

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

*Université El Arbi Ben M'hidi d'Oum El-Bouaghi*

*Faculté des Sciences exactes et Sciences de la Nature et de la Vie*

## *Mémoire*

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

## *Magister*

*En Ecologie*

*Spécialité : Ecologie des Ecosystèmes Aquatiques*

## *Thème*

*Contribution à l'étude microbiologique et physico-chimique de  
l'eau des zones humides de la région de Collo (wilaya de Skikda).*

Présenté par : **Fatima Zohra BOUAKKAZ**

### **Soutenu devant le jury :**

#### **Président:**

Dr. SAHEB Menouar                      Maître de Conférences A    Université d'Oum El-Bouaghi

#### **Directeur de thèse:**

Dr. HOUHAMDI Moussa              Professeur                      Université de Guelma

#### **Examineurs:**

Dr. MEZEDJRI Lyamine              Maître de Conférences A    Université de Skikda

Dr. BOULEKHSSAIM Mouloud      Maître de Conférences A    Université d'Oum El-Bouaghi

Dr. OUALDJAOUI Abdellah        Maître de Conférences A    Université d'Oum El-Bouaghi

**2014/2015**

# *REMERCIEMENT*

## **A DIEU LE TOUT PUISSANT**

A travers ce travail je vous glorifie pour votre Amour, votre Générosité, votre Miséricorde sans faille, votre Soutien dans les moments de tribulations et de solitude.

Merci car sans Toi ce travail n'existerait pas.

Il m'est agréable d'adresser mes remerciements :

En premier lieu à M. HOUHAMDI Moussa qui m'encadre et m'encourage au cours de ce travail.

Mes remerciements vont également à la commission d'examen :

Messieurs : Saheb Menouar Docteur d'état et Maître de conférences et Mezedjeri Med Lamine Docteur d'état et Maître de conférences en biologie, Dr. Boulekhsaim Mouloud et Dr. Oualdjaoui Abdellah qui m'ont fait l'honneur d'accepter de juger mon travail ; qu'ils soient assurés de ma profonde gratitude.

Aux tous les enseignants qui nous encadre durant le cycle du Magister

Je ne saurais pas oublier de remercier tous les personnels qui ont travaillé avec moi sur le terrain et le laboratoire, et spécialement le personnel du laboratoire de l'observatoire national de l'environnement et de développement durable (ONEDD) et les forestiers de la conscription des forêts de Collo (Hichem Rais et Habiba Chebour).

J'adresse mes vifs remerciement au directeur du l'ONEDD de Skikda Bouhouche Sami et Hafsi Saliha.

Mes remerciements vont aussi à tous mes camarades de promotion pour les moments inoubliables que j'ai vécus avec eux.

Mes remerciements s'adressent également à Mr Ghmired Abdelkrim, Directeur de la conscription des forêts de Collo.

Je tiens à remercier également toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin de la réalisation de ce travail.

# Dédicaces

## *A ma tendre Mère*

*Les mots me manquent pour exprimer ce que je ressens, combien sont grands les sacrifices par toi consentis ? Quels sont leurs prix ? Certainement ils sont hors de ma portée, car je ne pourrai même en toute une vie payer ne serait-ce que le millième.*

*Tu es pour moi l'incarnation de l'amour, du pardon, de la tendresse et du courage.*

*Mon vœu le plus cher est que tu trouves dans cette thèse l'accomplissement de tous tes rêves, de tes sacrifices et de tes prières.*

*Que Dieu te bénisse.*

## *A mon PÈRE*

*Ce travail te fait honneur et est le fruit d'énormes sacrifices consentis .Tu nous a toujours soutenus même dans les moments de découragements où nous étions sûrs de ne rien valoir. Tes paroles parfois dures mais réconfortantes nous ont toujours donné du courage pour matière à réflexion et surtout du courage pour tout reprendre.*

*Que le Dieu Tout Puissant te donne longue vie.*

## *A mon cher frère Farid et sa famille.*

*A mes chères amies (Louiza, Nawel, Nadia, Asma, Sara, Amina, Imen, Souad, Wahiba).*

*Fatima Zohra BOUAKKAZ*

## **Résumé :**

Le littoral Est de l'Algérie est bordé d'un nombre importants de zones humides, classées sites Ramsar tel le Lac Tonga, le Lac Oubeira, le Lac des Oiseaux (wilaya d'El-Tarf), le Lac Fezzara (wilaya d'Annaba), le complexe de Guerbes-Sanhadja (wilaya de Skikda), le Lac de Béni-Bélaid et le marais d'El-Kennar (wilaya de Jijel). La région de Collo renferme quatre hydrosystèmes très peu étudiés et très peu documentés. Ces plans d'eau présentent des superficies variant entre 10 et 25ha. Ils accueillent pendant la saison hivernale une diversité avienne très importante.

Les eaux de ces quatre zones humides qui sont situées dans une zone non polluée sont de qualité médiocre. Elles sont contaminées par des microorganismes très variés, appartenant principalement aux bactéries Gram négatif. Ces taux varient d'un point à un autre. Les dénombrements microbiens réalisés affichent des taux dépassent les normes décrites pour les eaux superficielles. Du point de vue physico-chimique, les taux fluctuent d'un point à un autre et ils sont dépendant de la nature des terrains traversés, de l'agriculture, de l'élevage et des industries avoisinantes.

# Sommaire

# Sommaire

<b>Remerciements.....</b>	<b>I</b>
<b>Dédicaces .....</b>	<b>II</b>
<b>Résumé.....</b>	<b>III</b>
<b>Sommaire.....</b>	<b>IV</b>
<b>Liste des abréviations .....</b>	<b>V</b>
<b>Liste des tableaux.....</b>	<b>VI</b>
<b>Liste des figures.....</b>	<b>VII</b>
<b>Introduction .....</b>	<b>1</b>
<b>Chapitre I: Matériel et méthodes</b>	
<b>I. Présentation de la zone d'étude.....</b>	<b>4</b>
I. 1. Situation de la zone d'étude.....	5
I.1.1. Situation géographique .....	5
I.1.2. Situation administrative.....	6
I. 2. Etude du milieu physique.....	7
I. 2. 1. Présentation du relief.....	7
I. 2. 2. Géologie.....	8
I. 2. 3. Hydrologie.....	11
I. 2. 4. Climatologie .....	13
I.2.4. 1. Stations de mesures.....	13
I.2.4. 2. Facteur climatique.....	13
I.2.4.2.1.Précipitations.....	13
I.2.4.2.2. Températures.....	18
I.2.4.3. Diagramme pluvio-thermique.....	19

I.2.4.4. L'humidité relative de l'air.....	20
I.2.4.5. Le régime des Vents.....	21
I.2. 4.6. Bilan Hydrique .....	21
I. 2. 3. Intérêt écologique .....	32
I.2. 4. Actions anthropiques.....	32
1.3. Caractéristiques majeures physiques et chimiques de qualité générale de l'eau.....	33
1.4. Bactériologie de l'eau.....	36
<b>II. Méthodologie.....</b>	<b>42</b>
II .1 . Choix et description des sites d'étude.....	42
II .2 . Etude analytique.....	42
II .2 .1 . Techniques d'échantillonnage .....	42
II .2 .2 . Les caractéristiques physicochimiques.....	42
II .2 .3 . Analyse physicochimique des échantillons.....	42
a. Appareillage et réactifs.....	43
b. Mode opératoire.....	43
➤ Mesure de la : température, pH, TDS, salinité.....	43
➤ La conductivité électrique.....	44
➤ Les matières en suspension .....	45
➤ Indice permanganate du potassium.....	47
➤ Demande biochimique en oxygène.....	48
➤ L'oxygène dissous.....	50
➤ Les nitrates et nitrites.....	51
➤ L'ortho phosphate (PO <sub>4</sub> ).....	52
II .2 .4 .Analyse bactériologique des échantillons.....	53
a. Méthode générale de dénombrement en milieu liquide par détermination du nombre le plus probable (NPP).....	53
b. après ensemencement sur (ou dans) une gélose nutritive.....	59

c. Identification des bactéries par la galerie biochimique Api	
20.....	62

**Chapitre II : Résultats et discussion.....64**

II. 1. Les paramètres physico-chimiques.....	64
II. 2. Les paramètres bactériologiques.....	78
II.2. 1. Résultats des dénombrements des micro-organismes de l'eau en milieu liquide par détermination du nombre le plus probable (NPP) ou la colimétrie.....	78
II. 2. 2. Résultats de l'identification biochimique des souches bactériennes.....	83

**Conclusion .....87**

**Bibliographie.....**

**Annexes.....**

# Références bibliographiques

## Références Bibliographique :

- 1 **ANRH.** Agence nationale des ressources hydriques.2001, 2009.
- 2 **Angeli E., (2003).** Ecologie des eaux courantes. Technique et documentation. Lavoisier, Paris. 199p.
- 3 **Aminot A. et Chaussied M., (1983).** Manuel des analyses chimiques en milieu marin. C.N.E.X.O.FRANCE. 395p.
- 4 **Aouissi A., Fouzari A., et Meziane N., (2007).** Qualité bactériologique de l'eau de Oued Seybouse. Mémoire d'ingéniorat. Université 8 mai 1945 Guelma. 57p.
- 5 **ARRIGNON J.** Aménagement piscicole des eaux douces. 5<sup>ème</sup> Edition. Lavoisier& DOC, Paris.
- 6 **Bagnoules et Gaussen H., (1957).** Les climats biologiques et leurs classifications. Ann. Géogr. Fr. 355: 193-220.
- 7 **Berche P., Gaillard. J-L. et Simouet. M., (1988).** Bactériologie, les bactéries des infections Humaines. Flammarion, 660p.
- 8 **BENSOUILAH W., DJOGHLAF H. 2007.** Procédure d'opération standard: Dosage de la demande biochimique en oxygène après 5 jours (DBO<sub>5</sub>). Laboratoire régional de l'environnement (O.N.E.D.D). document interne.
- 9 **BILLEN G., GARNIER J., SERVIAS P., BRION N., FICHT A., EVEN S., BERTHE T., POULIN M. 19999.** L'oxygène : un témoin du fonctionnement microbiologique. Ifremer. Paris.

- 10 **BOURGEOIS C.M. 1980.** Technique d'analyse et de contrôle dans les industries agroalimentaires. Ed. TEC & DOC, Paris. Vol. 3. 90-224 p.
- 11 **Bremond R. et Vuichard R., (1973).** Les paramètres de la qualité des eaux. La documentation française, Paris, 173p.
- 12 **Castany G. et Margot T. (1977).** Dictionnaire Français D'hydrogéologie, Géologie Minière. 249 p.
- 13 **D.G.F.** direction générale des forêts, 2001.
- 14 **DAFFRI A.** Biodégradation des crésols par le microbiote des eaux usées de la ville de Constantine. Constantine: Université Mentouri Constantine, 2008, 25p.
- 15 **DELARRAS C. 2010.** Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux. <sup>2ème</sup> Edition. TEC & DOC, Paris. 105- 192- 219- 291 p.
- 16 **DJABRI L., FERRAH Y., BOUHSINA S., CAZIER F., HANI A., DJABRI Y., PULIDO BOSCH A., SAMEH H. 2012.** Etats de la qualité des eaux en Algérie: cas des cours d'eau en région méditerranéenne (Kebir est, Seybouse et Medjerda),(extrême est algérien). Paralia CFL. 865p.
- 17 **Detay M. (1993).** Le Forage D'eau ; Réalisation, Entretien Et Réhabilitation. *Masson.* 379p.

- 18 **Dégrément, (1998).** Mémento technique de l'eau 8ème édition Tec et Doc. Paris 986p.
- 19 **ENVICONSULT** bureau d'études et d'expertises environnementales.
- 20 **FEDERICA O., YVES S., KRIS V. L.** 2011. Restaurer l'hydromorphologie des cours d'eau et mieux maîtriser les nutriments : une voie commune. Office nationale de l'eau et de milieu aquatique.4-5 p.
- 21 **FRANK R. Spellman.** 2003. Handbook of water and wastewater treatment plant operations. Lewis publishers. USA. 330 p.
- 22 (Gomella et Gerree, 1978 in Azzoug et Lamani, 2005).
- 23 **Gaujous D., (1995).** La pollution des milieux aquatiques : aide mémoire. Technique et documentation. Lavoisier. Paris, 220p.
- 24 **HAN J., LEE J., CHOI Y., PARK J., CHOI T., KONG I.** 2002.Purification, characterization and molecular cloning of *Vibrio fluvialis* hemolysin. Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Proteins&Proteomics, 1599 (1-2):106-114.
- 25 **HEBERT S., OUELLET M.** 2005. Le réseau-rivières ou le suivi de la qualité de l'eau du Québec. Direction de l'état de l'environnement. Québec. 2 p.

- 26 **(Jessries *et al.*, 1998; Benlatrech et Benslimen, 2002).**
- 27 **JOFFIN J. 2005. Microsoft Office Excel (2007).** Feuille de calcul pour l'identification microbienne.
- 28 **JORA. 1993;** Journal Officiel de la République Algérienne. Décret exécutif n°93-164 du 10 juillet 1993 définissant la qualité requise des eaux de baignade.
- 29 **KHERFI W., KHERICI-BOUSNOUBRA H. 2012.** Evolution saisonnière de la qualité microbiologique des eaux du lac Mellah (nord-est algérien). Larhyss journal. 11.
- 30 **Leminor L. et Veron M. (1989).** Bactériologie Médicale. *Flammarion Médecine Sciences*. 845p
- 31 **Masson J. P., (1988).** Suivi de la qualité des eaux superficielles: l'expérience française. In : la qualità della acqua superficial; Criteria per una metodologia omogenea di valutazione, atti del convegno interazione. Palazzo dei congressi. (28-29 Aprile), 99-110p.
- 32 **Monod T., (1989).** Méharées géographie. *France loisire*. 233p.
- 33 **Ramade F., (1993).** Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement. Science Internationale. Paris, 822p.

