encore dans une large mesure, la présence et les activités humaines. Le développement économique s'accompagne aujourd'hui d'une augmentation de la consommation d'eau douce qui suscite l'apparition de problèmes liés à la disponibilité ou la qualité de la ressource.

Elle existe sous différentes formes, pour répondre à nos besoins biologiques, domestiques et agricoles. Elle est sans doute la ressource qui définit les limites du développement durable et elle n'a pas de substrat (Maurel, 2006).

Hélas, l'eau est très inégalement répartie. Plus d'un tiers des terres de la planète sont des étendues arides, soumises à des déficits en eau toute l'année ou d'une façon saisonnière (Maurel, 2006).

L'importance de l'eau dans l'économie humaine ne cesse de croître et l'approvisionnement devient ainsi de plus en plus difficile, tant en raison de l'accroissement de la population et de son niveau de vie que du développement accéléré des techniques industrielles modernes. Sous la pression des besoins considérables de la civilisation moderne on est passé de l'emploi des eaux de sources et des nappes à une civilisation de plus en plus poussée des eaux de surface (Habiba, 2008).

En Algérie, la demande en eau connaît un accroissement important pour répondre à une demande cumulée de trois secteurs souvent concurrentiels (la ville, l'industrie et le périmètre d'irrigation). En plus de la rareté de l'eau, la sécheresse s'est accrue, la mobilisation des eaux superficielles par la construction de barrages et de retenues collinaires devient alors indispensable (Habiba, 2008).

Aux problèmes qualitatifs s'ajoutent des problèmes quantitatifs, qui limitent les ressources d'eau disponibles. La dégradation de la qualité de l'eau peut résulter soit de phénomènes de pollution, soit parfois des phénomènes naturels (Maurel, 2006).

Les écosystèmes aquatiques sont souvent victimes de pollution chimique et microbiologique du fait qu'ils sont exposés à de nombreuses contaminations, ce qui engendre généralement des dégradations graves des différents compartiments qui les constituent (eau, faune et flore) et par conséquent une influence considérable sur la santé publique (Amira, 2008).

La qualité physico-chimique et microbiologique des eaux est dégradée du fait que l'eau est un récepteur principal de ces polluants reçus essentiellement et exclusivement des activités humaines (industrie, agriculture, élevage, les rejets domestiques...etc.). Une mesure d'hygiène

s'impose et le contrôle de ces milieux récepteurs doit être obligatoire. Elle est facilitée par la recherche d'indices de contamination qui sont souvent fidèles et de bons indicateurs de la qualité de ces eaux. En même temps les causes de pollution se sont étendues et sont devenues plus nocives, plus variées et plus insidieuses (Amira, 2008).

Le contrôle de la qualité de l'eau joue un rôle important dans la santé publique car celle-ci est susceptible d'engendrer des altérations catastrophiques sur le sol, sur l'organisme humain et même de toucher la santé de toute une population. C'est dans ce contexte que s'inscrit notre travail qui consiste à réaliser une évaluation spatiotemporelle de la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux de surface (retenue collinaire de Mdjez El B'gare) et souterraines (puits et sources) de la région de Ain Makhlouf.

Notre objectif étant d'une part de déterminer leurs caractéristiques physicochimiques et microbiologiques et de déterminer d'autre part leur potabilité et la possibilité de leur utilisation dans l'irrigation.

Notre mémoire est structuré en deux parties interdépendantes :

- La première partie présente une synthèse bibliographique qui englobe des généralités sur l'eau, qualité et pollution des eaux et enfin la description des sites d'étude;
- Le deuxième volet « expérimental », portera les campagnes de prélèvement, la stratégie employée pour l'échantillonnage, les procédures et les protocoles expérimentaux globaux de toutes les techniques employées suivi des résultats obtenus, de leurs discussion et clôturé par une conclusion.

PARTIE I
SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I:
GÉNÉRALITÉS SUR L'EAU

L'eau est un élément essentiel, indispensable à la vie des êtres vivants et surtout à celle de l'homme. Elle est certainement la substance qui nous est la plus familière. La terre est une "planète bleue" qui, vue de l'espace, apparaît couverte par les océans et par les neiges. Même la biosphère, dont nous faisons partie, est composée principalement de l'eau, puisqu'elle représente 70% de la masse totale des organismes vivants (Teixeira, 2006).

L'eau n'est pas seulement une source d'oxygène et d'hydrogène mais elle est le constituant le plus abondant des êtres : l'homme en contient 60% de son poids, un végétal jusqu'à 95%, les graminées des prairies en contiennent 79% (Duvignaud, 1980).

Source et milieu de vie, solvant de lavage et de transport de minéraux, régulateur thermique, l'eau possède des propriétés remarquables et essentielles à tous les êtres vivants et au maintien des propriétés environnementales de la planète terre (Ngô et Régent, 2004).

1. Le cycle de l'eau

La quantité totale d'eau existante dans le monde est de l'ordre de grandeur de 1350 millions de Km^3 , dont plus de 97% constituent la masse des océans. Toute eau vient des océans et y retrouve tôt ou tard, par un cycle hydrologique continu (Duvignaud, 1980).

Le cycle de l'eau est la suite des procès autorisant le passage de l'eau d'un état à l'autre et d'un endroit à l'autre (Touchart, 2003). Ce cycle naturel en perpétuel mouvement, impliquant toutes les composantes de la synthèse climatique globale, l'atmosphère, les océans, les terres immergées et la biosphère continentale (Drissi, 2008).

L'eau sous ses différents états physiques (gazeux, liquide, solide) suit un vaste cycle dans la nature (Fig.1.1).

1.1. Evapotranspiration

C'est la somme des pertes par transformation de l'eau en vapeur (Boeglin, 2006). Sous l'action du soleil, l'eau de mers, des lacs et des rivières s'évaporent. Les végétaux transpirent et rejettent eux aussi de la vapeur d'eau (Drissi, 2008).

1.2. Précipitations

La vapeur d'eau atmosphérique se condense en nuages qui engendrent des précipitations sous forme de pluies, de neige ou de grêles. 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 (Boeglin, 2006).

1.3. Ruissellement

Parvenue sur le sol, une partie des précipitations s'écoule à la surface vers le réseau hydrographique et les étendues d'eau libre (lacs, mers), c'est le ruissellement de surface (Boeglin, 2006).

1.4. Infiltration

Une partie des précipitations pénètre dans le sol et le sous-sol (Boeglin, 2006). L'infiltration joue un rôle essentiel dans les écosystèmes terrestres puisqu'elle permet la réhydratation des sols. Elle assure aussi l'alimentation des nappes phréatiques et des rivières souterraines (Geny *et al*, 1992).

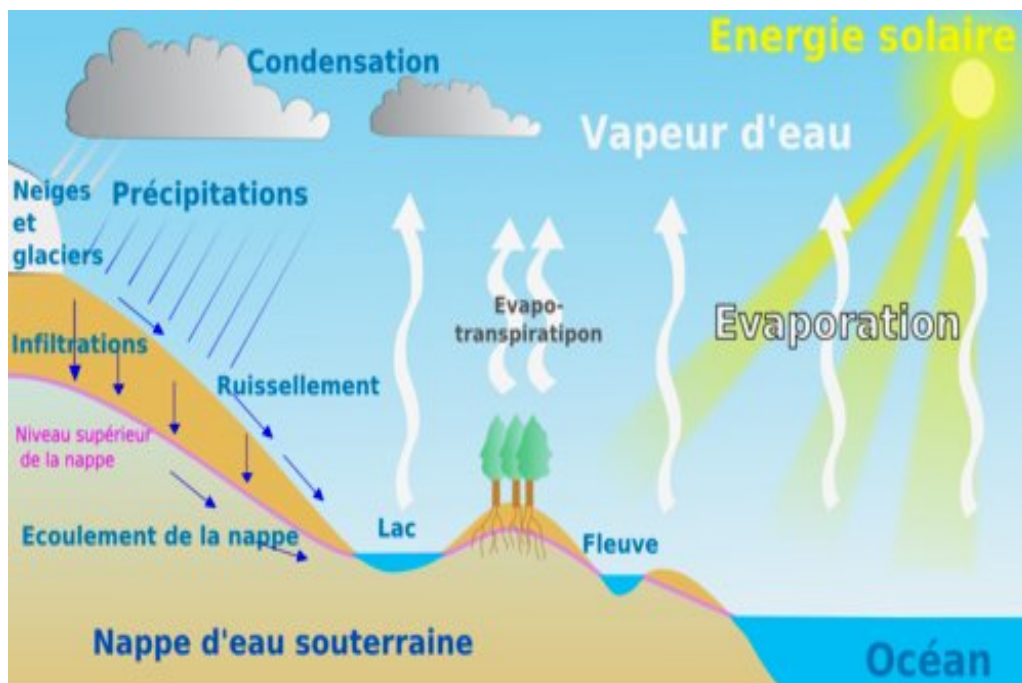


Fig.1.1. Schéma général du cycle de l'eau [1].

2. Les ressources hydriques

L'hydrosphère est l'enveloppe aqueuse de la terre, autrement dit la partie de l'enveloppe qui est avant tout constituée d'eau : les océans, les lacs, les cours d'eau, les nappes phréatiques, la glace polaire et les glaciers. Les 3 % de l'hydrosphère se trouvent sur les continents sous forme de glace, de neiges, des lacs, de fleuves ou de nappes phréatiques et plus de 95 % de l'eau se trouve dans les océans (Bliefert et Parraud, 2001).

☒ Répartition de l'eau dans la biosphère

La répartition de la ressource totale en eau se fait, sous ses trois états physiques de la façon suivante :

Tab.1.1. Volume d'eau terrestre sous forme liquide, solide, gazeux (Kettab, 1992)

	Volume (km ³)	%
Océans	1348.000.000	97.39
Icebergs, glaciers	27.820.000	2.01
Nappes, humidité du sol	8.062.000	0.58
Lacs et rivières	225.000	0.02
Atmosphère	1300	0.001
Total	1384.120.000	100.00
Eau douce	36.020.000	2.6

Tab.1.2. Répartition de l'eau douce en % : 100% volume 36.020.000 (Kettab, 1992)

	%
Icebergs, glaciers	77.23
Nappes jusqu'à 800 m	9.86
Nappes de 800 jusqu'à 4000 m	12.35
Humidité du sol	0.17
Lacs d'eau douce	0.35
Rivières	0.003
Constituant des matériaux	0.001
Constituant des biomasses	0.003
Atmosphère	0.04
Total	100.00

3. Les sources d'approvisionnement en eau

L'eau est également un problème crucial ce qui explique qu'historiquement beaucoup de villes ont été construites au bord d'une rivière. Il faut environ 1 litre d'eau par personne et par jour pour survivre mais, dans les pays développés, on utilise des volumes bien plus

considérables pour aller jusqu'à plusieurs mètres cubes par habitant et par jour si on additionne tous les usages individuels, industriels et agricoles de l'eau (Ngô et Régent, 2004).

3.1. Les eaux de pluies

Les eaux de pluies peuvent être collectées à partir des toitures des maisons dans des récipients ou dans des impluviums. A l'origine ces eaux sont pures sur le plan microbiologique, mais sur le plan chimique, il leur manque souvent certains éléments indispensables à la santé comme le sodium, le magnésium, le manganèse, le fer et l'iode (Coulibaly, 2005).

3.2. Les eaux de surface

Les eaux de surface se répartissent en eaux circulantes ou stockées à la surface des continents (Boeglin, 2006). Elles se forment à partir, soit de l'émergence de nappes profondes en source, soit du rassemblement des eaux de ruissellement (Cardot, 1999).

- Ces eaux se rassemblent en cours d'eau caractérisés par une surface de contact eau - atmosphère toujours en mouvement et une vitesse de circulation appréciable (Boeglin, 2006).
- Elles peuvent se trouver stockées en réserves naturelles (étangs, lacs) ou artificielles (retenues, barrages) caractérisées par une surface d'échange eau atmosphère quasiment immobiles, une profondeur qui peut être importante et un temps de séjour souvent élevé (Boeglin, 2006).

La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains traversés par l'eau durant son parcours dans l'ensemble des bassins versants (Monod, 1989; Boeglin, 2006; Habila, 2008). Elles sont généralement riches en gaz dissous (Cardot, 1999).

Ce qui caractérise les eaux superficielles sont :

- ⊗ Les variations saisonnières et à un degré moindre, journalières des paramètres physiques : température, turbidité et coloration. Les concentrations en matières solides finement dispersées ou à l'état colloïdal peuvent être importantes;
- ⊗ Le développement plus ou moins important du phytoplancton (algues), de zooplancton et dans certaines conditions d'une vie aquatique intense ;
- ⊗ La présence fréquente de matières organiques d'origine naturelle provenant de la décomposition des organismes végétaux ou animaux après leur mort;
- ⊗ La fragilité de la ressource, très vulnérable à la pollution urbaine, industrielle et agricole, on y rencontre par suite très souvent une micropollution minérale ou organique

pouvant avoir un caractère toxique ainsi que des substances azotées et phosphatées à l'origine des phénomènes d'eutrophisation (Boeglin, 2006).

Elles sont généralement des eaux de moins bonne qualité microbiologique et chimique, elles sont contaminées et doivent être correctement traitées avant toute usage domestique (Drissi, 2008).

3.3. Les eaux souterraines

Les eaux souterraines représentent 60% des eaux continentales, leur écoulement est estimé à 12000 milliards de m³/an, soit 30% du débit des fleuves. Leur renouvellement total est de 5000 ans en moyenne et de 300 ans pour les nappes superficielles les plus vives (Roux, 1995).

Elles représentent une part importante du cycle de l'eau et participent de ce fait aux équilibres naturels. Elles constituent également une formidable ressource renouvelable, exploitée pour l'approvisionnement en eau potable, l'usage industriel ou agricole (Bensaoula *et al*, 2007).

3.3.1. Définitions

3.3.1.1. Les eaux souterraines

Ce sont les eaux qui ne sont ni ré évaporées, ni retournées à la mer par ruissellement s'infiltrant dans le sol et dans le sous sol et s'y accumulées (Boeglin, 2006).

3.3.1.2. Nappe aquifère

C'est une zone de terrain poreux et perméable formant roche-magasin limitée à la partie inférieure par une roche imperméable formant le fond du réservoir (Boeglin, 2006).

3.3.2. Différents types de nappes

Les nappes peuvent être partout mais leur qualité, leur débit et leur profondeur sont très variables (Coulibaly, 2005). Selon les conditions géologiques, on peut distinguer différents types de nappes (Fig 1.2) :

3.3.2.1. Nappe active (ou nappe libre)

C'est une nappe due à la succession d'une couche imperméable surmontée d'une roche magasin. L'ensemble du dispositif peut être affecté d'une pente plus ou moins forte.

La nappe est alimentée directement par l'infiltration des eaux de ruissellement. Le niveau de cette nappe fluctue en fonction de la quantité d'eau retenue (Boeglin, 2006).

L'équilibre hydraulique entre pluviométrie et réserve est assuré par le trop-plein qui constitue les sources. Celles-ci apparaissent en des points particuliers dus principalement à la topographie de la couche imperméable. Le niveau supérieur de la nappe piézométrique s'établit uniquement en fonction de la perméabilité du terrain à travers lequel pénètre l'eau d'infiltration (Boeglin, 2006).

3.3.2.2. Nappe captive

La nappe captive aussi appelée nappe artésienne est une nappe aquifère qui est confinée entre deux couches imperméables (Coulibaly, 2005).

Ce type de nappe est dû à l'enfoncement d'une roche-magasin par suite de la pente des couches géologiques. L'eau est enfouie dans le sol depuis des milliers ou des centaines de milliers d'années. Ces nappes sont exploitées par des forages profonds jusqu'à 600 et même 1000 m. Toute fois, une nappe captive peut être alimentée en certains points là où le terrain aquifère affleure à la surface du sol ou vient se perdre dans une couche perméable (Boeglin, 2006).

3.3.2.3. Nappe alluviale

Les plaines alluvionnaires sont souvent formées de matériaux détritiques, autrement dit de débris, très poreux et gorgés d'eau. Il y a là une réserve importante à exploiter et qui est presque, toujours entretenue par le débit des rivières ainsi que par les précipitations et éventuellement la nappe des coteaux. Au voisinage de la mer, la nappe peut recevoir de l'eau salée (Boeglin, 2006).

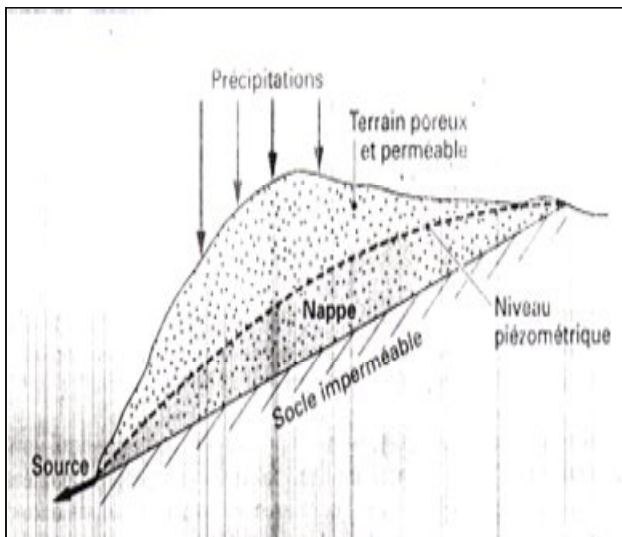
3.3.2.4. Nappe phréatique

Lorsque le fond imperméable est pratiquement horizontal et peu profond, il existe une nappe dite phréatique dans la quelle on peut creuser des puits (Fig.1.2). Le niveau piézométrique de la nappe phréatique a toujours tendance à suivre régulièrement les variations de la pluviosité; En période de sécheresse, les puits se tarissent (Boeglin, 2006).

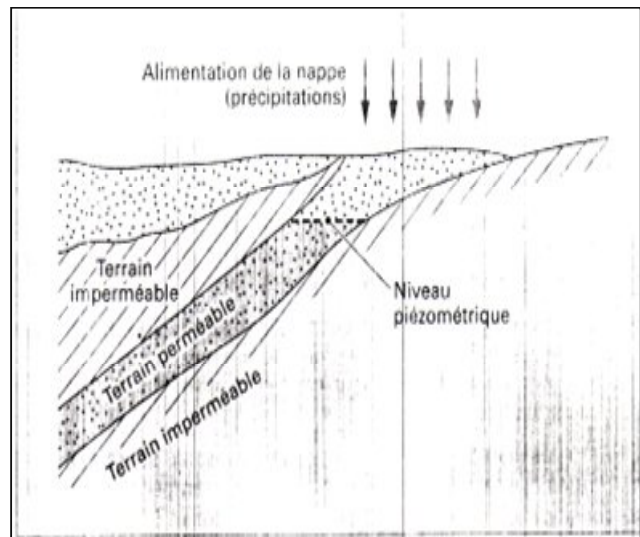
3.3.3. Propriétés physiques et chimiques

Les eaux souterraines ont des propriétés étroitement liées à leur origine géologique, autrement dit déterminées par la nature et la structure des terrains. L'eau est au contact avec le sol dans le quel elle stagne ou circule : il s'établit un équilibre entre la composition du terrain et celle de l'eau (Boeglin, 2006).

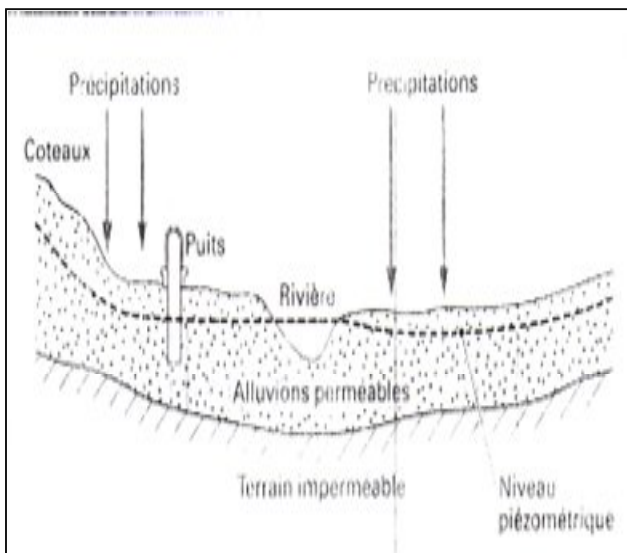
La composition chimique est nettement moins variable dans le temps, les effets principaux étant liés aux variations d'infiltration saisonnière et dans les aquifères profonds, la chimie des eaux est stable (Atteia, 2005).



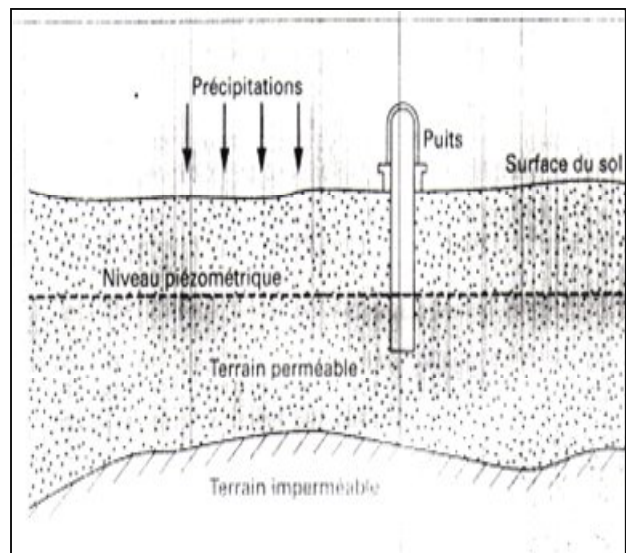
Nappe active



Nappe captive



Nappe alluviale



Nappe phréatique

Fig.1.2. Schéma représentant les différents types de nappes (Boeglin, 2006).

Parmi les caractéristiques générales des eaux souterraines, il faut retenir une très faible turbidité, une température sensiblement constante et l'absence presque générale d'oxygène dissous. Elles sont très souvent, mais pas toujours, d'une très grande pureté bactériologique (Boeglin, 2006).

3.3.4. Critère de choix pour l'implantation d'un point d'eau souterraine

Lorsqu'on a à choisir entre diverses sources d'approvisionnement en eau, la qualité de l'eau ne doit être l'unique considération. Il faut également tenir compte du débit de l'eau et de la pérennité du point d'eau. Compte tenu du coup élevé et de l'insuffisance des systèmes d'adduction d'eau le captage des eaux souterraines avec les puits constituent l'une des meilleures sources d'eau de boisson dans nos pays en voie de développement à condition que ces puits soient bien protégés (Coulibaly, 2005).

En général, le choix de l'emplacement du puits doit être fait par les services chargés de l'hydraulique en tenant compte des désirs de la population, de l'hydrogéologie du terrain. Un puits ne peut fournir de l'eau que s'il rencontre une nappe (Coulibaly, 2005).

4. Les ressources en eau en Algérie

A la suite des sécheresses graves et prolongées, les ressources en eau ont fortement diminuées ces vingt dernières années. Il y a des pénuries d'eau chronique et saisonnières aiguës dans la plupart des pays d'Afrique. La demande en eau augmente rapidement du fait de l'accroissement de la population, de l'urbanisation, de l'industrialisation et des besoins pour l'irrigation (Bahmed *et al*, 2004).

En Algérie, l'eau revêt un caractère stratégique du fait de sa rareté et d'un cycle naturellement perturbé et déséquilibré. Qu'il s'agisse de l'eau souterraine ou de l'eau de surface, les ressources sont limitées et, compte tenu des problèmes démographiques et de l'occupation de l'espace (Boudjadja *et al*, 2002).

Les ressources en eau disponibles en Algérie sont évaluées à 19300 millions de m³ par an, dont 12400 millions de m³ constituent l'eau de surface et 6900 millions de m³ l'eau souterraine. Selon les normes mondiales (le seuil de rareté de l'eau se situant à 1000 m³/an/habitant), l'Algérie est un pays qui souffre de la rareté de l'eau. L'irrigation agricole est le principal secteur consommateur d'eau, suivi par les secteurs municipaux puis industriels (METAP, 2001).

En terme de ressources mobilisables, l'Algérie dispose d'un plafond annuel de 11,5 milliards de m³ qui se répartissent comme suit :

- Mobilisation des eaux de surface (barrages) : 4,7 milliards de m³;
- Exploitation des nappes souterraines : 1,8 milliards de m³ (pour le nord de l'Algérie) et 5 milliards de m³ (pour le sud de l'Algérie), soit un total de 11,5 milliards de m³ (Bahmed *et al*, 2004).

4.1. L'eau de surface

Les eaux de surface sont assez variables du fait des périodes de sécheresse tant chroniques qu'occasionnelles et ont des incidences différentielles sur les différents bassins d'eau.

La moyenne de l'eau de surface est évaluée à 12400 millions de m³ pour la période allant de 1910 à 1993. Les ressources en eau de surface sont mal réparties dans l'espace. On estime qu'environ 95% des ressources en eau de surface se trouvent au Nord tandis que seulement 5% des ressources sont au Sud (METAP, 2001).

En plus de la faible quantité d'eau reçu par nos barrages à cause de la sécheresse qui a touchée le pays depuis une vingtaine d'année, cette quantité se trouve menacée par trois problèmes hydrauliques majeurs qui sont l'évaporation intense, l'envasement accéléré et les fuites d'eau surtout à travers les appuis (Toumi et Remini, 2002).

4.2. Les eaux souterraines

Les eaux souterraines représentent généralement une excellente source d'approvisionnement en eau potable (Rouleau et Rasmussen, 2006). L'altération de l'environnement naturel, notamment le milieu aquifère est devenue progressivement une préoccupation mondiale. En Algérie la principale source de satisfaction de la demande en eau est l'eau souterraine, du fait de son exploitation relativement facile (Abdelbaki et Boukli, 2007)

Les 6900 millions de m³ des ressources estimées en eau souterraine (dont 4900 millions de m³ exploitable à partir de nappes faiblement renouvelables) sont divisées entre le Nord et le Sud. Contrairement à l'eau de surface, la plus grande partie des eaux souterraines est concentrée au Sud. On rapporte que 73% environ (5000 millions de m³) du total des ressources disponibles en eau souterraine se trouve au Sud, alors que 27% (1900 millions de m³) seulement se trouvent au Nord du pays (METAP, 2001).

CHAPITRE II :
QUALITE ET POLLUTION DES EAUX

De nos jours, les problèmes de pollution constituent un danger de plus en plus important pour l'homme (Coulibaly, 2005). Parmi ces problèmes, la pollution des eaux qui présente sans aucun doute l'un des aspects les plus inquiétants de la dégradation de l'environnement par la circulation technologique contemporaine (Ramade, 2005).

Jadis, on s'interrogeait sur la qualité microbiologique des eaux, de nos jours on s'inquiète non seulement de la qualité microbiologique mais aussi de ces caractéristiques physicochimiques (Moumouni-Djermakoye, 2005).

1. Qualité de l'eau

1.1. Définition

Elle correspond à un ensemble de critères physicochimiques qui définissent le degré de pureté des eaux et par conséquent leur aptitude aux divers usages alimentaires, domestiques, agricoles ou industriels (Ramade, 2002).

En fonction d'un degré croissant de pollution, les points d'usage concerneront en premier lieu la potabilité, puis l'aptitude des eaux de rivières à permettre le développement normal de la faune, ensuite l'impossibilité d'utilisation pour la baignade avec pour conséquence des pertes économiques au plan de tourisme, la perte d'usage agricole relative tant à l'utilisation des eaux pour abreuver les animaux domestiques qu'un degré ultérieur pour l'irrigation (Ramade, 2002).

Enfin, il en résulte une perte d'usage industriel tout d'abord pour les industries agroalimentaires et ensuite pour la possibilité d'emploi des eaux pour les divers processus de fabrication tant dans les industries chimiques que métallurgiques et dans d'autres types de production (Ramade, 2002).

1.2. Etude globale de la qualité de l'eau

Pour juger de la qualité de l'eau dans sa globalité, il est nécessaire de prendre en compte les critères énumérés dans le tableau 2.1. (Zurluthe et Gienger, 2006).

Une bonne eau présentera donc les caractéristiques suivantes :

Tab.2.1. Caractéristiques d'une eau de bonne qualité (Zurluthe et Gienger, 2006).

Qualité chimique de l'eau	Qualité bactériologique de l'eau	Qualité physique de l'eau
Produits chimiques ▼ Minéraux *▼ Calcaires *▼ Oxygène ▲ Acide carbonique *▼ Composants odorants ▼ Matière en suspension ▼ Rouille ▼ Substances radioactives▼ Valeur du pH ♦	Bactéries ▼ Virus ▼ Parasites ▼ Spores de champignons	Surface interne ▲ Taille des gouttes ▼ Energie, forces attractives ▲ Structure ▲ Pénétration de la lumière, activité bio photonique ▲ Informations exterieures ▼ Forces contractives ▼
Le plus faible possible ▼	Autant que possible ▲	Aussi équilibré que possible ♦

2. L'eau potable

A l'heure actuelle, la disponibilité en eau de bonne qualité est indispensable pour le bien être de l'homme. Hélas, sur la terre, aucune eau ne répond aux exigences qualitatives fixées pour l'eau potable ; autrement dit l'eau doit être :

- ☒ Claire, inodore, de saveur agréable;
- ☒ Pauvre en germes microbiens que possible en matières en suspension;
- ☒ Ne pas renfermer de substances chimiques pouvant provoquer des maladies;
- ☒ Ne pas contenir des substances la rendant inutilisable pour la cuisine et le blanchissage;
- ☒ Ne pas avoir des propriétés agressives vis-à-vis des canalisations (métaux, ciments) (Kettab, 1992).

On peut dire qu'il n'existe pas d'eau potable, mais seulement une eau conforme aux normes (Drissi, 2008).

Les normes de la qualité de l'eau potable

Les normes; autrement dit la concentration maximale acceptable et les modalités d'application sont différentes d'un pays à un autre, voire d'une province à l'autre (Disjardinsing, 1997). Le tableau 2.2 fait la comparaison des différentes normes (Kettab, 1992).

Tab.2.2. Comparaison de normes de qualité des eaux (Kettab, 1992).

Pays	Normes internationales	C.E.E			U.S.A	France
Paramètres	[] max ou min -max	Niveau Guide	Max	Min	[] max ou min -max	[] max ou min -max
1.Facteurs organoleptiques						
- Couleur mg/l	5	20			3 - 15	
- Turbidité silice mg/l	5	10			1 - 5	5
- Température	12	25				12
2.Facteurs physicochimiques						
- pH		6.5 – 8.5	9.5	6		7 – 8.5
- Conductivité µs/cm		400	1250			2000
- Dureté °f		35		10		
- Calcium mg/l		100		10	80 - 100	
- Sodium mg/l		<20	100			
- Sulfates mg/l		5	250			
- Chlore libre mg/l						250
3. Facteurs biologiques						
- Oxygène dissous mg/l		5				
- Oxydabilité au KMnO ₄ mg/l		1	5			1 – 1.5
4. Facteurs indésirables ou toxiques						
- Argent mg/l			0.01		0.05	
- Arsenic mg/l	0.05		0.05		0.05	0.5
- Baryum			0.1		1	
- Cadmium	0.01		0.005		0.01	0.005
- Fluor	1.5		0.7-1.5		1.4 – 2.4	1.5
- Fer			0.3		0.05 – 0.3	0.1

3. Qualité de l'eau d'irrigation

Il n'existe pas de normes de qualité pour les eaux d'irrigation. En effet, les teneurs limites en sels dépendent de nombreux facteurs :

- la nature du sol;
- la nature de la récolte;
- le climat;
- les conditions d'irrigation (drain, aspersion, canaux, goutte à goutte) (Maurel, 2006).

3.1. Qualité physique

La plupart des eaux naturelles transportent des éléments minéraux ou organiques en suspension, susceptibles d'obstruer les filtres, les pompes ou les équipements de distribution, de se déposer dans les réservoirs et les canaux et sur les terres irriguées (Soutter, 2007).

Les teneurs en sédiments et en substances solubles de l'eau d'irrigation dépendent de son origine. Alors que les cours d'eau contiennent toujours des éléments en suspension, en quantité limitée, des substances en solution, les plans d'eau permettent la sédimentation des particules denses mais offrent fréquemment des conditions favorables à la prolifération des microorganismes. Les particules minérales, à l'exception des colloïdes, d'argile dispersée, sont retenues facilement par contraste de densité ou par filtration. La petite taille des microorganismes rend la filtration inopérante si bien qu'elle doit accompagner d'un traitement chimique (Soutter, 2007).

L'eau souterraine ne contient en général que peu d'éléments minéraux et organiques en suspension, mais peut présenter des concentrations en fer ou en calcium élevées (Soutter, 2007).

La température optimale de l'eau d'irrigation est de l'ordre de 20 à 25 ° (Soutter, 2007).

3.2. La qualité biologique

La présence de microorganismes (cyanobactéries, champignons, etc.) peut contribuer à colmater les orifices de distribution en irrigation localisée, voire même à obturer plus ou moins gravement les conduites (Soutter, 2007).

3.3. Qualité chimique

La présence de substances dissoutes dans l'eau (notamment le fer et le calcium) peut également être à l'origine de phénomène de colmatage des distributeurs ou présenter un risque de corrosion des parties métalliques. Par ailleurs, la qualité chimique des eaux d'irrigation, et plus précisément leur salinité, peut se traduire, dans certains contextes pédoclimatiques, par une accumulation de sels dans la zone racinaire des végétaux et entraîner une profonde modification des propriétés physicochimiques du sol conduisant à la stérilité. Une forte concentration en sels se traduit en effet par un accroissement de la pression osmotique qui rend plus difficile l'extraction d'eau par les plantes et par une dégradation de certaines propriétés du sol (modification de l'état structural, réduction de la conductivité hydraulique, l'accroissement du pH, etc.). A cela, s'ajoute l'effet nocif de certains ions (B, Cl, Na, etc.) à l'égard de la croissance des plantes (Tab.2.3.) et des nuisances diverses, telles que l'influence d'un excès d'azote sur l'apparence et la qualité de certains fruits et légumes (Soutter, 2007).

Tab.2.3. Indicateurs de qualité de l'eau d'irrigation et risques potentiels (Soutter, 2007).