- 34 **RODIER J.** 1996. L'analyse de l'eau; eaux naturelles; eaux résiduaires; eaux de mer. Edition. DUNOD. Paris.
- 35 **RODIER J., LEGUBE B., MERLEL N.** 2009. L'analyse de l'eau. 9<sup>ème</sup> Edition. DUNOD. Paris. 78, 404, 719,733, 734 p.
- 36 **TOLGYESSI J.** 1993. Chemistry and biology of water, air and soil environment aspects. Elsevier. Tchecoslovaquie.161 p.
- 37 **THOMAS O.** 1995. Métrologie des eaux résiduaires. TEC & DOC. Paris. 130 p.
- 38 **TIBRECHE A.; BOUKHATEM W.** 2006. Procédure d'opération standard: Dosage de la matière en suspension. Laboratoire régional de l'environnement (O.N.E.D.D). (document interne).
- 39 **TOUATI F., ABDERAHME S., BOUDIBA A., BOUGHERA K., DERMCHI S., LAZALI Y., ZEGA R.** Cadastre littorale de la wilaya de Skikda. 161 p.
- 40 **VILLAR-MIR J.** 2010. Les biotechnologies. 220 p.
- 41 **WLODZIMIERS C., PAWEL M.R.** 2005. Water quality hazards and dispersion of pollutants. Springer. USA.1p.

➤ **Webographie**

[www.googleearth.com](http://www.googleearth.com) (07/2010).

## Liste des abréviations :

**°C** : Degré Celsius

**CF** : Coliformes fécaux

**CT** : Coliformes totaux

**ECEH** : *E. coli* entérohémorragiques

**ECEI** : *E. coli* entéroinvasives

**ECEP** : *E. coli* entéropathogènes

**ECET** : *E. coli* entérotoxiques

**ES** : Epuisement du stock

**D/C** : Double concentration

**°F** : Degré Française

**Fig** : Figure

**g/l** : Gramme par litre

**h** : Heure

**I** : Infiltration

**IND** : Indole

**Km 2** : Kilomètre carré

**l** : Litre

**Md** : Mégadaltons

**mg/l** : Milligramme par litre

**ml** : Millilitre

**m/s** : Mètre par second

**n.m** : Nanomètre

**N.P.P** : Nombre le plus probable

**OMS** : Organisation mondiale de santé

**Q2** : Quotient pluviométrique d'Emberger

**S/C** : Simple concentration

**SF** : Streptocoque fécaux

**TDA** : Tryptophane Désaminase

**μS** : Micro siemens

**VP** : Voges Proskawer

## Liste des figures :

- Fig 1 :** Carte de situation de la zone humide de Collo (de la conscription des forêts de Collo).....06
- Fig 2 :** Carte topographique du cap Bougaroune-Oued Zhour (wilaya de Skikda). (ENVICONSULT bureau d'études et d'expertises environnementales).....08
- Fig 3 :** Carte géologique de la plaine de Collo (mission russe 1967).....10
- Fig 4 :** Photo satellitaire de la zone d'étude avec oueds, routes et agglomérations.....11
- Fig 5 :** Carte des bassins versants et du réseau hydrographique au 1/50 000... .12
- Fig 6 :** Histogramme des précipitations moyennes mensuelles de la station de Béni-Zid (2000-2001/2009-2010).....14
- Fig7 :** Histogramme des précipitations moyennes saisonnières à la station de Béni-Zid (2000-2001/2009-2010).....17
- Fig 8 :** Variation des précipitations annuelles à la station de Béni-Zid (2000-2001/2009-2010).....18
- Fig 9 :** Variation des températures moyennes mensuelles de la station de Béni-Zide (2000/20001-2009/2010).....19
- Fig 10 :** Diagramme ombro-thermique de la station de Béni-Zide (2000/20001-2009/2010).....19
- Fig 11 :** Représentation graphique du bilan de C. W. Thornthwaite à la station de Béni-Zid (2000/2001-2009/2010).....28
- Fig 12 :** Climagramme pluviothermique d'Emberger.....30

<b>Fig 13</b> : Photographie d'un autoclave.....	42
<b>Fig 14</b> : Photographie d'un Multi-paramètres.....	44
<b>Fig 15</b> : Photographie d'un conductimètre.....	45
<b>Fig16</b> : Photographie d'une étuve.....	45
<b>Fig 17</b> : Photographie d'une balance analytique.....	46
<b>Fig 18</b> : Photographie d'un dessiccateur.....	46
<b>Fig 19</b> : Photographie d'un système Oxytop pour le dosage de DBO <sub>5</sub> .....	49
<b>Fig 20</b> : Schématisation de la recherche et du dénombrement des coliformes (Colimètrie).....	56
<b>Fig 21</b> : Schématisation de la recherche et du dénombrement des streptocoques fécaux.....	58
<b>Fig 22</b> : Photographie du compteur de colonies.....	60
<b>Fig 23</b> : Photographie d'un microscope optique.....	61
<b>Fig 24</b> : Histogramme des températures au niveau les stations étudiées.....	65
<b>Fig 25</b> : Histogramme du pH observé au niveau des stations étudiées.....	65
<b>Fig 26</b> : Histogramme de la Conductivité électrique dans les stations étudiées.....	67
<b>Fig 27</b> : Histogramme du total solide dissous (TDS) dans les stations étudiées..	69
<b>Fig 28</b> : Histogramme de salinité pour les stations étudiées.....	70
<b>Fig 29</b> : Histogramme des matières en suspension (MES) dans les stations étudiées.....	71
<b>Fig 30</b> : Evolution de l'Oxygène dissous dans les sites étudiés.....	72

<b>Fig 31</b> : Histogramme de l'indice permanganate dans les stations étudiées.....	73
<b>Fig 32</b> : Histogramme de la DBO <sub>5</sub> dans les stations étudiées.....	74
<b>Fig 33</b> : Evolution du taux des nitrates dans les sites étudiés.....	75
<b>Fig 34</b> : Evolution du taux des nitrites dans les sites étudiés.....	76
<b>Fig 35</b> : Evolution du taux de l'orthophosphate dans les sites étudiés.....	77
<b>Fig 36</b> : Représentation graphique de la variation spatiale et temporelle des germes Totaux.....	78
<b>Fig 37</b> : Représentation graphique de la variation spatiale et temporelle des Coliformes totaux.....	79
<b>Fig 38</b> : Représentation graphique de la variation spatiale et temporelle des Coliformes Fécaux.....	80
<b>Fig 39</b> : Représentation graphique de la variation spatiale et temporelle des Streptocoques Fécaux.....	81

## Liste des tableaux :

<b>Tab 1 :</b> Montrant l'extension des zones marécageuses.....	4
<b>Tab 2 :</b> La richesse spécifique de la zone humide de Collo.....	5
<b>Tab 3 :</b> Coordonnées géographiques de la station de mesures (D'après : la station de Béni-Zid).....	13
<b>Tab 4 :</b> Précipitations moyennes mensuelles en (mm) de la station de Béni-Zid (2000/2001-2009/2010).....	14
<b>Tab 5 :</b> Répartition saisonnière des précipitations à la station de Béni-Zid (2000/2001-2001/2010).....	15
<b>Tab 6 :</b> Précipitations annuelles en (mm) de la station de Béni-Zid (2000-2001/2009-2010).....	16
<b>Tab 7 :</b> Précipitations annuelles et coefficients pluviométriques à la station de Béni-Zid (2000/2001-2009/2010).....	17
<b>Tab 8 :</b> Températures moyennes mensuelles en (°C) à la station de Béni-Zid (2000/20001-2009/2010).....	18
<b>Tab 9 :</b> Humidités moyennes mensuelles en (%) à la station de Béni-Zid (2000/2001-2007/2008).....	21
<b>Tab 10 :</b> Variations mensuelles des vitesses moyennes du vent (m/s) à la station de Béni-Zid (2000/2001-2007/2008).....	21
<b>Tab 11 :</b> Résultats de l'ETP obtenus par la formule de «C.W.Thornthwaite » à la station de Béni-Zid (2000/2001-2009/2010).....	23
<b>Tab 12 :</b> Résultats de l'ETR obtenus par la formule de « Turc » (2000/2001-2009/2010).....	24
<b>Tab 13 :</b> Résultats de l'ETR obtenus par les différentes méthodes d'estimation à la station de Beni-Zid (2000/2001-2009/2010).....	24
<b>Tab 14 :</b> Résultats du ruissellement par la formule de «Tixeront Berkaloff» pour la station de Béni-Zid (2000/2001-2009/2010).....	25

<b>Tab 15 :</b> Estimation de l'infiltration par l'équation fondamentale du bilan hydrique.....	26
<b>Tab 16 :</b> Bilan de Thornthwaite de la station de Béni-Zid (2000/2001-2009/2010).....	27
<b>Tab 17 :</b> Grille d'appréciation de la qualité de l'eau en fonction de la température. (Monod, 1989).....	65
<b>Tab 18 :</b> Qualité des eaux en fonction de la conductivité électrique.....	67
<b>Tab 19 :</b> Relation entre la conductivité et la minéralisation (Detay, 1993).....	68
<b>Tab 20 :</b> Grille de qualité des eaux en fonction du pourcentage de saturation en oxygène dissous. (Masson, 1988).....	72
<b>Tab 21 :</b> Grille de la qualité des eaux en fonction de la DBO <sub>5</sub> (ANRH).....	74
<b>Tab 22 :</b> Grille de la qualité des eaux en Nitrate (ANRH, 2001).....	75
<b>Tab 23 :</b> Grille de qualité des eaux en nitrites. (ANRH 2001).....	76
<b>Tab 24 :</b> Grille de la qualité des eaux en fonction du phosphate. (ANRH 2009).....	77
<b>Tab 25 :</b> Grille de la qualité (IQM) de qualité bactérienne.....	81
<b>Tab 26 :</b> Indication de l'origine de la contamination fécale observée dans les sites étudiés au mois d'Aout.....	82
<b>Tab 27 :</b> Indication de l'origine de la contamination fécale observée dans les sites étudiés au mois de novembre.....	82
<b>Tab 28 :</b> Résultats de l'identification pour prélèvement d'Aout.....	83
<b>Tab 29 :</b> Résultats d'identification pour prélèvement de Novembre.....	84
<b>Tab 30 :</b> Résultats d'identification pour prélèvement de Février.....	85
<b>Tab 31 :</b> Résultats d'identification pour prélèvement d'Avril.....	86

**introduction**

## Introduction

---

Les bactéries sont ubiquitaires dans la nature, elles se trouvent dans tous les milieux : l'air, le sol, l'eau et même dans et sur les êtres vivants. Chez les humains on les appelle alors « flore commensales ». Elles peuvent faire partie des flores cutanée, digestive, buccale, génitale. Une petite minorité est pathogène et certaines ne le sont que dans certaines conditions (Leminor et Veron, 1989).

Une telle diversification des espèces générées au cours de l'évolution est favorisée par un taux de multiplication élevé. La sélection a permis la conservation d'individus aux voies métaboliques adaptées à une infinie variété de substrats et résistants à des conditions hostiles (température, salinité, acidité, etc.) (Buchaman *et al.*, 1974). Ces innombrables espèces jouent dans la biosphère un rôle biogéochimique majeur, occupant toutes les niches écologiques, et intervenant dans le recyclage des éléments (carbone, oxygène, azote, soufre, etc.), dans la minéralisation de la matière organique (hétérotrophes), dans l'assimilation des éléments minéraux (autotrophes, photosynthèse). Les eaux font donc partie avec l'air et les sols des éléments qui, soit hébergent des espèces autochtones, soit véhiculent des bactéries en transit éliminées par l'homme, les animaux et les plantes (Rodier, 2009).

les zones humides sont des étendues de marais, de fagnes, de tourbières ou d'eaux naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires, où l'eau est stagnante ou courante, douce, saumâtre ou salée, y compris des étendues d'eau marine dont la profondeur à marée basse n'excède pas six mètres (convention de Ramsar, article 1). Ces écosystèmes ont une valeur importante en vue de leur biodiversité, de leurs fonctions écologiques, hydrologiques et des ressources en eau qu'elles recèlent, de leur importance socio-économique et paysagère (D.G.F, 2001).

Avec sa position géographique stratégique, sa configuration physique et la diversité de son climat, l'Algérie représente une richesse en zones humides naturelles importantes particulièrement dans la région Nord-orientale qui regroupe

## Introduction

---

une mosaïque d'habitat : lacs d'eau douce, étangs, mares, marais des plaines d'inondation...etc. (D.G.F, 2001).

L'analyse de l'eau est importante car la qualité bactériologique d'une eau n'est pas un paramètre stable, mais au contraire est sujette à une fluctuation, par une pollution accidentelle, nécessitant des contrôles permanents. Un jugement sur la qualité bactériologique d'une eau ne peut être porté une fois pour toutes, à la suite d'une analyse initiale ; il doit, au contraire, dépendre d'une surveillance analytique qui ne peut, actuellement, être continue pour des raisons techniques ou financières, mais qui doit comporter une fréquence souvent importante d'examen. Les méthodes d'analyse doivent donc être praticables en grandes séries, et avoir le plus bas prix de revient.

Dans la plupart des examens usuels, l'analyse bactériologique n'est pas seulement qualitative mais aussi quantitative. Dans les eaux très polluées, il convient donc de pratiquer de nombreuses dilutions (eaux de rivière, eaux usées, etc.). Dans d'autres cas, comme dans celui des eaux destinées à l'alimentation, au thermalisme, à la baignade, les exigences réglementaires imposent une sensibilité telle qu'une concentration est au contraire nécessaire (absence de bactéries dans 100, 250, 1 000 ml).

Ces déterminations qualitatives et quantitatives sont établies à partir :

- Soit d'un dénombrement direct des colonies après concentration par filtration ou inoculation d'un volume donné de l'échantillon en milieu solide.
- Soit d'une évaluation par calcul statistique du nombre le plus probable d'unités infectieuses (NPP), après répartition de l'inoculum dans un certain nombre de tubes de milieu de culture liquide ou dans des puits de microplaques contenant un substrat nutritif déshydraté, et en tenant compte du nombre respectif de cultures « positives » ou « négatives » obtenues.

Le choix de la méthode dépendra de la nature de l'échantillon mais aussi de la sensibilité et de la précision souhaitées (Rodier, 2009).

## Introduction

---

La zone humide non classée de la région de Collo (wilaya de Skikda) souffre actuellement d'une forte dégradation, qui se manifeste par la régression de la biodiversité, l'épuisement graduel des ressources naturelles et la banalisation du paysage naturel.

Notre étude portera sur la détermination de la qualité des eaux des lacs de la zone humide non classée de la région de Collo : paramètres bactériologiques (colimétrie et identification des bactéries) et physicochimiques (Température, pH, Conductivité, Salinité, Oxygène dissous, Taux des Sels Dissous, Matières en suspension, DBO<sub>5</sub>, KmnO<sub>4</sub>, Nitrates et Phosphates... etc).