Problèmes potentiels	Aucun	Léger et modérés	sérieux
Disponibilité de l'eau pour la plante			
Concentration totale [mg/l]	< 500	500 – 2000	> 2000
Toxicité spécifique			
Absorption par les racines			
Sodium [mg/l]	< 70	70 – 200	> 200
Chlorure [mg/l]	< 150	150 – 350	> 350
Bore [mg/l]	< 0.75	0.75 – 2	> 2
Absorption par les feuilles (Aspersion)			
Sodium [mg/l]	< 70	> 70	
Chlorure [mg/l]	< 100	> 100	
Nuisances diverses Bore [mg/l]	< 0.75	> 2	
Azote total [mg/l]	< 5	5 – 30	
Bicarbonate (aspersion) [mg/l]	< 90	90- 500	> 500
pH	6.5 - 8.5	< 6.5 et > 8.5	

4. Classes de qualité des eaux

Il y a de nombreuses informations, qui sont importantes pour juger la qualité d'une eau. De telles données sur la qualité de l'eau peuvent être des données physiques et chimiques, entre autre la couleur de l'eau ou sa température. Comme indicateur important pour caractériser l'état de la qualité d'une eau, on utilise la teneur en oxygène. On attribue un indice de saturation de 100 % à une eau naturelle, qui à une température déterminée, contient autant d'oxygène qu'il y en a dans une eau pure elle même saturée en oxygène, à 20 °C, au niveau de la mer, cela correspond à une teneur en oxygène de 9 mg/l (Bliefert et Perraud, 2001).

Les eaux courantes et les eaux stagnantes, sont divisées en fonction de leur teneur en oxygène, en cinq classes de qualité de l'eau (Tab.2.4.) (Bliefert et Perraud, 2001).

Tab.2.4. Classement des eaux de surfaces stagnantes et courantes d'après leur qualité (a)
(Bliefert et Perraud, 2001).

Classe de qualité	Taux de saturation en O ₂	O ₂ dissous (mg/l)	DBO5 (mg/l)	DCO (mg/l)	IBGN	Qualité de l'eau
1A	≥ 90	≥ 7	≥ 3	≥ 20	≥ 17	Excellente
1B	70.....90	5.....7	3.....5	20....25	16....13	Bonne
2	70.....50	3.....5	5.....10	25....40	12.....9	Moyenne
3	< 50	< 3	10....25	40....80	8....5	Médiocre
4	-	-	> 25	> 80	≤ 4	Hors classe

(a) : d'autres facteurs peuvent être pris en compte comme la concentration en NH₄⁺ et les matières en suspension totales.

1A : qualité d'eau normale ;

1B: eau possédant des propriétés requises pour la vie et la reproduction des poissons, ainsi que pour la production destinée à l'alimentation humaine après traitement simple ou normal;

2 : eau possédant des propriétés requises pour la vie piscicole mais où la reproduction du poisson est aléatoire, et permettant la production d'eau destinée à l'alimentation humaine après traitement poussée (affinage et stérilisation);

3 : eau dans la quelle la vie piscicole est aléatoire et impropre à la production d'eau destinée à l'alimentation humaine;

4 : dégradation du milieu, possibilité de mort biotique ou azoïque.

Une eau est considérée comme polluée lorsque la concentration en oxygène dissous est située au dessous d'une certaine valeur limite; car la consommation d'oxygène dans l'eau est principalement due à des substances polluantes qui sont dégradables microbiologiquement. Quelques substances inorganiques appartiennent à cette catégorie, mais la plupart des composés qui utilisent de l'oxygène sont de nature organique. Ces substances proviennent des eaux communales ou industrielles (les eaux provenant de papeteries, des tanneries, des entreprises fabriquant des aliments et des abattoirs sont particulièrement polluantes) (Bliefert et Perraud, 2001).

On dispose de plusieurs possibilités pour caractériser une eau avec des indicateurs. Le tableau 2.4. résume les teneurs en oxygène, et qui sont données entre autre la valeur de la DBO₅ et l'indice biologique global (Bliefert et Perraud, 2001).

5. La surveillance de la qualité de l'eau

L'eau est l'un des éléments naturel qui fait l'objet d'une surveillance intense à travers le monde. Les objectifs majeurs de la surveillance de la qualité de l'eau sont de préserver la santé des consommateurs (Tabet-Helal et Ghellal, 2004).

La surveillance des qualités de l'eau comprend plusieurs étapes et on imagine difficilement la somme des compétences et des technicités nécessaires pour assurer les qualités saines (Chaib, 2002).

Toute fois, il faut reconnaître qu'une surveillance adéquate est nécessaire pour assurer une conformité en permanence aux normes de la qualité de l'eau et qu'il existe de nombreux évènements potentiels dont certains peuvent survenir rapidement et qui pourraient donner lieu à des situations dangereuses (Chaib, 2002).

D'un point de vue analytique, les paramètres de surveillance sont groupés comme suit :

Tab.2.5. Classification des paramètres de surveillance (Porst et Murau, 1996 in Chaib, 2002).

Groupe de paramètres	Importance pour le contrôle de qualité	Exemple
- Paramètres microbiologiques	Caractérisation de la qualité sanitaire de l'eau en matière d'épidémies	Coliformes, <i>E. coli</i> , dénombrement des germes totaux
- Paramètres par totalisation (caractéristiques générales de qualité)	Paramètres qui regroupent, par totalisation, les propriétés d'une ou de plusieurs classes de substances.	Valeur de pH, oxydabilité, DCO,
- Paramètres de groupes	Paramètre qui, par renoncement à une subdivision en substances semblables du fait de leur constitution ou de leur effet chimique.	Hydrocarbures, Halogènes, hydrocarbures polycycliques aromatiques,
- Paramètres indicateurs	Substances qui en raison de leurs chemins d'entrée préférés dans les eaux souterraines (et aussi en partie dans les eaux de surface) et en relation avec la concentration mesurée peuvent signaler une influence indésirable sur l'eau brute.	Nitrates, ammonium, sulfates, chlorures, phosphates, etc....
-Paramètres de substances indésirables	Evaluation selon l'importance médico-toxicologique pour le consommateur.	Métaux lourds, cyanures, fluorures, etc...

La surveillance de la qualité de l'eau et de l'état des sources, des puits des installations hydrauliques et des réseaux de distributions est une activité fondamentale de prévention.

Le ministère des ressources hydrique en Algérie a instauré dans chaque région du pays un organisme "Agence Nationale des Ressources Hydrauliques" (A.N.R.H) pour surveiller les eaux de surface et les eaux souterraines. L'un de ces rôles est en général de contrôler périodiquement les qualités physico-chimiques et bactériologiques de l'eau, de faire un dépistage de tout phénomène accidentel de pollution (Tabet-Helal et Ghellal, 2004).

La préservation de la qualité de l'eau, fait l'objet d'une attention particulière à l'échelle mondiale. Il existe un réseau de surveillance international depuis 1977. Ce réseau s'inscrit dans le cadre du système mondial de surveillance continue de l'environnement (CEMS). Pour l'eau, le "CEMS/water" a été mis au point par le Programme des Nations Unis pour l'Environnement le "PNUE" en collaboration avec l'OMS, L'UNESCO et l'organisation Météorologique Mondiale. A l'aide de ce réseau international, plus de 50 paramètres sont

évalués pour fournir des données sur la qualité de l'eau de boisson, à usage agricole et industriel. Malheureusement l'Algérie ne fait pas partie de ce réseau (Tabet-Helal et Ghellal, 2004).

6. La pollution de l'eau

L'eau est le vecteur choisi par l'homme pour éliminer la majorité de ces déchets (Koller, 2004). En effet, elle est affectée de façon croissante par des matières minérales et organiques et même des microorganismes dont certains sont pathogènes et donc dangereux pour la santé (Coulibaly, 2005).

Les eaux naturelles, ont en effet, un degré de pureté très variable, depuis les eaux des fontes des neiges ou de glaces jusqu'aux eaux issues de marécages très chargées en matière organique (Leynaud, 1976).

6.1. Définition

La définition de la pollution soulève cependant quelques difficultés et désaccords (Leynaud, 1976).

La pollution est une modification défavorable du milieu naturelle qui apparaît en totalité ou en partie comme un sous produit de l'action humaine, au travers les effets indirects ou directs altérants les critères de répartition des flux de l'énergie, des niveaux de radiations, de la constitution physicochimique du milieu naturel et de l'abondance des espèces vivantes. Ces modifications peuvent affecter l'homme directement ou indirectement ou au travers les ressources agricoles, en eau et en produits biologiques. Elles peuvent aussi l'affecter en altérant les objets physiques qu'il possède ou les possibilité récréatifs du milieu (Ramade, 2002).

La notion de pollution ne se réfère donc pas à la "pureté" des eaux, ni même à leurs aptitudes, mais aux modifications de leurs caractéristiques dues aux activités humaines (Leynaud, 1976).

6.2. Origine de la pollution

A cause du cycle de l'eau, les écosystèmes aquatiques sont susceptibles d'être contaminés par des pollutions accidentelles ou chroniques. Suivant l'origine des substances polluantes on peut distinguer :

6.2.1. Les phénomènes naturels

Certains phénomènes naturels peuvent être aussi à l'origine de la pollution des eaux et sont identifiés en relation avec les éruptions volcaniques, des épanchements sous-marins, d'hydrocarbures, le contact avec les filons, ou gisements d'éléments toxiques et la présence d'une thermo minérale (Faurie et *al* 1998, *in* Habila 2008).

6.2.2. La pollution domestique

Les rejets directs des eaux usées domestiques dans le milieu naturel perturbent l'équilibre aquatique en transformant les rivières en égouts à ciel ouvert (Chellé 2005, *in* Habila 2008). Elle est caractérisée par :

- La présence de germes fécaux;
- Des sels minéraux ;
- Des détergents;

Des fortes teneurs en matière organique (Faurie et *al* 1998, *in* Habila 2008).

6.2.3. La pollution urbaine

Ce sont essentiellement les eaux pluviales, les résidus de traitement de la pollution domestique, ainsi que les résidus de traitement des ordures ménagères. Elle est caractérisée par:

- Une teneur importante de matières minérales en suspension;
- La présence de nombreux détritiques solides;
- Des fortes concentrations en toxiques et hydrocarbures, résidus d'échappements des véhicules, résidus de corrosion des équipements métalliques (Génin et *al* 2003, *in* Habila, 2008).

6.2.4. Pollution d'origine agricole

L'agriculture et l'aquaculture sont responsables des rejets de nombreux polluants dans les eaux de surface et souterraines. Ces contaminants comprenant à la fois des sédiments provenant de l'érosion des terres agricoles, des rejets de la matière organique, les engrais chimiques, des pesticides, des bactéries provenant des fumiers et purins d'animaux d'élevage et des métaux (Génin et *al* 2003, *in* Habila, 2008).

Ces produits sont rarement rejetés directement dans les eaux de surfaces, mais leur épandage en excès pour des raisons d'agriculture intensive entraîne leur lessivage par les eaux de pluies et une pollution diffuse des cours d'eau et des eaux souterraines (Habila, 2008).

6.2.5. Pollution industrielle

Un grand nombre d'opérations industrielles et manufacturières rejettent des agents polluants directement ou indirectement dans les sources d'eau environnantes (Habila, 2008).

Ces polluants sont caractérisés par une grande diversité, suivant l'utilisation de l'eau dans le processus de refroidissement, de lavage, d'extraction, de mise en solution et de l'activité des usines. On peut trouver dans l'eau qui est un bon solvant, les sous produits possibles d'activité humaine :

- Matières organiques et graisses;
- Hydrocarbures;
- Acides bases et produits chimiques divers;
- Eau chaude des centrales thermiques;
- Matière radioactive;
- Métaux lourds (Génin et al 2003, in Habila, 2008).

6.3. Les polluants de l'eau

L'expansion et l'intensification des activités humaines sont à l'origine de l'accroissement de la dispersion de polluants dans les milieux naturels (Sigg *et al*, 2000).

Les polluants sont émis dans l'environnement sous forme de gaz et de substances dissoutes ou particulières. Ils atteignent les milieux aquatiques par des voies diverses telles que les retombées atmosphériques, le ruissellement, le lessivage des sols ou le déversement direct de déchets (Lévêque, 1996).

6.3.1. Les polluants physiques

Les trois principaux agents physiques de la pollution sont : la chaleur, le transport des matières solides en suspension et la radioactivité.

Pollution thermique

De nombreuses industries utilisent l'eau comme un fluide de refroidissement en "circuit ouvert" (centrales thermiques, sidérurgie, industries agricoles, etc.) et déversent ainsi dans le milieu récepteur des quantités importantes de chaleur (Leynaud, 1976).

La pollution thermique apparaît souvent comme mineur mais, avec l'augmentation des besoins industriels en liquide de refroidissement, un réel problème se pose (Defranceschi, 1996). Le rejet de chaleur dans l'environnement aquatique est susceptible de provoquer de véritables bouleversements biocénotiques (Ramade, 2005), en favorisant le développement de certaines espèces végétales ou animales au détriment de certaines autres. Le réchauffement de l'eau favorise aussi le développement de certains microorganismes pathogènes pour l'homme ainsi que la diminution du taux de l'oxygène dissous (Pédoya, 1990).

Matières en suspension

Elles désignent toutes les matières minérales ou organiques qui ne se solubilisent pas dans l'eau et la troublent. Les matières en suspension diminuent la luminosité dans l'eau donc freinent la photosynthèse (Koller, 2007). Elles proviennent des rejets de toute nature ainsi que les phénomènes d'érosion des sols en milieu rural. Elles sont maintenues en suspension par l'action de la turbulence et une fraction seulement décantable lorsque l'eau devient dormante (Gérard 2003, *in* Habila, 2008).

Les polluants radioactifs

Les déchets radioactifs demeurent le polluant physique le plus dangereux. Les centrales nucléaires ne dégagent que des quantités limitées de déchets, mais le risque d'accidents subsiste et les problèmes de stockage des déchets radioactifs sont loin d'être résolus. En effet, du fait de leurs propriétés radioactives, les déchets restent toxiques pendant des périodes allant de quelques siècles à plusieurs millions d'années (Habila, 2008). La difficulté sur le plan écologique de la pollution radioactive est due au fait que le seul moyen de faire disparaître la radioactivité est de laisser l'élément de désintégrer spontanément (Moumouni-Djermakoye, 2005).

6.3.2. La pollution chimique

6.3.2.1. Les polluants organiques

Les composés organiques peuvent être naturels ou de synthèse (Amira, 2008). Ils constituent le principal polluant aquatique et il est de multiples sources : agricole, industrielle et humaine (Lévêque, 1996). A l'inverse des MES, ces matières constituent une nourriture de choix pour les microorganismes de l'eau provoquant leur prolifération. Les matières se mettent alors à vider le milieu de son oxygène, ce qui s'avère fatal pour la vie aquatique (Koller, 2006). Lorsque les rejets de matières organiques sont trop importants, l'autoépuration devient insuffisante et la pollution apparaît et s'accroît (Dajoz, 2006).

6.3.2.2. Eléments nutritifs

De très nombreux sels minéraux sont rejetés dans les eaux continentales ou marines par l'industrie et l'agriculture (engrais chimiques) (Ramade, 2005).

Les composés minéraux et organiques du phosphore et de l'azote constituent les éléments nutritifs les plus importants et sont généralement considérés comme les facteurs principaux de l'eutrophisation (Vivier, 1976).

Les nitrates

Les nitrates sont des composés omniprésents de l'environnement dans le quel, ils subissent un véritable cycle de transformation (Vilaginés, 2003). Elles proviennent aussi bien de sources diffuses que de sources ponctuelles (Lévêque, 1996).

La pollution des eaux superficielles et souterraines par les nitrates a pour principaux responsables l'agriculture et l'élevage intensif (Lévêque, 1996).

Les nitrites

Les nitrites sont répandus dans le sol, dans les eaux et dans les plantes mais en quantité relativement faible. En général, dans les eaux de surface, leur teneur excède rarement 1 mg/l (Petolon et Zysman, 1998).

Le phosphore

La civilisation moderne accrue la vitesse de circulation du phosphore. En effet, l'agriculture utilise comme engrais des tonnages considérables de divers phosphates (Ramade, 2005). Les phosphates sont les responsables de l'eutrophisation dans le monde (Lévêque, 1996).

6.3.3. Les composés toxiques

6.3.3.1. Les composés toxiques minéraux

Ce sont essentiellement :

- Les métaux lourds (Mercure, Plomb, Zinc, Vanadium, Chrome IV...etc.);
- Les minéraux d'origine agricole (organochlorés, organophosphorés et organométalliques);
- Les minéraux d'origine industrielle (Moumouni-Djermakoye, 2005).

6.3.3.2. Les polluants organiques toxiques

Pesticides

On désigne généralement sous le terme pesticide, tous les produits utilisés pour lutter contre les organismes qui portent atteinte à la santé publique en s'attaquant à tous les stades et toutes les matières, aux ressources végétales ou animales nécessaires à l'alimentation humaine, à l'industrie ou encore à la conservation de l'environnement (Moumouni - Djermakoye, 2005). Ils sont beaucoup plus toxiques que les détergents, puisque leur rôle est précisément la destruction des parasites des cultures qu'ils sont entraînés dans les eaux par ruissellement (Angelier, 2000).

Détergents

Il s'agit de produits susceptibles de permettre des opérations de nettoyage. Les détergents sont des composés tensioactifs synthétiques dont la présence dans les eaux est due aux rejets d'effluents urbains et industriels (Moumouni-Djermakoye, 2005).

6.3.4. Les polluants biologiques

Ils sont constitués d'organismes libres et des agents pathogènes.

6.3.4.1. Les organismes libres

Parmi les organismes libres présents dans l'eau, ceux qui importent sont : le plancton et les macro invertébrés (Moumouni-Djermakoye, 2005).

6.3.4.2. Les agents pathogènes

Ils comprennent : les virus, les bactéries et les parasites. Le plus courants sont liés au péril fécal (Moumouni-Djermakoye, 2005).

Les virus

Les virus sont des agents pathogènes extrêmement petits (Monod, 1989). Ce sont les plus préoccupants en matière de transmission par l'eau des maladies infectieuses et sont essentiellement ceux qui se multiplient dans l'intestin « entérovirus ». Ils pénètrent dans l'eau par les effluents des égouts ou par contamination directe par les matières fécales (Moumouni - Djermakoye, 2005).

Les bactéries

➤ Les coliformes

Les coliformes regroupent différentes espèces bactériennes appartenant à la famille des Enterobacteriaceae et dont la caractéristique est la fermentation du lactose avec production de gaz à 37 °C (Champiat et Larpent, 1988; Guiraud et Rosec, 2004).

Les coliformes totaux sont des indicateurs de pollution d'origine organique dans les eaux de surface, les eaux souterraines, les sources d'approvisionnement ou les canalisations d'eau potable. Une eau traitée ou une eau souterraine bien protégée ne devraient pas contenir de coliformes totaux, mais leur présence ne constitue pas un risque immédiat pour la santé. Le groupe des coliformes totaux inclut des espèces bactériennes qui résident dans l'intestin des animaux à sang chaud ainsi que de manière naturelle dans les sols, la végétation, l'eau des sources, les lacs et les rivières. Ce sont maintenant les coliformes fécaux où l'espèce type *Escherichia coli* qui sont les indicateurs qui conduisent à un avis d'ébullition (CEAEQ, 2003)

E. coli est une espèce bactérienne appartenant au groupe des coliformes fécaux. Cette bactérie est toujours trouvée dans les matières fécales des animaux à sang chaud, mais, à la différence des coliformes totaux, elle n'est pas présente de manière naturelle dans l'environnement et ne colonise pas le biofilm des réseaux de distribution. *E. coli* est donc un

indicateur spécifique d'une contamination fécale et sa présence dans l'eau indique la présence possible de microorganismes pathogènes entériques (MDDEPQ, 2006)

➤ **Les streptocoques**

Les streptocoques fécaux sont des streptocoques du groupe sérologique D de Lancefield. Ce sont des commensaux du tube digestif de l'homme et des animaux (Ferron, 1983) et d'excellents indicateurs de pollution fécale (Champiat et Larpent, 1988). Ce sont des coques Gram positif, en chaînettes, catalase négative et possédant l'antigène du groupe D (Leclerc, 1996). Cet antigène correspond au polyoside C pariétal, caractéristique des streptocoques et support de la spécificité du groupe (Rejsek, 2002).

🚩 **Les parasites**

C'est surtout le milieu physique (retenue d'eau, canal, etc.) et les caractéristiques physicochimiques qui créent les conditions propices à la prolifération des vecteurs et hôtes intermédiaires des parasites. Parmi les parasites pathogènes pour l'homme qui sont transmissibles par l'eau, les plus importants, sont : les protozoaires et les helminthes (Moumouni - Djermakoye, 2005).

➤ **Protozoaires**

Parmi les protozoaires intestinaux pathogènes pour l'homme et transmissibles par l'eau de boisson, on peut citer : *Entamoeba histolytica*, *Giardia intestinalis* et *Balantidium coli*. Tous ces protozoaires ont été associés à des manifestations épidémiques dues à l'eau de boisson (Moumouni-Djermakoye, 2005).

➤ **Les helminthes**

Une grande diversité d'œufs et de larves d'helminthes a été décelée dans l'eau de boisson. Ils ne sont pas nécessairement véhiculés par l'eau mais ceux pouvant être véhiculés par l'eau de boisson sont : les Trématodes, les Cestodes et les Nématodes (Moumouni-Djermakoye, 2005).

CHAPITRE III :
DESCRIPTION DU SITE D'ETUDE

1. Présentation de la commune

La commune de Ain Makhoulf remonte à l'ère coloniale. Elle est liée à l'arrivée des colons en 1887, d'où le nom qu'elle portait jusqu'à l'indépendance "Renier", où on lui a donné le nom qu'elle porte, et reste au rang de commune appartenant la daïra de Oued Zenati jusqu'en 1991 où elle fût nommée chef-lieu de Daïra (Bouzidi et Guendouze, 1995).

Ain Makhoulf est une commune méridionale de la wilaya de Guelma (Fig.3.1). Elle est limitée par la commune de Sellaoua Announa au Nord, Ain Soltane et Ain Larbi à l'Est, K'sar Sebihi de la wilaya d'Oum El Bouaghi et Tamlouka au Sud et Oued Zenati à l'Ouest.

Le territoire communal s'étend sur une superficie de 197 Km² et fait partie d'un ensemble géographique jusque là peu convoité par les activités économiques en raison de son excentricité par rapport aux principaux axes de développement (Bouzidi et Guendouze, 1995).

1.1. Description des unités topographiques

Le relief joue un rôle important dans l'aptitude au ruissellement des terrains, l'estimation de la dénivellation de ce dernier est faite à l'aide du calcul des pentes (Amamra et Oueibi, 2001). L'ensemble du relief de la commune présente trois principales unités topographiques différenciées qui sont : la chaîne tellienne au Nord, la chebkat des Sellaoua au sud et entre les deux se trouve la plaine (Bouzidi et Guendouze, 1995).

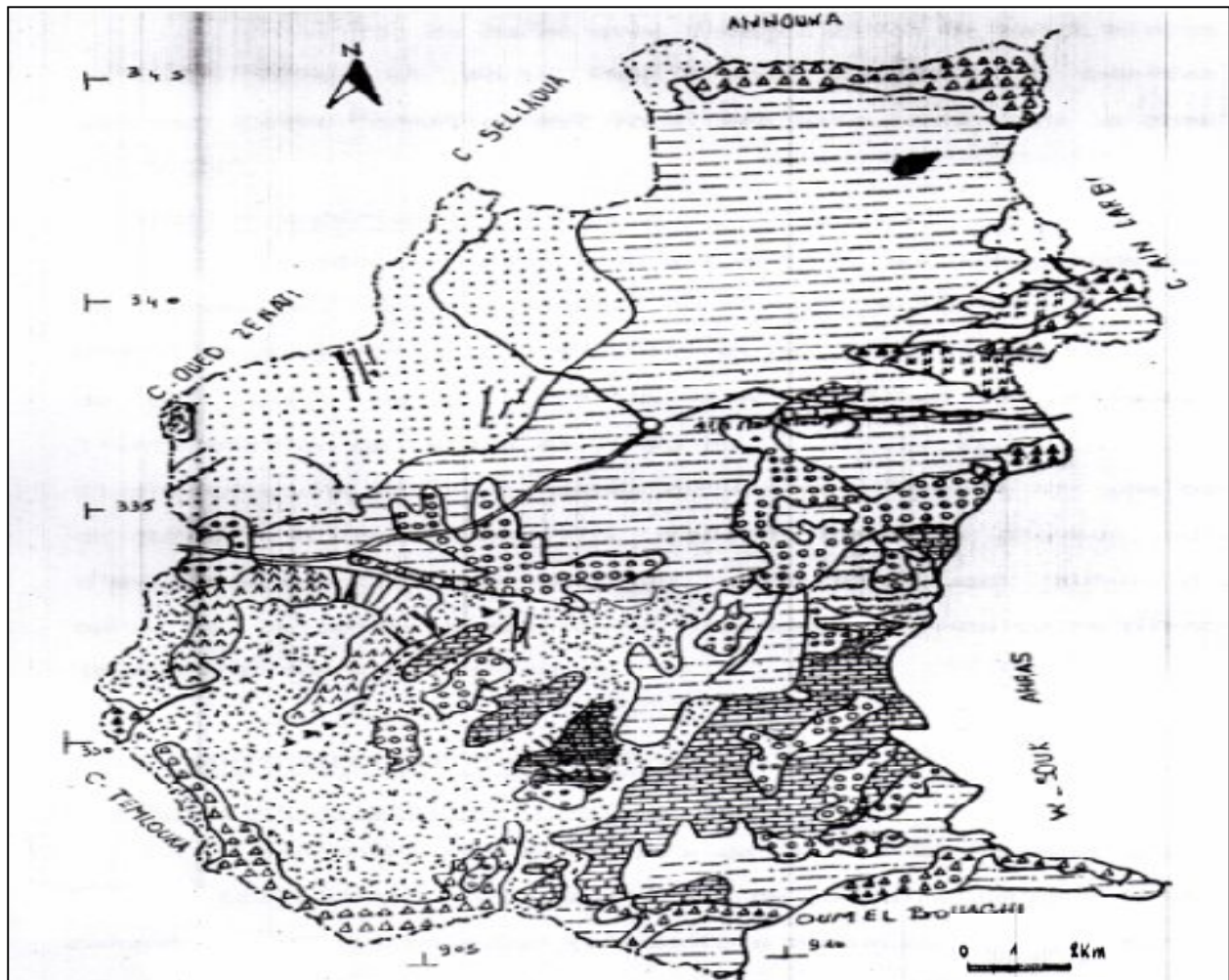
- La chaîne tellienne est représentée par des formations d'âge crétacé dont le relief est très accentué avec des pentes dépassant les 22 % surtout au Nord-est;
- La plaine est le prolongement de la plaine dite de Tamlouka où les pentes sont généralement inférieures à 8 %. Elle est en quelque sorte la résultante de l'encadrement montagneux du Nord et du Sud;
- La chebkat des Sellaoua est caractérisée par un remarquable développement de formation marno-gréseuse et marno-calcaire avec des pentes relativement importantes (Bouzidi et Guendouze, 1995).



Fig.3.1. Situation géographique de la commune de Ain Makhlouf (Benmarce, 2007)

1.2. La géologie

L'aire d'étude est recouverte dans sa majorité par des dépôts du mio-plio-quaternaire qui masquent les formations géologiques et leurs relations. Les formations du secondaire sont localisées dans la zone Sud-Est du territoire communale. L'examen de la carte géologique de Constantine au 1/200.000 nous a permis de dégager en s'aidant de l'étude faite par C. Voute en 1982 les différentes unités stratigraphiques suivantes et leurs faciès lithologiques (Fig.3.2) (Bouzidi et Guendouze, 1995).



LEGENDE

QUATERNAIRE

- ▲▲▲ Q IV
- Q III
- Q II

TERTIAIRE

- AAA } Ypresien
- AAA } Lutétien
- NNN } Lutétien
- NNN } Préaubonien

MIOPLIOCENE

- Gres et Argile
- ▬▬▬ Argile Sableuse

SECONDAIRE

- ▬▬▬ Maestrichien (cal gris et jaune + mar et cal) / Faille visible
- ▬▬▬ Senonien (mar et marno - cal à amm) / Faille cachée
- ▬▬▬ Senonien inférieur (marnes et calcaires) / charriage visible
- ▬▬▬ Albien (mar et marno. cal parfois cal) / charriage caché
- ▬▬▬ Aptien (mar gréseuses à amm) / Pente forte
- + Pente moyen
- < Pente faible

Fig.3.2. Carte des structures géologiques de la commune de Ain Makhoul (Bouzidi et Guendouze, 1995).

1.3. La tectonique

En ce qui concerne le style structural de la région, il faut noter l'existence de deux grandes unités : l'unité de la nappe néritique constantinoise au Nord et l'unité de la chebkat des Sellaoua au Sud (Bouzidi et Guendouze, 1995).

La nappe néritique constantinoise est charriée du écaillée sur son soubassement et montre des structures dirigées vers le Sud (Bouzidi et Guendouze, 1995).

Le noyau de la nappe est représenté par le jurassique. Cette nappe a été déformée après sa mise en place par les dénivellations et elle est en plus, elle est affectée par les failles.

L'unité de la chebkat des Sellaoua au Sud présente des affleurements de marne, de calcaire et d'argile sableuse dont la disposition leur confère une forme écaillée d'où leur dénomination "écaillés de chebkat Sellaoua". Ces écaillés sont dirigées vers le Sud (Bouzidi et Guendouze, 1995).

Au niveau de la zone Sud-est, il existe une très grande diversité tectonique allant des terrains aptiens jusqu'au sénonien supérieur. Au niveau des terrains très anciens de la série, il existe des formations d'âge éocène et miocène de disposition irrégulière, soit très développé, transgressive et discordante. La zone Sud-ouest est totalement recouverte par les accumulations du mio-plio-quadernaire et les formations géologiques sont masquées (Bouzidi et Guendouze, 1995).

1.4. Aspect hydrologique

L'analyse de la carte hydrogéologique (Fig.3.3) permet de dégager selon la lithologie deux zones :

- Une zone septentrionale : représentée par une structure essentiellement argilo-marneuse très peu perméable à imperméable ne contenant de nappes et n'ayant aucun intérêt dans ce domaine.
- Une zone méridionale : caractérisée par sa structure perméable :
 - 🚧 La zone Sud-ouest est la continuité de la plaine de Tamlouka comportant un remplissage mio-plio-quadernaire de matériel argileux, sableux et gravilleux;
 - 🚧 La zone Sud-est comporte une structure calcareuse perméable (Bouzidi et Guendouze, 1995).

☞ **Les différentes nappes existantes**

Dans le territoire communal de Ain Makhoulouf, il existe deux nappes :

- ☑ La nappe libre : elle se situe dans la partie sud de la commune et plus précisément au Sud-ouest dans la continuité de la nappe de la plaine de Tamlouka. Cette nappe se trouve dans les formations très perméables de l'éocène;
- ☑ La nappe karstique : elle est localisée dans la partie Sud-est de la commune au niveau des calcaires maestrichiens (Bouzidi et Guendouze, 1995).

1.5. Les formes géomorphologiques

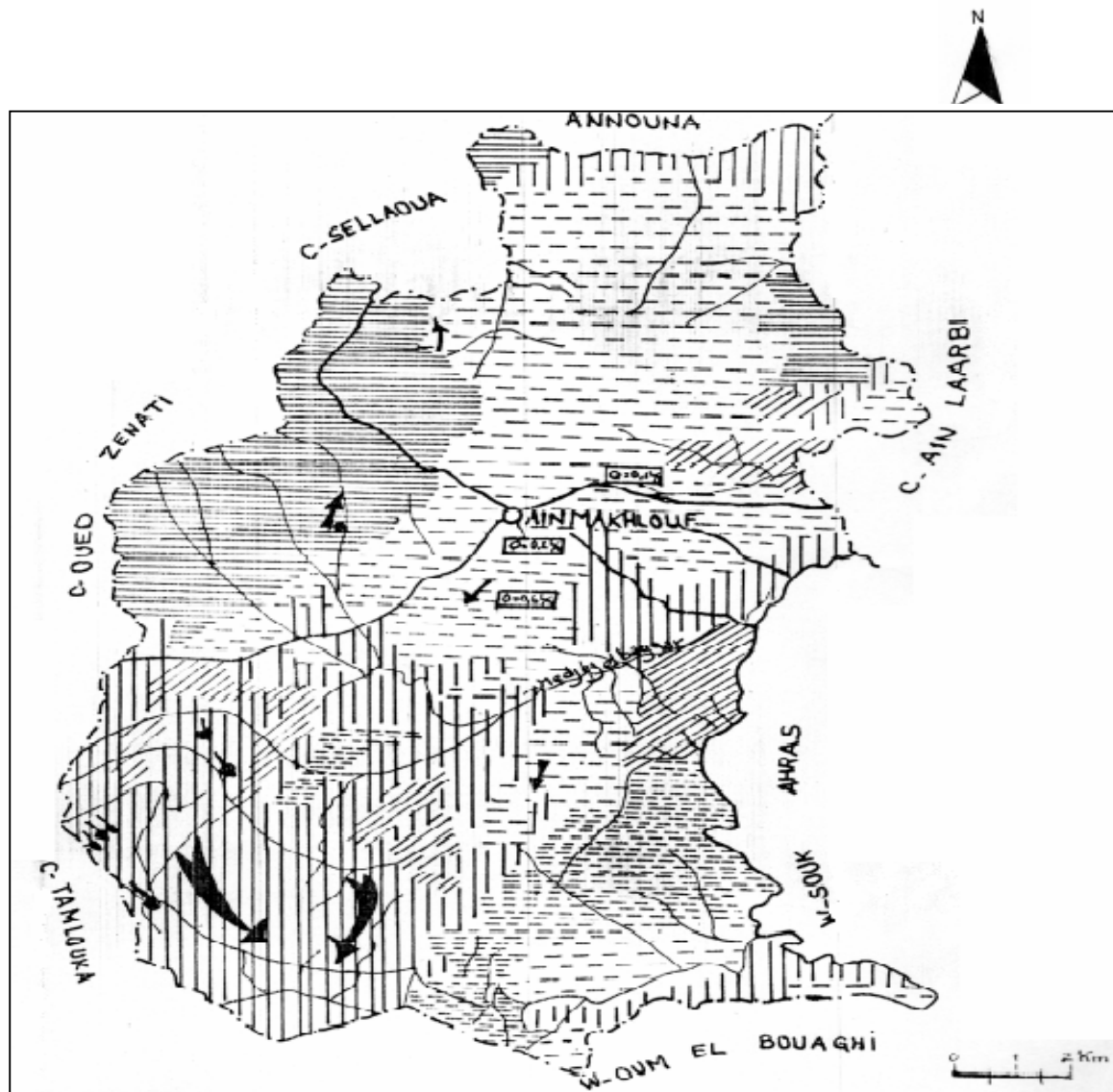
Dans cette région, les formes géomorphologiques existantes sont liées à la tectonique qui a affecté la région et avec l'accumulation pendant le miocène et le quaternaire et avec l'érosion superficielle et souterraine (Bouzidi et Guendouze, 1995).

1.5.1. Le paysage collinaire

C'est la résultante de l'encadrement montagneux tellien du Nord et de la chebkat Sellaoua au Sud. Il forme de long glacis régulier parcouru généralement de roches dures affectées par des fissurations plus ou moins importantes (Bouzidi et Guendouze, 1995).






1.5.2. Les cuvettes

C'est le prolongement de la cuvette de Tamlouka qui est une cuvette Graben avec une base de maestrichien et constituée de calcaire métamorphisée par recristallisation lors de la tectonique qui a affecté la région en différentes profondeurs (Bouzidi et Guendouze, 1995).



LEGENDE

NATURE DES SUBSTRATS

-  Calcaire fissure existence de Karste avec une Permeabilite equivalente
-  tres faible Permeabilite à imperrmeable
-  Impermeable
-  Faible Permeabilite argillesabloneuse
-  moyennement permeable remplissage de neogene et du quaternaire des bassin









-  Source
-  Oued
-  Courbe
-  circulation des eaux dans les depot continental
-  Point de Cote
-  Route
-  Limite de commune
-  Limite de wilaya

Fig.3.3. Carte hydrogéologique de la commune de Ain Makhoul (Bouzidi et Guendouze, 1995).

1.5.3. Les karsts

Les calcaires de la région sont très fissurés à cause de l'intensité de la tectonique. Ces fissures ayant subi une altération chimico-mécanique présente beaucoup de formes karstifiées (Bouzidi et Guendooze, 1995).

1.6. Faune et flore

La région de Ain Makhoulf est réputée par sa richesse spécifique de la faune et de la flore, plus de 7 familles d'oiseaux aquatiques, contenant plus de 20 espèces, dispersées dans les milieux aquatiques surtout la retenue collinaire. Les insectes aquatiques ou terrestres sont quasiment présents, avec un couvert végétal exceptionnel et relativement remarquable (Guergueb *et al*, 2008).

2. Choix des stations de prélèvement

Pour le suivi de la qualité physicochimique et microbiologique des eaux de surface et souterraine de la commune de Ain Makhoulf, quatre points (stations) de prélèvement ont été choisis pour réaliser ce travail (Fig.3.4).

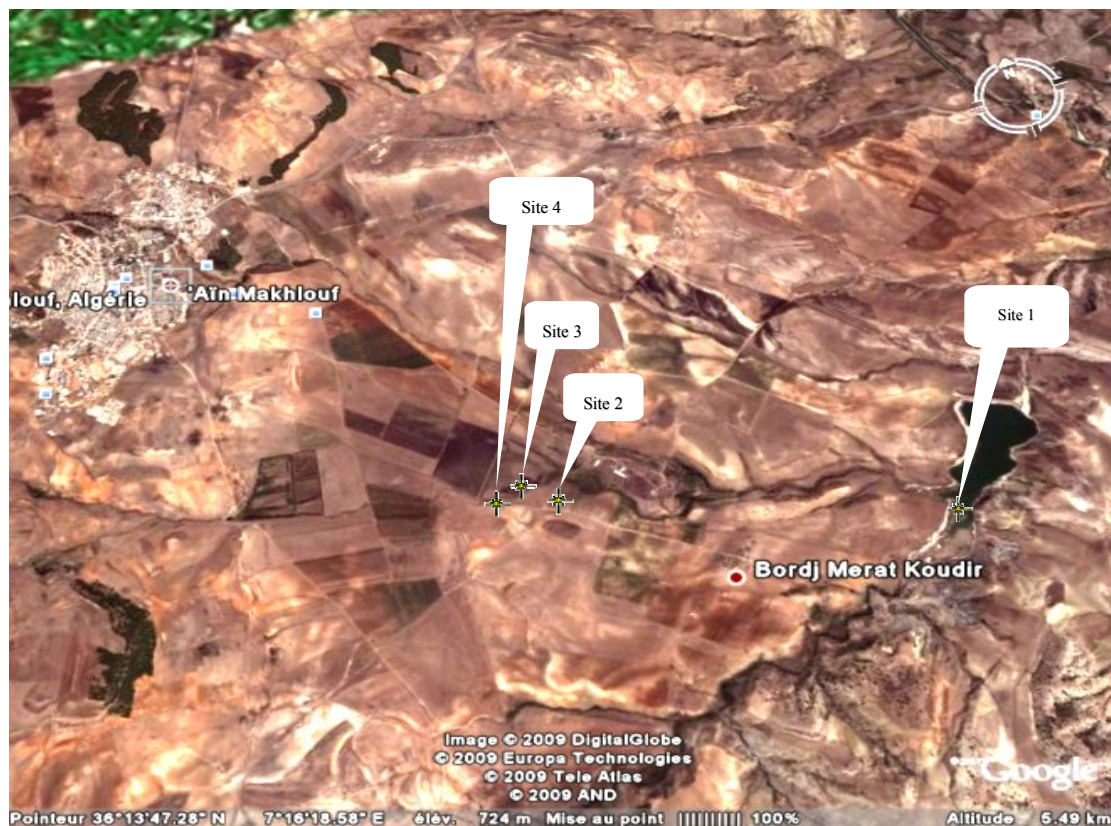


Fig.3.4. Localisation géographique des sites d'étude.

- Site 1 : La retenue collinaire Medjez El-B'gare
- Site 2 : Source avec tuyau métallique;
- Site 3 : Source "avec accumulation d'eau";
- Site 4 : Puits d'irrigation.

2.1. Description des sites d'étude

2.1.1. La retenue collinaire

La retenue collinaire sur l'oued Medjez El-B'gare se trouve dans la vallée Bled Oum-Krekeche au Sud-ouest de la commune de Ain Makhlouf. Elle est accessible à partir de la route de Ain Makhlouf à la ville de Ain Larbi en passant à travers le chemin vicinal d' Oum Krekeche.



Fig.3.5. Image satellite de la retenue collinaire de Oued Medjez El-B'gare (Google Earthe, 2009)

La superficie de la cuvette au niveau de la retenue avoisine les 28.6 ha.

* Les volumes caractéristiques de la retenue collinaire sont de :

- Volume utile : 1.77 h m^3 ;
- Volume de crue: 0.51 h m^3 ;
- Volume total: 2.86 h m^3 ;
- Volume mort : 0.581 h m^3 ;
- Volume régularisé : 1.916 h m^3 .

- Géologie

o Géomorphologie

Le bassin versant de Oued Medjez El-B'gare est localisé au Nord de la plaine des Sellaoua, à l'Ouest de la vallée de Oued Charef (Amamra et Oueibi, 2001). Ce bassin versant couvre une superficie d'environ 62 km² drainée par les oueds Medjez El-B'gare, Oum Krekeche et d'autres châabets (D.H.W.G, 1987). Les formations marneuses se présentent presque toujours entièrement dépourvues de végétation. Il en résulte que les apports solides sont importants en raison de l'altération des marnes ou de leur faible degré de couverture (érosion intense des marnes sur la rive droite). Le point culminant du bassin atteint 1148 m au niveau de Djebel Ancel au Sud-Est de la commune de Oued Zenati. Les altitudes moyennes varient entre 700 à 1000 m.

Ce bassin est limité au Nord par les monts du Djebel Ancel, Kef en Nabal, Kef El-Guegueb. Au Sud-est, il est séparé de la vallée de Oued Charef par les collines de Dra Rahia Bled Si Moussa, Djebel El-Hofra, Bled Ben Ameer. Au Sud-ouest, le bassin est délimité par la plaine de Tamlouka, Bled Ben Saad-Allah, Bled Ben El-Djoudi, Djebel Medarag Narou. Les pentes des collines sont en général faibles à assez fortes respectivement sur les terrains marneux et sur les formations marnocalcaires. Celles des versants sont normales (20-25°) mais à l'amont, nous observons sur la rive droite, un versant marnocalcaire abrupt (45-50°). Sur la rive gauche, il existe encore des petits sous bassins et dans la cuvette des petits cônes de déjection (D.H.W.G, 1987)

Le couvert végétal est dominé par la céréaliculture intensive sur les replats (blé dure; *Triticum durum* et orge; *hordeum vulgare*) et quelques herbes sur les versants abrupts marnocalcaire (D.H.W.G, 1987).

o Géologie du bassin versant

Les principales formations géologiques du bassin versant sont les marnes grises fouilletées, les marno-calcaires bien stratifiés du crétacé supérieur ou les grès de l'oligocène. Ces marnes affleurent sur la rive droite de Oued Medjez El B'gare avant sa jonction avec Oued Charef.

Le bassin versant de l'oued formé essentiellement par des couches géologiques du miocène à l'oligocène avec des marnes ou des grès à la base recouvertes par les terrains sédimentaires.

Les couches calcaires résistantes à l'érosion forment des bancs épais alternant avec les couches d'argile marneuses qui plus tendres indifféremment les replats, glacis. Par contre sur les versants abrupts, la mare altérée affleure. Cette roche est fouillétée, schisteuse, fissurée, friable souvent argileuse, grise- jaunâtre et plastique (D.H.W.G, 1987).

Au niveau de l'axe de la digue projetée, sur le monticule de la rive droite, les marnes argileuses et marno-calcaires affleurent. Cette formation est très fracturée et fissurée en surface et très compacte et imperméable en profondeur (D.H.W.G, 1987)

○ Hydrologie

Le bassin versant de Oued Medjez El-B'gare est un sous bassin de Oued Charef, grand affluent du bassin de la Seybouse. Le réseau hydrographique est constitué essentiellement de l'oued Medjez El-B'gare qui prend naissance au niveau du bordj Bou Rougaa. Il est alimenté par châabet Oum Krekeche et par d'autres sources qui prennent naissance aux limites des couches imperméables (D.H.W.G, 1987).

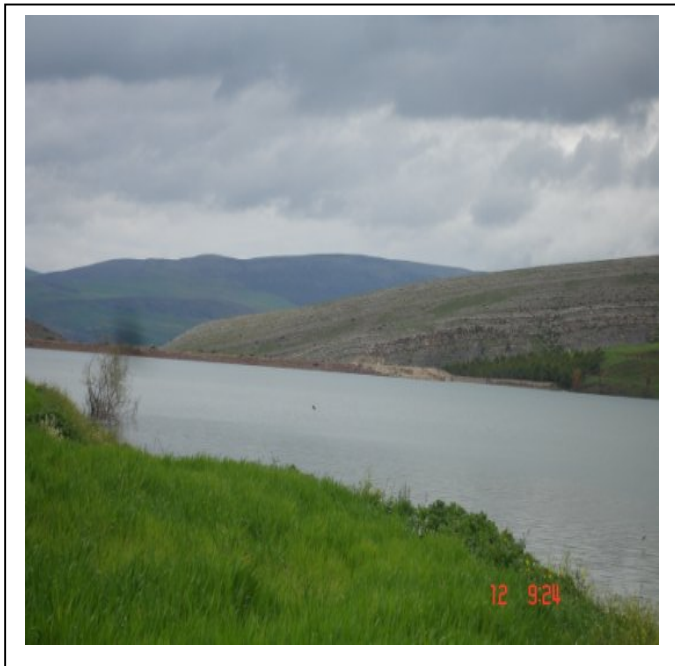
Au cours des âges, Oued Medjez El-B'gare s'est entaillé profondément dans les couches marneuses friables creusant un lit assez sinueux avec des méandres qui se succèdent presque régulièrement. Au fond des vallées, des sources à débits assez importants rendent l'écoulement de l'oued permanent même durant les périodes sèches, avec un débit assez important (calculé le 24/06/1987 : $Q = 5 \text{ m}^3/\text{s}$) (D.H.W.G, 1987).

2.1.2. Les eaux souterraines

Source 1 : Un tuyau métallique a été placé dans cette source.

Source 2 : C'est une source naturelle sans jaillissement, parfois utilisée pour la boisson par les usagers.

Puits d'irrigation : c'est un puits avec margelle qui est utilisé pour l'irrigation, sa profondeur avoisine les 10 m.



Site 1



Site 2



Site 3



Site 4

Fig.3.6. Photos des différents sites d'étude.

3. Climatologie

La description du climat tient principalement compte de certains paramètres essentiels, tel la température, les précipitations, le régime des vents et l'humidité. Pour caractériser le climat de notre zone d'étude nous avons tenu compte des données météorologiques récoltées de la station de Guelma, sur 15 ans (1994-2008).

3.1. Précipitations

✎ Précipitations moyennes mensuelles

Les précipitations sont un facteur climatique très important qui conditionnent l'écoulement saisonnier et par conséquent le régime des cours d'eau ainsi que celui des nappes aquifères. Les données récoltées sur 15 ans (1994 - 2008) mentionnées dans le Tab.3.1. montrent que la saison hivernale est la plus pluvieuse avec une moyenne de 79.6 mm/mois ce qui produit une recharge de la nappe et une dilution des éléments chimiques. Tandis que l'été est sec avec une faible recharge de 10.46 mm/mois, ce qui produit une évaporation et une concentration des éléments chimiques.

Tab.3.1. Précipitations moyennes mensuelles et annuelles (Station de Guelma 1994-2008)

Saisons	Automne			Hiver			Printemps			Eté		
Mois	Sep	Oct.	Nov.	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Août
Pmm (mm)	47.6	37.05	71.25	81.8	102.03	54.91	60.1	67.71	45	16.45	2.96	11.97
Pms (mm)	52			79.6			57.62			10.46		
Ps (mm)	156			239			172.88			31.38		

- **Pmm** : Moyenne des précipitations mensuelles (mm);
- **Pms** : Moyenne de précipitations saisonnières (mm);
- **Ps** : Précipitation saisonnière (mm).

Les histogrammes de précipitations, révèlent l'irrégularité des pluies le long de l'année. Les mois les pluvieux sont : novembre (71.25 mm), décembre (81.8 mm), et janvier (102.03 mm) alors que les mois les moins pluvieux sont : juin (16.45 mm), juillet (2.96 mm) et août (11.97 mm) (Fig.3.7).

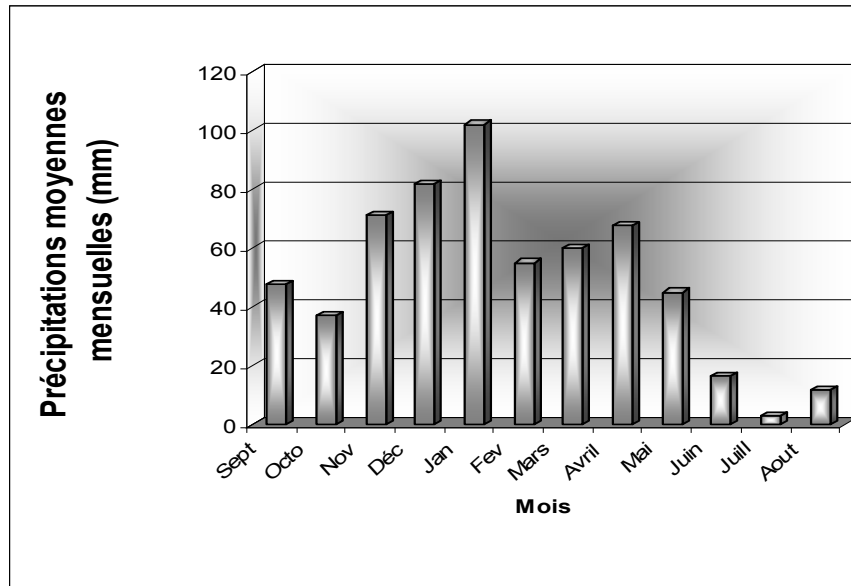


Fig.3.7. Evolution des précipitations moyennes mensuelles de la station de Guelma (1994-2008).

☞ Variation saisonnière moyenne des précipitations

La répartition saisonnière des pluies est un facteur abiotique primordial pour la végétation. Les pluies de la période printemps-été, survenant au cours des températures les plus élevées, subissent au sol une forte évaporation, ce qui affaiblit leur puissance d'infiltration et leur pénétration se limite à une couche superficielle. Ce sont les plantes herbacées qui en tirent la meilleure partie (Amira, 2008). Les pluies d'automne et d'hiver surviennent pendant des températures idéales subissent au sol, une faible évaporation ce qui augmente leur puissance d'infiltration. Ceci permet aux arbres, arbustes et plantes herbacées de trouver dans le substrat pédologique le milieu frais favorisant une résistance à la sécheresse.

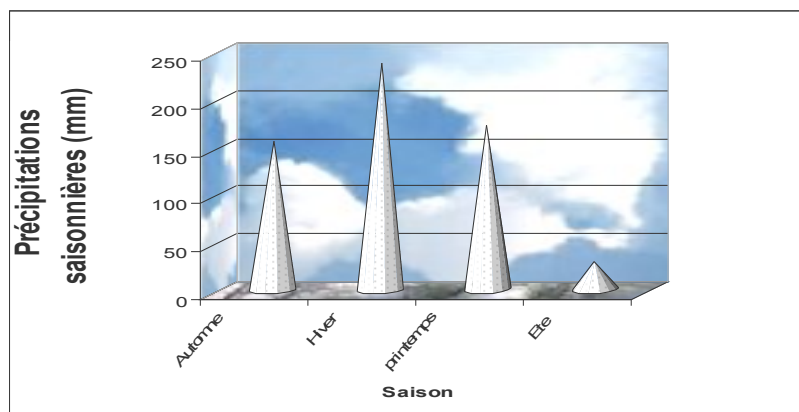


Fig.3.8. Variations saisonnières des précipitations (Station météorologique de Guelma) (1994-2008)

La distribution des précipitations est inégalement répartie durant les saisons, le maximum des précipitations est observé en hiver où il peut atteindre les 239 mm (Tab.3.1).

3.2. La température

La température est un facteur écologique de première importance (Ramade, 1984). Elle constitue avec les précipitations, l'élément du climat le plus couramment révélé. Elle influe beaucoup sur les conditions générales de développement et de croissance des êtres vivants.

Les données de la station météorologique de Guelma mentionnées dans le tableau 3.2 font ressortir que la température moyenne mensuelle, la plus basse, est celle enregistrée durant le mois de janvier avec 4.62 °C et que les mois les plus chauds sont juillet et août, avec des températures moyennes de l'air atteignant les 36.34 °C.

Tab.3.2. Moyenne mensuelle des températures (1994-2008)
(Station météorologique de Guelma)

Mois	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Jui	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
T	9.76	10.12	12.5	14.84	19.7	24.25	26.5	27.51	23.6	19.83	14.33	10.90
M (°C)	15.64	16.67	19.7	22.02	27.2	32.72	35.4	36.34	31.3	26.65	20.98	16.6
m (°C)	4.98	4.62	6.56	8.13	12.2	15.57	18.5	19.89	17.3	12.83	8.68	6.34

- T : température moyenne mensuelle (°C);
- M : moyenne des maxima des températures;
- m : moyenne des minima des températures;

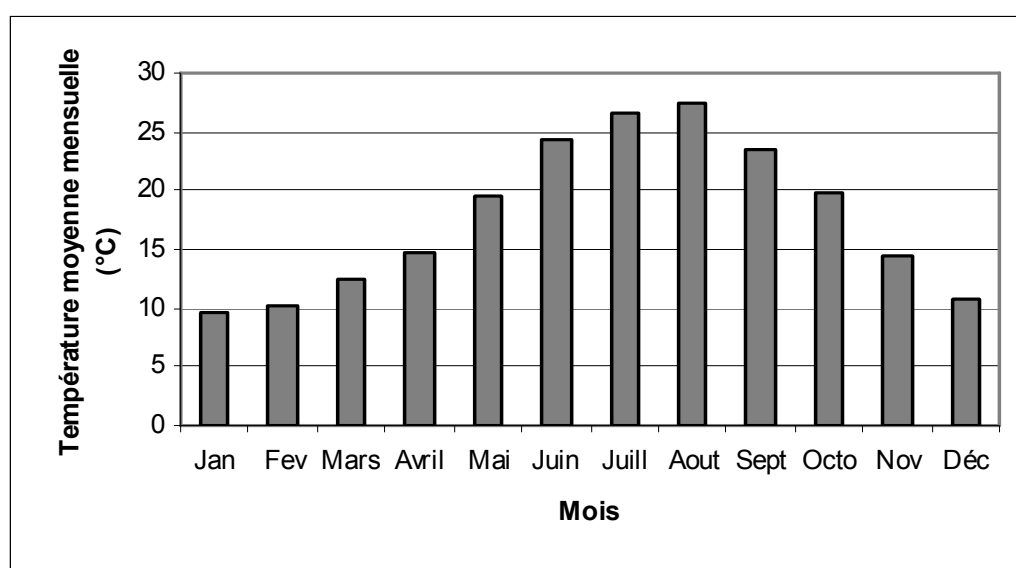


Fig.3.9. Evolution des températures moyennes mensuelles observées durant la période (1994-2008)

3.3. Synthèse climatique

Le but essentiel d'une synthèse bioclimatique est de chercher exactement la position qu'occupe le climat de la zone d'étude vis-à-vis des principaux types bioclimatiques méditerranéens, en utilisant pour cela des formules climatiques proposées par de nombreux auteurs (Guyot, 1999 *in* Amira, 2008).

3.3.1. Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausсен

Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен nous a permis de connaître les caractères des saisons dans cette région et d'avoir une idée sur la durée et l'intensité de la période de sécheresse (Dajoz, 2006). Il est construit en portant en abscisse les mois et en ordonnées les précipitations moyennes mensuelles (P) sur un axe et la température moyenne mensuelle (T) sur un autre axe où l'échelle de la précipitation est double de celle de la température ($P=2T$) (Frontier *et al*, 2004).

Un mois est dit biologiquement sec si la pluviosité moyenne (P), exprimée en mm, est égale ou inférieure au double de la température moyenne (T) exprimée en degré Celsius ($^{\circ}\text{C}$). ($P \leq 2T$). La lecture est faite directement sur le graphique. La saison sèche apparaît quand la courbe des précipitations passe en dessous de la courbe des températures (Frontier *et al*, 2004) (Beltrando, 2004). D'après le graphique qui suit, la région de Guelma présente une période sèche qui s'étale de mi-mai jusqu'au mi-septembre (Fig.3.10).

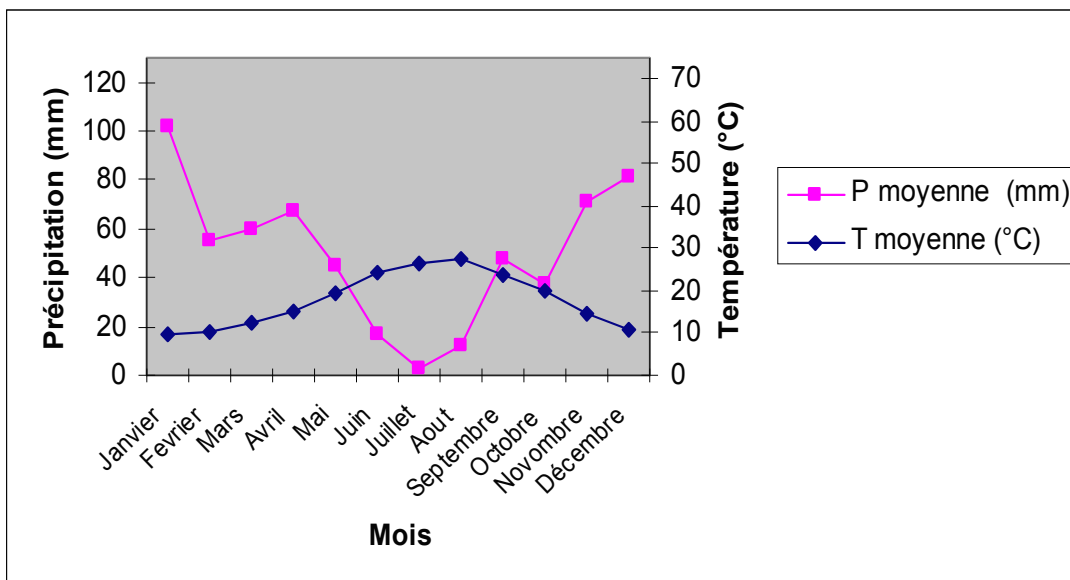


Fig.3.10. Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausсен.

3.3.2. Quotient pluviométrique et climagramme d'Emberger

En 1955, Emberger a classé les climats méditerranéens en faisant intervenir deux facteurs essentiels : les précipitations et la température (Emberger 1955, *in* Touati 2008).

$$Q_2 = \frac{P \times 1000}{\left[\frac{M + m}{2} \right] \times [M - m]}$$

Où :

- Q_2 : Quotient pluviométrique;
- P : moyenne des précipitations annuelles (mm);
- M : moyenne des maxima de température du mois le plus chaud (°K);
- m : moyenne des minima de température du mois le plus froid (°K) (Ramade, 2003).

P : précipitation moyenne annuelle durant 1995-2008.

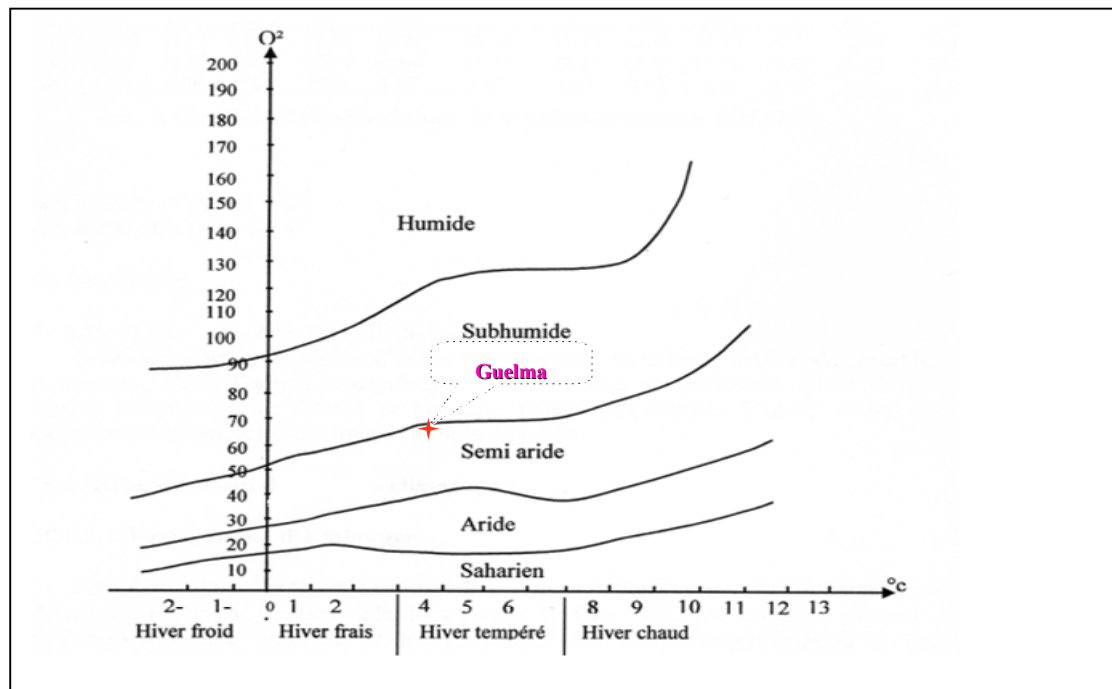


Fig.3.11. Situation de la région de Guelma dans le climagramme d'Emberger.

La région de Guelma présente ainsi un $Q_2 = 64.3$ et se classe dans l'étage bioclimatique à végétation semi-aride à hiver tempéré (Fig.3.11)

PARTIE II
PARTIE PRATIQUE

CHAPITRE IV :
MATERIEL ET METHODES

1. Compagnes de prélèvement

Nous avons effectué 32 prélèvements étalés sur 08 mois soit du mois d'octobre 2008 au mois de mai 2009 dont les dates sont les suivantes :

- * 25 octobre 2008;
- * 22 novembre 2008;
- * 13 décembre 2008;
- * 17 janvier 2009;
- * 22 février 2009;
- * 08 mars 2009;
- * 12 avril 2009;
- * 10 mai 2009.

2. Organigramme de travail

Les différentes étapes de notre travail sont indiquées dans la Figure 4.1.

3. Analyses physicochimiques de l'eau

3.1. Méthodes de prélèvement

Les flacons destinés à analyser les éléments minéraux sont traités à l'acide sulfurique (H_2SO_4) dilué au 10 %, puis rincés abondamment avec l'eau de robinet et l'eau distillée, égouttés puis fermés (Chambou *et al*, 2007).

Au moment du prélèvement ces flacons sont de nouveau rincés trois fois avec l'eau à analyser puis ils sont remplis jusqu'au bord on les plongeant à une profondeur de 20 à 30 cm de la surface, et assez loin des berges, soit ils sont remplis à l'aide d'un récipient propre (Chambou *et al*, 2007).

3.2. Transport et conservation des échantillons

L'échantillon peut être gardé quelques jours mais il est préférable d'effectuer le dosage des éléments chimiques le plus tôt possible. Les éléments comme les nitrates etc.... peuvent subir des modifications lors de la conservation.

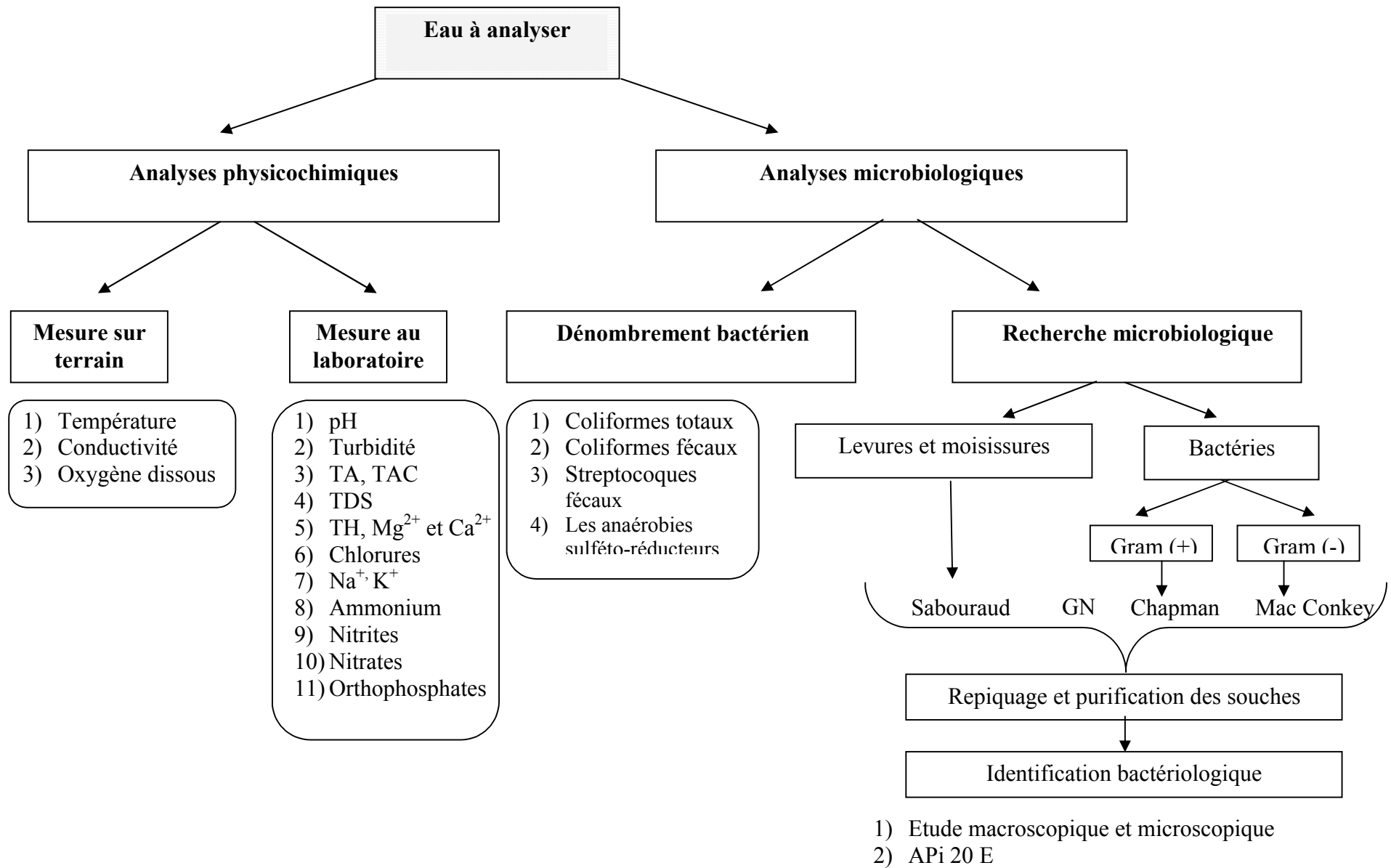


Fig.4.1. Organigramme représentant le plan de travail

3.3. Mesures *in situ* (Analyses préliminaires)

Pour chaque prélèvement des paramètres physicochimiques : la température, la conductivité électrique et l'oxygène dissous ont été mesurés *in situ* (sur le terrain). En effet, ces paramètres sont très sensibles aux conditions du milieu et susceptibles de varier dans des proportions importantes s'ils ne sont pas mesurés *in situ*.

3.3.1. La conductivité électrique

C'est l'aptitude d'une eau à mettre le passage du courant électrique. La conductivité, inverse de la résistivité, est directement liée à la teneur en minéraux dissous ionisés. Elle augmente avec la température (Mayet, 1994).

➤ Mesure de la conductivité électrique

La conductivité est mesurée *in situ* avec un conductimètre de type " Ecoscan CON5". L'électrode à conductivité est rincée avec l'eau distillée et plongée dans un récipient contenant de l'eau à analyser. Après stabilisation de l'appareil les valeurs sont notées en fonction de la température et exprimées en $\mu\text{S}/\text{cm}$.

3.3.2. La température

La température de l'eau est un paramètre de confort des usagers. Elle permet également de corriger les paramètres d'analyses dont les valeurs sont liées à la température (conductivité). De plus elle met en évidence des contrastes de température de l'eau sur un milieu, il est possible d'obtenir des indicateurs sur l'origine de l'eau (Drissi ,2008).

➤ Mesure de la température

La température est mesurée directement et simultanément avec la conductivité. La valeur est lue sur l'afficheur du conductimètre. Elle est exprimée en degré Celsius ($^{\circ}\text{C}$).

3.3.3. L'oxygène dissous

C'est la quantité d'oxygène libre contenue dans l'eau sous forme dissoute. Elle s'exprime par sa concentration. L'oxygène dissous est un facteur écologique essentiel indispensable pour la respiration des organismes vivants aérobies (Chocat, 1997).

➤ Mesure de l'oxygène dissous

La teneur en oxygène dissous a été directement déterminée à l'aide d'un oxymètre portable de type " YSI 5MA". La valeur de l'oxygène dissous est affichée après immersion de l'électrode dans le flacon contenant l'échantillon. Elle est exprimée en mg/l .