Le présent mémoire est structuré en :

Après cette introduction, un premier chapitre présentant les caractéristiques biotiques et abiotiques de la zone d'étude

Un second décrit les objectifs et les différentes méthodes utilisées et employées dans la réalisation de ce modeste travail (détermination de la qualité physicochimique et bactériologique de l'eau de ces zones humides). Il est suivi de la partie résultats avec une discussion et terminant avec une conclusion succincte.

# Chapitre I

## I. Présentation de la zone d'étude :

Notre étude s'est déroulée d'Aout 2013 à Juin 2014 en Collo, sur les eaux des lacs de la zone humide El Mouhgon, nous avons choisis quatre sites, un site pour chaque lac. Les lacs sont nommés communément par ordre : El Mouhgon, Boussofa, Hammoud et Oum Lakraa.

La plaine de Collo présente quatre zones marécageuses principales (non classées) : ElMoghon, Oum Lekraa, Boussofa, Hammoud, elles sont situées à 5-7 Km au Sud de la plaine de Collo (Sud-Ouest de KoudiatTelezza) et occupent une partie de la plaine (RhedirMohkgon). L'oued Cherka, situé dans la partie Ouest, prend naissance dans les zones marécageuses de RhedirMohgon.

**Tableau N°01 : montrant l'extension des zones marécageuses**(conservation des forêts de Skikda).

<b>La zone marécageuse (lac)</b>	<b>La surface (Ha)</b>	<b>Profondeur (m)</b>
Boussofa	24	10
Hammoud	15	05
ElMoghon	16	05
Oum Lekraa	08	05

La zone humide joue le rôle de « Tampon » entre la mer et la terre elle protège le littoral des tempêtes et de l'érosion due aux vagues et au courant. Elle est représentée par 710 espèces résumées dans le tableau suivant :

**Tableau 02** : la richesse spécifique de la zone humide de Collo (conservation des forêts de Skikda).

<b>Groupes systématiques</b>	<b>Richesse spécifique</b>
<b>Algues</b>	<b>84 espèces</b>
<b>Phanérogames marines</b>	<b>02 espèces</b>
<b>Mollusques</b>	<b>372 espèces</b>
<b>Crustacés</b>	<b>69 espèces</b>
<b>Echinodermes</b>	<b>05 espèces</b>
<b>Poissons</b>	<b>172 espèces</b>
<b>Mammifères marins</b>	<b>06 espèces</b>
<b>Total</b>	<b>710 espèces</b>

**I.1. Situation de la zone d'étude :****I.1.1. Situation géographique :**

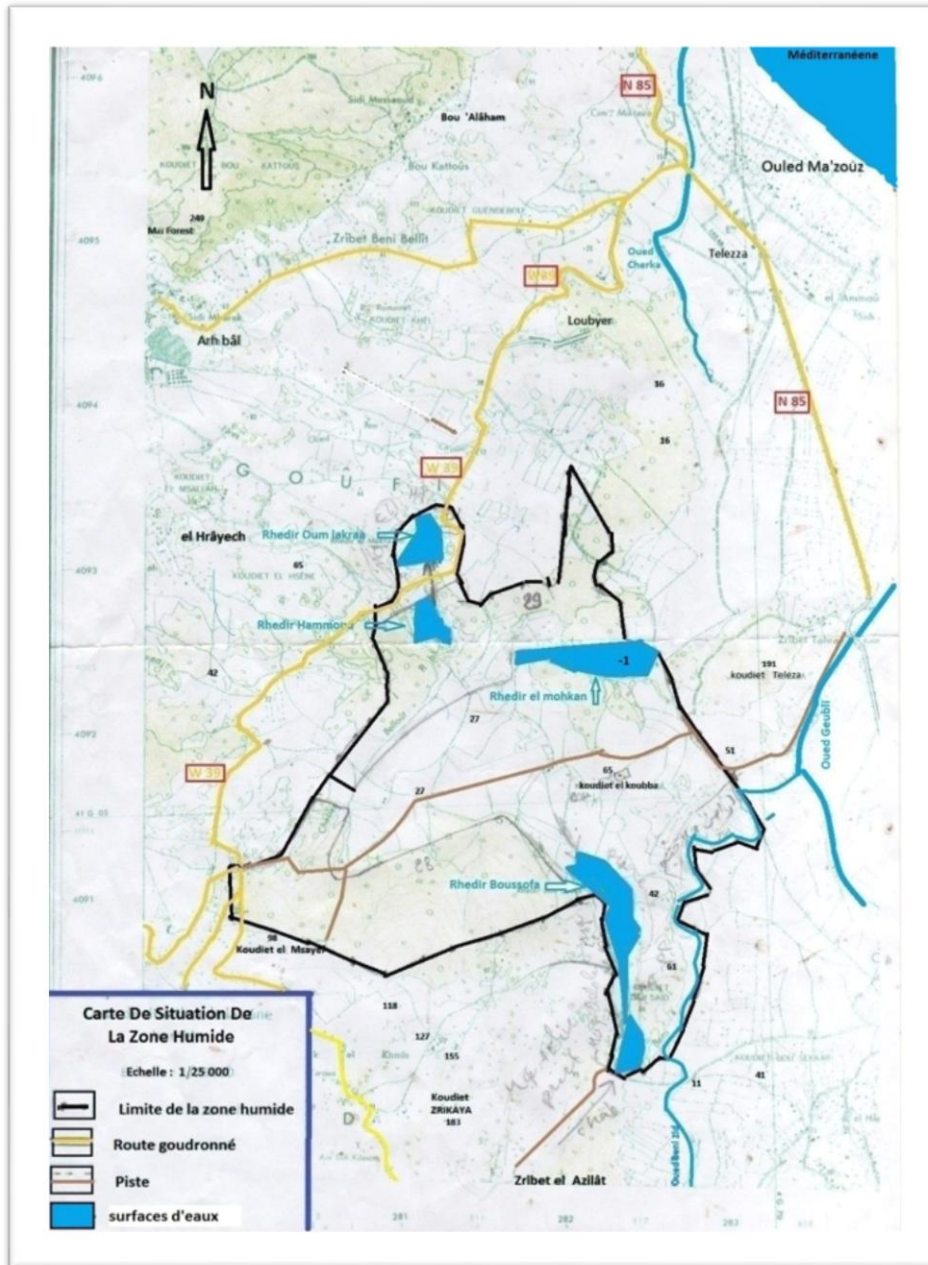
Située au Nord de l'Afrique, Est de l'Algérie, Ouest de Skikda, Sud-est de Collo, limitée au nord par la plaine de Teleza, au sud par la commune de Béni zid. À l'ouest par les deux communes Collo et Cheraia, et à l'Est par la commune de Kerker.

Coordonnées géographiques : X =279.90 –283.5

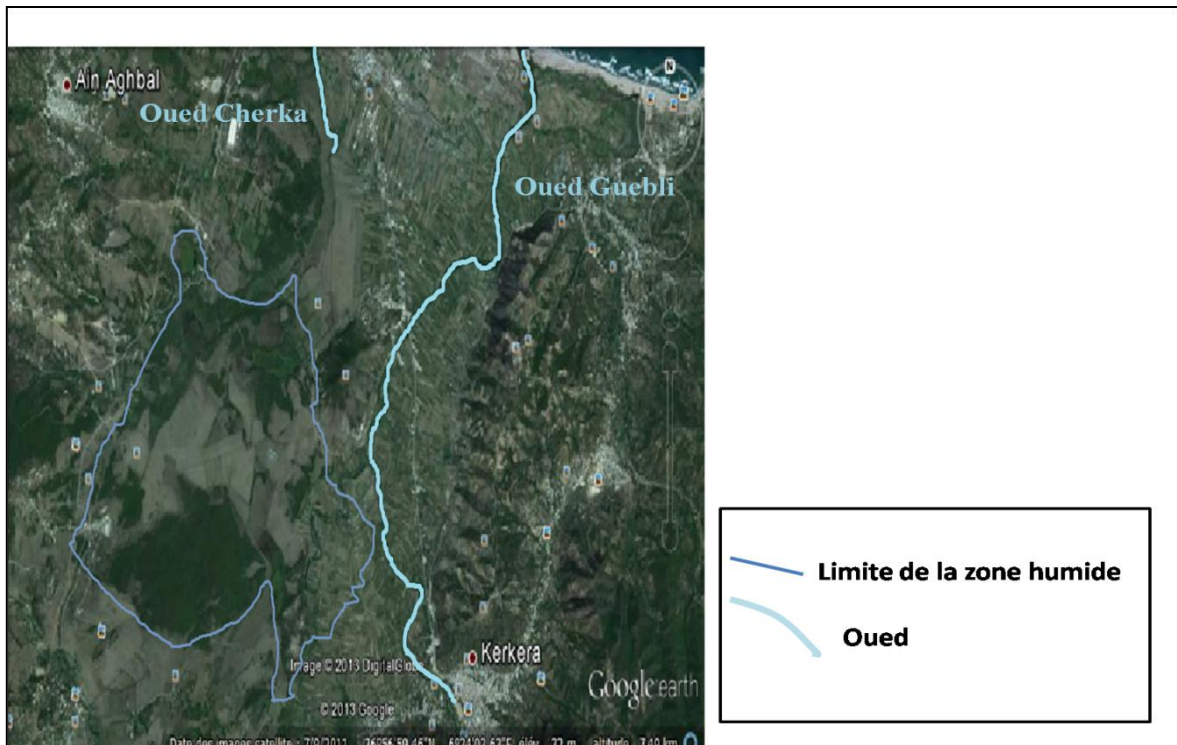
Y=4089.90 – 4093.60

**I.1.2. Situation administrative :**

La totalité de cette zone est située dans la commune de Chéraia et le reste suivie de la commune de Béni Zid.



**Figure 01 :** carte de situation de la zone humide de Collo(de la conscription des forêts de Collo).



**Photo 01 : Localisation de la zone humide de la plaine de Collo (Google Earth 2010).**

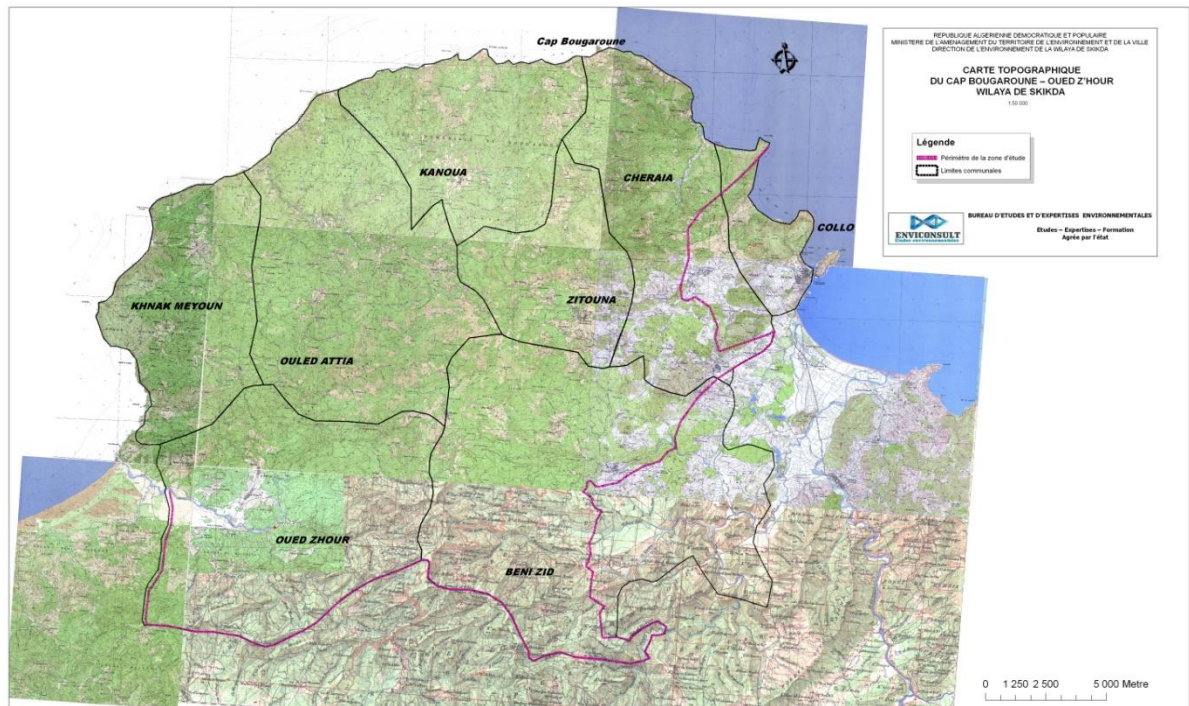
## **I. 2. Etude du milieu physique :**

### **I. 2. 1. Présentation du relief :**

Le relief de la région de Skikda est assez, accidenté, particulièrement dans sa partie littorale et dans le massif de Collo. Le relief s'ordonne de part et d'autre d'une grande arête de direction Nord-Sud qui commence à se dessiner dans la région d'Ain Kechra (362 m), s'élève très rapidement (Sidi Achour 717 m) et culmine au Djebel El Goufi 1183m. Au nord du Goufi la topographie est assez indécise. La dorsale Nord-Sud interfère en plusieurs lignes de crête Est-Ouest, le relief s'adoucit et s'étale, formant de véritables petits plateaux (Plateau de Kanoua en particulier).

Ce massif s'avance au Nord dans la Méditerranée, formant un vaste promontoire au contour grossièrement semi-circulaire. D'innombrables ravins entaillent ce massif; ils forment souvent de véritables gorges parcourues par des oueds permanents, et font de ce secteur un des plus accidenté d'Algérie. L'altitude moyenne est forte, avec des sommets très élevés à proximité immédiate de la mer, en particulier sur les faces septentrionale et occidentale de la presqu'île du Cap Bougaroune, les exemples les plus frappants sont le Koudiat Sidi Embarek (alt. 805m à 2,5 km de la côte) et le Koudiat Mechlouda (Alt. 740m à 2 km de la falaise

occidentale). La pente moyenne est généralement très forte(ENVICONSULT bureau d'études et d'expertises environnementales).



**Figure (02):** Carte topographique du cap Bougaroune-Oued Zhour (wilaya de Skikda).  
(ENVICONSULT bureau d'études et d'expertises environnementales).