3.4. Les analyses et dosages au laboratoire

3.4.1. Le pH

Le potentiel hydrogène mesure la concentration en ions H^+ de l'eau ; Il est traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14 ; 7 étant le pH neutre. Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibre physicochimique et dépend de facteurs multiples, dont l'origine de l'eau (Drissi ,2008).

➤ Mesure de pH

La mesure de pH est effectuée à l'aide d'un pH mètre de paillasse étalonné à la température ambiante grâce à l'eau distillée. La mesure du pH se fait en plongeant la sonde dans l'eau. Les résultats sont affichés sur l'écran.

3.4.2. La minéralisation totale (TDS)

On appelle minéralisation totale ou TDS, la masse totale de minéraux dissous (cations et anions) et non dissous, chacun étant exprimé en mg/l (Mayet, 1994).

➤ Mesure des TDS

Les solides totaux dissous (TDS) ont été déterminés à l'aide d'un conductimètre électrique de laboratoire qui permet de mesurer également la conductivité électrique et la salinité. Ils sont exprimés en mg/l d'eau.

3.4.3. La turbidité

Est en relation avec la mesure des matières en suspension, elle donne une indication sur la teneur en matières colloïdales d'origine minérale ou organique (Monod, 1989).

➤ Mesure de la turbidité

- D'abord callibrer le turbidmètre;
- Puis, remplir une cuvette propre jusqu'au trait (30 ml) avec de l'eau à analyser en évitant la formation de bulle d'air ;
- Tenir la cuvette par le bouchon et l'essuyer avec mouchoir doux sans peluches pour retirer les gouttes d'eau et les traces de doigts ;
- Placer la cuvette dans le puits de mesure et fermer le capot ;
- Presser la touche READ;

Lire et noter le résultat affiché (Coulibaly, 2005).

3.4.4. Le titre hydrotimétrique (TH)

Appelé aussi "dureté totale", le T.H. mesure l'ensemble des ions alcalinoterreux, autrement dit les ions calcium et magnésium (Ca^{2+} , Mg^{2+}) (Hacini, 2003).

Nous distinguons parfois le titre hydrotimétrique calcique (ou le T.H. calcique) qui ne mesure que la teneur en ions calcium, et le titre hydrotimétrique magnésien (ou le T.H. magnésien) qui ne mesure que la teneur en ions magnésium (Mayet, 1994).

➤ Mesure du T.H. par la méthode titrimétrique

✎ Principe

Les alcalinoterreux présents dans l'eau sont amenés à former un complexe du type chélate par le sel disodique de l'acide éthylène diamine tetracétique à pH 10. La disparition des dernières traces d'éléments libres dosés est décelée par le virage d'un indicateur spécifique, le noir ériochrome.

En milieu convenablement tamponné pour empêcher la précipitation du magnésium, la méthode permet de doser la somme des ions calcium et magnésium (Chambou *et al*, 2007).

✎ Réactifs

- Solution de noir erichrome T à 0.5 %;
- Solution tampon pH 10;
- Solution d' EDTA 0.02 N;

✎ 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 noire érichrome 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 bleue. Vérifier que la coloration ne change plus par l'addition d'une goutte supplémentaire d' EDTA (Chambou *et al*, 2007).

✎ Expression des résultats

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

$$TH (mg / l) = \frac{V \times N \times \text{éqg}}{P} \times 1000$$

V : volume en ml de la solution d' EDTA versé;

N : normalité de la solution d' EDTA;

E_{qg} : équivalent gramme du CaCO_3 ;

P : prise d'essai (Chambou *et al*, 2007).

3.4.5. Dosage du calcium : méthode titrimétrique à l' EDTA

✎ Principe

Le principe est identique à celui de la méthode titrimétrique pour la dureté totale. Toutefois, comme le dosage se fait à un pH élevé (12-13), le magnésium est précipité sous forme d'hydroxyde de magnésium et n'intervient pas. Par ailleurs, l'indicateur choisi, l'acide calcione carboxylique ne se combine qu'avec le calcium pour former un complexe rouge. (Rejsek, 2002).

✎ Réactifs

- Solution d' EDTA 0.02 N (0.01 M);
- Solution d'hydroxyde de sodium 2 N;
- Indicateur : acide calcione carboxylique;
- Solution étalon de calcium (0.01 M).

✎ Mode opératoire

➤ Etalonnage de l' EDTA

Dans une fiole conique de 100 ml, introduire successivement :

Solution étalon de calcium	20 ml
Eau permutée	q.s.p.....	50 ml
Solution d'hydroxyde sodium...	2 ml
Indicateur.....	0.2 g

Ajouter la quantité nécessaire de la solution d' EDTA jusqu'à virage au bleue.

Soit x le nombre de millilitres versés.

Effectuer le dosage dans une deuxième fois. Prendre la moyenne de ces deux titrages, soit f le rapport entre le titre ainsi mesuré de la solution d' EDTA et le titre théorique (0.01 M) (Chambou *et al*, 2007).

➤ Dosage proprement dit

Dans une fiole conique de 250 ml, introduire successivement :

Eau à analyser.....	50 ml
Solution d'hydroxyde de sodium.....	2 ml
Indicateur.....	0.2 g

Ajouter la quantité nécessaire de la solution d' EDTA jusqu'à virage au bleue. Soit y le nombre de millilitres versés.

Effectuer le dosage dans une deuxième fois. Prendre la moyenne des deux résultats, soit V le volume ainsi déterminé (Chambou *et al*, 2007).

✂ Expression des résultats

Pour une prise d'essai de 50 ml, la teneur en calcium est égale à

$$Ca(mg/l) = \frac{V \times f \times 0.4008 \times 1000}{50} \quad (\text{Chambou } et \text{ al}, 2007).$$

V : volume en ml de la solution d' EDTA versé;

f : rapport entre le titre de la solution d' EDTA et le titre théorique (0.01 M).

3.4.6. Dosage du magnésium

Le TH magnésien est directement établi en retranchant le TH calcique du T.H. total (Chambou *et al*, 2007).

3.4.7. L'alcalinité

- Le titre alcalimétrique ou TA mesure la teneur de l'eau en alcalis libres (hydroxydes) et de la moitié de sa teneur en carbonates alcalins et alcalinoterreux. Il s'exprime en degrés français (°f).

- Le titre alcalimétrique complet ou TAC mesure la teneur de l'eau en alcalis (hydroxydes), en carbonates et en bicarbonates (hydrogénocarbonates) alcalins et alcalinoterreux (Mayet, 1994).

➤ **Détermination de l'alcalinité par la méthode titrimétrique**

✎ **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.

✎ **Réactifs**

- Acide sulfurique (1/50 N);
- Solution de phénol phtaléine dans l'alcool à 0.5% (voir acidité);
- Solution de méthylorange à 0.5% (voir acidité);

✎ **Mode opératoire**

➤ **Détermination du TA**

Prélever 100 ml d'eau à analyser dans une fiole conique. Ajouter 1 à 2 gouttes de solution alcoolique de phénol phtaléine. 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 (Chambou *et al*, 2007).

➤ **Détermination du TAC**

A 100 ml d'échantillon, ajouter 2 gouttes de solution de méthylorange et titrer avec l'acide à l'aide d'une burette, en agitant constamment jusqu'au virage du jaune au jaune orangé (pH 4.3). S'assurer qu'une goutte d'acide en excès provoque le passage au rose orangé (pH 4). Soit V le nombre de millilitres de l'acide versé (Chambou *et al*, 2007).

✎ **Expression des résultats**

$$TAC(mg/l) = \frac{V \times N \times \text{éqg}}{P} \times 1000$$

V : volume en ml de l'acide sulfurique versé;

N : normalité

E_{qg} : équivalent gramme de l'H₂SO₄;

P : prise d'essai (Chambou *et al*, 2007).

Remarque : 1°f = 10 mg de carbonate de calcium. (Chambou *et al*, 2007).

3.4.8. Dosage des chlorures

☒ Principe

Les ions chlorures sont précipités à l'état de chlorure d'argent par une solution titrée de nitrate d'argent (AgNO_3). L'indicateur de fin de réaction est le chromate de potassium (K_2CrO_4) qui, en présence d'un excès d'ions argent, forme un précipité rouge (Rejsek, 2002).

☒ Réactifs

- Acide nitrique
- Solution de chromate de potassium
- Solution de nitrate d'argent 0.1 N.

☒ Mode opératoire

Introduire 100 ml d'eau à analyser, préalablement filtrée, dans une fiole conique de 250 ml. Ajouter une petite quantité de la poudre de chromate de potassium.

Le mélange est titré par une solution de nitrate d'argent (0.1 N) jusqu'à l'apparition d'une teinte rougeâtre. Le volume (V) de nitrate d'argent (AgNO_3) versé (ml).

☒ Expression des résultats

Pour une prise d'essai de 100 ml, $V \times 35.5$ donne la teneur exprimée en mg de chlorures par litre d'eau à partir de la relation

$$Cl(\text{mg/l}) = \frac{V \times N \times \text{éqg}}{P} \times 1000 \quad (\text{Chambou et al, 2007}).$$

V : volume en ml de nitrate d'argent versé;

N : normalité;

Eqg : équivalent gramme du Cl^- ;

P : prise d'essai (Chambou et al, 2007).

3.4.9. Dosage du sodium et de potassium

Le dosage est effectué à l'aide d'un spectrophotomètre à flamme de type "LANGE (GENWAY)".

☒ Mode opératoire

- Allumer l'appareil à l'aide du bouton vert (power);

- Ouvrir le robinet de la bouteille du gaz;
- Allumer la flamme à l'aide du bouton noir "Ignition" sans lâcher le doigt jusqu'à l'affinage "FLM" en rouge sur l'écran;
- Pipette d'eau distillée remplie dans une cuvette;
- Optimiser la flamme si elle est jaune à l'aide du bouton "fuel" jusqu'à ce que la couleur devienne bleue violacée;
- Optimiser à zéro à l'aide du bouton "Blank";
- Laisser se stabiliser 5 à 10 min;
- Une fois qu'elle se stabilise à 0, activer la cuvette d'eau distillée et la remplacer par une autre cuvette remplie par une solution étalon de Na^+ ou de K^+ à 10 mg/l;
- Optimiser à 10 mg/l à l'aide du bouton "FINE";
- Retirer la cuvette remplie par une solution étalon de " Na^+ " ou de " K^+ " à 10 mg/l et la remplacer par une cuvette remplie d'eau distillée et vérifier si l'écran affiche zéro (0.000);
- Retirer la cuvette remplie par l'eau distillée et la remplacer par une autre remplie par une solution étalon de " Na^+ " ou de " K^+ " à 10 mg/l et vérifier si l'écran affiche (10); Retirer la cuvette et la remplacer par une autre cuvette remplie d'eau distillée;
- A la fin, passer aux échantillons inconnus jusqu'à ce que la valeur affichée sur l'écran soit stable;
- A la fin du dosage et par mise de la sécurité, il faut toujours fermer la bouteille de gaz propane en premier lieu ensuite l'appareil et la pompe.

☞ Expression des résultats

Le résultat est donné directement en mg/l.

3.4.10. Dosage des sulfates par la méthode néphélométrique

☞ Principe

Les sulfates sont précipités en milieu chlorhydrique à l'état de sulfate de baryum. Le précipité ainsi obtenu est stabilisé à l'aide d'une solution de Tween 20 ou de polyvinyl-pyrrolidone. Les suspensions homogènes sont mesurées au spectrophotomètre (Rodier, 1984).

☞ Réactifs

- Solution d'acide chlorhydrique au 1/10;
- Solution de polyvinyl-pyrrolidone;
- Solution de chlorure de baryum stabilisée :

chlorure de baryum (BaCl ₂ , 2H ₂ O).....	010 g
Solution de Tween 5 ml ou solution de polyvinyl-pyrrolidone 20	
Eau permutée q.s. p.....	100 ml
• Solution étalon de sulfate de sodium à 150 mg/l de SO ₄ ²⁻ :	
Sulfate de sodium anhydre	0.221g
Eau permutée q.s. p.....	1000 ml

✎ Etablissement de la courbe d'étalonnage

Dans une série de tubes numérotés, introduire successivement comme montre le tableau 4.1.

Tab.4.1. Préparation de la courbe d'étalonnage pour les sulfates (Rodier, 1984).

Numéro des tubes	T	I	II	III	IV	V	VI
Solution étalon de SO ₄ ²⁻ (ml)	0	1	3	5	7	9	10
Eau permutée (ml)	50	49	47	45	43	41	40
Acide chlorhydrique au 1/10 (ml)	1	1	1	1	1	1	1
Solution de chlorure de baryum stabilisée (ml)	5	5	5	5	5	5	5
Correspondance en mg/l de SO ₄	0	3	9	15	21	27	30

Agiter 2 ou 3 fois énergiquement. Après 15 min de repos, agiter à nouveau et faire la lecture au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 650 nm. construire la courbe d'étalonnage.

✎ Mode opératoire

Dans un tube, introduire successivement :

Eau à analyser.....	39 ml
Acide chlorhydrique au 1/10 (ml).....	1 ml
Solution de chlorure de baryum + PVP	5 ml
Préparer dans les mêmes conditions un tube témoin en remplaçant l'eau à analyser par de l'eau permutée.	

Agiter énergiquement et laisser reposer 15 min. Agiter de nouveau et faire la lecture au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 650 nm.

✎ Expression des résultats

Pour une prise d'essai de 39 ml, la courbe donne directement la teneur en sulfates exprimée en mg de SO₄²⁻ par litre d'eau (Rodier, 1984).

3.4.11. L'azote ammoniacal

✎ Principe

En milieu alcalin et en présence de nitroprussiate, les ions ammoniums traités par une solution de chlore et de phénol donne du bleu d'indophénol susceptible d'un dosage par spectrophotométrie d'absorption moléculaire (Larpen, 1997).

✎ Réactifs

- Réactif 1 : solution de phénol - Nitroprussiate.
- Réactif 2 : solution alcaline d'hypochlorite.
- Solution étalon primaire d'ammonium d'où 1 ml contient 10 μ mole de $N-NH_4^+$
- Solution étalon secondaire d'ammonium d'où 1 ml contient 0.5 μ mole de $N-NH_4^+$.

✎ Mode opératoire

➤ Processus général

- Prendre 100 ml d'échantillon directement dans le flacon à réaction ;
- Ajouter 3 ml de réactif 1 ;
- Boucher et agiter pour bien homogénéiser;
- Ajouter sans attendre 3 ml de réactif 2;
- Boucher et agiter à nouveau.
- Placer immédiatement à l'abri de la lumière pendant 6 à 8 h (ou mieux pendant une nuit) à température ambiante.
- Mesurer l'absorbance à 630 nm, par rapport à l'eau distillée, en cuves de 10 cm de trajet optique, ou en cuves plus petites (au dessus de 5 μ mole.l⁻¹) la coloration reste stable pendant plusieurs jours à l'abri de la lumière soit A_{tr} cette mesure.

➤ Etalonnage

On gère de la façon suivante :

- Préparer de l'étalon secondaire;
- Introduire dans des fioles de jaugées de 500 ml, 0,5-1-2-3-5-10 et 20 ml etc. de la solution et compléter à 500 ml avec de l'eau distillée pour obtenir la gamme de concentration : 0.5, 1, 2.5, 5, 10, 20 μ mol. l⁻¹.
- Faire deux analyses de chacun de ces étalons ainsi que de l'eau distillée ayant servi à les préparer selon le processus général.

- Retrancher des mesures d'absorbance la valeur obtenue avec l'eau distillée et tracer la courbe d'étalonnage.

➤ **Blancs**

Blanc de turbidité

C'est l'absorbance de l'eau non traitée, la mesure de ce blanc nécessite de prélever un autre échantillon à analyser dans le quel les réactifs ne sont pas ajoutés et l'absorbance est mesurée par une cuve de 10 cm de trajet optique.

Blanc de réactifs

Ce blanc n'est pas négligeable en cuves de 10 cm (0,05 à 0,1 d'absorbance) et doit être mesuré avec chaque série d'analyse soit br.

Le blanc est fait en utilisant 100 ml d'eau distillée. Cette eau ne doit en aucun cas avoir été stockée. Les réactifs sont ajoutés et le flacon mis à l'abri de la lumière comme pour un dosage normal.

✎ **Calcul et expression des résultats**

Soit :

A_{tr} : Absorbance mesurée pour l'échantillon traité.

b_t : Absorbance mesurée pour la turbidité.

b_r : Absorbance mesurée pour le blanc de réactifs.

L'absorbance nette corrigée est $Ae = Cs \times (A_{tr} - b_t - b_r)$

Cs : la salinité.

Cette valeur Ae est reportée sur la courbe d'étalonnage pour en déduire la concentration de l'échantillon.

On peut également déterminer la pente p de la droite d'étalonnage en $\mu \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$ est :

$$[\text{N-NH}_3, 4] \mu \text{ mole. l}^{-1} = p \times Ac .$$

Nous noterons que p dépend de la longueur des cuves utilisées.

La conversion en d'autres unités que les micromoles par litre s'effectue comme l'indique le tableau 4.2 (voir annexe)

3.4.12. Dosage de l'azote nitreux

✎ Principe

La méthode décrite, fondée sur la réaction de Griess est une des plus sensibles et des plus spécifiques pour l'analyse des eaux naturelles.

Les ions nitrites forment un diazoïque avec la sulfanilamide en milieu acide (pH < 2)

Ce colorant rose absorbe à la longueur d'onde de 543 nm.

✎ Réactifs

- Réactif 1 : solution de sulfanilamide.
- Réactif 2 : solution de N-Naphtyl-Ethylènediamine.
- Solution étalon primaire de nitrite d'où 1 ml contient $5 \mu \text{ mole l}^{-1}$ de N-NO_2^- .
- Solution étalon secondaire de nitrite d'où 1 ml contient $0.05 \mu \text{ mole l}^{-1}$ de N-NO_2^- .

✎ Mode opératoire

➤ Processus général

La température des échantillons doit être comprise entre 15 à 25 °C.

Nous procédons comme suit :

- Rincer une éprouvette de 50 ml avec l'eau à analyser et y introduire 50 ml de l'échantillon (a).
- Ajouter 1,0 ml du réactif 1 et mélanger.
- Laisser reposer 2 à 8 min.
- Ajouter 1,0 ml du réactif 2 et mélanger à nouveau.
- Attendre au moins 10 min mais pas plus de 2 h.
- Mesurer l'absorbance en cuve de 10 cm de trajet optique à la longueur d'onde de 543 nm en prenant de l'eau distillée comme référence soit A_{tr} cette valeur.

➤ Etalonnage

- Introduire dans des fioles jaugées de 500 ml, 1-2-5 et 10 ml ...etc. de l'étalon secondaire et compléter à 500 ml avec de l'eau pauvre en nitrite ($< 0,2 \mu \text{ mole.l}^{-1}$) afin d'obtenir la gamme de concentration : 0.1-0.2-0.5-1 $\mu \text{ mole.l}^{-1}$ etc.
- Faire deux analyses de chacun de ces étalons ainsi que de l'eau distillée, selon le processus général.

- Retrancher des mesures la valeur obtenue avec de l'eau distillée tracer la droite d'étalonnage (l'origine des coordonnées un point significatif).

➤ **Blancs**

🚦 **Blanc de turbidité**

C'est l'absorbance de l'échantillon brute mesuré par rapport à l'eau distillée : soit b_t cette valeur.

🚦 **Blanc de réactifs**

C'est l'absorbance produite par les réactifs eux-mêmes (coloration propre ou présence de nitrite). La mesure de ce blanc nécessite de disposer d'eau absolument exempte de nitrite.

Prendre de l'eau fraîchement distillée ou déminéralisée et y ajouter les réactifs comme pour une analyse normale. Faire deux déterminations au moins et mesurer l'absorbance par rapport à l'eau distillée : soit b_r la valeur moyenne.

🔍 **Calculs, expressions des résultats**

Soit :

A_{tr} : Absorbance mesurée pour l'échantillon traité.

b_t : Absorbance mesurée pour le blanc de turbidité.

b_r : Absorbance mesurée pour le blanc de réactifs.

L'absorbance nette est $A = A_{tr} - b_t - b_r$.

Cette valeur A est rapportée sur la courbe d'étalonnage pour en déduire la concentration de l'échantillon.

Nous pouvons également déterminer la pente p de la droite d'étalonnage en $\mu \text{ mole.l}^{-1}$ par unité d'absorbance. Dans ce cas, la concentration est : $[\text{N-NO}_2^-] \mu \text{ mole.l}^{-1} = p \times A$.

La conversion en d'autres unités que les micromoles par litre s'effectue comme l'indique le tableau 4.3 (voir annexe)

3.4.13. Les nitrates

🔍 **Principe**

En présence de salicylates de sodium, les nitrates donnent les paranitrosalicylates de sodium, colorés en jaune et susceptibles d'un dosage spectrophotométrique (Habla, 2008).

☒ Réactifs

- Solution de salicylates de sodium à 5% à renouveler toutes les 24 h;
- Acide sulfurique 95 % (d= 1.84);
- Solution d'hydroxyde de sodium préparée comme suit : dissoudre avec précaution 200 g de NaOH dans 800 ml d'eau déminéralisée, ajouter 50 g de l' EDTA. Ajuster le volume à 1 l;
- Solution d'azoture de sodium 0.5 g/l;
- Solution mère étalon d'azote nitrique 100 mg/l;
- Solution fille étalon d'azote nitrique 5 mg/l.

☒ Etablissement de la courbe d'étalonnage

Dans une série de capsules de 60 ml, introduire successivement (Tab.4.4.)

Tab.4.4. Préparation de la courbe d'étalonnage des nitrates (Habiba, 2008).

Numéro de capsule	T	I	II	III	IV
Solution étalon d'azote 5 mg/l	0	1	2	5	10
Eau permutée	10	9	8	5	0
Correspondance en mg/l d'azote	0	0.5	1	2.5	5
Solution d'azoture de Na (ml)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Acide acétique 99 %	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2

- Attendre 5 min puis évaporer à sec au bain Marie ou dans une étuve portée à 70-85 °C (Ne pas surchauffer ni chauffer trop longtemps). Ajouter 1 ml de solution de salicylate de sodium, mélanger puis évaporer.
- Laisser refroidir, reprendre le résidu par 1 ml d'acide sulfurique concentré ayant soin de l'humecter complètement. Attendre 10 mn, puis ajouter 15 ml d'eau distillée et 10 ml de solution d'hydroxyde de sodium qui développe la couleur jaune.
- Effectuer la lecture spectrophotométrique à la longueur d'onde 415 nm.
- Soustraire les unités d'absorbance lues pour les étalons, la valeur relevée par le témoin.
- Construire la courbe d'étalonnage.

☒ Mode opératoire

- Introduire 10 ml de chaque échantillon déjà filtré par un filtre MES dans une capsule à 60 ml;
- Alcaliniser faiblement avec la solution d'hydroxyde de sodium;
- Poursuivre le dosage comme pour la courbe d'étalonnage;
- Préparer de la même façon le témoin avec 10 ml d'eau distillée;
- Effectuer la lecture au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 415 nm et tenir compte de la valeur lue pour le témoin.

☒ Expression des résultats

Pour une prise d'essai de 10 ml, la courbe donne directement la teneur en azote nitrique exprimée en mg/l.

Pour obtenir la teneur en nitrate NO_3^- multiplier ce résultat par 4.43 (Habla, 2008).

Tab. 4.5. Courbe d'étalonnage pour NO_3^- (Habla, 2008).

	T	I	II	III	IV
Correspondance (azote nitrique) en mg/l	0.00	0.5	1	2.5	5
Absorbance à 415 nm	0.037	0.090	0.209	0.293	0.543

3.4.14. Les orthophosphates

Le phosphore est un élément nutritif dont la forme minérale majoritaire ortho phosphate est essentielle à la vie aquatique (Aminot, 1983).

➤ Dosage des ortho phosphates

☒ Principe

Les ions phosphate réagissent avec le molybdate d'ammonium en présence d'antimoine (III) pour former un complexe qui est réduit par l'acide ascorbique. Cette forme réduite de coloration bleue a un maximum d'absorption à 885 nm (Aminot, 1983).

☞ Réactifs

- **Solution de molybdate d'ammonium**

Dissoudre 15 g de para molybdate d'ammonium "pour analyse" $(\text{NH}_4)_6\text{MO}_7\text{O}_{24}, 4\text{H}_2\text{O}$, de préférence en poudre fine dans 500 ml d'eau distillée ou déminéralisée.

- **Acide sulfurique 2.5 mole.l⁻¹**

Ajouter petit à petit, avec précaution, 140 ml d'acide sulfurique (densité=1.84) "pour analyse" dans 900 ml d'eau distillée. Laisser refroidir et conserver en bouteille de verre bien bouchée.

- **Solution d'acide ascorbique**

Dissoudre 54 g d'acide ascorbique ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$) dans 500 ml d'eau distillée.

- **Solution d'oxytartrate de potassium et d'antimoine :**

Dissoudre 0.34 g d'oxytartrate de potassium et d'antimoine (III) k (Sbo) ($\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$) dans 250 ml d'eau distillée en chauffant si nécessaire. Cette solution se conserve plusieurs mois au réfrigérateur.

- **Mélange de réactifs**

Mélanger les réactifs ci-dessus dans les proportions suivantes :

- 100 ml de solution de molybdate d'ammonium;
- 250 ml d'acide sulfurique 2.5 mole.l⁻¹;
- 100 ml de solution d'acide ascorbique;
- 50 ml de solution d'oxytartrate de potassium et d'antimoine.

- **Solution étalon primaire de phosphate**

Sécher à 100 °C ou au dessiccateur sur H_2SO_4 concentré du dihydro génophosphate de potassium anhydre (KH_2PO_4) de quantité "pour analyse".

En dissoudre 0.6805 g dans 1 l d'eau distillée et ajouter 1 ml de chloroforme.

- **Solution étalon secondaire de phosphate**

Diluer 100 fois la solution étalon primaire : 10 ml complétés 100 ml avec de l'eau distillée. Mettre dans un flacon brun avec 1 ml de chloroforme.

☞ Mode opératoire

➤ Processus général

La température des échantillons doit être comprise entre 15 et 30 °C. Procédez comme suit :

- Préparer le mélange réactif;
- Mesurer 100 ml d'échantillon;
- Ajouter 10 ± 0.5 du mélange réactif et homogénéiser aussitôt;
- Attendre 5 min et mesurer l'absorbance à 885 nm en cuve de 10 cm de trajet optique, par rapport à l'eau distillée. Soit A_{tr} cette mesure Il est préférable d'effectuer la lecture si possible juste 5 min après l'addition des réactifs pour supprimer totalement le risque d'interférences de certains ions.

➤ Etalonnage

- Introduire dans une série de fioles jaugées de 500 ml 1-2-5-10-20ml ...etc de solution étalon secondaire et compléter à 500 ml avec de l'eau pauvre en PO_4^{-3} ($<0.2 \mu \text{ mol.l}^{-1}$) pour obtenir la gamme de concentration suivante: 0.1-0.2-0.5-1-2 $\mu\text{mole.l}^{-1}$... etc. de PO_4^{-3}
- Faire deux analyses de chacune de ces solutions ainsi que de l'eau distillée de dilution selon le processus général.
- Retrancher des mesures d'absorbance la valeur obtenue avec de l'eau distillée et tracer la droite d'étalonnage (Aminot, 1983).

➤ Blancs

🚫 Blanc de turbidité

Mesuré l'absorbance de l'eau à analyser, sans addition de réactifs par rapport à l'eau distillée, soit br.

🚫 Blanc de réactifs

Prendre 100 ml d'eau fraîchement distillée ou déminéralisée et y ajouter 10 ml de mélange –réactif : prendre la moyenne de 2 mesures, soit b.

Ce blanc n'est pas négligeable et doit être mesuré avec chaque série d'analyses.

☒ Calcul et expression des résultats

Soit

A_{tr} : Absorbance mesurée pour l'échantillon traité.

b_t : Absorbance mesurée pour le blanc de turbidité.

B_r : Absorbance mesurée pour le blanc de réactifs.

L'absorbance nette est $A = A_{tr} - b_t - b_r$.

Cette valeur A est reportée sur la courbe d'étalonnage.

Nous pouvons également déterminer la pente p de la droite d'étalonnage en $\mu \text{ mol}^{-1}$ par unité d'absorbance. Dans ce cas la concentration est : $[\text{PO}_4^{-3}] \mu \text{ mole. l}^{-1} = p \times A$.

Sachant que p dépend de la longueur des cuves utilisées.

La conversion en autres unités que les μ moles par litre s'effectue comme l'indique le tableau 4.6. (Voire annexe).

4. Analyses microbiologiques de l'eau

Les analyses microbiologiques ont pour objectif de mettre en évidence la présence ou l'absence des bactéries ou des microorganismes eucaryotes qui modifient la qualité organoleptique d'une eau. L'analyse microbiologique fait appel à diverses techniques de dénombrement basées pour la plupart sur l'obtention de culture à partir des cellules présentes dans le milieu. On oppose souvent une analyse quantitative qui détermine un nombre de germes par "ml" de l'eau; test de présence et d'absence de microorganismes (Guiraud, 1998).

Les analyses microbiologiques ont été réalisées au niveau de laboratoire de microbiologie du département de Biologie de l'université de Guelma. Au cours de ces analyses nous avons respecté toutes les conditions d'hygiène et de stérilisation afin d'éviter toute contamination possible.

Avant d'entamer l'analyse de chaque échantillon, il faut agiter le flacon contenant la solution mère, pour mettre les organismes y existant en suspension.

4.1. Prélèvement et conservation des échantillons

4.1.1. Méthodes de prélèvement

Le prélèvement doit s'effectuer dans des conditions d'asepsie rigoureuse. Il faut utiliser des flacons en verre avec des bouchons en aciers stériles (Guiraud, 1998). D'une contenance de 250 ml, préalablement lavés, rincés, et étiquetés. Pour les analyses

bactériologiques, les flacons sont stérilisés par la chaleur au four Pasteur à 180 °C, pendant 90 minutes ou à l'autoclave pendant 15 min à 120 °C ou dans des flacons en matière plastique à usage unique (Delarras, 2000).

Les techniques de prélèvement sont variables en fonction du but recherché et de la nature de l'eau à analyser (Guiraud, 1998)

✎ **Les eaux de surfaces (retenue collinaire)**

Pour une eau stagnante (retenue collinaire), le flacon débouché dans l'eau est immergé complètement en position verticale inversée en le tenant par le fond. Il est alors retourné jusqu'à ce que l'ouverture soit légèrement plus haute que le fond et dirigée dans le sens contraire du courant (Guiraud, 1998). Après le prélèvement, les flacons doivent être soigneusement rebouchés. De toute façon, il faut éviter de heurter les rives, le fond, la proximité de la surface (au moins 30 cm) (Guiraud, 1998).

L'agent responsable du prélèvement devra recueillir le maximum de renseignements en relation avec la qualité bactériologique de l'eau : origine de l'eau, nature du captage, nature du traitement éventuel, causes probables de contamination, température lors du prélèvement. (Bourgeois et Leveau, 1980).

✎ **Les eaux souterraines**

❖ **Puits**

Les prélèvements ont été conduits selon la technique décrite par l'OMS. Le matériel de prélèvement est composé d'un flacon stérilisé au laboratoire, auquel nous fixons au corps une masse pour faciliter la descente dans le puits et au goulot une ficelle dont la longueur dépend de la profondeur du puits (Mokofio, 1991).

Au moment du prélèvement nous ouvrons le flacon et nous l'introduisons dans le puits en prenant soin de ne pas contaminer l'échantillon. Ensuite nous retirons le flacon rempli d'eau. Nous détachons alors le cordon et le flacon est refermé dans les conditions aseptiques requises jusqu'au moment de l'analyse bactériologique (Coulibaly, 2005).

❖ **Sources**

✎ **Source1**

- Flamber le tuyau métallique;
- Laisser l'eau s'écouler pendant une minute avant le prélèvement;

- Le flacon stérile est ouvert sous l'eau et rempli jusqu'au bord, ensuite le bouchon est également placé sous l'eau de telle façon qu'il n'y ait aucune bulle d'air (Monod, 1989).

☒ **Source 2**

Il convient d'isoler en premier lieu le point d'émergence de l'eau, et de préparer un emplacement de captage, soit en enfonçant dans le griffon un tuyau qui canaliserait l'eau et faciliterait le prélèvement soit, si l'eau sort sans jaillissement du sol, en aménageant une rigole.

De toute façon, ces manipulations ne doivent jamais être faites immédiatement avant le prélèvement, mais au moins 24 heures à l'avance (Chamsaur, 2007).

A la fin de chaque prélèvement, mettre une étiquette sur le flacon contenant : la date, l'origine et la nature de l'eau (Monod, 1997).

4.1.2. Conservation et transport des échantillons

Dès leur prélèvement les échantillons sont mis directement dans une glacière et ramenés immédiatement au laboratoire afin d'être analysés rapidement (Delarras, 2000)

4.2. Dénombrement des microorganismes revivifiables (germes totaux)

☒ **Principe**

Il s'agit d'une technique de numération des microorganismes après incorporation de volumes déterminés d'échantillon ou de ses dilutions dans un milieu gélosé (TGEA).

L'incubation est réalisée à 37 °C pendant 24 à 48 h pour la recherche des germes indicateurs de contamination de l'eau. Après cette étape, on calcule le nombre d'unités formant colonies (UFC) par millilitre d'échantillon à partir du nombre de colonies apparues sur le milieu de culture et en respectant le mode de calcul donné par la norme.

Cet examen vise à dénombrer de manière non spécifique le plus grand nombre de microorganismes, en particulier des bactéries se développant dans des conditions aérobies habituelles de culture (Rejsek, 2002).

☒ **Mode opératoire**

➤ **Préparation de l'échantillon**

- Agiter soigneusement et de façon prolongée le flacon d'échantillon, de manière à remettre les microorganismes en suspension homogène.
- Prélever ensuite, stérilement, 1 ml de l'échantillon et procéder aux dilutions adaptées à celui-ci.

➤ **Ensemencement**

- Placer un volume de prise d'essai de 1 ml de l'échantillon ou de ses dilutions, de manière stérile, dans le fond d'une boîte de Pétri.
- Utiliser une pipette Pasteur stérile de 1 ml, en débutant par la dilution la plus forte jusqu'à l'échantillon non dilué.
- Ajouter 15 à 20 ml de gélose fondue (maintenue à 45 °C) et mélanger avec précaution par rotation de la boîte de Pétri, sans faire des bulles et sans mouiller les bords extérieurs, afin de répartir les bactéries de manière homogène sur la surface de la boîte. Le temps entre l'addition de la prise d'essai (ou des dilutions) et l'addition du milieu fondu ne doit pas dépasser 15 min.
- Laisser le milieu solidifier sur une surface plane, horizontale et fraîche.

➤ **Incubation et examen des boîtes**

- Retourner les boîtes et incuber à 37 °C pendant 24 à 48 h .
- Examiner les boîtes aussitôt qu'elles sont retirées des étuves. Si cela n'est pas possible, les conserver à 5 °C ± 3 °C et les examiner dans les 48 h et rejeter toute boîte présentant une croissance confluyente (Rejsek, 2002).

✎ **Expression des résultats**

Nous sélectionnons les boîtes qui représentent entre 30 et 300 colonies (colonies dénombrées en masse et en surface) et multiplier le nombre des colonies dénombrées par la dilution pratiquée (Bourdon, 1981).

4.3. Recherche et dénombrement des germes témoignant d'une contamination fécale

La technique que nous avons suivie pour dénombrer les microorganismes dans l'eau (de surface et souterraine) est celle de NPP (Nombre le Plus Probable) ou méthode de fermentation en tubes multiples.

✎ **Principe**

Le principe de cette méthode consiste à ensemer de nombreuses prises d'essai d'un même échantillon et / ou de dilutions de celui-ci, dans des tubes de milieu de culture liquide conçu pour permettre la croissance d'un microorganisme ou d'un groupe de microorganismes qui se traduit par l'apparition d'un trouble du milieu après incubation.

La présence de microorganismes est donc confirmée et leur nombre le plus probable (NPP) est ensuite estimé statistiquement à l'aide d'un tableau de NPP (Guiraud, 1998; Chamsaur, 2007).

4.3.1. Recherche et dénombrement des coliformes et des coliformes thermo - tolérants : Méthode par ensemencement en milieu liquide et détermination du NPP

☒ Principe

Le principe de cette méthode se divise en deux étapes :

- ensemencement d'une prise d'essai d'échantillon, dilué ou non, dans une série de tubes présomptifs qui permettent une croissance non sélective des coliformes;
- Après incubation à $37\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$ pendant 24 et 48 heures, repiquage des tubes troubles, avec dégagement gazeux dans des milieux plus sélectifs et incubation durant 48 heures à des températures différentes :
 - 37 °C pour la recherche des coliformes;
 - 44 °C pour la recherche des coliformes thermo tolérants (Rejsek, 2002).

☒ Mode opératoire

➤ Dilutions

Agiter vigoureusement l'échantillon afin d'obtenir une répartition homogène des microorganismes et réaliser immédiatement des dilutions successives à partir de l'échantillon en utilisant des tubes de 9 ml d'eau distillée stérile jusqu'à la dilution désirée. Le choix de la dilution sera fonction du nombre de coliformes attendu dans l'eau analysée.

➤ Ensemencement et incubation du milieu présomptif (BCPL)

- Introduire 10 ml d'échantillon bien homogénéisé dans 3 tubes de milieu présomptif (bouillon lactosé au BCP) double concentration.
- Introduire 1 ml d'échantillon non dilué dans chaque tube.
- Prendre ensuite 3 tubes à essai du même milieu mais simple concentration et réaliser la même opération pour chaque dilution.
- Incuber les tubes ensemencés à l'étuve à $37\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$ pendant 24 à 48 heures s'ils ne peuvent être considérés comme positifs au bout de 24 heures.
- Considérer comme positifs les tubes qui, après 24 h ou 48 h d'incubation, nous observons un trouble lié au développement bactérien, un dégagement gazeux notable dans la

cloche de Durham du à la production de gaz par fermentation du lactose, ainsi q'un virage au jaune de l'indicateur (Rejsek, 2002).

➤ **Test confirmatif : ensemencement du milieu eau peptonée exempté d'indole**

✂ **Technique**

Prélever à l'aide d'une anse bouclée stérile une goutte à partir d'un tube positif de BCPL, et ensemencer le milieu eau peptonée, l'incubation se fait à 44 °C pendant 24 heures comme la montre la figure 4.2. Dans les tubes montrant un trouble, ajouter quelques gouttes de réactif de Kowacks.

✂ **Lecture**

Une réaction est considérée positive correspond à la formation d'anneau rouge.

✂ **Expression des résultats**

Nous utilisons la méthode du NPP à 3 tubes par série (Tab.4.7) (voir annexe).

4.3.2. Recherche et dénombrement des streptocoques du groupe D

✂ **Principe**

Dans la norme NFT 90-411, sont considérés comme streptocoques D, les microorganismes donnant une réaction positive en 48 h à 37 °C dans un bouillon lactosé bilié à l'esculine ou sur un milieu de Litsky.

Le principe de cette se divise en deux étapes :

- Ensemencement d'une prise d'essai de l'échantillon homogénéisé, dilué, dans une série de tubes contenant un milieu présomptif : bouillon lactosé à l'azoture. Après 24 et 48 heures d'incubation à 37 °C, repiquage des tubes positifs dans un milieu confirmatif : milieu Litsky.
- Après 24 et 48 h d'incubation à 37 °C, détermination des tubes positifs correspondant à la présence de streptocoques D et calcul du NPP à partir d'une table statistique.

✂ **Mode opératoire**

➤ **Ensemencement des milieux présomptifs : (milieu Rothe)**

- Prendre 3 tubes à essai du milieu double concentration et transférer dans chacun 10 ml d'échantillon bien homogénéisé;

- Prendre ensuite 3 tubes du même milieu simple concentration et transférer dans chacun 1 ml d'échantillon non dilué.
- Réaliser la même opération pour chaque dilution avec uniquement le milieu simple concentration.
- Incuber les tubes à 37 °C pendant 24 à 48 h (s'ils ne peuvent pas être considérés comme positifs au bout de 24 h).
- Considérer comme positifs les tubes pour lesquels nous observons un trouble dû à une croissance bactérienne.

➤ **Ensemencement et incubation des milieux confirmatifs**

- A partir de chaque tube positif, ensemer, à l'anse calibrée, un milieu de litsky.
- Incuber à 37 °C pendant 24 à 48 h.

☒ **Lecture**

Sur le milieu Litsky, la présence de streptocoque D se caractérise par l'apparition d'un trouble dû au développement bactérien, avec ou sans dépôt violet.

☒ **Expression des résultats**

Nous déterminons le nombre de streptocoques D par la méthode du NPP à 3 tubes par série, en ne prenant en compte que les résultats positifs des milieux confirmatifs.

La table 4.7 (voire annexe), extraite de la norme NF T 90-413, permet de déterminer le NPP et les limites de confiance à 95 % à partir des résultats positifs avec trois prises d'essai de trois dilutions consécutives. Le nombre de streptocoques D pour 100 ml d'échantillon est déterminé par formule suivante : NPP/d

- NPP : est le nombre le plus probable lu dans la table 4.8 (voire annexe).
- d : est la dilution correspondant à la dilution la plus forte retenue.

4.3.3. Recherche et dénombrement des spores de bactéries anaérobies sulfitoréductrices et de *Clostridium sulfito-réducteurs* : Méthode par incorporation en gélose en tubes profonds (norme NFT 90-415)

Les *Clostridium sulfito-réducteurs*, principalement *Clostridium perfringens*, sont des anaérobies sporulés, hôtes habituels du tube digestif de l'homme (Leclerc *et al*, 1977). Ces germes ont la propriété de réduire le sulfite de sodium en sulfure (Haslay et Leclerc, 1993).

✎ Principe

Après destruction des formes végétatives des bactéries par un chauffage à 80 °C, seules les spores vont persister dans l'échantillon ou dans ses dilutions. Cet échantillon chauffé est incorporé dans un milieu de base fondu, régénéré et additionné de sulfite de sodium et de sels de fer.

Après solidification et incubation, la présence de spores de bactéries sulfitoréductrices se traduit par un halo noir autour des colonies. Ces bactéries vont, pour se développer, utiliser les sulfites et vont les réduire en sulfures qui vont réagir avec les sels de fer (III) présents dans le milieu pour former du sulfure de fer (FeS), précipité de couleur noire (Rejsek, 2002).

✎ Mode opératoire

➤ Destruction des formes végétatives

- Chauffer l'échantillon d'eau à analyser après l'avoir homogénéisé soigneusement.
- Introduire 25 ml d'échantillon dans un tube et placer celui-ci dans un bain Marie à 80 °C ± 2 °C, en vérifiant que cette température est atteinte à l'aide d'un thermomètre placé dans un tube témoin à coté des tubes d'échantillon.
- Maintenir l'échantillon à cette température pendant 10 mn, puis refroidir rapidement à environ 55 °C.

➤ Préparation du milieu de culture

- Placer 4 tubes de 20 ml de gélose viande – foie (VF) dans un bain Marie bouillant pour assurer la fusion du milieu. Maintenir 10 mn dans ce bain laisser pour la régénération du milieu (élimination des gaz dissous, en particulier l'oxygène).
- Refroidir rapidement à 55 °C environ.
- Ajouter à chaque tube 1 ml de la solution de sulfite de sodium et 4 gouttes de la solution de sels de fer. Mélanger doucement sans incorporer de bulles d'air.

➤ Ensemencement et incubation

- Placer 4 tubes stériles detubes, répartir stérilement 5 ml de l'eau traitée précédemment.
- Ajouter dans chacun d'eux le contenu d'un tube de milieu, mélanger doucement sans incorporer d'air.
- Refroidir rapidement sous un courant d'eau froide pour éviter que l'air atmosphérique ne pénètre dans le milieu.
- Incuber à 37 °C à l'étuve (Champsaur, 2007).

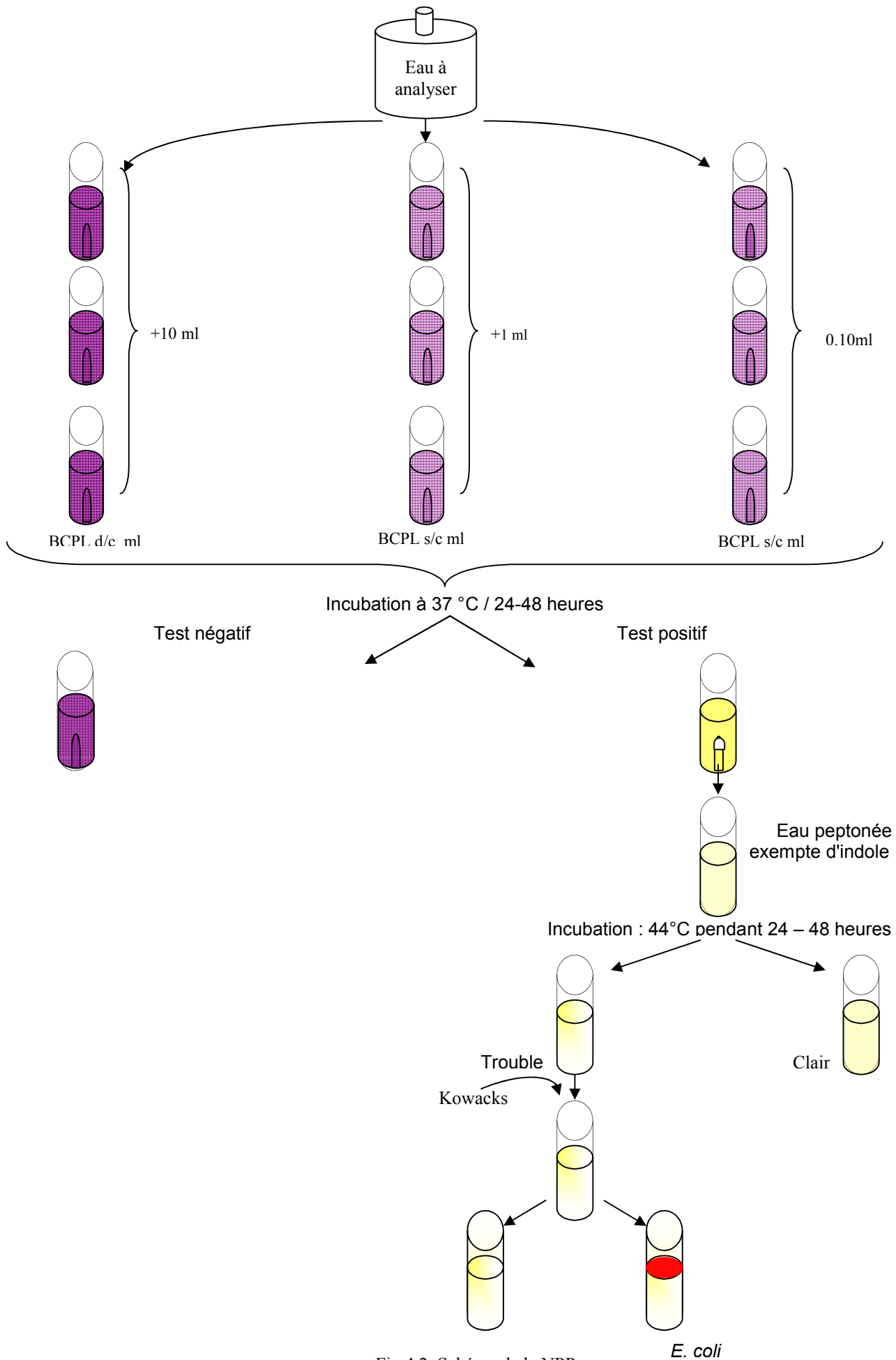


Fig.4.2. Schéma de la NPP.

➤ **Dénombrement**

Faire une première lecture après 24 h et une seconde après 48 h. La première lecture est indispensable car, en présence de nombreuses colonies, la diffusion de la coloration noire à tout le tube peut rendre impossible le dénombrement au bout de 48 h (Rejsek, 2002).

✎ **Lecture et expression des résultats**

Considérer toute colonie noire entourée d'un halo noir comme provenant d'une spore de bactérie anaérobie sulfito-réductrice. Compter, sur les 4 tubes de culture, la totalité des colonies caractéristiques présentes qui correspondent aux spores de bactéries anaérobies sulfito réductrices présentes dans 20 ml d'eau analysée (Rejsek, 2002).

4.4. Recherche bactériologique

4.4.1. Isolement des différentes flores microbiennes de l'eau

4.4.1.1. Milieux de culture

Nous avons utilisé pour cela 4 milieux de culture qui permettent le développement de groupes microbiens caractéristiques.

✎ **Gélose Mac Conkey**

Il s'agit d'un milieu sélectif utilisé pour l'isolement des bacilles Gram -. Il est employé entre autre pour la culture des Entérobactéries (Singleton, 2005)

✎ **Gélose Chapman**

La gélose Chapman est le milieu sélectif des bactéries halophiles et plus particulièrement fermentant le mannitol, sa teneur en NaCl est élevée pour cela nous l'avons utilisé pour l'isolement des staphylocoques (Bugnicourt, 1995 *in* Amira, 2008).

✎ **Gélose nutritive**

La gélose nutritive est un milieu d'isolement ordinaire permettent la croissance des bactéries ne présentant pas d'exigences particulières. Nous l'avons utilisé comme témoin et pour permettre l'isolement de toutes les bactéries Gram – et Gram + (Amira, 2008).

✎ **Gélose Sabouraud**

La gélose Sabouraud est recommandée essentiellement pour l'isolement des levures et des moisissures saprophytes ou pathogènes (Bugnicourt, 1995 *in* Amira, 2008)

4.4.1.2. Préparation des boîtes de Pétri

Les flacons contenant la gélose sont portés au bain-marie à 100 °C jusqu'à fusion complète du milieu, puis coulés aseptiquement dans des boîtes de Pétri stériles et laisser refroidir sur une surface parfaitement horizontale à température ambiante.

4.4.1.3. Inoculation des boîtes de Pétri

L'échantillon d'eau à analyser est agité et étalé par stries à la surface du milieu gélosé à l'aide d'une anse de platine stérile. Les boîtesensemencées sont ensuite scotchées et incubées à 37 °C pendant 24 heures.

4.4.1.4. Repiquage et purification des colonies

Après incubation, nous avons observé sur les boîtesensemencées des colonies bien isolées, de taille, de forme et de couleurs différentes. Ces colonies sont ensuite soumises à une purification qui consiste à réaliser des repiquages successifs sur la gélose standard, jusqu'à l'obtention des colonies bien homogènes et pures (Larpen, 1997).

4.4.2.. Identification des germes

L'identification des souches bactériennes isolées de nos eaux s'est basée surtout sur l'étude du métabolisme bactérien avec la recherche de certaines enzymes.

L'étude morphologique (macroscopique et microscopique) est d'un grand intérêt diagnostique.

4.4.2.1. Identification morphologique

Examen macroscopique

Ce test vise à avoir la taille, l'aspect, le contour, la surface, l'élévation et la couleur des colonies sur les boîtes de Pétri après incubation à 37 °C pendant 24 h.

Examen microscopique (Coloration de Gram)

L'examen de préparation microscopique révélé par la coloration différentielle de Gram permet de faire la distinction entre les bactéries Gram + et les bactéries Gram – et de connaître le mode de regroupement et la morphologie des bactéries.

Principe

Le violet de Gentiane se fixe sur des composants cytoplasmiques et colore toutes les bactéries en violet. Chez les bactéries à Gram -; la paroi riche en lipides laisse passer l'alcool

qui décolore le cytoplasme alors que chez les bactéries à Gram + , la paroi constitue une barrière imperméable à l'alcool et le cytoplasme demeure coloré en violet (Amira, 2008).

🔗 **Technique**

✓ **Préparation du frottis bactérien**

Ajouter une goutte d'eau distillée stérile sur une lame propre, puis grâce à l'anse de platine stérile prendre une colonie bactérienne à partir de la culture sur les milieux précédents. Mélanger avec la goutte d'eau distillée avec passage rapide sur la flamme du bec Benzène.

- ✓ **Coloration simple** : Recouvrir le frottis par le violet de Gentiane ; laisser agir une minute.
- ✓ **Fixation et mordantage** : Verser le Lugol et le laisser agir pendant une minute.
- ✓ **Décoloration** : Laver la lame avec l'alcool éthylique jusqu'à ce que le colorant cesse de s'échapper librement du frottis puis rincer à l'eau courante.
- ✓ **Recoloration** : Verser quelques gouttes de Fuchsine basique et laisser agir pendant 30 secondes, Rincer à l'eau.
- ✓ **Séchage** : Laisser la lame sécher puis ajouter une petite goutte d'huile de cèdre et examiner avec un microscope optique à l'objectif à immersion (grossissement x 100).
(Ferron, 1983; Singleton, 2002)

🔗 **Lecture**

L'observation microscopique des frottis montre qu'il y a deux grandes catégories de bactéries :

- Les bactéries "Gram positifs" qui gardent leur coloration violette après décoloration par l'alcool.
- Les bactéries "Gram négatifs" décolorées par l'alcool sont teintées par la fuchsine et apparaissent roses (Boulaïbal, 2002).

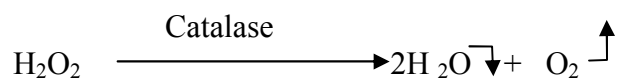
4.4.2.2. Identification biochimique

4.4.2.2.1. Recherche de la catalase

Ce test sert notamment à différencier les bactéries de la famille des Micrococaceae (*Staphylococcus*) catalase (+) de celle des Streptococaceae catalase (-). Ce test est appliqué sur toutes les colonies apparaissant sur gélose Mac Conkey et Chapman.

✎ Principe

La catalase est une enzyme contenant du fer (Singleton, 2005), ayant la propriété de décomposer l'eau oxygénée issue de la voie respiratoire oxydative directe en eau et en oxygène libre qui se dégage sous forme gazeuse selon la réaction suivante (Frobicher, 1976) :



✎ Technique

Sur une lame, nous avons déposé une goutte d'eau oxygénée (H₂O₂) et nous avons ajouté une Öse de bactéries prélevées sur milieu gélosé (Amira 2008).

✎ Lecture

La réaction positive se traduit par des effervescences : la formation de bulles dues à un dégagement gazeux immédiat (oxygène) (Frobicher, 1976).

4.4.2.2.2. Etude de la mobilité et la fermentation du mannitol

✎ Principe

Le mannitol est un produit de la réduction du D- mannose; Le milieu mannitol mobilité en culot permet à la fois de connaître la capacité de la bactérie à dégrader le mannitol et vérifier sa mobilité. Ce milieu contient un indicateur de PH: le rouge de phénol qui devient jaune au PH acide et rose au pH alcalin (Amira, 2008)

✎ Technique

Ensemencer le milieu Mannitol Mobilité par piqûre centrale grâce à une anse de platine à fil droit. Incuber à 37 °C pendant 24 h (Delarras, 1998).

✎ Lecture

Lorsqu' il y a fermentation du mannitol le milieu vire au jaune la cellule est dite mannitol (+), dans le cas contraire le milieu garde sa couleur initiale et la cellule dite mannitol (-).

La mobilité bactérienne se traduit par un développement bactérien sous forme d'un nuage autour de la piqûre centrale (mobilité +). Par contre si la bactérie est immobile, elle ne se développe que sur trace de la piqûre qui demeure fine (mobilité -) (Amira, 2008)

4.4.2.2.3. La galerie biochimique Api 20 E

Il s'agit d'une galerie de 20 microtubes prêts à l'emploi permettant d'identifier des bacilles Gram - appartenant à la famille des Enterobacteriaceae utilisant 20 tests biochimiques standardisés et miniaturisés.

🔍 Principe

La galerie APi 20 E comporte 20 microtubes contenant des substrats sous forme déshydratés. Les tests sont inoculés avec une suspension bactérienne qui reconstitue les milieux. Les réactions produites pendant la période d'incubation se produisant par des virages colorés spontanés ou révélés par l'addition de réactifs.



Fig.4.3. Schéma de la galerie Api 20 E

🔍 Technique

❖ Préparation de l'inoculum

- Prélever à l'aide d'une anse de platine une seule colonie bien isolée sur milieu gélosé (Mac Conkey).
- Réaliser une suspension bactérienne en homogénéisant soigneusement les bactéries dans 5 ml d'eau distillée stérile.

❖ Inoculation de la galerie

- Humidifier le fond de la galerie APi 20 E avec de l'eau distillée;
- Inoculer tous les tubes de la galerie avec la suspension bactérienne;

-Remplir toutes les cupules des tests : CIT, VP, GEL et créer une atmosphère anaérobie dans les tests : ADH, LDC, ODC, URE et H₂S en remplissant leurs cupules avec l'huile de paraffine.

-Refermer la boîte d'incubation et incuber à 37 °C pendant 18 à 24 heures (API SYSTEM, 1982; Delarras, 1998)

Lecture et identification

Reporter sur la fiche d'identification tous les résultats spontanés. Vérifier si le test glucose est positif et/ou si trois tests ou plus sont positifs. Révéler les tests nécessitant l'addition ou l'ajout de réactifs.

- Tests VP : ajouter une goutte de réactifs VP1 et VP2. Attendre au minimum 10 minutes. Aucun virage de couleur n'indique une réaction négative.
- Test TDA : ajouter une goutte de réactif TDA le non virage de couleur qu'indique que la réaction n'est négative.
- Test IND : ajouter une goutte de réactif de Kowacs la non formation d'anneau rouge indique une réaction négative.

La lecture se fait à l'aide du tableau d'identification Api20 E après avoir calculer et déduire le nombre caractéristique de 7 chiffres qui sera lu directement du codeur galerie Api 20 (Leyral et Joffin, 1998).

CHAPITRE V :
RÉSULTATS ET DISCUSSION

L'intérêt principal de cette étude, est de caractériser de mieux la qualité des eaux de surface et souterraines de la région de Ain Makhoulf et d'étudier sa variation dans le temps, afin de contribuer à la connaissance de ces hydro-systèmes du point de vue pollution anthropique et naturelle. 32 échantillons ont été prélevés durant 8 campagnes allant d'octobre 2008 à mai 2009.

1. Analyses physico-chimiques

Les analyses physico-chimiques des eaux de surface et souterraines ont montré une grande variation des concentrations des éléments chimiques dont certains dépassent les normes décrites par l'OMS pour les eaux destinées à la consommation humaines.

Les résultats des paramètres physicochimiques de l'eau sont rassemblés dans les tableaux de 5.1 à 5.18 (voir annexe) et représentés graphiquement dans les figures de 5.1 à 5.18.

1.1. Mesures *in situ*

1.1.1. La conductivité électrique

La conductivité électrique nous renseigne avec une bonne approximation sur la charge minérale des eaux ainsi que sur leur salinité. Elle est proportionnelle au degré de minéralisation (teneur globale en éléments minéraux généralement ionisés) et varié en fonction de la température. Cependant, il est impératif de signaler que l'accroissement de la conductivité est aussi relatif aux quantités de rejet de sels suite aux activités agricoles (Bensaci, 2007; Amira, 2008). La mesure de la conductivité électrique permet d'évaluer rapidement la minéralisation globale (Sayad, 2008).

Le graphique illustré par la figure 5.1. montre des variations spatiales de la conductivité électrique;

D'une manière générale, la conductivité électrique observée dans les eaux de la retenue est élevée et dépasse la norme (1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$) sauf pour le prélèvement du mois de mai qui est de 975 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Le maximum est enregistré durant le mois de février (1114 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Si l'on réfère à la grille de la qualité des eaux, elles sont de qualité médiocre.

Pour les eaux souterraines, la conductivité électrique est comprise entre un minimum de 827 $\mu\text{S}/\text{cm}$ enregistré dans le site 3 pendant le mois d'octobre et un maximum de 977 $\mu\text{S}/\text{cm}$ enregistré durant le mois de mars au niveau du site 4.

Les valeurs de la conductivité électrique dans les eaux de la retenue sont supérieures à celles des eaux souterraines.

D'après Rodier (1984), les valeurs supérieures à 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ indiquent une très forte charge d'éléments minéraux.

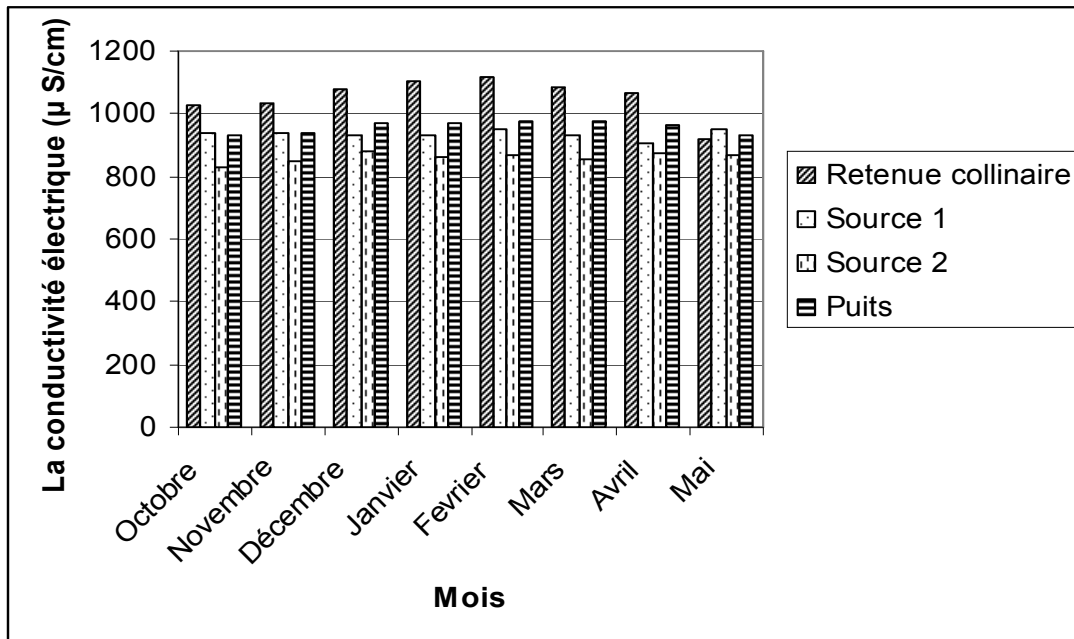


Fig.5.1. Variation mensuelle de la conductivité électrique.

1.1.2. La température

La température de l'eau est un paramètre important pour la vie aquatique. En effet, la majorité des paramètres physico-chimiques et biochimiques sont dépendent de la température (Habla, 2008).

L'étude de la figure 5.2 montre que les eaux ont des températures qui fluctuent entre une valeur minimale de l'ordre 8.3 °C enregistrée durant le mois de février (au niveau de la retenue collinaire) et une valeur maximale de l'ordre de 20.8 °C pendant le mois d'octobre dans le site 3 (source naturelle avec accumulation d'eau). Ces fluctuations sont généralement temporelles.

Dans les eaux de la retenue, les valeurs de la température de l'eau varient significativement d'une saison à l'autre. Les résultats obtenus pour les eaux souterraines montrent une différence dans les valeurs de la température. Cette différence est remarquable dans le site 2.

Les eaux souterraines présentent des températures relativement constantes. La température des eaux superficielles est très variable selon les saisons (Petolon et Ziesman, 1998).

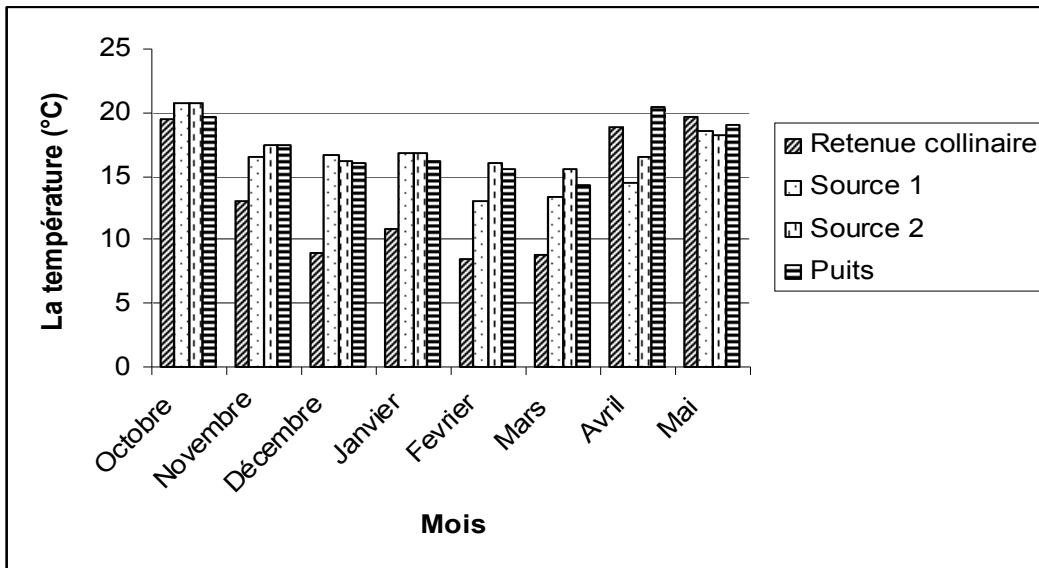


Fig.5.2. Variation mensuelle de la température.

Les températures de l'eau enregistrées traduisent une qualité normale à bonne (Petolon et Ziesman, 1998).

Elle est nécessaire pour déterminer les équilibres chimiques entre les diverses espèces en présence tel les ions et les molécules non dissociées (Rodier, 1984).

L'élévation de la température est considérée comme une pollution du fait qu'elle modifie le taux d'oxygène dissous. En effet, l'eau dissout par contact, tous les gaz d'autant mieux que sa température est plus basse, il à noter qu'une augmentation de la température accélère la décomposition des matières organiques présentes dans l'eau, entraînant ainsi un déficit en oxygène et favorise une bonne minéralisation et une accumulation des matières nutritives (Amira, 2008).

1.1.3. L'oxygène dissous

L'oxygène est un élément indispensable pour la vie des microorganismes. Il favorise les réactions chimiques qui fournissent de l'énergie. L'eau contient toujours de l'oxygène dissous. Les eaux superficielles peuvent en contenir des quantités relativement importantes par contre les eaux profondes ne contiennent le plus souvent que quelques milligrammes par litre (Rodier, 1984).

Il constitué aussi un excellent indicateur de 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 oxygène dissous. Une eau pauvre en oxygène peut à ce titre être considérée comme polluée.

- Sur le plan biologique : l'oxygène présent dans l'eau est vital aux organismes vivants. L'oxygène dissous provient en majeure partie de l'atmosphère (Sayad, 2008).

Selon les résultats présentés dans la figure 5.3., nous constatons que la teneur maximale de l'oxygène est observée durant le mois de février au niveau du site 1 (retenue collinaire). Quant, à la teneur minimale, elle est enregistrée durant le mois de mai au niveau du site 4. En générale, le site 1 est plus oxygéné que les autres.

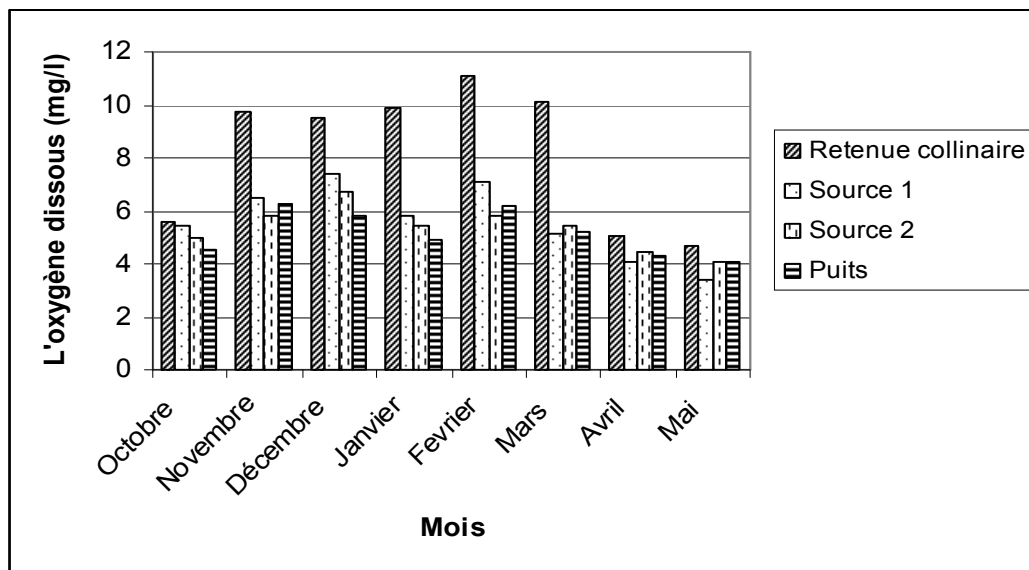


Fig.5.3. Variation mensuelle du taux de l'oxygène dissous.

Aussi, on constate que les valeurs de différentes compagnes ne sont pas en concordance totale avec la norme de l'OMS (5-7 mg/l).

La teneur de l'oxygène dissous présente une grande variabilité saisonnière. Les eaux de la retenue sont oxygénées durant la saison humide et faiblement oxygénées durant la période sèche, du fait que, l'oxygène a la capacité de se dissoudre est beaucoup plus facilement dans les eaux froides. Ainsi, plus la température de l'eau est élevée, plus la concentration de l'oxygène dissous aura tendance à diminuer (Rodier, 1984).