## I.2. 2. Géologie :

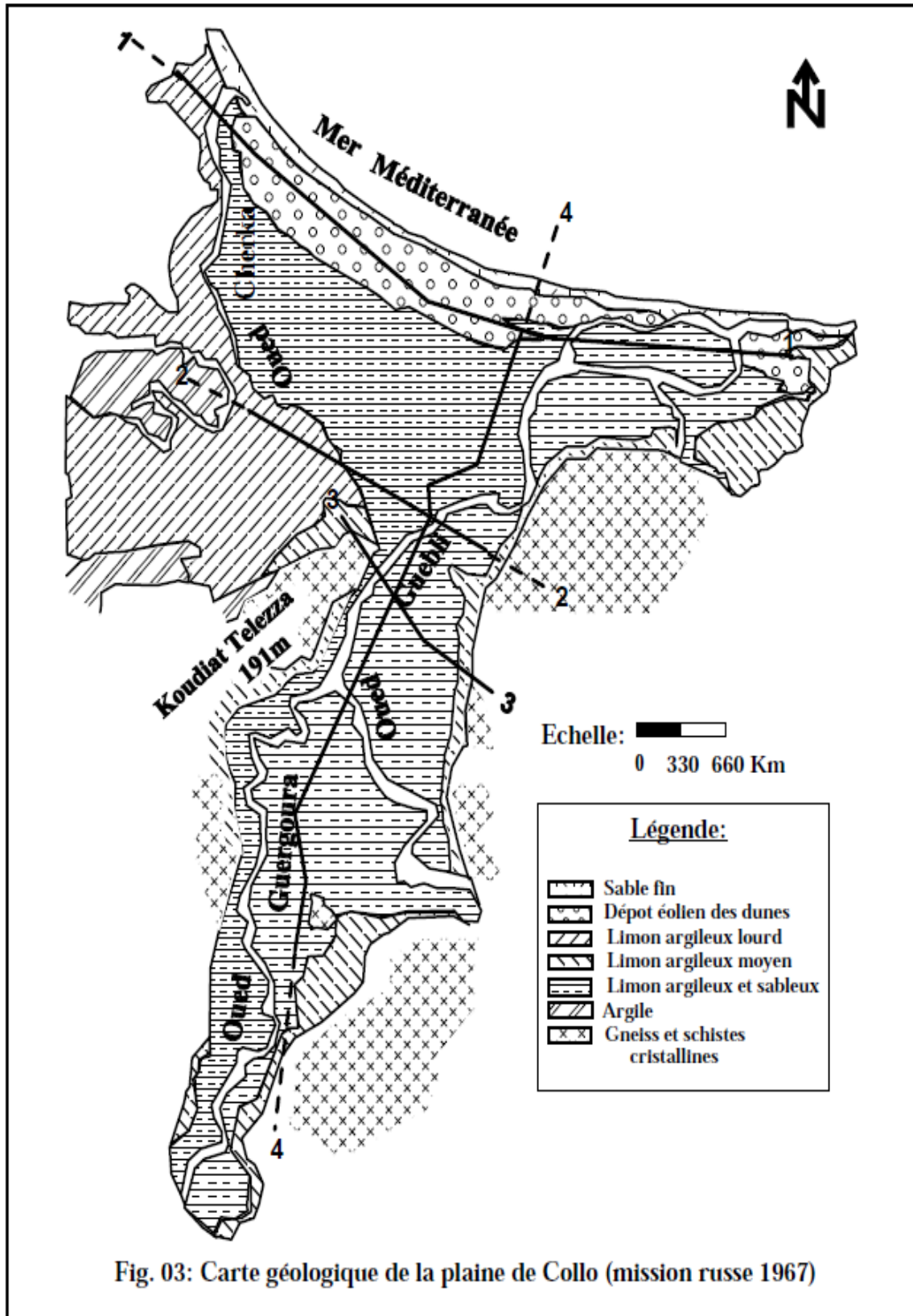
La structure géologique du secteur d'étude est relativement simple, la vallée (d'origine tectonique datant du Pliocène) est taillée dans un massif de roches métamorphiques (micaschistes et gneiss du socle kabyle) au pied du quel est bâtie la ville de Collo. Sur ce socle, des sédiments marins presque entièrement argileux se sont déposés(**Fig. 03**), il s'agit du :

- **Miocène** : constitué d'une alternance de marnes et des grés. A cette époque se mettent en place des granites intrusifs tels que à la bordure Est de la plaine de Collo.
- **Pliocène** : Constitué de marnes bleues, affecté par des failles le mettant en contacte directe avec les séries métamorphiques, ainsi que les calcaires à algues visibles au niveau de KoudiatZrikaiya. Ces marnes du Miocène et Pliocène formant le substratum imperméable de la plaine alluviale, sont percées de quelques pointements de roches métamorphiques.

- **Quaternaire** : du Sud au Nord, le remplissage alluvial présente deux faciès distincts :
  - ✦ Au Sud de KoudiatTélézza (191m) : Alluvions peu épaisses, essentiellement limoneuses, peu perméables à l'exception d'une zone peu étendue en rive gauche de l'oued Guebli.
  - ✦ Au Nord de KoudiatTélézza : Epaissement du remplissage (15 à 25 m) formé de sables et graviers.

La partie étendue au Sud –Ouest de la plaine à RhédirMohgon est constituée par de matériaux fortement argileux, ils sont exempts de calcaires et des roches allochtones mais ne constituent pas un aquifère important du fait de leur perméabilité très faible.

Il est à noter que les roches métamorphiques environnant, présentent une fissuration qui peut être d'origine tectonique ou d'altération surtout au niveau de la partie Sud du secteur, où la profondeur d'altération dans les fissures tectoniques remplies de quartz et de calcite est de l'ordre de (5 à 20 m) et le coefficient de fissuration est de ( 2 à 6 %) avec un coefficient d'infiltration est égale à ( 10 m /jour d'après l'étude Russe 1967).

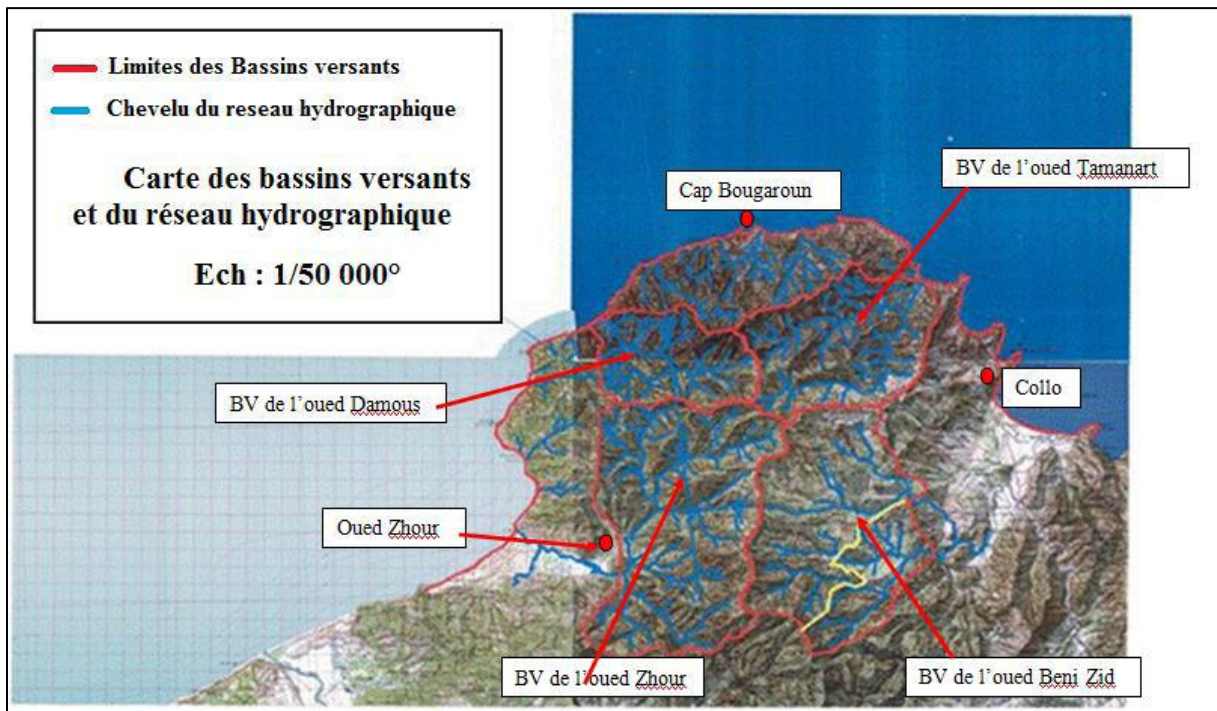




On peut ainsi distinguer :

- Le bassin versant de l'Oued Guergoura a l'Est.

L'Oued Guergoura, affluent de l'Oued Guebli, naît près d'Ain Kechra (Oued ElliZeggar) et draine tous les oueds descendant du versant oriental de la grande dorsale Nord Sud, d'Ain-Kechra à DjbelGoufi. L'Oued El Ouara, au pied du Goufi, l'Oued Beni Zid,



**Figure 05** : Carte des bassins versants et du réseau hydrographique au 1/50 000°.

## I. 2. 4. Climatologie :

La zone d'étude se situe sur la côte de la mer Méditerranée, elle est caractérisée par un climat de type méditerranéen, son régime climatique dépend de deux paramètres principaux : les précipitations et la température.

### I.2.4. 1. Stations de mesures :

L'étude climatologique sera basée sur l'interprétation des données météorologique enregistrées au niveau de la station de Béni-Zid, dans cette station on a une observation faite sur une période de 10 ans (2000/2001 – 2009/2010). Les coordonnées de cette station sont consignées dans le tableau (N° 03) suivant:

**Tableau N° 03 : Coordonnées géographiques de la station de mesures.**

(D'après : la station de Béni-Zid)

Coordonnées Station	Altitude	Latitude	Longitude	Coordonnées Lambert	Période d'observation
Béni-Zid	87m	36°54'44''N	6°29'58''E	X = 4714.289 Y = 3354.835	2000/2001 – 2009/2010

### I.2.4. 2. Facteur climatique:

#### I.2.4.2.1. Précipitations :

Les précipitations constituent le facteur primordial dans le comportement hydrologique du bassin. Les mesures de celles-ci permettent d'évaluer la quantité d'eau tombée et surtout d'estimer la quantité destinée aux écoulements.

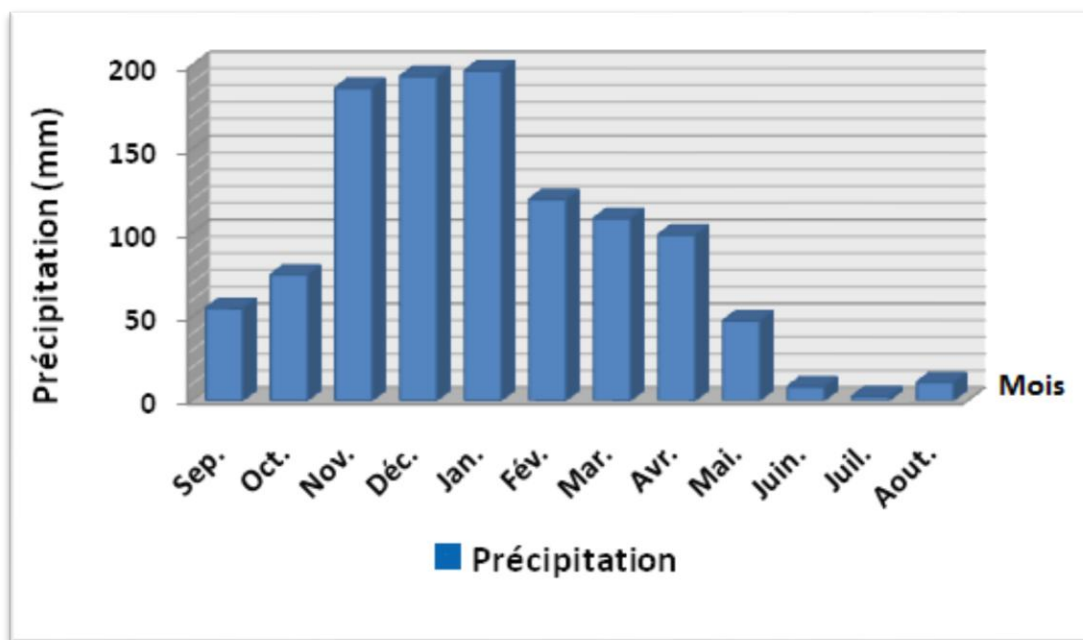
**a. Précipitations moyennes mensuelles :**

Le calcul de la moyenne arithmétique des hauteurs des précipitations du mois considéré sur un grand nombre d'années. En effet, les moyennes mensuelles des précipitations mesurées à la station de Béni-Zid durant la période d'observation allant de (2000/2001- 2009/ 2010) sont représentées dans le tableau (N° 04) suivant:

**Tableau N° 04 : Précipitations moyennes mensuelles en (mm) de la station de Béni-Zid (2000/2001-2009/2010)**

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Total
P(mm)	55	75	186.33	193.10	196.6	119.91	108.53	98.86	47.63	8.37	2.50	10.83	1102.66

L'histogramme ci-dessous traduit les données des précipitations moyennes mensuelles :



**Fig.06 : Histogramme des précipitations moyennes mensuelles de la station de Béni-Zid (2000-2001/2009-2010).**

Les précipitations atteignent leur maximum au mois de Janvier avec une hauteur de 196.6mm et leur minimum au mois de Juillet avec 2.5 mm.