La teneur en oxygène dissous a tendance à diminuer en fonction de la profondeur, laissant la place aux phénomènes anaérobiques qui se développent dans les fonds. Le taux d'oxydation bactérienne aérobie et donc réduit. Les bactéries anaérobies peuvent alors décomposer les molécules organiques en donnant les produits terminaux comprenant des composés tels H_2S , NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+qui sont toxiques pour de nombreux organismes (Rodier, 2007).

1.2. Les mesures de laboratoire

1.2.1. Le pH

Le pH influence la plupart des processus chimiques et biologiques des écosystèmes aquatiques. C'est un facteur limitant. Pour un pH inférieur à 4.5 ou supérieur à 10, une toxicité pour les organismes vivants est à noter.

Les valeurs de pH mesurées durant toutes les campagnes de prélèvements montrent que toutes les valeurs s'échelonnent entre 6.87 et 9.42 (Fig.5.4.), ce qui indique d'une manière générale que les eaux (de surface et souterraines), sont légèrement alcalines.

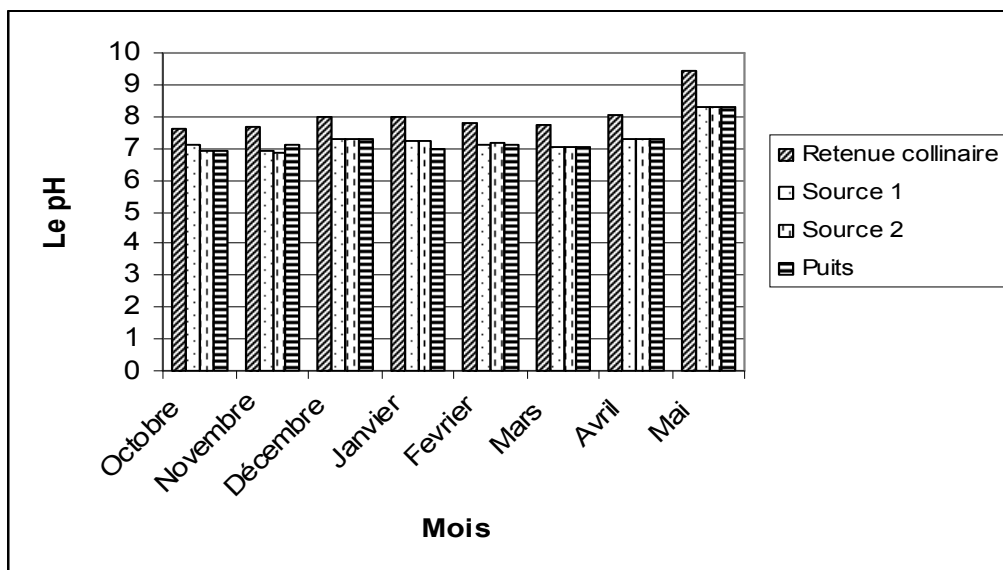


Fig.5.4. Variation mensuelle du pH.

La valeur minimale de pH a été signalée pendant le mois de novembre au niveau du site 3 et la valeur maximale a été enregistrée pendant le mois de mai au niveau du site 1.

Les valeurs de pH sont comprises entre 7.58 et 9.42 pour le site 1, entre 6.91 et 8.3 pour le site 2, entre 6.87 et 8.32 pour le site 3 et entre 6.93 et 8.28 pour le site 4.

Le pH est légèrement en dessous de 7 durant le mois d'Octobre au niveau des sites 3 et 4 et durant le mois de novembre dans les sites 2 et 3.

Les résultats de notre étude ont montré que les valeurs de pH sont toujours intercalées dans l'intervalle des normes de potabilité (6.5 et 9.5).

Le pH d'une eau peut être influencé par des facteurs tel que la nature géologique et les conditions climatiques. Ainsi, une température élevée conduit indirectement au déplacement de l'équilibre calcairocarbonique vers la formation des carbonates.

1.2.2. La minéralisation totale (TDS)

Ils sont constitués essentiellement par les produits minéraux dissous. Ces corps dissous ont pour origine :

- Le lessivage naturel des roches de caractéristiques géologiques différentes;
- L'apport des eaux usées des villes et des unités industrielles.

La sapidité (le goût et la saveur) de l'eau se présente comme suit :

excellent	≤ 300 mg/l
bonne	300 – 500 mg/l
passable	500 – 900 mg/l
mauvaise	900 – 1200 mg/l

Selon la figure 5.5, on constate qu'il y a une variation temporelle. La valeur maximale est enregistrée pendant le mois de février au niveau du site1 (842 mg/l) alors que le minimum est aussi noté dans le même site durant le mois de mai (182 mg/l). Ceci est principalement du à la dilution des élément, et au niveau de l'eau de la retenue qui a atteint son maximum.

Les valeurs des TDS dans la retenue, sont dans l'ensemble supérieures de celles dans les eaux souterraines sauf pour le dernier prélèvement.

Pour les eaux souterraines, le maximum est enregistré pendant les mois de février et de mars au niveau du site 4, tandis que le minimum est observé au niveau du site 3 (598 mg/l) durant le mois de décembre.

D'une manière générale, les eaux au niveau des quatre sites présentent une sapidité passable à bonne (pour le site 1 durant le mois de mai et dans le site 3 pendant le mois de décembre).

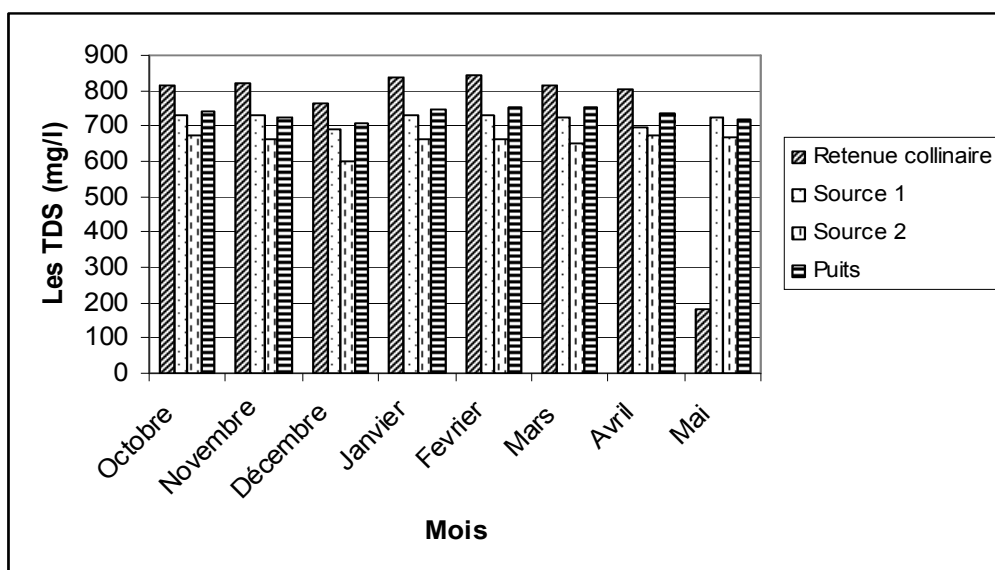


Fig.5.5. Variation mensuelle de la minéralisation totale (TDS).

1.2.3. La turbidité

La turbidité varie au cours de l'étude de 0.21 NTU à 27.6 NTU. Elle affecte beaucoup la potabilité d'une eau de boisson. Son taux normal est fixe à 5 NTU selon l'OMS. Les consommateurs ont très souvent des exigences par rapport à ce paramètre.

Selon les résultats présentés dans la figure 5.6, nous constatons que les eaux de la retenue sont en général les plus turbides par rapport aux autres et que le site 2 présente les eaux les plus claires et ceci due principalement à sa protection.

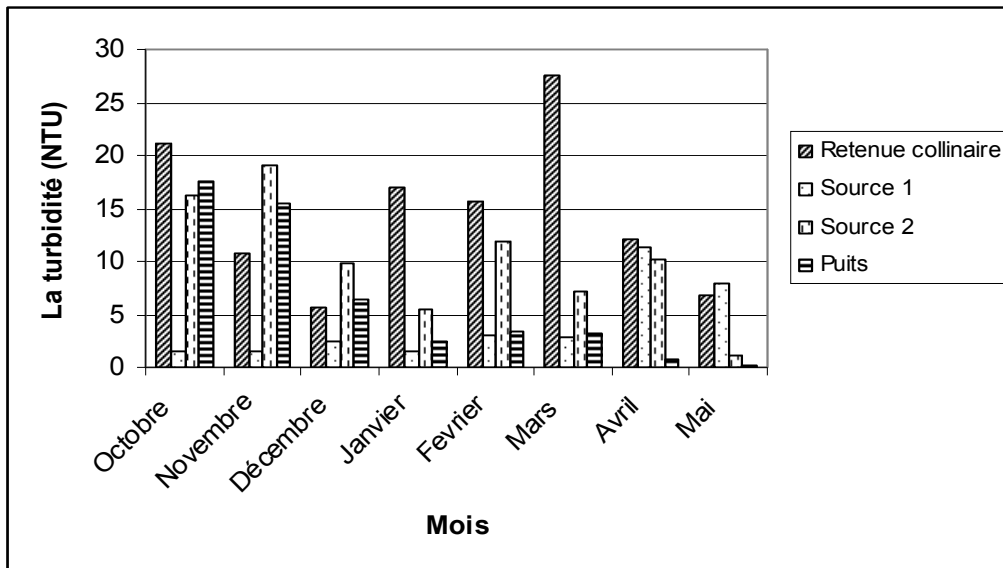


Fig.5.6. Variation mensuelle de la turbidité.

Les valeurs de la turbidité oscillent entre 6.72 et 27.6 dans le site 1, entre 1.44 et 11.31 au niveau du site 2, entre 1.21 et 19.1 au niveau du site 3 et entre 0.21 et 17.48 au niveau du site 4.

La turbidité d'une eau est due à la présence des MES finement divisées : argiles, limons, grains de silice, matière organique etc..... Le graphique de la variation mensuelle montre un pic de turbidité au niveau de la retenue pendant le mois de mars. Dans la majorité de nos campagnes, ces eaux présentent une turbidité qui dépasse 5 NTU.

1.2.4. La dureté

Le graphique illustré par la figure 5.7 montre qu'il y a des variations spatiales dans les quatre sites d'étude ainsi que des variations temporelles, où nous avons marqué des valeurs maximales dans tous les sites pendant les mois de mars et d'avril.

Le maximum est enregistré durant le mois d'avril au niveau du site 4 (44 °f), alors que le minimum est noté au niveau du site 1 (18,4 °f) pendant le mois de décembre.

On constate aussi que, les eaux de site 4 sont les plus dures que les autres, et que le premier site renferme en général les eaux les plus douces.

Sur la base de la dureté, une classification des eaux fait établie, elle est comme suit (Hacini, 2003) :

T.H.	0 - 3	3 - 15	15 – 30	> 30
Quantification	Très douce	douce	dure	Très dure

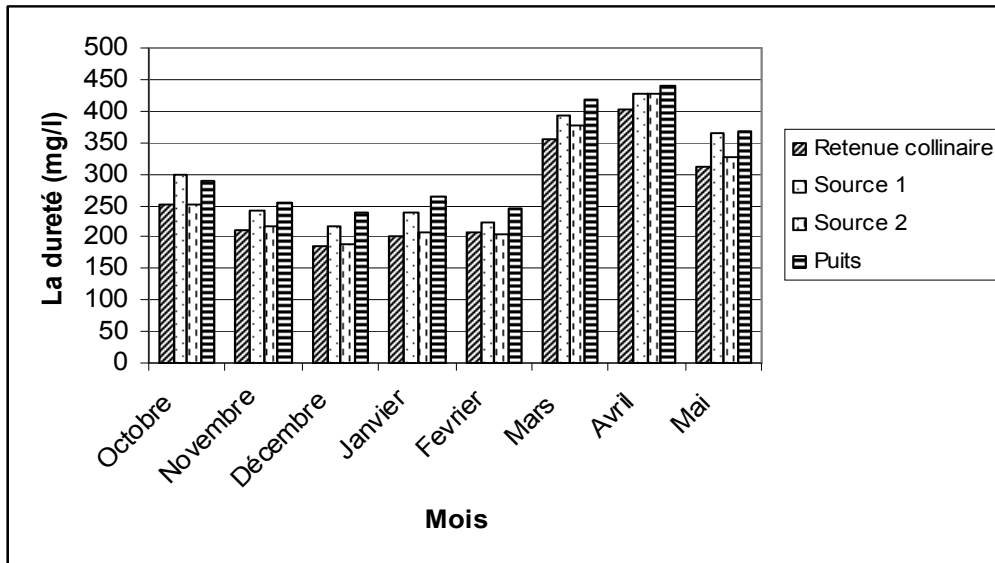


Fig.5.7. Variation mensuelle de la dureté.

Généralement, on peut considérer que les eaux des quatre sites durant cette période, comme des eaux dures à très dures (dureté > 30 °f).

Il n'existe pas de limites supérieures du T.H. (aucune valeur guide). Bien que certaines nombre d'études; épidémiologiques, écologiques, et analytiques aient démontrées une corrélation négative statistiquement significative entre la dureté de l'eau de boisson et les maladies cardiovasculaires.

1.2.5. Le calcium

Le calcium est un constituant majeur du calcaire, qui en fait, un élément très important pour la formation des squelettes des poissons, de carapace des crustacées et des mollusques. Il joue un rôle essentiel dans la formation de la paroi et de la division de cellules dans tous les organismes vivants (Chaoui, 2007).

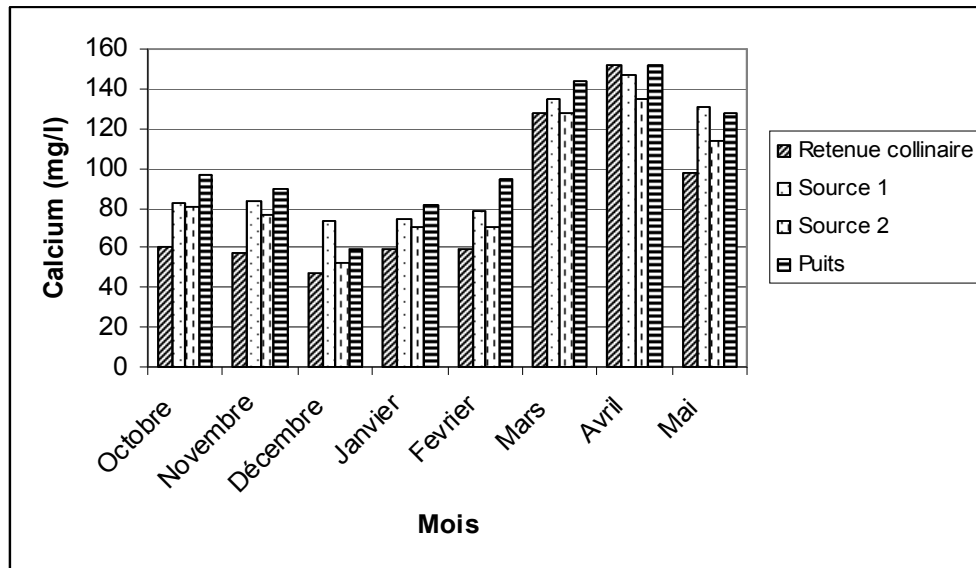


Fig.5.8. Variation mensuelle du taux de calcium.

Le calcium est un élément extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates. Ses sels se rencontrent dans presque toutes les eaux naturelles. Leur teneur est directement liée à la nature géologique des terrains traversés.

Comme montre la figure 5.8, il y a une variation temporelle. Le maximum est enregistré pendant le mois d'avril au niveau des sites 1 et 4 (152 mg/l) tandis que le minimum est enregistré au niveau du site 1 pendant le mois de décembre (47.58 mg/l).

Le graphique montre aussi que la concentration de calcium dans les 4 sites sont dans l'ensemble entre les mois d'octobre à février inférieurs à la valeur guide de l'OMS (100 mg/l) pour les eaux destinées à la consommation humaine que ces taux dépassent cette valeur entre les mois de mars à mai (sauf pour le site 4).

1.2.6. Le magnésium

Le magnésium est un élément très répandu dans la nature (Petolon et Ziesman, 1998). C'est un élément essentiel pour la vie des plantes et indispensable à la croissance des végétaux ainsi qu'au métabolisme animal. La plupart des eaux naturelles présentent des teneurs comprises entre 5 et 10 mg/l. Cette concentration est en relation directe avec la nature géologique des terrains traversés.

D'après les résultats illustrés dans la figure 5.9, on constate que la valeur maximale est enregistrée durant le mois de janvier au niveau du site 4 (28.33 mg/l), tandis que le minimum est noté dans le même site pendant le mois de février (1.59 mg/l). Il y' a une variation spatiotemporelle dans les sites d'étude.

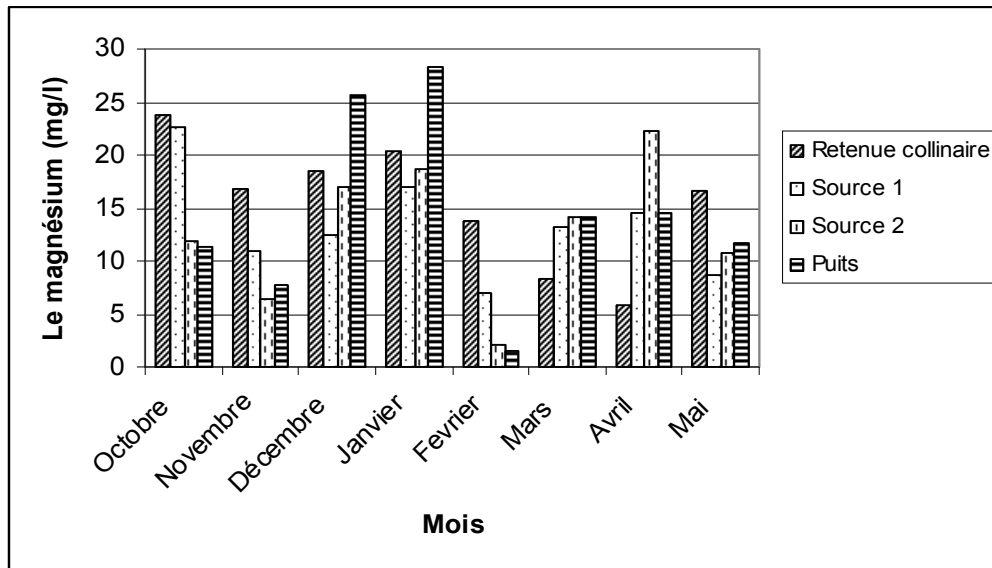


Fig.5.9. Variation mensuelle du taux de magnésium.

La concentration de magnésium dans les quatre sites est dans l'ensemble inférieure à la norme de l'OMS (50 mg/l) pour les eaux destinées à la consommation humaine.

1.2.7. Le titre alcalimétrique complet (TAC)

L'examen du graphique illustré par la figure 5.10, montre qu'il y a une variation spatiotemporelle au niveau des sites d'étude, surtout dans les deux premiers prélèvements.

La valeur maximale est enregistrée durant le mois de novembre au niveau du quatrième site (22.54 °f) et une valeur minimale durant le mois d'octobre au niveau du site 2 (12.1°f).

Le taux du TAC, au niveau des quatre sites est dans l'ensemble inférieurs à la norme (50 °f) de l'OMS des eaux destinées à la consommation humaine.

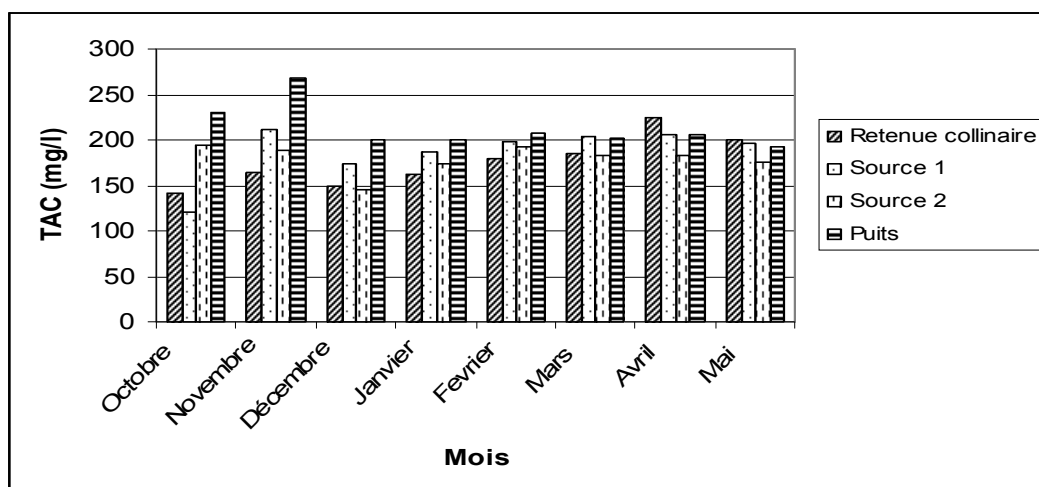


Fig.5.10. Variation mensuelle de l'alcalinité totale complet.

1.2.8. Les chlorures

L'examen des résultats illustrés par la figure 5.11, montre que le taux des chlorures au niveau du site 1 est élevé par rapport aux autres.

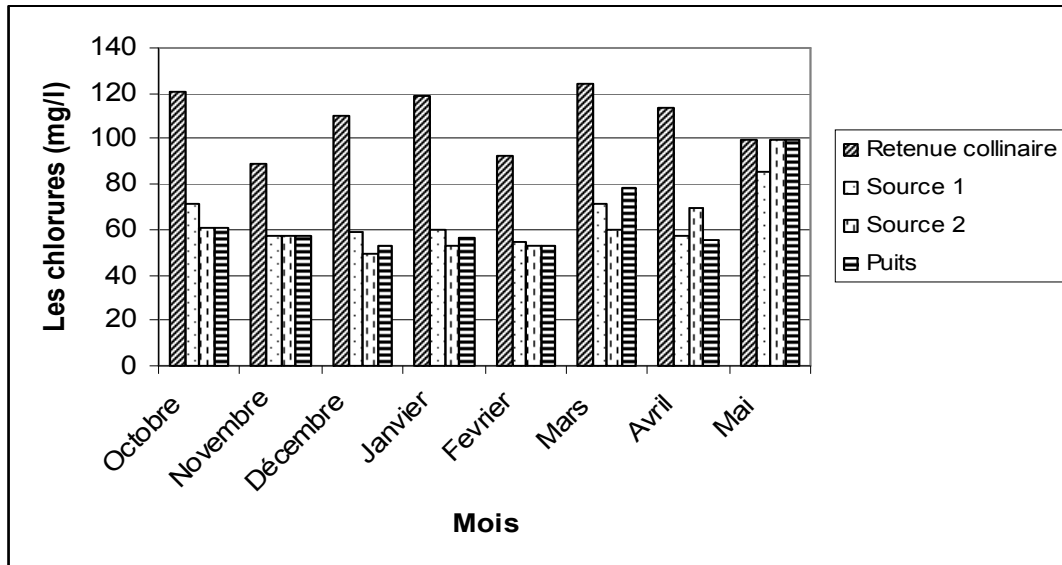


Fig.5.11. Variation mensuelle des chlorures.

Le maximum des chlorures est enregistré durant le mois d'octobre dans le site (120.7 mg/l), tandis que le minimum est noté au niveau du site 2 pendant le mois de décembre (48.74 mg/l); ceci est dû à la dilution des éléments. La concentration dans les sites d'étude est, dans l'ensemble inférieure à la norme (250 mg/l) de l'OMS pour les eaux destinées à la consommation humaine (OMS, 2000).

1.2.9. Le sodium

Cet élément, très abondant ne se rencontre pas naturellement à l'état natif mais, toujours associé à d'autres éléments chimiques (chlorures, sulfates,...). L'omniprésence du sodium et la grande solubilité de ses sels expliquent qu'il se retrouve dans la majorité des eaux (souterraines et de surface) (Petolon et Ziesman, 1998).

La figure 5.12, expose des valeurs de sodium oscillant entre 25.6 mg/l et 723 mg/l. Les eaux de la retenue collinaire présentent les teneurs les plus élevées où le maximum est enregistré pendant le mois de janvier (723.5 mg/l). Aussi, pour les eaux souterraines, les fortes teneurs sont observées durant les mois de décembre et de janvier avec un maximum noté pendant le mois de janvier au niveau du site 2 (184.2 mg/l) et un minimum de 25.6 mg/l durant le mois d'avril au niveau du site 3.

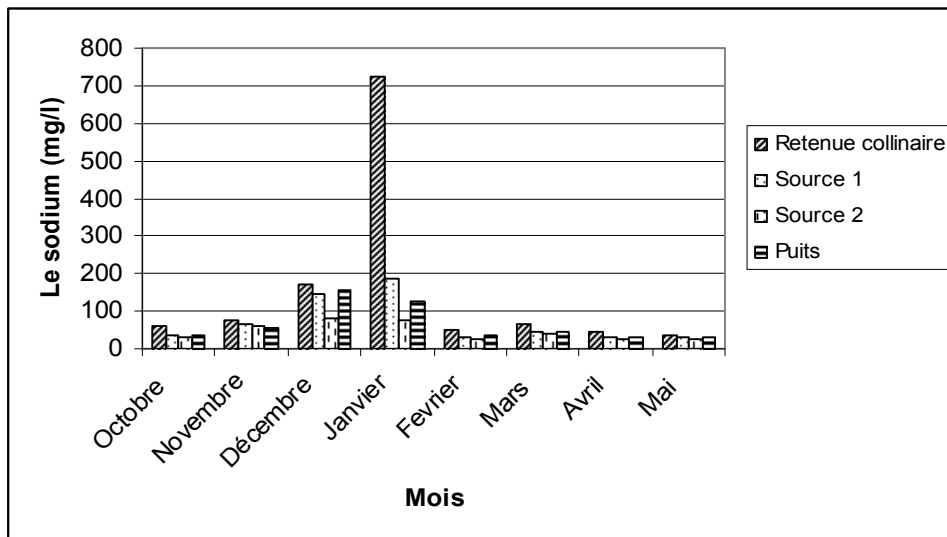


Fig.5.12 Variation mensuelle de sodium.

Une variation spatiotemporelle de cet élément a été notée surtout pendant les mois de décembre et janvier.

1.2.10. Le potassium

Le potassium est un élément naturel des eaux, où sa concentration est à peu près constante et ne dépasse habituellement les 10 à 15 mg/l (Petolon et Ziesman, 1998). Dans la figure 5.13, on constate que l'eau de la retenue présente les valeurs les plus élevées, avec un maximum de 8.3 mg/l noté pendant le mois de janvier et avec un minimum de 1.8 mg/l durant le mois de mai.

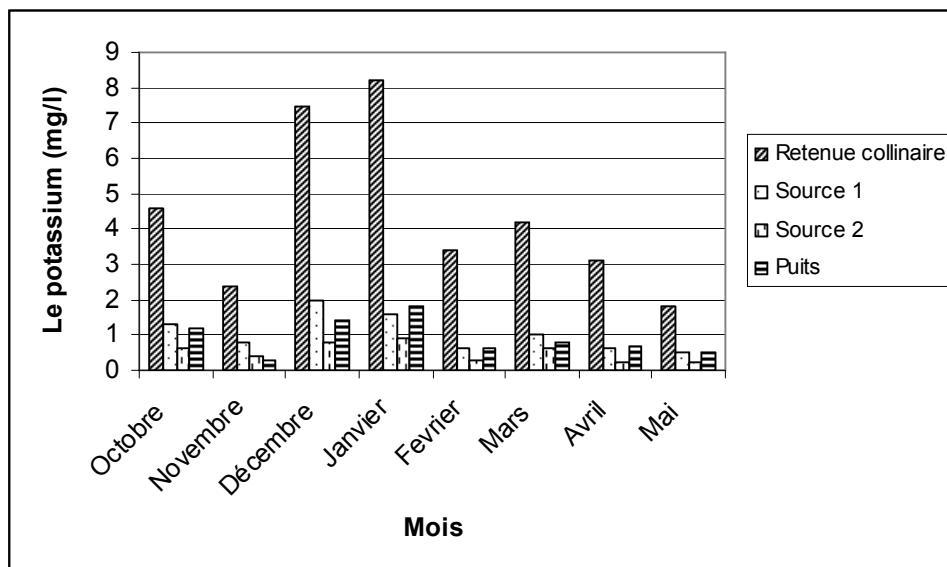


Fig.5.13. Variation mensuelle du taux de potassium.

Pour les eaux souterraines, on constate que le site 3 présente les taux les plus faibles.

Le maximum est enregistré au niveau de site 2 (2 mg/l) durant le mois de décembre et le minimum est noté pendant le mois de novembre au niveau du site 4.

1.2.11. Les sulfates

Composés naturels, les ions sulfates (SO_4^{2-}) sont liés aux cations majeurs : calcium, magnésium et sodium. La concentration en sulfates dans les eaux naturelles est très variable mais ne dépasse généralement pas le gramme par litre (Petolon et Ziesman, 1998).

On constate qu'au niveau de la retenue, les valeurs des sulfates oscillent entre 87.5 mg/l enregistrée pendant le mois de mai et un maximum de 352 mg/l, enregistrée durant le mois de mars.

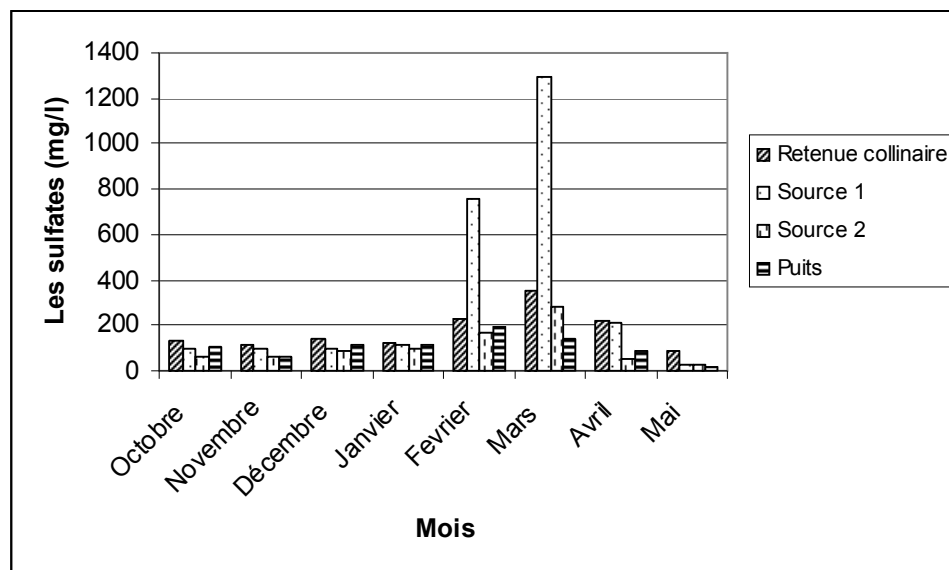


Fig.5.14. Variation mensuelle des sulfates.

Pour les eaux souterraines, il y a une grande variation temporelle, où le maximum est enregistré pendant le mois de mars au niveau du site 2.

D'une manière générale, la concentration des sulfates dans les 4 sites est dans l'ensemble inférieure la norme de l'OMS (250 mg/l) pour les eaux destinées à la consommation humaine sauf pour les valeurs du site 1 (en mars), du site 2 en février et mars et du site 3 en mars.

1.2.12. L'ammonium

L'azote ammoniacal est souvent rencontré dans les eaux et traduit habituellement un processus de dégradation incompatible de la matière organique. L'azote ammoniacal des eaux superficielles peut avoir pour origine naturelle la décomposition des déchets végétaux et

animaux. Habituellement, les eaux souterraines sont pauvres en azote ammoniacal (Petolon et Ziesman, 1998).

Ces valeurs oscillent entre 0.44 mg/l et 2.37 mg/l pour le site 1 et entre 0.011 mg/l et 0.132 mg/l pour les trois autres sites (Fig.5.11).

On constate que les valeurs les plus élevées sont enregistrées au niveau de la retenue avec un maximum de 2.37 mg/l (mars) du fait qu'elle est exposée à différents types de pollutions. Le site 3 présente généralement les taux les plus faibles. Le minimum (0.011mg/l) est noté au niveau du site 2 durant le mois de janvier.

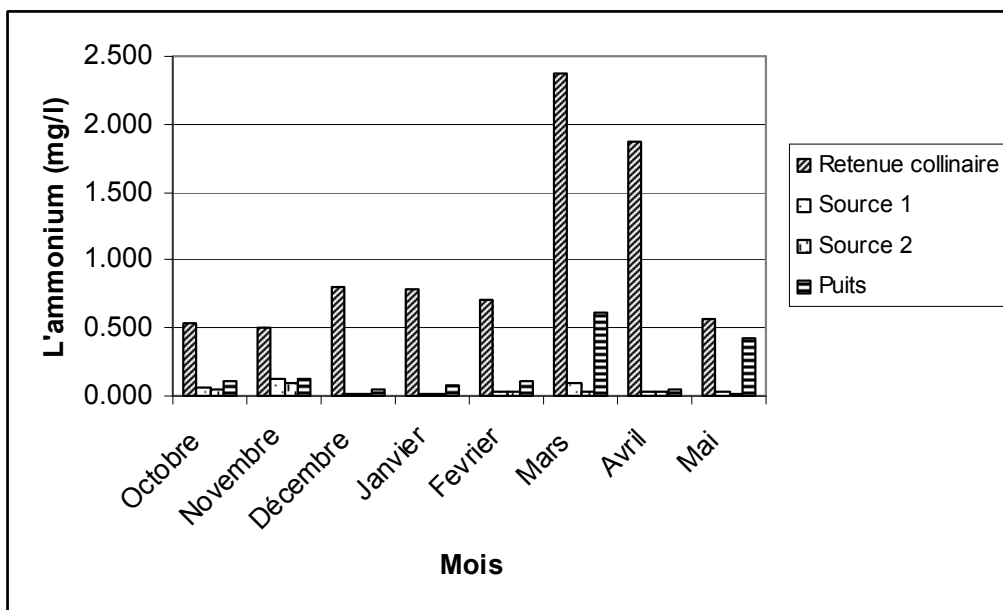


Fig.5.15. Variation mensuelle de l'ammonium.

1.2.13. Les nitrites

Les nitrites sont réponsus dans le sol, dans les eaux et dans les plantes mais en quantités relativement faibles. En général, dans les eaux de surface, leurs teneurs excède rarement 1 mg/l ((Petolon et Ziesman, 1998).