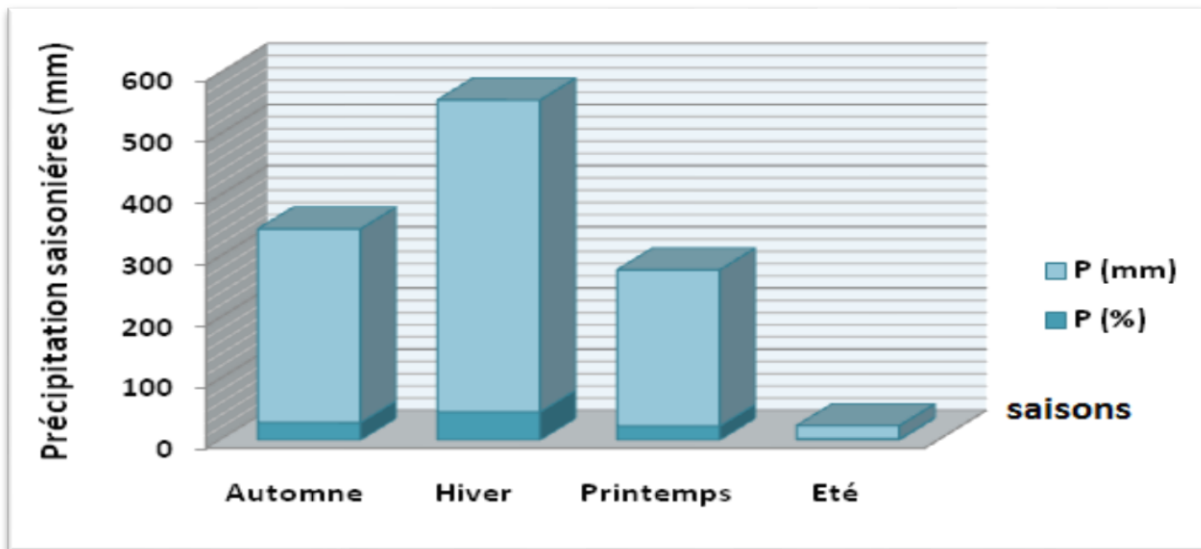
**b. Précipitations moyennes saisonnières :**

L'étude des précipitations saisonnières permet de donner une idée sur la distribution de la lame d'eau précipité durant une année et selon les quatre saisons. Elle se fait de la façon désignée dans le tableau (N°05) suivant:

**Tableau N° 05 : Répartition saisonnière des précipitations à la station de Béni-Zid  
(2000/2001-2001/2010)**

Mois P	Automne			Hiver			Printemps			Eté			Total
	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	
P (mm)	316.33			509.61			255.02			21.70			1102.66
P (%)	28.68			46.21			23.12			1.96			100

L'histogramme ci-dessous montre la variation saisonnière des précipitations :



**Fig. 07: Histogramme des précipitations moyennes saisonnières à la station de Béni-Zid  
(2000-2001/2009-2010).**

La représentation saisonnière montre que la saison la plus pluvieuse est l'Hiver par contre l'Eté est la saison la plus sèche.

**c. Précipitations annuelles:**

L'étude des précipitations annuelles de la station de Béni-Zid montre une grande différence entre l'année la plus arrosée (2004-2005) avec 1435.20 mm, Et l'année la plus sèche (2001-2002) avec 738mm. Le tableau suivant représente les variations des précipitations annuelles (2000/2001-2009/2010).

**Tableau N° 06 : Précipitations annuelles en (mm) de la station de Béni-Zid  
(2000-2001/2009-2010).**

Années	Précipitations Annuelles (mm)
2000-2001	916.80
2001-2002	738
2002-2003	1581.60
2003-2004	1022.40
2004-2005	1435.20
2005-2006	883.20
2006-2007	961.20
2007-2008	870
2008-2009	1314
2009-2010	1336.80

❖ La variabilité des données des précipitations mensuelles est exprimée par un paramètre permettant de distinguer les années excédentaires de celles déficitaires. C'est le "coefficient pluviométrique" (CP) obtenu par le rapport de la pluviométrie d'une année à la pluviométrie moyenne de toute la série d'observation. Il est donc en relation proportionnelle avec la pluviométrie.

On a :  $CP = P/P_{moy}$

**CP** : coefficient pluviométrique.    **P** : Pluviométrie annuelle de l'année en (mm).

**P<sub>moy</sub>** : Pluviométrie moyenne annuelle en (mm).

Tel que :

- Une année est dite excédentaire (AE) si :  $CP > 1$ .
- Elle est par contre déficitaire (AD) si :  $CP < 1$ .

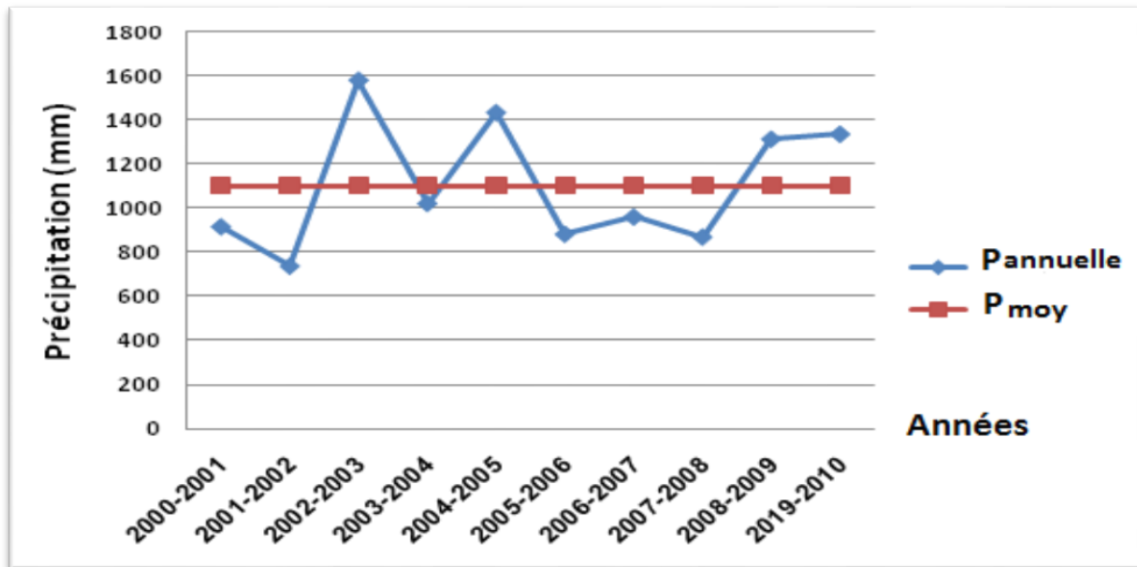
Le tableau suivant récapitule les résultats de (CP).

**Tableau N°07: Précipitations annuelles et coefficients pluviométriques à la station de Béni-Zid (2000/2001-2009/2010).**

Paramètre Années	0 Précipitations Annuelles (mm)	CP	Observation
2000-2001	916.80	0.83	AD
2201-2002	738	0.66	AD
2002-2003	1581.60	1.43	AE
2003-2004	1022.40	0.92	AD
2004-2005	1435.20	1.30	AE
2005-2006	883.20	0.80	AD
2006-2007	961.20	0.87	AD
2007-2008	870	0.78	AD
2008-2009	1314	1.19	AE
2009-2010	1336.80	1.21	AE

D'après de tableau N° 7 et les résultats du coefficient pluviométrique, nous remarquons que :

- il y a 6/10 années déficitaires et 4/10 années excédentaires.
- il y a une alternance entre les années excédentaires (AE) et celles déficitaires (AD), cela est indiqué dans la figure 08.



**Fig. 08: Variation des précipitations annuelles à la station de Béni-Zid (2000-2001/2009-2010).**

**I.2.4.2.2. Températures:**

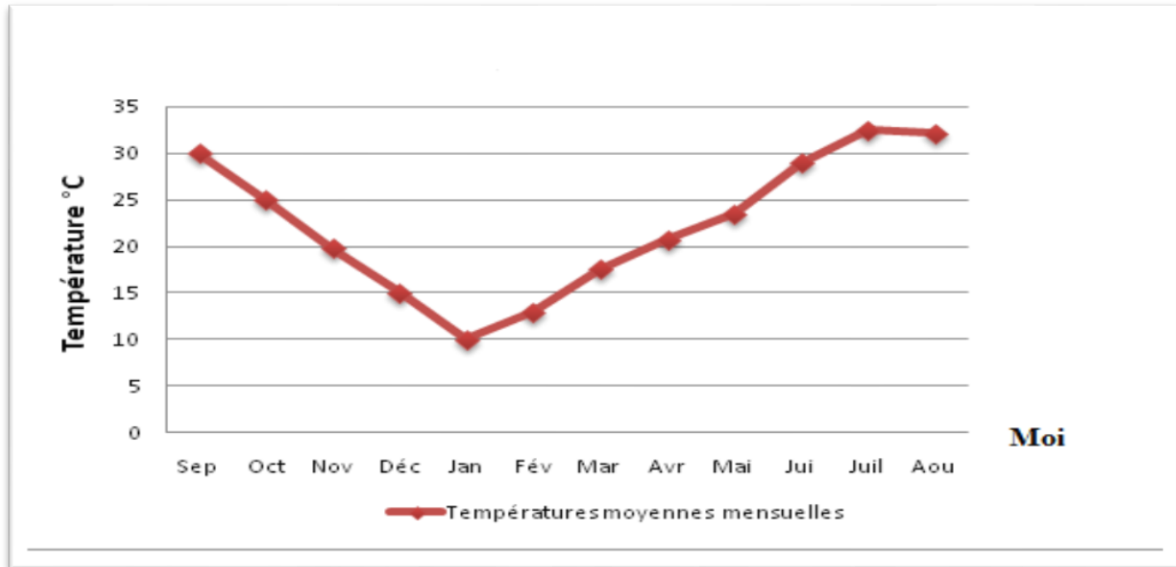
Si les précipitations constituent l'apport en eau, les températures jouent un rôle important dans les pertes en eau par le phénomène de l'évaporation. Elles constituent l'autre élément majeur conditionnant le climat de la région.

**a. Températures moyennes mensuelles :**

L'analyse des données des températures moyennes mensuelles est basée sur les données relevées au niveau de la station de Béni-Zid de 2000 jusqu'à 2010. Elles sont présentées dans le tableau (N°8) et sont figurés dans le diagramme. (Fig.9)

**Tableau N° 08 : Températures moyennes mensuelles en (°C) à la station de Béni-Zid (2000/20001-2009/2010).**

MOIS	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
T °C	30	25	19.75	15	10	13	17.55	20.75	23.52	28.91	32.44	32.11

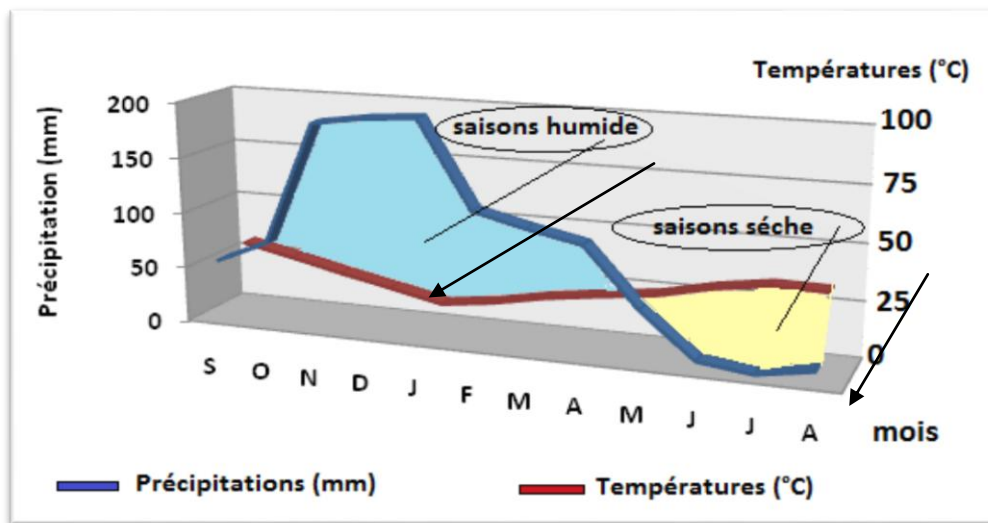


**Fig. 9 : Variation des températures moyennes mensuelles de la station de Beni-Zid (2000/20001-2009/2010).**

On remarque que le mois le plus froid est le mois de Janvier avec une température moyenne mensuelle de 10°C par contre le mois le plus chaud est le mois de Juillet avec une température moyenne mensuelle de l'ordre de 32.44 °C.

**I.2.4.3. Diagramme pluvio-thermique:**

On l'établi en combinant les températures et les précipitations moyennes mensuelles correspondant à la même période d'observation à condition que  $P$  soit égal à  $2T$  ( $P=2T$ ). Il permet de déterminer les saisons sèches et humides (Fig 10).



**Fig.10: Diagramme pluvio-thermique de la station de Beni-Zide (2000/20001-2009/2010).**

Le diagramme pluvio-thermique établi montre l'existence de deux saisons bien distinctes :

- Une saison humide et froide qui s'étale du mois d'Octobre jusqu'au mois de Mai.
- Une saison sèche et chaude, elle s'étend du mois de Mai jusqu'au mois d'Octobre.

❖ **L'indice d'aridité de "Martonne" :**

Il est défini par la relation :

$$A = P / (T + 10)$$

Avec :

**P** : précipitation moyennes annuelles (mm).

**T** : températures moyennes annuelles (mm).

**A** : indice d'aridité annuelle.

Tel que:

- |                                       |                                      |
|---------------------------------------|--------------------------------------|
| * $A > 30$ : climat humide.           | * $20 < A < 30$ : climat tempéré.    |
| * $10 < A < 20$ : climat semi-aride.  | * $7.5 < A < 10$ : climat steppique. |
| * $05 < A < 7.5$ : climat désertique. | * $A < 05$ : climat hyperaride.      |

Pour la station de Béni- Zid et durant la période d'observation allant de 2000 à 2010, avec  $P = 1105.92$  mm et  $T = 22.30$  °C, on trouve une valeur de  $A = 34,20$ . Ce qui correspond à un climat " humide". La zone étudiée est parmi les régions les plus arrosées en Algérie.

**I.2.4.4. L'humidité relative de l'air:**

L'humidité relative de l'air correspond au rapport de la tension de vapeur réelle observée à la tension de valeur saturante à la même température. Le tableau (N° 09) contient les valeurs de l'humidité moyenne mensuelle mesurées à la station de Béni-Zid durant une période d'observation allant de (2000/2001- 2007/2008).

**Tableau N° 09: Humidités moyennes mensuelles en (%) à la station de Béni-Zid (2000/2001-2007/2008)**

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou
H <sub>m</sub> (%)	61	61	63	66	64	66	55	58	61	61	63	58

A partir du tableau, on constate que les valeurs de l'humidité sont relativement homogènes, les moyennes mensuelles varient entre 55 % et 66 %.