Les nitrites représentent une forme moins oxygénée et moins stable. C'est un passage entre les nitrates et l'ammonium, c'est une forme toxique. Ils proviennent soit de l'oxydation incomplète de l'ammoniac, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence des bactéries dénitrifiantes.

Les taux les plus élevés des nitrites sont observés au niveau du site 1 avec un maximum de 0.52 mg/l enregistré durant le mois d'avril et un minimum de 0.002 mg/l signalé au niveau du site 3 (octobre) et du site 2 (avril).(Fig.5.12).

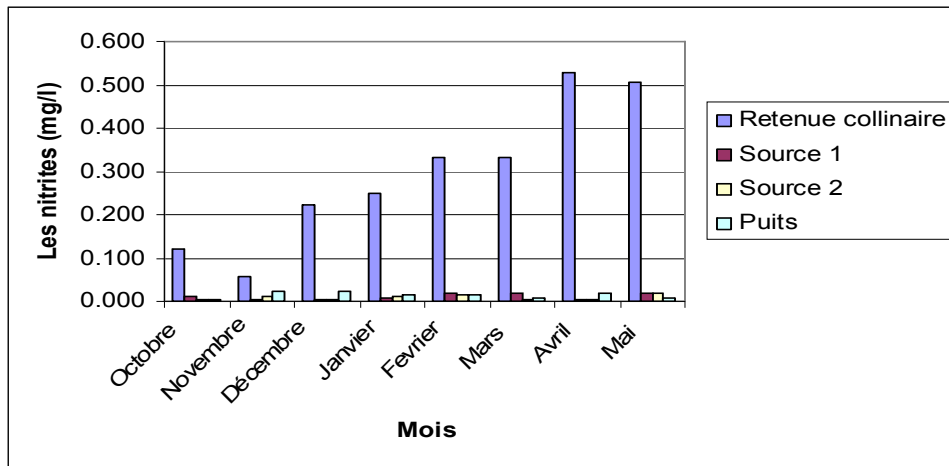


Fig.5.16. Variation mensuelle des nitrites.

1.2.14. Les nitrates

Les nitrates sont abondamment ré pondus dans le sol, dans la plupart des eaux et dans les plantes (Petolon et Ziesman, 1998). Les nitrates représentent la forme la plus oxygénée de l'azote, c'est une forme très soluble. Leur présence dans l'eau est liée à l'utilisation des engrais chimiques.

D'une manière générale, nos résultats affichent des taux inférieurs aux normes de potabilité (45 mg/l).

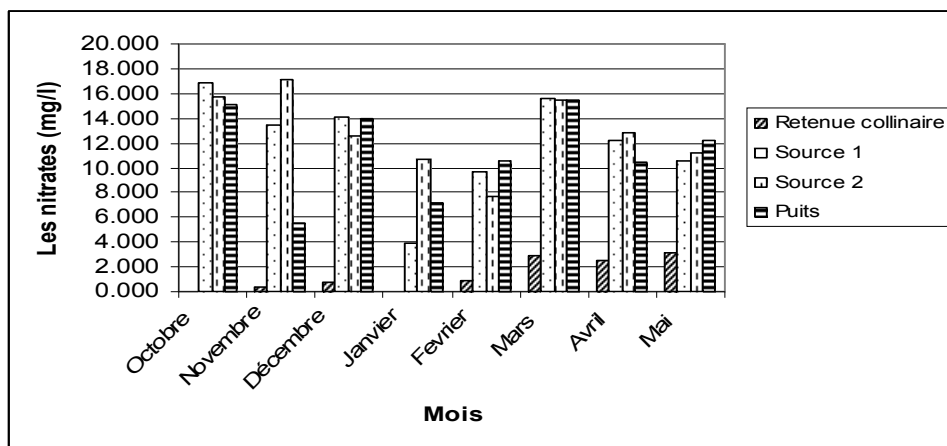


Fig.5.17. Variation mensuelle des nitrates.

- Les eaux de la retenue présentent les plus faibles valeurs avec un minimum de 0.00 mg/l (octobre et janvier) et maximal de 3.19 mg/l (avril).
- Les eaux souterraines présentent les valeurs les plus élevées avec un maximum de 17.15 mg/l au niveau du site 3 pendant le mois de novembre et un minimum de 3.86 mg/l au niveau du site 2 durant le mois de janvier à cause de la dilution.

Donc, une variation spatiotemporelle à noter.

1.2.15. Les ortho phosphates

Le phosphore est naturellement présent dans les eaux superficielles en faibles quantités. Cet élément joue un rôle très important dans le développement des algues.

Selon Rodier (2007), les phosphates font partie des anions facilement fixés par le sol, leur présence naturelle dans l'eau est liée aux caractéristiques des terrains traversés et à la décomposition de la matière organique.

Les teneurs supérieures à 0.5 mg/l doivent constituer un indice de pollution. L'examen de la figure 5.18, permet de constater que les teneurs des ortho phosphates sont variables et les variations sont généralement spatiotemporelles.

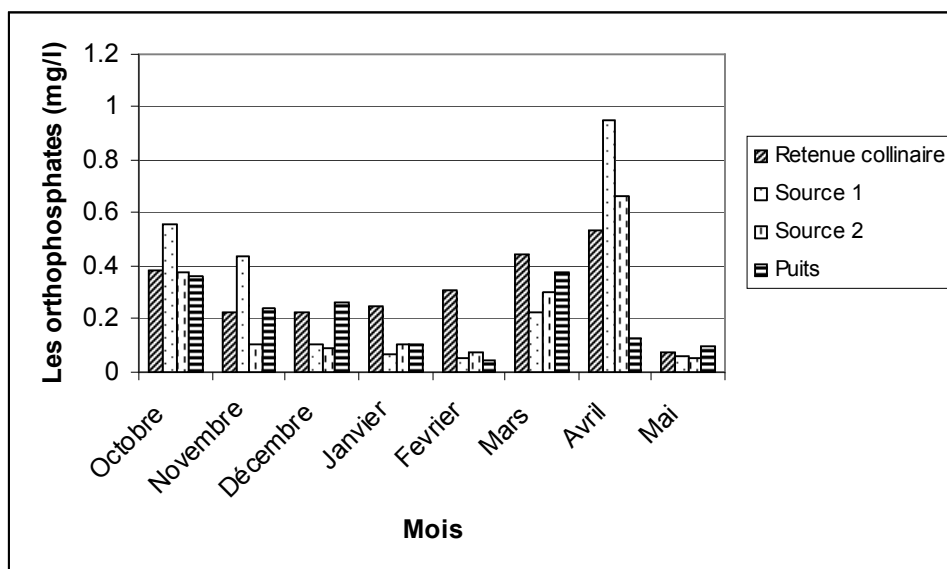


Fig.5.18. Variation mensuelle des orthophosphates.

Le maximum est enregistré pendant le mois d'avril au niveau du site 2 et le minimum est noté durant le mois de février au niveau du site 4.

Les concentrations dans les sites d'étude sont, dans l'ensemble inférieures à la norme (5 mg/l) décrite par l'OMS pour les eaux destinées à la consommation humaine.

2. Les analyses microbiologiques

2.1. Les résultats des dénombrements microbiens

Dans les milieux aquatiques, les microorganismes tels que les bactéries, les moisissures, jouent un rôle important dans l'évolution de la qualité des eaux, en dehors de

toutes agressions, leur nombre est naturellement faible, mais peut être modifié par plusieurs facteurs tels que la température, l'enrichissement du milieu en substances nutritives.

Les analyses bactériologiques des eaux de surface et souterraines ont montrées une grande variation de concentration bactérienne. Ces dernières dépassent les normes internationales des eaux potables, mais elles sont inférieures aux normes des eaux destinées à l'irrigation. Afin de mieux comprendre ces variations, nous avons d'une part suivi l'évolution des germes fécaux dans les quatre sites et d'autre part nous avons fait une comparaison entre les normes maximales admissibles des eaux destinées à la consommation humaine fixées par l'OMS, (et les normes des eaux destinées à l'irrigation) et leur impact sur l'environnement et la santé publique par rapport à nos analyses.

2.1.1. Les germes aérobies mésophiles totaux

Le dénombrement a montré une variation des germes totaux surtout au niveau des sites 1 et 4 par rapport aux deux autres (Fig.5.19). Cependant un pic printanier a été enregistré (avril) avec une abondance de 680 germes/ml au niveau du site 1; tandis que le site 4 on a recensé 570 germes/ml.

D'une manière générale le site 1, présente le nombre le plus élevé durant toutes les campagnes alors que le site 2 présente les valeurs les plus faibles.

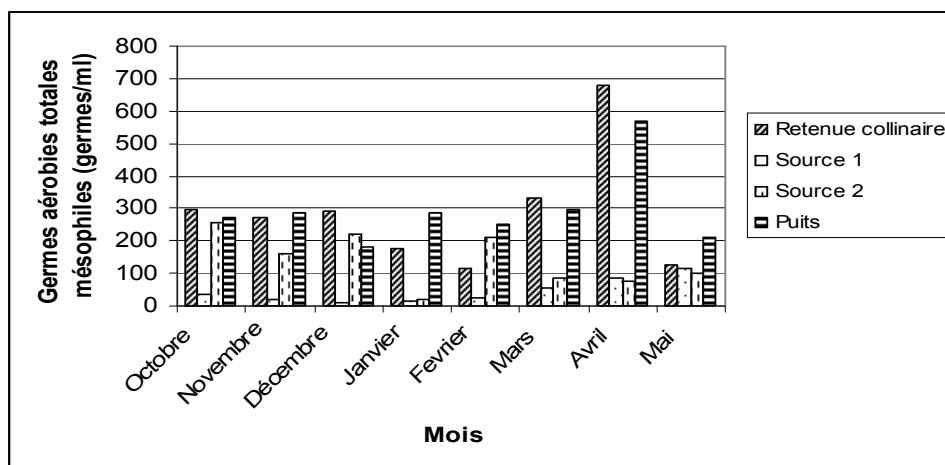


Fig.5.19. Variation mensuelle du taux des germes aérobiés totaux mésophiles.

2.1.2. Les coliformes totaux

D'après les résultats que nous avons obtenus, nous observons une présence des coliformes totaux dans les différents sites durant toute la période de l'étude. En effet, la présence de ces germes dans une eau est la preuve que l'eau a subit une contamination par les matières fécales (Bensaci, 2007; Amira, 2008).

Le déversement des eaux d'égout chargées en déchets domestiques et le rejet de déchets issus de l'élevage dans les eaux ainsi que les excréments d'animaux peuvent être les causes principales de cette contamination.

La recherche des coliformes est primordiale du fait qu'un grand nombre d'entre eux vit en abondance dans les matières fécales des animaux à sang chaud et de ce fait constituent des indicateurs de la première importance (Amira, 2008).

Bien que la présence des coliformes témoigne habituellement d'une contamination fécale, plusieurs coliformes ne sont pas d'origine fécale; ils proviennent plutôt des eaux enrichies en matières organiques (flore naturelle des eaux et des sols). L'intérêt de la détection de ces germes, à titre d'organismes indicateurs, réside dans le fait que leur suivie dans l'environnement est généralement équivalent à celle des bactéries pathogènes et que leur densité est généralement proportionnelle au degré de pollution produit par les matières fécales (Amira, 2008).

La pollution microbiologique est maximale dans le premier site (retenue collinaire). L'examen du graphique illustré par la figure 5.20 nous montre que le nombre des coliformes totaux est extrêmement variable d'un site à un autre. Pour les eaux de la retenue qui présentent dans l'ensemble les valeurs les plus élevées et qui sont supérieures à la valeur guide des eaux potables et ils sont dans l'ensemble inférieures à la valeur guide des eaux destinées à l'irrigation (Bensaci, 2007).

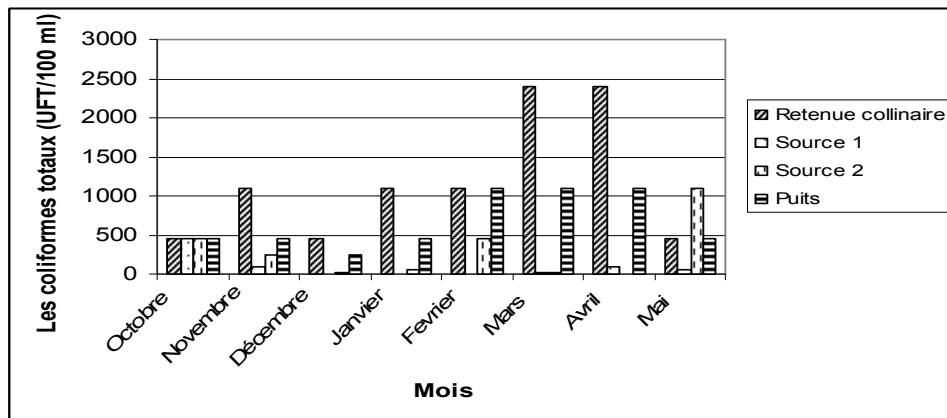


Fig.5.20. Variation mensuelle des coliformes totaux.

Pour les autres sites; le site 2 présente les valeurs les plus faibles, tandis que le site 4 présente les valeurs les plus élevées.

On constate que dans les eaux de la retenue la valeur maximale est de 2400 C.T./100 ml et le minimum est de 460 C.T./100 ml, alors que pour les eaux souterraines le minimum est enregistré dans le site 2 (4 C.T./100 ml) durant le mois d'avril. Le maximum est noté pendant

le mois de mars au niveau du site 4. D'une manière générale, ces eaux sont impropres à la consommation humaine.

2.1.3. Les coliformes fécaux

La présence des coliformes fécaux (thermo tolérants) signe l'existence quasi certaine de la contamination fécale d'une eau (Rejsek, 2003).

D'après la figure 5.21., on constate une variation temporelle. Le site 1 présente les nombres les plus élevés durant toutes les campagnes, alors que le site 2 présente les valeurs les plus faibles. La valeur maximale est observée durant les mois de mars et d'avril au niveau du site 1 (2400 C.F./100 ml). D'une manière générale, ces eaux sont impropres à la consommation humaine.

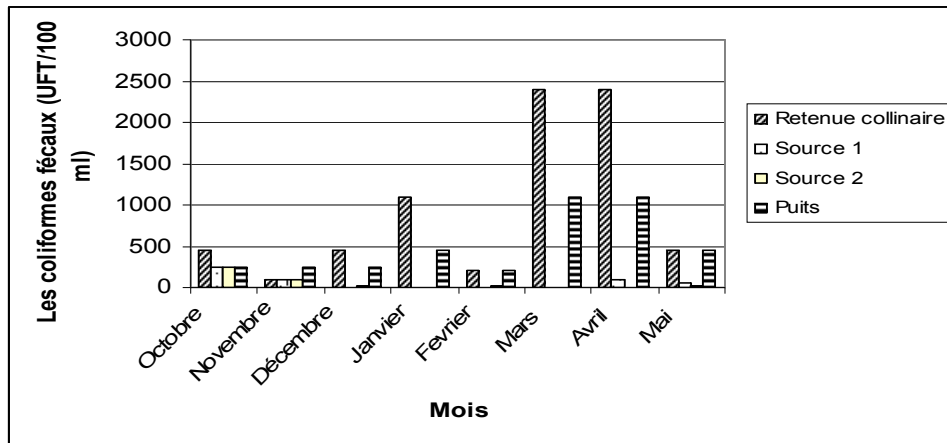


Fig.5.21. Variation mensuelle des coliformes fécaux.

2.1.4. Les streptocoques fécaux

La présence des streptocoques fécaux dans les eaux indique généralement une pollution fécale. L'utilisation des streptocoques fécaux comme indicateur microbiologique est admise vu qu'ils se multiplient dans les effluents d'égouts. Par ailleurs, ils sont considérés comme des indicateurs de pollution fécale beaucoup plus que les coliformes fécaux car ils ne sont pas aussi ubiquitaires, mais toujours présents dans les fèces des animaux à sang chaud et leur disparition dans le milieu aquatique est moins rapide que les coliformes (Amira, 2008).

La détection de ce type de bactéries dans l'eau de nos sites, indique une pollution d'origine fécale issue essentiellement des rejets de déchets d'élevage.

D'après la figure 5.22, on constate que le site 1 présente les nombres les plus élevés par rapport aux autres. Le site 2 présente les valeurs plus faibles.

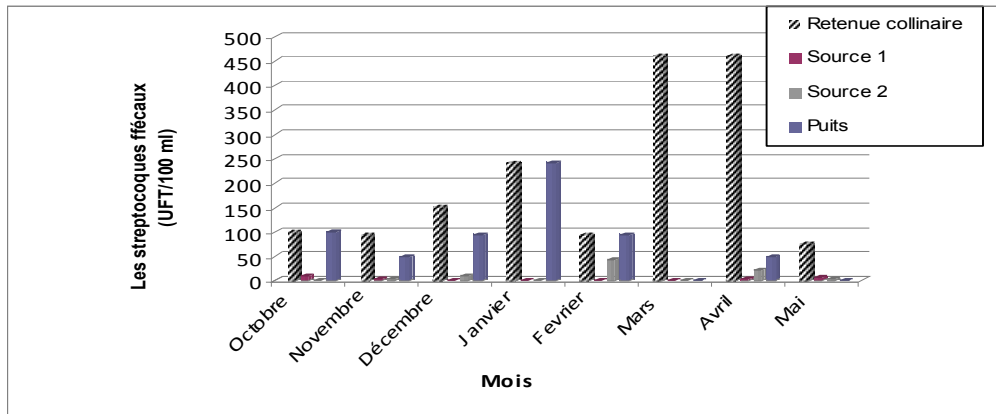


Fig.5.22. Variation mensuelle des streptocoques fécaux.

Les valeurs les plus élevées sont enregistrées durant les mois de mars et d'avril au niveau du site 1 (460 S.F./100ml). Les streptocoques sont souvent absents dans nos prélèvements.

2.1.5. Les bactéries anaérobies sulfuro-réductrices

La présence des bactéries anaérobies sulfuro-réductrices désigne une contamination fécale ancienne. Les taux calculés varient souvent entre 5 et 36 germes/20 ml. Ils sont surtout notés dans les eaux des sites 1 et 4 (Fig.5.23).

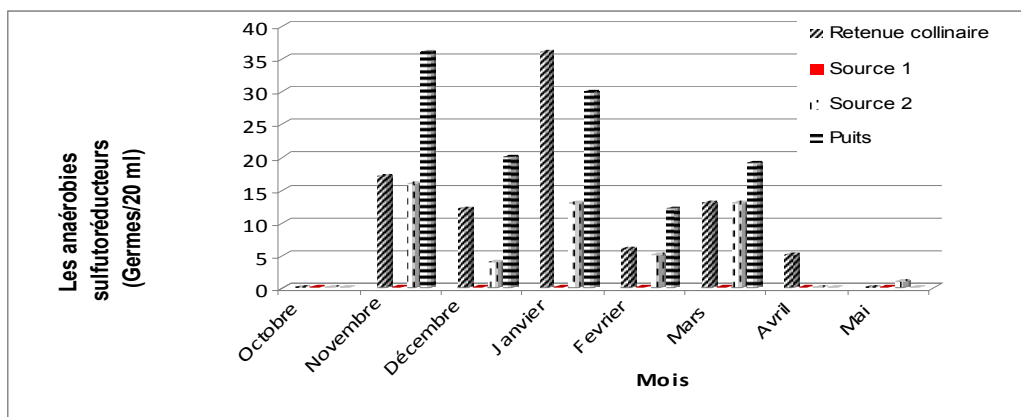


Fig.5.23. Variation mensuelle des anaérobies sulfuro-réducteurs.

2.2. Les résultats de la recherche microbiologique

2.2.1. Les résultats de la culture microbienne

Les résultats de la culture sur les différents milieux sont mentionnés dans le tableau 5.24.

Les résultats de l'aspect microscopique ainsi que l'identification biochimique sont illustrés respectivement dans les tableaux 5.25 et 5.26.

Tab.5.24. Résultats des cultures microbiennes

	Station 1 (retenue collinaire)	Station 2 (Source 1)	Station 3 (Source 2)	Station 4 (Puits)
Octobre	<ul style="list-style-type: none"> - Sur la G.N. : colonie blanche, plate, de contour régulier, odeur de fermentation et de ≈ 4 mm de \emptyset. - Sur le M.C. : colonie rose, bombée, de contour régulier, odeur de fermentation et de ≈ 1 mm de \emptyset. - Sur le Sab : colonie jaune, plate, de contour régulier, odeur de fermentation et de ≈ 2 mm de \emptyset. 	<ul style="list-style-type: none"> - Sur la G.N. : colonie orange, plate, de contour régulier, odeur de fermentation et de ≈ 3 mm de \emptyset. 	<ul style="list-style-type: none"> - Sur la G.N. : colonie blanche écrémée, plate, de contour régulier, odeur de fermentation et de ≈ 4 mm de \emptyset. - Sur le M.C. : colonie transparente, plate, de contour irrégulier, odeur de fermentation et de ≈ 4 mm de \emptyset. 	<ul style="list-style-type: none"> - Sur la G.N. : colonie blanche, plate, de contour régulier, odeur de fermentation et de ≈ 5 mm de \emptyset. - Sur le M.C. : colonie transparente, plate, de contour régulier, odeur de fermentation et de ≈ 3 mm de \emptyset. - Sur le Sab : colonie blanche muqueuse, bombée, de contour régulier, odeur de fermentation et de ≈ 4 mm de \emptyset.
Novembre	-	-	<ul style="list-style-type: none"> - Sur le M.C. : colonie rose, bombée, de contour régulier, odeur de fermentation et de ≈ 3 mm de \emptyset. - Sur le Sab : colonie blanche, bombée, de contour régulier, odeur de fermentation et de ≈ 4 mm de \emptyset. 	<ul style="list-style-type: none"> - Sur le M.C. : colonie transparente, aplatie, de contour régulier, odeur de fermentation et de ≈ 4 mm de \emptyset. - Sur le Sab : colonie blanche, bombée, de contour régulier, odeur de fermentation et de ≈ 3 mm de \emptyset.

Décembre	<p>Sur la G.N. : colonie blanche écrémée, plate, de contour régulier, odeur de fermentation et de ≈ 5 mm de \emptyset.</p> <p>- Sur le M.C. : colonie transparente, bombée, de contour régulier, odeur de fermentation et de ≈ 2 mm de \emptyset.</p> <p>- Sur le Sab : colonie jaune, plate, de contour régulier, odeur de fermentation et de ≈ 2 mm de \emptyset.</p>	<p>Sur la G.N. : colonie orange, bombée, de contour régulier, odeur de fermentation et de ≈ 2 mm de \emptyset.</p>	<p>Sur la G.N. : colonie transparente, plate, de contour régulier, odeur de fermentation et de ≈ 4 mm de \emptyset.</p> <p>- Sur le M.C. : colonie transparente, plate, de contour régulier, odeur de fermentation et de ≈ 3 mm de \emptyset.</p>	<p>Sur la G.N. : colonie jaune, bombée, de contour régulier, odeur de fermentation et de ≈ 3 mm de \emptyset.</p> <p>- Sur le M.C. : colonie transparente, plate, de contour irrégulier, odeur de fermentation et de ≈ 5 mm de \emptyset.</p> <p>- Sur le Sab : colonie blanche écrémée, plate, de contour irrégulier, odeur de fermentation et de ≈ 5 mm de \emptyset.</p>
Janvier	<p>- Sur la G.N. : colonie transparente, plate, contour régulier, odeur de fermentation et de ≈ 3 mm de \emptyset.</p> <p>- Sur le M.C. : colonie transparente, plate, contour régulier, odeur de fermentation et de ≈ 2 mm de \emptyset.</p> <p>- Sur le Sab : colonie blanche bombée, contour régulier, odeur de fermentation et de ≈ 3 mm de \emptyset.</p> <p>- Sur le Chap. : colonie jaune bombée, contour régulier, odeur de fermentation et de ≈ 1.5 mm de \emptyset.</p>	<p>- Sur la G.N. : colonie orangée, bombée, contour régulier, odeur de fermentation et de ≈ 4 mm de \emptyset.</p> <p>- Sur le M.C. : colonie rose, bombée, contour régulier, odeur de fermentation et de ≈ 1 mm de \emptyset.</p> <p>- Sur le Sab : colonie blanche, plate, contour irrégulier, odeur de fermentation et de ≈ 5 mm de \emptyset.</p>	<p>- Sur la G.N. : colonie transparente, plate, contour régulier, odeur de fermentation et de ≈ 4 mm de \emptyset.</p> <p>- Sur le M.C. : colonie transparente, plate, contour irrégulier, odeur de fermentation et de ≈ 2 mm de \emptyset.</p> <p>- Sur le Sab : colonie jaune, bombée, contour régulier, odeur de fermentation et de ≈ 1 mm de \emptyset.</p>	<p>- Sur la G.N. : colonie blanche, bombée, contour régulier, odeur de fermentation et de ≈ 3 mm de \emptyset.</p> <p>- Sur le Sab : colonie blanche, bombée, contour régulier, odeur de fermentation et de ≈ 1 mm de \emptyset.</p>

Février	<ul style="list-style-type: none"> - Sur la G.N. : colonie blanche, bombée, contour régulier, odeur de fermentation et de ≈ 3 mm de \emptyset. - Sur le Sab : colonie blanche bombée, contour régulier, odeur de fermentation et de ≈ 3 mm de \emptyset. 	<ul style="list-style-type: none"> - Sur la G.N. : colonie blanche, plate, contour régulier, odeur de fermentation et de ≈ 4 mm de \emptyset. 	<ul style="list-style-type: none"> - Sur la G.N. : colonie blanche, bombée, contour régulier, odeur de fermentation et de ≈ 3 mm de \emptyset. 	<ul style="list-style-type: none"> - Sur la G.N. : colonie jaune, bombée, contour régulier, odeur de fermentation et de ≈ 3 mm de \emptyset.
Mars	<ul style="list-style-type: none"> - Sur la G.N. : 1) colonie blanche, plate, contour irrégulier, odeur de fermentation et de ≈ 5 mm de \emptyset. 2) : colonie jaune, plate, contour régulier, odeur de fermentation et de ≈ 3 mm de \emptyset. - Sur le Sab : colonie blanche, bombée, contour régulier, odeur de fermentation et de ≈ 2 mm de \emptyset. - Sur le Chap. : colonie jaune bombée, contour irrégulier, odeur de fermentation et de ≈ 5 mm de \emptyset. 	<ul style="list-style-type: none"> - Sur la G.N. : colonie jaune, bombée, contour irrégulier, odeur de fermentation et de ≈ 3 mm de \emptyset. - Sur le Sab : colonie blanche, plate, contour régulier, odeur de fermentation et de ≈ 5 mm de \emptyset. 	<ul style="list-style-type: none"> - Sur la G.N. : colonie jaune, plate, contour régulier, odeur de fermentation et de ≈ 4 mm de \emptyset. 	<ul style="list-style-type: none"> - Sur la G.N. : colonie blanche, bombée, contour irrégulier, odeur de fermentation et de ≈ 3 mm de \emptyset. - Sur le Sab : colonie blanche, plate, contour irrégulier, odeur de fermentation et de ≈ 7 mm de \emptyset. - Sur le Chap. : colonie jaune bombée, contour irrégulier, odeur de fermentation et de ≈ 3 mm de \emptyset.

Avril	<ul style="list-style-type: none"> - Sur la G.N. : colonie jaune, bombée, contour régulier, odeur de fermentation et de ≈ 2 mm de \emptyset. - Sur le M.C. : colonie transparente, plate, contour régulier, odeur de fermentation et de ≈ 4 mm de \emptyset. - Sur le Sab : colonie blanche écrémée, bombée, contour régulier, odeur de fermentation et de ≈ 1 mm de \emptyset. 	<ul style="list-style-type: none"> - Sur la G.N. : colonie rose, plate, contour régulier, odeur de fermentation et de ≈ 2 mm de \emptyset. - Sur le M.C. : colonie rose, bombée, contour régulier, odeur de fermentation et de ≈ 3 mm de \emptyset. - Sur le Sab : colonie blanche, plate, contour irrégulier, odeur de fermentation et de ≈ 5 mm de \emptyset. 	<ul style="list-style-type: none"> - Sur la G.N. : colonie blanche écrémée, bombée, contour régulier, odeur de fermentation et de ≈ 3 mm de \emptyset. - Sur le M.C. : colonie transparente, plate, contour régulier, odeur de fermentation et de ≈ 2 mm de \emptyset. - Sur le Sab : colonie blanche, bombée, contour irrégulier, odeur de fermentation et de ≈ 3 mm de \emptyset. 	<ul style="list-style-type: none"> - Sur la G.N. : colonie blanche, bombée, contour irrégulier, odeur de fermentation et de ≈ 2 mm de \emptyset. contour irrégulier, odeur de fermentation et de ≈ 6 mm de \emptyset. - Sur le Sab : colonie blanche, bombée, contour irrégulier, odeur de fermentation et de ≈ 3 mm de \emptyset.
Mai	<ul style="list-style-type: none"> - Sur la G.N. : colonie blanche écrémée, bombée, contour régulier, odeur de fermentation et de ≈ 5 mm de \emptyset. - Sur le M.C. : colonie transparente plate, de contour régulier, odeur de fermentation et de ≈ 4 mm de \emptyset. - Sur le Sab : colonie transparente, plate, contour irrégulier, odeur de fermentation et de ≈ 4 mm de \emptyset. 	<ul style="list-style-type: none"> - Sur la G.N. : colonie blanche écrémée, bombée, contour régulier, odeur de fermentation et de ≈ 4 mm de \emptyset. - Sur le M.C. : colonie rose, bombée, contour régulier, odeur de fermentation et de ≈ 2 mm de \emptyset. - Sur le Sab : colonie jaune, plate, contour régulier, odeur de fermentation et de ≈ 5 mm de \emptyset. 	<ul style="list-style-type: none"> - Sur la G.N. : colonie blanche, bombée, contour régulier, odeur de fermentation et de ≈ 2 mm de \emptyset. - Sur le M.C. : colonie transparente, plate, contour régulier, odeur de fermentation et de ≈ 4 mm de \emptyset. 	<ul style="list-style-type: none"> - Sur la G.N. : colonie blanche, bombée, contour régulier, odeur de fermentation et de ≈ 2 mm de \emptyset. - Sur le M.C. : colonie transparente, plate, contour régulier, odeur de fermentation et de ≈ 5 mm de \emptyset. - Sur le Sab : colonie jaune, bombée, contour régulier, odeur de fermentation et de ≈ 1.5 mm de \emptyset.

Tab.5.25. Résultats de l'aspect microscopique.

Mois	Site	GN	MC	Sabouraud	Chapman
Octobre	1	Bâtonnets Gram -	Bâtonnets Gram -	Cellules ovoïdes Gram + / Hyphes Gram +	-
	2	Bâtonnets Gram -	-	-	-
	3	Bâtonnets Gram -	Bâtonnets Gram -	-	-
	4	Bâtonnets Gram -	Bâtonnets Gram -	Cellules ovoïdes Gram +	-
Novembre	1	Bâtonnets Gram -	-	-	-
	2	Bâtonnets Gram -	-	-	-
	3	Bâtonnets Gram -	Bâtonnets Gram -	Cellules ovoïdes Gram +	-
	4	Bâtonnets Gram -	Bâtonnets Gram -	Cellules ovoïdes Gram +	-
Décembre	1	Bâtonnets Gram -	Bâtonnets Gram -	Cellules ovoïdes Gram +	-
	2	Bâtonnets Gram -	Bâtonnets Gram -	-	-
	3	Bâtonnets Gram -	Bâtonnets Gram -	Cellules ovoïdes Gram +	-
	4	Bâtonnets Gram -	Bâtonnets Gram -	Cellules ovoïdes Gram +	-
Janvier	1	Grappe de raisin Gram +	Bâtonnets Gram -	Cellules ovoïdes Gram +	Amas Gram +
	2	Bâtonnets Gram -	Bâtonnets Gram -	Cellules ovoïdes Gram +	-
	3	Bâtonnets Gram -	Bâtonnets Gram -	Cellules ovoïdes Gram +	-
	4	Bâtonnets Gram -	-	Bâtonnets Gram -	-
Février	1	Coccobacilles Gram -	-	-	-
	2	Coccobacilles Gram -	-	-	-
	3	Bâtonnets Gram -	-	-	-
	4	Bâtonnets Gram -	Bâtonnets Gram -	Filaments Gram +	-
Mars	1	Hyphes Gram +	-	Filaments Gram +/ Cellules ovoïdes Gram +	Hyphes Gram +
	2	Bâtonnets Gram -	-	Bâtonnets Gram -	-
	3	Bâtonnets Gram -	-	-	Hyphes Gram +
	4	Hyphes Gram +	-	Bâtonnets Gram -	-
Avril	1	Bâtonnets Gram -	Bâtonnets Gram -	Bâtonnets Gram -	-
	2	Bâtonnets Gram -	Bâtonnets Gram -	Hyphes Gram +	-
	3	Bâtonnets Gram -	Bâtonnets Gram -	Bâtonnets Gram -	-
	4	Filaments Gram +	Bâtonnets Gram -	Bâtonnets Gram -	-
Mai	1	Bâtonnets Gram -	Bâtonnets Gram -	Cellules ovoïdes Gram +	-
	2	Bâtonnets Gram -	Bâtonnets Gram -	Cellules ovoïdes Gram +	-
	3	Bâtonnets Gram -	-	-	-
	4	Coccobacilles Gram -	Bâtonnets Gram -	-	-

Tab. 5.26. Résultats de l'identification bactérienne

	Site 1	Site 2	Site 3	Site 4
octobre	<i>Proteus vulgaris</i>	-	-	-
Novembre	<i>Eschirichia adecarboxylata</i>	- <i>Proteus vulgaris</i>	<i>Citrobacter freundii</i>	-
Décembre	<i>Enterobacter intermedus</i>	-	-	-
Janvier	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Enterobacter agglomerans</i>	<i>Providencia sp</i>	-
Février	<i>Aeromonas sorbia</i>	-	-	<i>Aeromonas shigelloides</i>
Mars	-	-	-	-
Avril	- <i>Moellerella wisconsensis</i> - <i>Aeromonas hydrophila/caviae</i>	-	<i>Vibrio metschnikovii</i>	<i>Enterobacter cloacae</i>
Mai	- <i>Aeromonas hydrophila/caviae</i>	<i>Acinitobacter spp</i>	-	<i>Vibrio metschnikovii</i>

On constate ainsi que ces eaux sont assez riches en microorganismes tant pathogènes que saprophytes et que le site 1 est le plus diversifié.