#### I.2.4.5. Le régime des Vents :

Les vents ont un effet important sur les phénomènes d'évaporation, de précipitation et à un degré moindre sur les températures. Le tableau N° 10 donne une idée sur la vitesse des vents mesurés en (m/s) à la station de Béni-Zid entre (2000/2001- 2007/2008).

**Tableau N° 10: Variations mensuelles des vitesses moyennes du vent (m/s) à la station de Béni-Zid (2000/2001-2007/2008).**

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
V <sub>m</sub> (m/s)	0.11	0.10	0.02	0.07	0.04	0.06	0.07	0.15	0.08	0.04	0.06	0.11

On remarque d'après le tableau que la vitesse du vent est faible dans la région d'étude surtout à la saison d'Hiver.

#### I.2. 4.6. Bilan Hydrique :

L'étude du bilan hydrique permet d'évaluer la répartition des quantités d'eau reçues par un bassin versant entre ses différents composants (écoulement, infiltration et évaporation). Il est calculé par la formule suivante :

$$P = ETR + R + I$$

Avec :

**P** : Précipitation moyenne annuelle en (mm).

**ETR** : Evapotranspiration réelle moyenne annuelle en (mm).

**R** : Ruissellement moyen annuel en (mm).

#### I.2.4.7. Détermination des paramètres du bilan:

##### I.2.4.7. 1. Evapotranspiration:

L'évapotranspiration est l'ensemble des phénomènes d'évaporation et de transpiration. Le principal facteur réagissant l'évaporation est la radiation solaire. Le terme évapotranspiration englobe deux types :

##### a - Evapotranspiration potentielle (ETP) :

C'est la somme des quantités d'eau pouvant s'évaporer et transpirer sur une surface donnée et pendant une période bien définie en considérant des apports d'eau suffisants. Elle est estimée par la formule de « Thornthwaite » proposée en 1948 et basée essentiellement sur les températures de l'air:

$$ETP = 16 \left( \frac{10t}{I} \right)^a * K$$

Avec:  $a = 0,016 I + 0,5$        $I = \sum i$        $i = (t / 5)^{1,514}$ .

$a = 2.42$        $I = 120.5$

- **ETP**: Evapotranspiration potentielle mensuelle en (mm).
- **t** : Température moyenne mensuelle en (°C).
- **i** : Indice thermique mensuel.
- **I** : La somme des indices mensuels de l'année.
- **k** : Facteur correctif intégrant la durée d'insolation et la température.

**Tableau N° 11: Résultat de l'ETP obtenus par la formule de «Thornthwaite » pour la station de Béni-Zid (2000/2001-2009/2010).**

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Totale
i	15.1	11.4	8.0	5.3	2.9	4.2	6.7	8.6	10.4	14.2	17.0	16.7	120.5
<b>ETP (mm)</b>	150.9	91.3	45.6	22.0	8.8	16.3	41.0	65.8	98.2	163.4	219.6	200.4	1123.4

**b- Evapotranspiration réelle (ETR) :**

C'est la somme de l'évapotranspiration et de la transpiration réelle pour une surface donnée et une période définie. Elle peut être déterminée par différentes méthodes.

➤ **ETR selon la formule de "Turc" :**

Cette formule est basée sur les températures et les précipitations moyennes annuelles :

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

Avec :

- **ETR** : Evapotranspiration réelle en (mm).
- **P** : Précipitation moyenne annuelle en (mm).
- **L** : Pouvoir évaporant, est une limite vers laquelle tend l'ETR lorsque **P**

Deviens grand :  $L = 300 + 25t + 0.05 t^3$ , où **t** est la température moyenne annuelle en (°C).

Les valeurs de l'évapotranspiration réelle ETR, calculées par la formule de Turc, sont inscrites dans le tableau N° 12.

**Tableau N° 12: Résultats de l'ETR obtenus par la formule de « Turc »  
(2000/2001-2009/2010)**

<b>Facteurs station</b>	<b>P (mm)</b>	<b>T (°C)</b>	<b>L</b>	<b>ETR (mm)</b>
<b>Béni-Zid</b>	1102.66	22.30	1411.97	897.37

➤ **ETR selon "C.W.Thornthwaite" :**

L'estimation de l'ETR en (mm) par cette méthode est liée au volume de précipitations.

Trois cas peuvent se présenter :

**- 1er cas :  $P \geq ETP \Rightarrow ETR = ETP$  :**

Il y a une reconstitution des réserves du sol jusqu'à saturation, le surplus va représenter l'écoulement superficiel.

**- 2ème cas :  $P < ETP \Rightarrow ETR = P + RFU$  :**

Dans ce cas, la RFU (réserve facilement utilisable) va s'épuiser jusqu'à satisfaction de l'ETP.

**- 3ème cas :  $P < ETP$  et  $RFU = 0 \Rightarrow ETR = P$  :**

Il y aura donc un déficit agricole (DA) représenté par la quantité d'eau qui doit être apportée pour l'irrigation.

**Tableau N° 13 : Résultats de l'ETR obtenus par les différentes méthodes d'estimation à  
la station de Beni-Zid (2000/2001-2009/2010)**

<b>ETR Station</b>	<b>Selon "Turc" (mm/an)</b>	<b>Selon "Thornthwaite" (mm/an)</b>
<b>Béni-Zid</b>	730.30	499

Les valeurs de tableau N° 13 sont variables selon chaque méthode d'estimation, donc l'évapotranspiration réelle moyenne est égale de 499 mm/an.

**I.2.4.8. Ruissellement (R) :**

Le ruissellement de surface est la quantité d'eau, qui au cours d'une précipitation échappe à l'infiltration et l'évapotranspiration.

Il est calculé par la formule de « TixerontBerkaloff » :

$$R = \frac{P^3}{3(ETP)^2}$$

Avec :

- **R** : Ruissellement en (mm).
- **P** : Précipitation moyenne annuelle en (mm).
- **ETP** : Evapotranspiration potentielle en (mm).

**Tableau N° 14 : Résultats du ruissellement par la formule de «TixerontBerkaloff» pour la station de Béni-Zid (2000/2001-2009/2010).**

<b>Paramètres</b>		
<b>Station</b>	<b>P (mm)</b>	<b>R (mm)</b>
Béni-Zid	1102.66	354.10

**I.2.4.3.9. Infiltration (I) :**

C'est la quantité d'eau franchissant la surface du sol. Elle renouvelle les réserves d'eaux souterraines et entretient le débit de l'écoulement souterrain des sorties après circulation dans les formations hydrogéologiques perméables du sous-sol(Castany 1982).



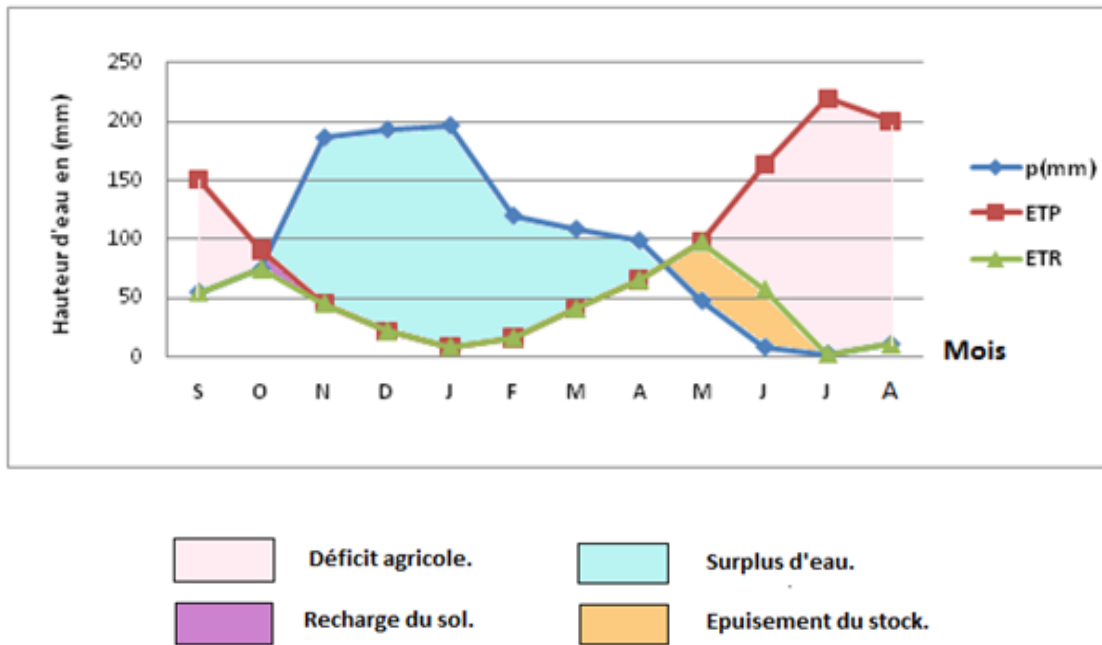
Le tableau suivant résume le bilan de Thornthwaite de la station de Béni-Zid (2000/2001-2009/2010).

**Tableau N° 16 : Bilan de Thornthwaite de la station de Béni-Zid  
(2000/2001-2009/2010).**

<b>Moi</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dec</b>	<b>Jan</b>	<b>Fev</b>	<b>Mar</b>	<b>Avr</b>	<b>Mai</b>	<b>Juin</b>	<b>Jui</b>	<b>Aou</b>	<b>Total</b>
<b>P(m)</b>	55	75	186.3 0	193.1 0	196. 6	119. 9	108. 5	98.8 6	47.6 3	8.37	2.50	10.83	1102.6 6
<b>T(°c)</b>	30	25	19.80	15	10	13	17.6 0	20.8 0	23.5 0	28.9 0	32.40	32.10	22.30
<b>K</b>	1.03	0.97	0.86	0.81	0.87	0.85	1.03	1.10	1.21	1.22	1.24	1.16	
<b>I</b>	15.1 0	11.4	8.00	5.30	2.90	4.20	6.70	8.60	10.4 0	14.2 0	17.60	16.70	120.50
<b>ET</b>	150. 9	91.3 0	45.60	22.00	8.80	16.3 0	41.0	65.8 0	98.2 0	163. 4	219.6 0	200.4 0	1123.4 0
<b>RF</b>	0	0	100	100	100	100	100	100	49.5 0	0	0	0	
<b>ET</b>	55	75	45.60	22.00	8.80	16.3 0	41.0	65.8 0	98.2 0	57.8 0	2.50	10.80	499.00
<b>EX</b>	0	0	40.70	171.1 0	187. 8	103. 6	67.5 0	33.0 0	0	0	0	0	603.60
<b>DA</b>	95.9 0	16.3 0	0	0	0	0	0	0	0	10.5 5	217.1 0	189.6 0	624.40

**I.2.4.3. 10. Représentation graphique du bilan de Thornthwaite :**

Afin d'éclaircir les résultats obtenus, une représentation graphique des données sera préférable :



**Fig. 11 : Représentation graphique du bilan de Thornthwaite pour la station de Béni-Zid (2000/2001-2009/2010).**

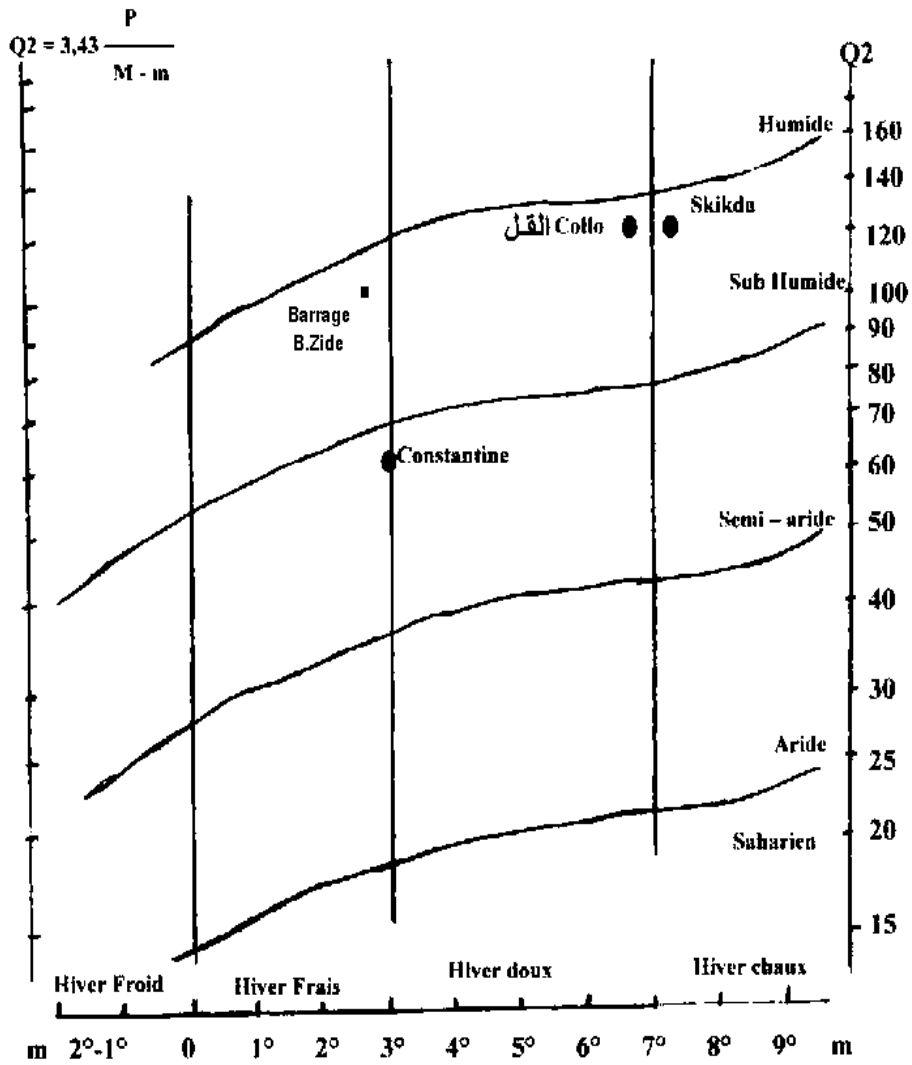
**I.2.4.4. Interprétation du bilan de C.W.Thornthwaite :**

Les résultats obtenus du bilan hydrique de Thornthwaite de la station de Béni-Zid illustrés dans le tableau et le graphique précédent, nous ont permis de tirer les observations suivantes :

- ✚ La région d'étude reçoit des précipitations moyennes annuelles de l'ordre de 1102.66 mm et une température moyenne annuelle de 22.3 °C.
- ✚ L'évapotranspiration potentielle ETP atteint son maximum au mois de Juillet (219.6 mm) et son minimum au mois de Janvier (8.8 mm). L'ETP total est de l'ordre de 1123.4mm.
- ✚ L'Evapotranspiration réelle ETR totale est de 499 mm.

- ✚ Lorsque la réserve facilement utilisable RFU est pleine, il y a un surplus d'eau accompagné par un ruissellement et quand elle a tendance à diminuer et au point qu'il sera carrément vide, il y aura un épuisement du stock et par conséquent un déficit agricole s'étalant du mois de Juin jusqu'au mois d'Octobre avec une moyenne annuelle de 624.40 mm.
  
- ✚ La reconstitution de la RFU atteint son maximum (saturation : 100 mm) au mois de Novembre et reste ainsi jusqu'au mois d'Avril puis elle commence à s'épuiser pour se vider complètement au mois de Juin.
  
- ✚ L'écoulement débute après le remplissage de la RFU (100 mm), au mois de Novembre et se termine à la fin du mois d'Avril avec un maximum au mois de Janvier 187.8 mm et un minimum au mois d'Avril de l'ordre de 33.3 mm.
  
- ✚ L'excédent annuel est égal à 603.60 mm.

Fig : Climagramme pluviothermique d'EMBERGER



PH. STEWART 1972

Fig 12 :Climagrammepluviothermique d'Emberger (Stewart 1972).

- **Synthèse climatique :**

L'étude des précipitations et des températures nous permet d'affirmer que la zone est caractérisée par un climat méditerranéen franc avec l'association d'un été chaud et sec à une saison froide et pluvieuse : C'est un climat méditerranéen de type humide.

Ses caractéristiques bioclimatiques peuvent être approchées grâce aux indices. L'indice est la valeur d'un nombre donné par une formule dans laquelle les trois composantes essentielles du climat : température, précipitation, évaporation, sont représentées.

Indice d'aridité de MARTONNE

Pour le calculer, on utilise la formule

$$A = \frac{P}{T + 10}$$

Avec :

**P** : précipitation moyennes annuelles (mm).

**T** : températures moyennes annuelles (mm).

**A** : indice d'aridité annuelle.

Tel que:

\*  $A > 30$  : climat humide.

\*  $20 < A < 30$  : climat tempéré.

\*  $10 < A < 20$ : climat semi-aride.

\*  $7.5 < A < 10$ : climat steppique.

\*  $05 < A < 7.5$  : climat désertique.

\*  $A < 05$  : climat hyperaride.

Cet indice permet de caractériser le climat par son aridité qui est d'autant moins grande que les précipitations sont plus élevées et que la température est plus basse.

Pour la station de Béni- Zid et durant la période d'observation allant de 2000 à 2010, avec  $P = 1105.92$  mm et  $T = 22.30$  °C, on trouve une valeur de  $A = 34,20$ . Ce qui correspond à un climat " humide". La zone étudiée est parmi les régions les plus arrosées en Algérie.

Pour notre zone d'étude nous avons :

Collo:  $I = 36$  ET Cap Bougaroune:  $I = 37$

Pour ces deux régions le climat est Humide

On peut conclure que l'abondance des précipitations, les faibles variations d'amplitude thermique dues en particulier à l'influence marine, et la faible durée de la saison sèche, font de cette zone une zone très favorable à la forêt.

On notera que le sud de la zone a un climat beaucoup plus sec, légèrement marqué d'influences continentales. Cette variation très rapide du climat est due à l'importance des hautes barrières montagneuses (Djebel Goufi) s'élevant à proximité de la mer.

### I.2.3. Intérêts écologiques :

Les petits plans d'eau (mares, étangs, petits lacs) hébergent une grande biodiversité (nombre d'espèces total et/ou menacées), souvent plus importante que celle des autres milieux aquatiques ; rivières, fleuves, lacs. (Williams *et al.*, 2003 ; Angélibert *et al.*, 2006 in Indermuhle *et al.*, 2008).

Ce site est une zone de gagnage pour les oiseaux d'eau et en même temps de repos. Lieu de nidification de *Anas platyrhynchos*, de *Aythya nyroca*, *Oxyuraleucocephala* ainsi d'autres espèces. Quelques 60 à 70% de la superficie totale sont occupés par *Nymphaea alba*, *Typha angustifolia*, *Phragmites australis*, *Scirpus maritimus*, *S. lacustris* et *Iris pseudocarus*. Le plan d'eau est entouré par une ceinture de végétation constituée particulièrement de *Juncus acutus*, *J. maritimus*, *Oleaeuropea*, *Asphodelusaestivus*, *Rubus ulmifolius* et de pelouse de graminées (Conservation des forêts de Skikda, observation 2014).

### I.2.4. Actions anthropiques :

#### ➤ Les menaces :

- Pompage intensif d'eau dès le mois d'avril ;
- Exploitation de terrain par l'agriculture (culture des tomates, pastèque...etc.) ;
- Surpâturage à cause de l'élevage des vaches.



Photos de différentes menaces : Pompage, surpâturage, avicultures.

### **I.3. Caractéristiques majeures physiques et chimiques de qualité générale de l'eau douce**

Ces paramètres sont souvent regroupés sous le terme de paramètres physicochimiques. En tout premier lieu, il s'agit de la température et de la salinité qui sont les deux descripteurs de base des masses d'eau. Dépendant quasi exclusivement de processus physiques, ils sont de bons traceurs de mélange des eaux. La qualité générale de l'eau est influencée par des processus chimiques et biologiques, et altérée ou non par des apports anthropiques. Deux descripteurs usuels permettent de caractériser très globalement la qualité du milieu, l'oxygène dissous et le pH (Aminot et Kerouel, 2004).

#### **I.3.1. Température :**

La température est, avec la salinité, un des descripteurs de base pour la connaissance du milieu. La température influe sur l'activité biologique dont dépend la production totale, et sur la répartition des espèces (preferendums thermiques), donc, par exemple, sur la pêche.

La mesure de la température est indispensable pour l'interprétation ou le traitement d'autres paramètres. Ainsi, la saturation des gaz dissous est fonction de la température et la mesure du pH requiert la connaissance de la température (Aminot et Kerouel, 2004).

#### **I.3.2. Oxygène dissous :**

Parmi les gaz dissous, l'oxygène est celui qui joue le rôle plus important pour la qualité biotique des eaux d'élevage ; indispensable à la respiration des organismes, il facilite la dégradation des matières organiques détritiques et l'accomplissant des cycles biochimiques. L'oxygène présent dans les eaux est le résultat des échanges entre l'atmosphère et la surface de l'eau ainsi que de l'activité photosynthétique du phytoplancton (Alzieu, 1989).

#### **I.3.3. Le pH :**

C'est un paramètre qui nous permet de mesurer l'acidité, l'alcalinité ou la basicité d'une eau (Gomella et Gerree, 1978 in Azzoug et Lamani, 2005).

La mesure du pH aura deux applications à considérer séparément : le suivi de la qualité des eaux, d'une part, et les études thermodynamiques des équilibres chimiques, d'autres parts. La distinction majeure réside dans le niveau de justesse et de précision requis pour ces deux applications. (Aminot et kerouel, 2004).

### **I.3.4. Caractéristiques chimiques dissoutes :**

On rappelle que l'on définit arbitrairement comme dissous ce qui passe au travers d'une membrane filtrante d'environ 0,5  $\mu\text{m}$  de diamètre des pores.

Il s'agit principalement des nutriments. Par nutriments, il faut entendre les substances nutritives essentielles contenant de l'azote, du phosphore et des solutions (nitrates, nitrites, ammonium, phosphates, silicate) assimilables par les micro-organismes (essentiellement par les phytoplanctons).

La matière organique dissoute (MOD) peut présenter un intérêt car elle inclut les nutriments organiques (par exemple acides aminés). Toutefois, une fraction toujours majoritaire de la MOD est constituée de formes réfractaires non assimilables de type matières humiques). Compte tenu de sa nature complexe, la MOD est encore peu étudiée. On l'aborde globalement par ses éléments chimiques essentiels tels que le carbone et l'azote (parfois le phosphore). Difficile à mesurer et à interpréter, la MOD est rarement incluse dans les programmes de suivi du milieu (Aminot et Kerouel, 2004).

#### **➤ Les composés azotés :**

L'azote est un élément essentiel des structures vivantes, il existe dans l'eau sous trois formes essentielles selon le degré d'oxydation : nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ), nitrites, ( $\text{NO}_2^-$ ), ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ), ainsi qu'urée ou acides aminés. Ce sont les formes d'azotes utilisables par le phytoplancton. (Copin-Montegut, 1996).

#### **➤ L'azote ammoniacal :**

Il est présent sous deux formes en solution, l'ammoniaque ( $\text{NH}_3$ ) et l'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) dont les proportions dépendent du pH et de la température. L'azote ammoniacal provient des excréments animaux et de la décomposition bactérienne des composés organiques azotés ; il est utilisé par le phytoplancton comme source d'azote et oxydé par les bactéries nitrifiantes (Aminot et Chassepied, 1983).

Dans certains cas, les teneurs peuvent atteindre des seuils toxiques, variables pour chaque espèce, et liées au pH et à l'oxygénation des eaux (Alzieu, 1989).

➤ **Les nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) :**

Dans le cycle de l'azote, des nitrites sont considérés comme étant des ions intermédiaires entre les nitrates et l'azote ammoniacal, ce qui explique les faibles concentrations rencontrées en milieu aquatique qui sont de l'ordre de quelques micromoles par l'azote nitreux (Aminot et Chassepied, 1983).

➤ **Les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) :**

L'ion nitrate est la forme oxydée stable de l'azote en solution aqueuse, il entre dans le cycle de l'azote comme support principal de la croissance phytoplanctonique, il est ensuite régénéré à partir des formes organiques par les bactéries. L'ion nitrate est issu de l'oxydation des nitrites par les bactéries appelées nitrobacters (Aminot et Chassepied, 1983).

➤ **Les orthophosphates ( $\text{PO}_4^{2-}$ ) :**

Le phosphore est un élément nutritif dont la forme minérale majoritaire est l'orthophosphate, il est essentiel à la vie aquatique. Dans les écosystèmes aquatiques continentaux, on considère généralement le phosphore comme le principal facteur limitant de la production de la biomasse végétale (Levèque, 1996).

Lors de la minéralisation de la matière organique par les microorganismes, les composés phosphatés, sont progressivement transformés en phosphate soluble, ces derniers vont être rapidement assimilés et recyclés (Lacroix, 1991 in Tidadini et Amdoun, 2003).

Les sources du phosphore sont multiples, elles proviennent des résidus métaboliques, détergents, excès d'engrais agricoles et de l'industrie (Zourez et Farhani, 2003).

➤ **Demande biochimique en oxygène ( $\text{DBO}_5$ ) :**

La  $\text{DBO}_5$  exprime la consommation naturelle d'oxygène en g/litre des corps contenus dans l'eau, dégradés par les bactéries du milieu par une oxydation.

L'oxydation des composés organiques biodégradables par les microorganismes entraîne une consommation de dioxygène ( $\text{O}_2$ ). La mesure de cette demande en oxygène permet d'évaluer le contenu d'une eau en matières organiques biodégradables, donc son degré de pollution ou sa qualité. La dégradation des composés glucidiques, lipidiques et protidiques se traduit dans un premier temps, par une décomposition des chaînes carbonées. Celle-ci commence immédiatement dure 20 jours et demande beaucoup de temps. Dans ces

conditions il a été retenu conventionnellement d'exprimer la DBO en mg de dioxygène (O<sub>2</sub>) consommé pendant 5 jours à 20°C (DBO<sub>5</sub>). La DBO<sub>5</sub> indique l'influence probable des eaux usées sur les cours d'eau récepteurs, du point de vue de la réduction de leur teneur en oxygène.

#### **1.4. Bactériologie de l'eau :**

##### **1.4.1. La famille des Enterobacteriaceae :**

La famille des Enterobacteriaceae regroupe des bacilles Gram négatifs, mobiles (ciliature péritriche) ou immobiles, asporulés, aéro-anaérobies facultatifs, oxydase négatif, catalase positif (exception pour *S. dysenteriae* du sérotype 1), cultivant sur milieux ordinaires, fermentant le glucose avec ou sans production de gaz et possédant une nitrate réductase (exception pour certaines souches d'*Erwinia*) (Buchanan *et al.*, 1974, Leminor et Veron, 1989).

##### ➤ **Répartition en genres**

Au sein des entérobactéries, on distingue de nombreux genres (*Shigella*, *Escherichia*, *Enterobacter*, *Serratia*, etc...). La distinction entre les genres se fait par l'étude des caractères biochimiques dont les plus importants sont : fermentation du lactose, production d'indole, production d'uréase, production d'acétoïne (réaction dite VP+), utilisation du citrate, désamination du tryptophane.

##### **1) Salmonella**

##### ➤ **Définition et habitat**

Les *Salmonella* sont des entérobactéries dont les caractères essentiels sont de ne pas fermenter le lactose et de ne pas produire d'uréase. Les *Salmonella* sont des parasites de l'homme, des mammifères (rongeurs), des oiseaux (volailles) et des animaux à sang froid (reptiles). Elles sont responsables, après pénétration par voie orale, de nombreuses infections (salmonelloses), notamment des fièvres typhoïde et paratyphoïdes (maladies à déclaration obligatoire n° 1), des gastro-entérites et des toxi-infections alimentaires collectives (maladies à déclaration obligatoire n° 12).

Le principal mode de contamination chez l'homme est l'ingestion à partir de l'eau (*S. typhisurtout*), des aliments (ex. produits laitiers, œufs, viande) ou d'animaux familiers porteurs (tortues).

## 2) *Escherichia coli*

### ➤ Définition

*Escherichia coli* (colibacille) est une entérobactérie mobile capable de fermenter le lactose et de produire de l'indole.

### ➤ Habitat

*E.coli* est un commensal du tube digestif de l'homme et de nombreux animaux. Il représente à lui seul la plus grande partie de la flore bactérienne **aérobie** de l'intestin (espèce aérobie **dominante**) à raison de 10<sup>8</sup> par gramme de fèces (flore totale : 10<sup>11</sup> à 10<sup>12</sup> bactéries par gramme).