CONCLUSION

Conclusion

La qualité d'une eau souterraine ou de surface est souvent déterminée par un ensemble de paramètres physicochimiques et biologiques (souvent microbiologique). Ces derniers appliqués à la retenue collinaire de Mdjez El B'gare et aux puits et sources de la région de Ain Makhoulf (wilaya de Guelma) ont montré une hétérogénéité surtout temporelle plus ou moins importante qui se résume comme suit :

- Le degré de minéralisation de ces eaux est influencé par la nature lithologique et géologique de la région. L'activité humaine influence peu ces milieux loin de toute industrialisation.
- La comparaison des teneurs enregistrées dans les eaux étudiées et celles fixées par l'Organisation Mondiale de la Santé nous montre que la majorité de ces éléments présentent des taux ne dépassant généralement pas les limites dictées pour les eaux destinées à la consommation. Pendant certaines périodes, le chimisme de l'eau affiche des valeurs élevées qui rendent l'eau de ces milieux impropres à la consommation.

Sur le plan bactériologique, les eaux recèlent de nombreux germes test de contamination fécale et de ce fait elles sont impropres à la consommation mais elles sont incluses dans les normes d'irrigation.

En perspectives il serait important:

- D'élargir les études microbiologiques par la recherche de germes pathogènes, d'autre part physico-chimique pour mettre en évidence la pollution d'origine agricole et ce-ci par la recherche des produits utilisés dans l'agriculture comme les pesticides;
- De révéler de nouveaux bioindicateurs et biomarqueurs de la pollution comme les plantes, les algues, macroinvertibrés,
- Des investigations plus poussées doivent être entreprises afin d'augmenter les sites d'échantillonnage tant qu'un travail systématique d'une part; et un biomonitoring régulier pour la biosurveillance des ressources naturelles en question;
- Dresser une base de données en utilisant plusieurs descripteurs biotiques et abiotiques;
- Cartographier les sites sensibles à la pollution; pour être utilisés d'avantage par la municipalité ainsi les décideurs au niveau de l'environnement et la santé publique;

En fin nous souhaitons que les responsables procèdent à la suppression des décharges existantes et l'interdiction des branchements illicites sur les réseaux.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Abdelbaki C. et Boukli Hacène F. (2007). Etude du phénomène de dégradation des eaux souterraines du groupement urbain de Tlemcen ; *Revue des Energies Renouvelables Vol. 10 N°2 (2007) 257 – 263.*
2. Algeria Water Quality Management Country Report (2001). Rapport sur la gestion de la qualité de l'eau et des interventions possibles du METAP.
3. Amamra B. et Oueibi F. (2001). *Etude de faisabilité d'une retenue collinaire sur l'oued Medjez El B'Gare (région de Ain Makhlouf), Wilaya de Guelma. Mémoire d'ingénieur d'état, Université Badji Mokhtar, Annaba. 68 p.*
4. Aminot A. et Chausspié M. (1983). *Manuel des analyses chimiques en milieu marin. 350 p.*
5. Amira W. (2008). *Degré de contamination de l'eau de la mare Redjla (Taher) par les nitrates : Détermination de la qualité physicochimique et microbiologique de l'eau. Mémoire de magister. Université de Jijel. 103 p.*
6. Angelier E. (2000). *Ecologie des eaux courantes. Tec & Doc. 199 p.*
7. APi System-La Balme Les Grottes-38390 Montalieu (France).
8. Atteia O. (2005). *Chimie et pollution des eaux souterraines. Lavoisier éditions, Tec & Doc. 398 p.*
9. Bahmed L., Djebabra M. et Abibsi A. (2004). Démarche d'intégration du concept Qualité – Sécurité - Environnement aux systèmes d'alimentation en eau potable. *Larhyss Journal, n° 03. 115-128.*
10. Beltrando G. (2004). *Les climats : Processus, variabilité et risques. Armand Colin. Sejer, Paris. 261 p.*
11. Benmarce (2007). *Caractéristiques physicochimiques et isotopiques des eaux souterraines dans la région de Guelma. Mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar, Annaba. 126 p.*
12. Bensaci T. (2007). *Détermination de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de surface : cas du barrage Timgad (W. de Batna) et la retenue collinaire d'Ourkis (W. d'Oum El Bouaghi). Mémoire de Magister, Centre universitaire Larbi Ben M'hidi d'Oum El Bouaghi. 81 p.*

13. Bensaoula F., Adjim M. et Bensalah M. (2007). L'importance des eaux karstiques dans l'approvisionnement en eau de la population de Tlemcen. *Larhyss Journal*, n° 06, pp. 57-64
14. Bliefert C. et Perraud R. (2001). *Chimie de l'environnement : Air, eau, sol, déchets*. 1^{ère} édition. De Boeck & Larciensa, Bruxelles. 477 p.
15. Boeglin J.C. (2006). *Contrôle des eaux douces et de consommation humaines*. Dans: *Techniques de l'ingénieur W1: Technologie des eaux*. Techniques de l'ingénieur. Chap.P4 210, pp : 1-24.
16. Boeglin J.C. (2006). *Propriétés des eaux naturelles*. Dans : *Techniques de l'ingénieur W1 : Technologie des eaux*. Techniques de l'ingénieur. Chap.G1 110, pp: 1-8.
17. Boudjadja A., Messahel M. et Pauc K. (2003). Les ressources hydriques en Algérie du Nord. *Revue des sciences de l'eau*, 16/3. 285-304.
18. Boulahbal F. (2002). *Microbiologie S1 clinique*. O.P.U, Alger. 173 p.
19. Bourdon J.L. et Marchaln. (1981). *Techniques bactériologiques*. Doin, 335 p.
20. Bourgeois C.M. et Leveau. J.Y (1980). *Techniques d'Analyse et de contrôle dans les industries agro-alimentaire*. T3. APRIA. 331p.
21. Bouzidi. F et Guendooze. B (1995). *Perspectives de développement de la commune de Ain Makhlouf mémoire d'ingénieur d'état*, Université Badji Mokhtar, Annaba. 125 p.
22. Cardot C. (1999). *Les traitements des eaux (procédés physicochimiques; cours et problèmes résolus)*, Ellipses. 247p.
23. Centre D'expertise En Analyse Environnementale Du Québec. Recherche des coliformes totaux et de *Escherichia coli* avec le milieu de culture Colilert® : méthode présence/absence, MA. 700 – Ecct. 1.0, Ministère de l'Environnement du Québec, 2003, 12 p.
24. Chaib N. (2002). *Contribution à l'étude écologique et hydro chimique de quelques hydro systèmes de la Numidie (Région d'El Kala et de Guerbes-Sanhadja)*. Mémoire de Magister. Université Badji Mokhtar, Annaba. 118 p.
25. Chambou P., Broutin J.-P., Rodi L. et Rodier J. (2007). *Analyse physicochimique des eaux naturelles*. Dans : *L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer*, 8^{ème} édition. Rodier J. et coll. DUNOD. Chap. A, pp.1-539.
26. Champiat D. et Larpent. J.P. (1988). *Biologie des eaux ; méthodes & techniques*. Masson. 375 p.

27. Chamsaur H. (2007). *Analyse microbiologique des eaux*. Dans : *L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer*, 8^{ème} édition. Rodier. J et coll. Dunod. Chap. E, pp.743-862.
28. Chaoui W. (2007). *Impact de la pollution organique et chimique des eaux de l'oued Seybouse et de l'oued Mellah sur les eaux souterraines de la nappe alluviale de Bouchegouf (Guelma)*. Mémoire de Magister. Université Badji Mokhtar, Annaba. 103 p.
29. Chocat B. (1997). *Encyclopidie de l'hydrologie urbaine et de l'assainissement*. Tec & Doc, Paris. 1124 p.
30. Coulibaly K. (2005). *Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau des puits de certains quartiers du district de Bamako*. Thèse de doctorat. Université de Bamako, 55 p.
31. D.H.W.G (1987). Retenue collinaire sur l'Oued Mdjez El B 'gare (Ain Makhoulf). Phase : étude géologique et géotechnique, H ydro-projet Est.17 p.
32. Dajoz R. (2006). *Précis d'écologie; cours et exercices résolues*. Dunod. 300 p.
33. Defranceschi M. (1996). *L'eau dans tous ces états*.ellipses. Paris. 127 p.
34. Delarras C. (1998). *Microbiologie : 90 heures de travaux pratiques : Gaëtau morin éditeur, Europe* ,276 p.
35. Delarras C. (2000). *Microbiologie de l'environnement avec légalisation travaux pratiques commentés*. Gaëtau morin éditeur. Europe. 231 p
36. Desjardinsing R. (1997). *Le traitement des eaux*. 2^{ème} édition. Ecole polytechnique de Montréal. 304 p.
37. Drissi S. (2008). *Qualité ds eaux de quelques sources dans la région de souk-Ahras*. Mémoire de Magister. Centre Universitaire de Souk Ahras. 69 p.
38. Duvigneaud P. (1980). *La synthèse écologique*, 2^{ème} édition, Doin éditeurs, Paris. 380 p.
39. Ferron A. (1983). *Bactériologie médicale à l'usage des étudiants en médecine*. 12^{ème} édition. Editions C et R. 370 p.
40. Frobicher F. (1976). *Microbiologie clinique*. Hrwlée, 507 p.
41. Frontier. S, Pichod-Viale. D, Leprête. A, Davoult. D et Luczak. Ch (2004). *Ecosystèmes : structure, fonctionnement, évolution*. 3^{ème} édition. Dunod, Paris. 549 p.

42. Gény P., Waechter P. et Yatchinovsky A. (1992). *Environnement et développement rural: guide de la gestion des ressources naturelles*, éditions Frison-Roche (Ministère de la Coopération et du Développement, Agence de Coopération Culturelle et Technique). 418 p.
43. Guergueb. E, Bounab. C, Menaia. M et Trea C. (2008). *Richesse floristiques et faunistiques de la région de Ain Makhlouf*. Journée mondiale de la biodiversité, Département de biologie, Université de 8 Mai-1945 Guelma.
44. Guiraud J.P. et Rosec J.P. (2004). *Les pratiques des normes en microbiologie alimentaire. Fluor, France*. 300 p.
45. Guiraud J-P. (1998). *Microbiologie Alimentaire*. Dunod, Paris. 651 p.
46. Habila S. (2008). *Etude de l'impact du barrage Beni Haroun sur l'environnement : Effets écotoxicologique*. Mémoire de magister. Université de Jijel., 176 p.
47. Hacini Y. (2003). *Caractérisation des eaux souterraines de la nappe alluviale de Bouchegouf (Guelma)*. Mémoire de magister. Université Badji Mokhtar, Annaba. 126 p.
48. Haslay C. et Leclerc H. (1993). *Microbiologie des eaux d'alimentation*. 495 p.
49. Kettab A. (1992). *Traitement des eaux : Les eaux potables*. Office Des Publications Universitaires, Alger. 152 p.
50. Koller E. (2004). *Traitement des pollutions industrielles : Eau, Air, Déchet, Sols, Boues*. Dunod, Paris. 159 P.
51. Larpent J.-P. (1997). *Microbiologie alimentaire : Techniques de laboratoire*. Tec & Doc, Lavoisier. 1073 p.
52. Leclerc H. (1996). *Etude de la microflore de différents aliments et de ses effets*. Dans: *microbiologie alimentaire T1: Aspect microbiologique de sécurité et de la qualité des aliments*. Bourgeois. C. M, Mesclé J-F et Zucca. J. Tec & Doc, Paris. Partie IV, pp. 253-269. (658).
53. Leclerc H., Buttiaux R., Guillaume J. et Watre P. (1977). *Microbiologie appliquée*. Doin éditeurs, Paris. 227 p.
54. Lévêque C. (1996). *Ecosystèmes aquatiques*. Hachette, Paris. 159 p.
55. Leynaud J. (1976). *Modification du milieu aquatique sous l'influence des pollutions*. Dans : *la pollution des eaux continentales; incidences sur les biocénoses aquatiques*. Pesson P. Bordas, Paris. pp : 1-21.

56. Leyral G. et Joffin J.N., sous la direction de Figarella et Leyral. G (1998). *Microbiologie technique : 2, documentation technique. 2^{ème} édition*. Bordeaux, CRDP d'aquitaine. 304 p.
57. Makoutode M., Assani A.K., Ouendo E-M., Agueh V.-D. et Diallo P. Qualité et mode de gestion de l'eau de puits en milieu rural au Bénin : cas de la sous-préfecture de grand-popo. *Médecine d'Afrique Noire* : 1999, 46 (11). 529 – 534.
58. Maurel A. (2006). *Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres et autres procédés non conventionnels d'approvisionnement en eau douce. 2^{ème} édition*. Tec & Doc, Lavoisier, Paris. 286 p.
59. Mayet J. (1994). *La pratique de l'eau : traitement de l'eau aux points d'utilisation, comportement de l'eau dans les installations, origine des désordres et résolutions. 2^{ème} édition*. Le Moniteur, 382 p.
60. Mokofio F., Renaudet J., Opandy C., Bastard G., abeye J., M^{me} Yete M.L., Touabe J., Gondao L. et M^{me} Vohito J.A. Qualité bactériologique de l'eau des puits, des sources et des forages dans la ville de Bangui : Premiers Résultats et Perspectives. *Médecine d'Afrique Noire*: 1991, 38 (11) 775-778.
61. Monod J. (1989). *Mémento technique de l'eau. 9^{ème} édition. T1. Dégrémont. France*. 591 pages.
62. Moumouni-Djermakoye H. (2005). *Les eaux résiduaires des tanneries et des teintureries caractéristiques physico-chimiques, bactériologiques et impact sur les eaux souterraines et les eaux de surfaces. Thèse de doctorat, Université de Bamako, Niger*. 116 p.
63. Ngô C. et Regent A. (2004). *Déchets et pollution, impact sur l'environnement et la santé. Dunod, Paris*. 134p.
64. OMS (2000). Directive de qualité pour l'eau de boisson. 2^{ème} édition. Volume 2. Critères d'hygiène et documentation à l'appui. Genève. 1150 p.
65. Pedoya Ch. (1990). *La guerre de l'eau. Genèse, mouvement et échanges, pollution et pénuries. Frison Roche, Paris*. 155 p.
66. Potelon J.L. et Zysman K. (1998). *Le guide des analyses de l'eau potable. "La lettre du cadre territoriale". S.E.P.T Voiron, Cedex*. 253 p.
67. Ramade. F (1984). *Eléments d'écologie : Ecologie fondamentale. MC Gaw-hille, Paris*. 397 p.

68. Ramade F. (2002). *Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement*. 2^{ème} édition, Dunod, Paris. 1075 p.
69. Ramade. F (2003). *Eléments d'écologie : Ecologie fondamentale*, 3^{ème} édition. Dunod, Paris. 690 p.
70. Ramade F. (2005). *Eléments d'écologie : Ecologie appliquée*. Dunod, Paris. 365 p.
71. Recherche et dénombrement simultanés des coliformes totaux et d'*Escherichia coli* dans l'eau potable avec le milieu de culture MI : méthode par filtration sur membrane, MA. 700 – Ecctmi. 1.0, Rév.1, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, 2006, 24 p.
72. Rejsek F. (2002). *Analyse des eaux : aspects réglementaires et techniques* .Scérén, 360p.
73. Rodier J. (1984). *L'analyse de l'eau; eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer*. 7^{ème} édition. Bordas, Paris. 1334 p.
74. Rodier J. et Chamsaur H. (2007). *Interprétation des résultats analytiques*. Dans : *L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer*, 8^{ème} édition. J. Rodier et coll. Dunod. Chap. G, pp.913-1199.
75. Rouleau A. et Rasmussen H. 2006. Introduction dans *la détermination d'aires d'alimentation et de protection de captages d'eau souterraine*. Rasmussen, H., Rouleau, A. et Chevalier, S. (éditeurs scientifiques). 6 pages. Document diffusé par le Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec. <http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/souterraines/alim-protoc/index.htm>.
76. Roux J. C. (1990). *Les secrets de la terre : L'eau source de vie*. Éditions de BRGM, Orléans et la Compagnie du Lierne, Paris. 64 p.
77. Sayad L. (2008). *Qualité physicochimique et bactériologique des eaux de l'écosystème lacustre, lac des oiseaux (wilaya El Taef)*. Mémoire de Magister. Université Badji Mokhtar, Annaba. 120 p.
78. Sigg L., Behra Ph. Et Stumm W. (2000). *Chimie des milieux aquatiques : chimie des eaux naturelles et des interfaces dans l'environnement*. 3^{ème} édition. Dunod, Paris. 567 p.
79. Singleton P. (2002). *Bactériologie, pour la médecine, la biologie et les biotechnologies*, 4^{ème} édition. Dunod, Paris. 415 p.

80. Singleton P. (2005). *Bactériologie, pour la médecine, la biologie et les biotechnologies*, 6^{ème} édition, Dunod, Paris. 542 p.
81. Soutter M., Mermoud A. et Musy A. (2007). *Ingénierie des eaux et du sol: processus et aménagement. Prosses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne*. 294 p.
82. Station météorologique de la wilaya de Guelma.
83. Tabet Hellal M.A. et Ghellal N. (2004). Caractérisation des eaux de barrage "Hammam Boughrara" (Algérie nord occidentale) destinées à la consommation humaine et à l'irrigation. Pp : 260-270.
84. Teixeira J. (2006). *Les mystères de l'eau. Dans : Techniques de l'ingénieur W1 : Technologie des eaux. Techniques de l'ingénieur*. Chap. RE 53, pp : 1-8.
85. Touati L. (2008). *Distribution spatiotemporelle des genres Daphnia et Simosiphalus dans la Numidie orientale. Mémoire de Magister. Université de 8 Mai-1945 Guelma*. 88 P.
86. Touchart L. (2003). *Hydrologie : Mers, fleuves et lacs. Armand Colin. Vuief*. 190 p.
87. Toumi A., Remini B. (2004). Barrage de Foug el Gherza face au problème de fuites d'eau, *Larhyss Journal*, n° 03. 25-38.
88. Vilaginès R. (2003). *Eau, environnement et santé publique; Introduction à l'hydrologie*. 2^{ème} édition. Tec & Doc, Lavoisier, Paris. 198 p.
89. Vivier P. (1976). *L'eutrophisation des lacs : structure, fonctionnement et évolution des lacs. Dans : la pollution des eaux continentales; incidences sur les biocénoses aquatiques. Pesson P. Bordas, Paris*. pp : 66-87.
90. Zerluth J. et Gienger M. (2006). *L'eau et ses secrets; Nature et action de l'eau pour une eau de bonne qualité. DérIris, France*. 221 p.

Webographie:

[1]:http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/ea/Cycle_de_l%27eau.png/500px-Cycle_de_l%27eau.png consulté le: 15/04/2009.

Résumé

L'étude physico-chimique et bactériologique de l'eau de surface (retenue collinaire) et l'eau souterraine (sources et puits) de la région de Ain Makhoulf (wilaya de Guelma) a permis d'évaluer leur qualité et leur potabilité. Nous avons choisi d'étudier quelques paramètres physicochimiques et bactériologiques. 8 campagnes de prélèvement ont été effectuées durant la période allant d'octobre 2008 jusqu'à mai 2009 au niveau de quatre sites. Les échantillons d'eau prélevés ont fait l'objet d'une mesure *in situ* des variables physicochimiques (la température, la conductivité électrique et l'oxygène dissous) et d'analyses au laboratoire de: la turbidité, pH, PO_4^- , NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ , TH, TAC, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} ; et une étude bactériologique basée sur le dénombrement des bactéries indicatrices d'éventuelle pollution fécale et de la recherche des germes pathogènes.

Nos résultats ont exprimés une qualité mauvaise à médiocre. Ces eaux sont alors impropres à la consommation humaine. Elles renferment des indices de contamination fécale largement supérieures aux normes admissibles, et des paramètres physico-chimiques des fois supérieurs aux normes indiquées par l'OMS.

Mots clés : Qualité, potabilité, source, puits, retenue collinaire, Ain Makhoulf, Guelma.

ملخص

سمحت لنا الدراسة الفيزيوكيميائية و البكتيريولوجية للمياه السطحية (محتفظة مائية) و الباطنية (ينابيع وآبار) لمنطقة عين مخلوف (ولاية قالمة) بتقييم نوعيتها ومدى صلاحيتها للشرب. من اجل هذا اخترنا دراسة بعض هذه الخصائص , حيث قمنا بثمان خرجات ميدانية خلال المدة (أكتوبر 2008- ماي 2009) لأخذ عينات من أربع مواقع مختلفة وإجراء نوعين من القياسات الفيزيوكيميائية: في الميدان (درجة حرارة الماء، الناقلية الكهربائية و الأوكسجين الذائب) وأخرى في المخبر (درجة الحموضة، درجة النقاوة، الفوسفات، النترات، النيتريت ، الأمونيوم، صلابة الماء ، القاعدية المركبة، الكالسيوم، المغنيزيوم، الصوديوم، البوتاسيوم، أيونات الكلور و الكبريتات). و دراسة بكتيريولوجية قائمة على تعداد البكتيريا المؤشرة للتلوث البرازي وكذا البحث عن الميكروبات الخطيرة. النتائج المتحصل عليها بينت ان نوعية المياه متغيرة من رديئة إلى سيئة، إذن فهذه المياه غير صالحة للاستهلاك البشري. لأنها تحتوي على مؤشرات التلوث البرازي، جد بعيدة عن المقاييس المسموح بها. كما تفوق بعض الخصائص الفيزيوكيميائية أحيانا مقاييس المنظمة العالمية للصحة.

الكلمات المفتاحية: النوعية، الصلاحية للشرب، نبع، بئر، محتفظة مائية، عين مخلوف، قالمة.

Abstract

Physico-chemical and bacteriological study of waters of surface (held water) and subterranean (springs and well) of the region of Ain Makhlouf (W. of Guelma) in the order to estimate their quality and their drinkability. We chose to study some physico-chemical and bacteriological parameters. Eight partners of taking were made during period going from October 2008 until May 2009 at the level of four sites. The taken samples of water were the object of a measure *in situ* of the physico-chemical variables (Temperature, electric conductivity and dissolved oxygen) and of analyses in the laboratory of the pH, turbidity, PO_4^- , NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ , TH, TAC, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-}); and a bacteriological study based on the enumeration of bacteria as indicator of pollution and the search of pathogenic germs

Our results express a bad quality to mediocre. These waters are unfit for human consumption. They contain faecal ratings of contamination superior to the acceptable standards, and some physico-chemical parameters sometimes superiore to the standards recommend by the WHO.

Key words: quality, drinkability, spring, well, held water, Ain Makhlouf, Guelma.

ANNEXES

Détermination de la dureté totale

- Solution de noir erichrome T à 0.5 %

Sel de sodium de l'acide

[(hydroxy-1- naphtylazo-2) nitro-6-naphtol-2-sulfonique-4)].....0.5 g
Triéthanolamine.....q.s.p..... 100 ml

- Solution tampon pH 10 :

Chlorure d'ammonium (AlH₄Cl).....67.5 g
Ammoniaque (d=0.925).....570 ml
Sel disodique de magnésium de l'EDTA
(C₁₀H₁₂N₂O₈Na₂Mg).....05g
Eau permutée q.s.p. 1 l

- Conserver la solution en flacon de polyéthylène.

- Vérifier le pH qui doit être égale à 10 sur un e dilution au 1/10 de la solution avec de l'eau permutée.

- Solution d'EDTA

Sel disodique de l'acide éthylène diamine tetracétique.....3.725 g
Eau permutée q.s.p.....1 L

Conserver la solution en flacon de polyéthylène et vérifier son titre périodiquement à l'aide de la solution étalon de calcium. Prélever 20 ml de solution étalon de calcium, les diluer à 50 ml puis procéder au dosage comme décrit dans le mode opératoire. La concentration d' EDTA en mol/L est donnée par l'expression.

$$C = 0.01 \frac{V1}{V2}$$

V1 : Volume en ml de la solution étalon.

V2 : Volume en ml de la solution étalon.

- Solution étalon de calcium à 0.4008 g/l:

- Carbonate de calcium déshydraté.....1.001 g
- Acide chlorhydrique dilué au 1/4 q.s.p.....dissoudre
- Rouge de méthyle.....quelques gouttes
- Ammoniaque diluée au 1/10 q.s.p.....Rouge de l'indicateur
- Eau permutée q.s.p.....1 L

Cette solution est stable environ 1 semaine au réfrigérateur.

Solution étalon primaire de nitrite

Sécher 1 h à 110 °C pendant plusieurs heures du nitrite de sodium anhydre NaNO_2 de pureté garantie.

Dissoudre 0.345 g dans l'eau distillée, compléter à 1000 ml et ajouter 1 ml de chloroforme. Transférer la solution dans un flacon en verre brun :

1 ml contient 5 μmol de N-NO_2^- .

Conserver au froid et à l'abri de la lumière. Cette solution est stable 1 à 2 mois.

Solution étalon secondaire de nitrite

Diluer 100 fois la solution étalon primaire pour obtenir la solution secondaire :

1 ml contient 0.05 μmol de N-NO_2^- .

Cette solution doit être préparée extemporanément : elle ne se conserve que quelques heures.

Tab. 4.2. Unités d'expression de l'azote ammoniacal

Pour exprimer la concentration d'azote ammoniacal en	Multiplier les $\mu\text{mol.l}^{-1}$ par
mg.l^{-1} d'azote ammoniacal ($\text{N-NH}_{3,4}$)	0.014
mg.l^{-1} d'ammoniac (NH_3)	0.017
mg.l^{-1} d'ammonium (NH_4^+)	0.018

Tab. 4.4. Unités d'expression de l'azote nitreux

Pour exprimer la concentration en	Multiplier les $\mu\text{mol.l}^{-1}$ par
mg.l^{-1} d'azote nitreux (N-NO_2^-)	0.014
mg.l^{-1} d'azote nitrite (NO_2^-)	0.046

Tab. 4.6. Unités d'expression du phosphore

Pour exprimer la concentration en	Multiplier les μ moles. l^{-1}
mg.l^{-1} de phosphore sous forme d'ortho phosphate (P-PO_4^{-3})	0.031
mg.l^{-1} d'ortho phosphate	0.095

Tab.1. Qualité physico-chimique de l'eau de boisson (Directive de l'OMS, 2002)

Eléments	Valeurs indicatives en mg/l
Cuivre.....	1 mg/l
Cyanures.....	0,07 mg/l
Fluorures.....	1,5 mg/l
Manganèse.....	0,1 mg/l
Mercure.....	0,001 mg/l
Nitrates.....	50 mg/l
Nitrites.....	3 mg/l
Ammoniac.....	15 mg/l
Plomb.....	0,01 mg/l
Chlore.....	5 mg/l
Couleur.....	15 UCV (unité de couleur vraie)
Turbidité.....	5 UTN (unité de turbidité néphélométrie)
Aluminium.....	0,2 mg/l
Chlorure.....	250 mg/l
Dureté.....	-
Fer.....	0,3 mg/l
pH.....	6,5 – 8,5
Sodium.....	200 mg/l
Sulfates.....	250 mg/l
Solides totaux en solution.....	1000 mg/l
Zinc.....	3mg/l

Tab.2. Qualité bactériologique de l'eau de boisson (Directive de l'OMS 2002).

Organismes	Les valeurs indicatives	Remarque
A-/ Toutes les eaux destinées à la consommation :		
- <i>E. Coli</i> ou bactéries coliformes	0	Non détectables dans un échantillon de 100 ml
Thermotolérantes	0	

Composition des milieux de culture et des réactifs

1. Milieux de culture

1.1. Milieux liquides

- **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
Chlorure de sodium	5
pH final	7,2

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

Formule (en gramme par litre d'eau distillée)

Peptone	5.
Extrait de viande	3
Lactose	5
Pourpre de bromocrésol	0,025
pH final	6, 9.

- **Milieu Rothe : (g/l d'eau distillée)**

Hydrolysate tryptique de caséine.....	12,6
Peptone bactériologique.....	8,0
Glucose.....	5,0
Chlorure de sodium.....	5,0
Phosphate dipotassique (K ₂ HPO ₄).....	2,7
Phosphate mono potassique (KH ₂ PO ₄)....	2,7
Azide de sodium.....	0,2
pH final=6,8 ± 0,2.	

- **Milieu Litsky : (g/l d'eau distillée)**

Peptone	20
Glucose.....	5,0
Chlorure de sodium.....	5,0
Phosphate dipotassique (K ₂ HPO ₄).....	2,7
Phosphate mono potassique (KH ₂ PO ₄)....	2,7

Azothydrate de sodium.....0,3
 Ethyl-violet.....0,0005

pH final = 6,8 ± 0,2.

-Stériliser à l'autoclave à 120 °C pendant 15 minutes.

- **Eau physiologique** : g/l d'eau distillé.

Chlorure de sodium :9g.

Eau distillée :1000 ml.

- **Réactif kowacks** : la mise en évidence de la production d'indole :

Formule

Paradiméthylamino-benzaldéhyde5g

Alcool amylique.....75ml

HCl pur25ml

- **Réactif TDA** : Pour la recherche de la tryptophane désaminase :

Perchlorure de fer.....3.4 g

Eau distillée.....100 ml

- **Réactif IND** : Pour la recherche de l'indole :

Paradiméthylaminobenzaldéhyde.....5.0 g

Alcool isoamylique.....75.0 ml

HCl 37%.....25.0 ml

- **Réactifs de Voges Proskauer (VP)** : pour la recherche de l'acétoïne :

VP 1

Hydroxyde de potassium.....40 g

Eau distillée.....100 ml

VP 2

Alpha naphthol.....6 g

Ethanol.....100 ml

- **Colorant** :

- ✓ **Violet de Gentiane** :

Violet de Gentiane 1g.

Ethanol à 90%10 ml.

Phénol 2g.

Eau distillée 100 ml.

✓ **Lugol**

Iode	1g.
Iodure de potassium	2g.
Eau distillée	300ml.

✓ **Fushine**

Fuchine basique	1g.
Alcool éthylique.....	100 ml.
Phénol	5g.
Eau distillée	100ml.

❖ **Milieux solides**

- **Milieu de Chapman :** Le milieu de Chapman mannité est un milieu sélectif pour la culture des staphylocoques

Formule (en gramme par litre d'eau distillée) :

Peptone bactériologique	10 g / l.
Extrait de viande de bœuf	1 g / l.
Chlorure de sodium	75 g / l.
Mannitol.....	10 g / l.
Rouge de phénol.....	0,025 g / l.
Agar.....	15 g / l.
pH	7,5 (environ).

- **Milieu de Mac Conckey :** L'utilisation de ce milieu est recommandée pour isoler et numérer 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 le nourrisson.

Formule (en gramme par litre d'eau distillée)

Peptone bactériologique	20 g / l.
Sels biliaires	1,5 g / l.
Chlorure de sodium	5 g / l.
Lactose.....	10 g / l.
Rouge neutre.....	0,03 g / l.
Cristal violet	0,001 g / l.
Agar	15 g / l.
pH	7,1 (environ).

- **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	5 g / l.
Extrait de viande	1g/ l.
Extrait de levure	2g/l.
Chlorure de sodium	5g / l .
Agar	15g .
pH	7,4 (environ).

- **Milieu manitol – mobilité**

Composition :

Peptone pancréatique de viande	20g.
Agar – Agar	4g.
Manitol.....	2g.
Nitrate de potassium	1g.
Rouge de phénol en solution à 1%.....	4ml.
Eau distillée	1000 ml.

Préparation

Après dissolution de tous les ingrédients dans l'eau distillée ; ajuster le pH à 7,2.

- Répartir en tube à raison de 8 ml par tube.

-Stériliser à 110 °C pendant 30 mn.

- **Tryptone-glucose-Extrait de levure (TGEA) :**

Agar à la peptone de caséine, au glucose et à l'extrait de viande, pour la détermination du nombre total des germes aérobies dans l'eau, le lait, produits laitiers et autres.

Peptone de caséine.....	5,0g
Extrait de viande.....	3,0g
D- glucose.....	1,0g
Agar-Agar.....	15g

Table.4.7. Indices NPP pour 100 ml d'échantillon et limites de confiance à 95 % pour diverses combinaisons de résultats positifs avec trois prises d'essais de 10 ml, trois de 1 ml et trois de 0.1ml (Rejsek 2003)

Nombre de tubes positifs			Npp par 100 ml	Limites de confiance à 95 %	
3 de 10 ml	3 de 1 ml	3 de 0.1 ml		inférieur	supérieur
0	0	1	3	<1	9
0	1	0	3	<1	13
1	0	0	4	<1	20
1	0	1	7	1	21
1	1	0	7	1	23
1	1	1	11	3	36
1	2	0	11	3	36
2	0	0	9	1	36
2	0	1	14	3	37
2	1	0	15	3	44
2	1	1	20	7	89
2	2	0	21	4	47
2	2	1	28	10	149
3	0	0	23	4	120
3	0	1	39	7	130
3	0	2	64	15	379
3	1	0	48	7	210
3	1	1	75	14	230
3	1	2	120	30	380
3	2	0	93	15	380
3	2	1	150	30	440
3	2	2	210	35	470
3	3	0	240	36	1300
3	3	1	460	71	2400
3	3	2	1100	150	4800

Table 4.8. NPP pour 100 ml d'échantillon et limites de confiance à 95 % pour diverses combinaisons de résultats positifs avec trois prises d'essais de trois dilutions successives
(Table de Mac - Grady) (Rejsek ,2003)

Nombre de tubes positifs			Npp par 100 ml	Limites de confiance à 95 %	
Dilution 01	Dilution 02	Dilution 03		inférieur	supérieur
0	0	0	<0.30	0.00	0.94
0	0	1	0.30	0.01	0.95
0	1	0	0.30	0.01	1.00
0	1	1	0.61	0.12	1.70
0	2	0	0.62	0.12	1.70
0	3	0	0.94	0.35	3.50
1	0	0	0.36	0.02	1.70
1	0	1	0.72	0.12	1.70
1	0	2	1.1	0.4	3.5
1	1	0	0.74	0.13	2.00
1	1	1	1.1	0.4	3.5
1	2	0	1.1	0.4	3.5
1	2	1	1.5	0.5	3.8
1	3	0	1.6	0.5	3.8
2	0	0	0.92	0.15	3.5
2	0	1	1.4	0.4	3.5
2	0	2	2.0	0.5	3.8
2	1	0	1.5	0.4	3.8
2	1	1	2.0	0.5	3.8
2	1	2	2.7	0.9	9.4
2	2	0	2.1	0.5	4.0
2	2	1	2.8	0.9	9.4
2	2	2	3.5	0.9	9.4
2	3	0	2.9	0.9	9.4
2	3	1	3.6	0.9	9.4
3	0	0	2.3	0/5	9.4
3	0	1	3.8	0.9	10.4
3	0	2	6.4	1.6	18.1
3	1	0	3.4	0.9	18.1
3	1	1	7.5	1.7	19.9
3	1	2	12	3	36
3	1	3	16	3	38
3	2	0	9.3	1.8	36.0
3	2	1	15	3	38
3	2	2	21	3	40
3	2	3	29	9	99
3	3	0	24	4	99
3	3	1	46	9	198
3	3	2	110	20	400
<3	3	3	>110		