### ➤ Autres entérobactéries commensales

#### - *Proteus mirabilis*

Ce sont des bactéries très mobiles (pouvant envahir les milieux de culture) qui se distinguent facilement des autres entérobactéries par leurs caractères biochimiques (uréase +, tryptophane désaminase

+) et leur résistance naturelle à la colistine. C'est un commensal du tube digestif.

*Proteus mirabilis* vient au second rang, après *E.coli*, dans l'étiologie des infections urinaires de ville

(10 % des cas). C'est une espèce bactérienne habituellement sensible aux antibiotiques.

#### - *Klebsiella*

Ce sont des entérobactéries qui ont un métabolisme fermentaire particulier, c'est-à-dire qui produisent de l'acétoïne (elles sont dites V.P+, c'est-à-dire réaction de Voges-Proskauer positive). Espèce commensales des voies aériennes supérieures et du tube digestif, *Klebsiella* provoque des infections urinaires (5 % des infections en ville) et des surinfections des bronches chez les bronchitiques chroniques, voire des abcès du poumon. *Klebsiella* est naturellement résistante à l'ampicilline par production de pénicillinase chromosomique.

#### - Entérobactéries saprophytes

Les autres entérobactéries sont des bactéries occasionnelles et transitoires du tube digestif, mais sont surtout des bactéries saprophytes (environnement). Dénuées de pouvoir pathogène propre, elles jouent surtout le rôle de bactéries opportunistes lors d'infections nosocomiales (urologie, réanimation).

Ce sont essentiellement *Enterobacter* et *Serratia* (qui comme les *Klebsiella* sont VP +), *Citrobacter freundii*, *Morganella morganii*, *Providencia*. Toutes ces espèces sont

naturellement résistantes à l'ampicilline et aux céphalosporines de 1ère génération par production de céphalosporinase chromosomique inducible.

#### **1.4.2. Les autres bacilles à Gram négatif aérobies non exigeants**

##### ➤ **Les bacilles à Gram négatif des genres *Pseudomonas* et *Acinetobacter***

Bacilles à Gram négatif des genres *Pseudomonas* et *Acinetobacter* ont beaucoup de points communs avec les entérobactéries. Ces espèces jouent un rôle important dans les infections nosocomiales et sont volontiers multirésistantes aux antibiotiques (résistance naturelle et acquise), ce qui en rend le traitement difficile. Les *Pseudomonas* sont *aérobies stricts*, *oxydase positif*, mobiles, produisant souvent des pigments diffusibles et naturellement résistants à de très nombreux antibiotiques.

#### **1.4.3. Bacilles gram négatif aéro-anaérobies :**

##### ➤ ***Vibrio cholerae***

L'habitat intestinal a été très longtemps considéré comme le seul habitat possible du vibron cholérique. Mais à partir de ce dernier, les vibrions peuvent être ensuite disséminés dans le milieu extérieur. Ils contaminent préférentiellement les estuaires, les étangs salés saumâtres, les eaux douces, les eaux de mer recevant un apport d'eau douce, les eaux polluées, les sols ainsi que certains aliments (huîtres, moules...etc). (Berche, 1994).

Les vibrions sont des bacilles à Gram négatif, incurvés, aérobies-anaérobies facultatifs, mobiles par un seul cil polaire. *Vibrio cholerae*, responsable du choléra, a été découvert en 1854 par PACINI à Florence et cultivé en 1883 par R. KOCH au Caire.

#### **Habitat**

*Vibrio cholerae* se trouve dans les selles des malades et de certains sujets (porteurs sains). Il survit dans les eaux polluées ainsi que sur les objets contaminés.

#### **1.4.4. Cocci Gram positif :**

##### **1) Staphylocoques**

###### **Définition**

Les bactéries du genre *Staphylococcus* sont des coques (cocci) à Gram positif, groupés en amas ayant la forme de grappes de raisin, immobiles, non sporulés, catalase positive et oxydase négative.

Parmi les 27 espèces du genre actuellement répertoriées, les principales sont *Staphylococcus aureus*, *S.epidermidis* et *S.saprophyticus*. L'espèce *S.aureus* sera prise comme type de description.

###### **Habitat**

*S.aureus* est un commensal de la peau et des muqueuses de l'homme et des animaux (rhino-pharynx, intestin). On le trouve sur la muqueuse nasale d'un tiers environ des sujets normaux. Éliminé dans le milieu extérieur, cette bactérie peut survivre longtemps dans l'environnement.

##### **2) Les streptocoques, entérocoques et pneumocoques**

Les bactéries des genres *Streptococcus* et *Enterococcus* sont des cocci à Gram positif, catalase négative, à métabolisme anaérobie. Le genre *streptococcus* rassemble les *streptocoques* sensu stricto et le *pneumocoque*. Le genre *Enterococcus* regroupe les streptocoques du groupe D, sauf *Streptococcus bovis*.

###### **Habitat**

Les streptocoques regroupent de nombreuses espèces. Certaines sont des parasites de l'espèce humaine (streptocoques des groupes A, C et G de LANCEFIELD), d'autres des commensaux de la muqueuse buccale (streptocoques du groupe B et streptocoques non groupables et non hémolytiques) ou de la muqueuse génitale (groupe B) ou de l'intestin (anciens streptocoques du groupe D ou entérocoques considérés maintenant comme faisant partie d'un genre à part, le genre *Enterococcus*).

D'autres encore sont des commensaux des animaux ou des saprophytes.

### 1.4.5. Dénombrement des coliformes

#### 1.4.5.1 Classification des coliformes.

■ Définition des coliformes : Le terme de « coliformes » ne correspond pas à une définition microbiologique stricte. Sous ce terme est regroupé un certain nombre d'espèces bactériennes appartenant en fait à la famille des Enterobacteriaceae et qui partagent certaines caractéristiques biochimiques.

La définition suivante a été adoptée par l'Organisation internationale de standardisation (ISO). Le terme « coliforme » correspond à des organismes en bâtonnets, non sporogènes, Gram négatifs, oxydase négatifs, facultativement anaérobies, capables de croître en présence de sels biliaires ou d'autres agents de surface possédant des activités inhibitrices de croissance similaires, et capables de fermenter le lactose (et le mannitol) avec production d'acide et d'aldéhyde en 48 heures, à des températures de 35 à 37 °C.

Le dénombrement de ces organismes à 35-37 °C est souvent désigné sous l'expression de « dénombrement des coliformes totaux ». Ainsi, les coliformes constituent-ils un rassemblement assez hétéroclite du point de vue taxonomique.

Mais leur étude est traditionnelle et les renseignements donnés par cet examen sont d'une certaine utilité dans le domaine de la santé publique.

Les coliformes comprennent entre autres les genres : *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Yersinia*, *Serratia*.

À la définition précédente des coliformes, il convient d'ajouter les trois définitions suivantes :

– Le terme de « coliformes fécaux » ou de « coliformes thermo-tolérants » correspond à des coliformes qui présentent les mêmes propriétés (caractéristiques des coliformes) après incubation à la température de 44 °C. Le groupe des coliformes fécaux comprend entre autres les espèces suivantes: *Citrobacter freundii*, *Citrobacter diversus*, *Citrobacter amalonaticus*, *Enterobacter aerogenes*, *Enterobacter cloacae*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Klebsiella oxytoca*, *Moellerella wisconsensis*, *Salmonella*, *Yersinia enterocolitica*.

– Le terme « *E. coli* présumé » correspond à des coliformes thermotolérants qui produisent de l'indole à partir de tryptophane, à 44 °C.

– Le terme « *E. coli* » correspond à des coliformes thermotolérants qui produisent de l'indole à partir du tryptophane et ont les caractères biochimiques propres à cette espèce.

Aujourd'hui la réglementation parle de recherche de coliformes totaux. On ne distingue pas les coliformes d'origine fécale des autres origines (telluriques, cliniques, etc.) et de *E. coli* (coliformes d'origine fécale).

#### **1.4.5.2. Dénombrement des *Enterococcus***

##### **➤ Classification. Intérêt et modalités de leur recherche**

Anciennement la législation parlait de « streptocoques fécaux ».

Sous cette dénomination générale, il faut entendre l'ensemble des streptocoques possédant la substance (acide teichoïque) antigénique caractéristique du groupe D de Lancefield, c'est-à-dire essentiellement : *Enterococcus*

*faecalis*, *E. faecium*, *E. durans*, *E. hirae*, *Streptococcus bovis*, *S. suis* et *S. equinus*. Ces streptocoques du groupe D sont généralement pris globalement en compte comme des témoins de pollution fécale, car tous ont un habitat fécal. On dit maintenant recherche des entérocoques intestinaux.

Les dénombrements des entérocoques présumés sont rarement effectués indépendamment des dénombrements de coliformes et coliformes thermotolérants présumés. Les méthodes sont analogues pour ces deux types d'indicateurs et seuls les milieux diffèrent. Il convient donc de se reporter pour le choix des méthodes et des prises d'essai aux indications données pour les coliformes (B-4.3). Toutefois, d'une façon générale, les concentrations en streptocoques fécaux sont, dans les milieux naturels autres que ceux spécifiquement pollués par le bétail, inférieures à celles des coliformes fécaux. Il faudra tenir compte de cette différence des concentrations (quel'on peut évaluer à un rapport de 1 à 2 ou 4) dans les choix des prises d'essai.

## **II. Méthodologie :**

### **II.1. Choix et description des sites d'étude :**

### **II.2. Etude analytique :**

Pour les 04 stations considérées 208 mesures physico-chimiques ; et 272 mesures bactériologiques ont été mise en œuvre.

La période d'échantillonnage à commencer à partir du mois Aout 2013 jusqu'au mois de Avril 2014. Quatre campagnes de prélèvement ont été effectuées pendant cette période.

#### **II.2.1. Techniques d'échantillonnage :**

L'échantillonnage dans cette étude été effectué saisonnièrement durant l'année. Le prélèvement a été effectué dans des flacons en matériau transparent, le remplissage de ces flacons ne doit pas se faire complètement afin de permettre un mélange efficace lors de l'agitation. L'analyse de l'échantillon s'est faite dans les quatre heures qui ont suivi le prélèvement.

Les échantillons sont recueillis dans des flacons en verre de 250ml soumis au préalable à un nettoyage rigoureux (lavage au détergeant, un bon rinçage à l'eau potable puis à l'eau distillée) puis à une stérilisation à 120°C à l'Autoclave (Fig.13) pendant 20min.

#### **II.2.2. Les caractéristiques physico-chimiques :**

#### **II.2.3. Analyse des échantillons :**

Une analyse unique a été faite pour chaque paramètre au niveau de chaque station considérée. L'absence de la répétition des différentes mesures est relative au manque de moyens du laboratoire d'accueil au niveau duquel notre étude a été mise en œuvre.



**Figure 13** : Photographie d'un autoclave.

**a. Appareillage et réactifs :**

**Appareillage :**

- o Les verreries ;
- o Multi-paramètres (WTW LF 179-S) ;
- o Conductimètre (WTW);
- o Dispositif de filtration sous vide ou sous pression ;
- o Disque filtrant en fibre de verre borosilicate, ne contenant aucun liant ;
- o Etuve de séchage, réglable à  $105 \pm 2^\circ\text{C}$  (memmert) ;
- o Balance analytique, précise à au moins 0,1 mg près (Sartorius BP 221S);
- o Support de séchage ;
- o Fioles Jaugées : de capacité 10 ml, 100 ml, 1000 ml ;
- o Pipettes à un trait : de capacité 1ml, 2ml, 5ml, 10ml, 20ml, 25ml, 50ml ;
- o Micropipette ou dilueurs ;
- o Béchers : de capacité 250 ml ;
- o Bain marie ;
- o Oxytop pour le dosage de  $\text{DBO}_5$  (WTW OXITOP BOX) ;

**Réactifs :**

- o Permanganate de potassium ;
- o L'oxalate de sodium ;
- o L'acide sulfurique ;
- o L'hydroxyde de potassium (NaOH).

**b. Mode opératoire**

- **Mesure de la : température, pH, TDS, salinité**

Pour la mesure de ces différents paramètres nous avons utilisé un Multi-paramètres (Fig.14).



**Figure 14 :** Photographie d'unMulti-paramètres.

### **Mode opératoire :**

- Mettre l'appareil sous tension.
- Laver soigneusement avec l'eau distillée l'électrode et la plonger dans le Bécher contenant l'échantillon.
- Lancer la mesure avec le bouton RUN ENTER, attendre que la valeur se stabilise.
- Noter le résultat :
  - La température (degré °C).
  - Le pH (unité pH).
  - Le TDS :Total solide dissous (mg/ l).
  - La salinité (‰).

- **Conductivité électrique**

### **Principe**

C'est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de  $1 \text{ cm}^2$  de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm (Rodier, 2009).

### **Mode opératoire**

- Mettre l'appareil "Conductimètre " (Fig.15) sous tension.
- Laver soigneusement avec l'eau distillée l'électrode et la plonger dans le Bécher contenant l'échantillon.
- Lancer la mesure avec le bouton RUN ENTER, attendre que la valeur se stabilise.
- Noter le résultat en ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ ).



**Figure 15 :** Photographie d'un conductimètre.

- **Matières en suspension (Méthode par filtration sur fibre de verre)**

**Principe :**

A l'aide d'un appareil de filtration sous vide ou sous pression, l'échantillon est filtré sur un filtre en fibre de verre. Le filtre est ensuite séché dans l'étuve (Fig.16) à 105 °C et la masse du résidu retenu sur le filtre est déterminée par pesée.



**Figure. 16 :** Photographie d'une étuve.

**Mode opératoire :**

- 1) Laissez l'échantillon jusqu' à ce qu'il atteigne la température ambiante.
- 2) Vérifier que la perte de masse du filtre est inférieure à 0,3 mg/l.
- 3) Laisser le filtre s'équilibrer en humidité à l'air ambiant, à proximité de la balance (Fig.17), ensuite le peser.



**Figure 17 :** Photographie d'une balance analytique.

Eviter de contaminer le filtre par des poussières, par exemple en utilisant un dessiccateur (Fig.18).



**Figure 18 :** Photographie d'un dessiccateur.

- 4) Placer le filtre, partie lisse en bas, dans l'entonnoir de l'appareil de filtration, et connecter le dispositif d'aspiration sous vide (ou sous pression).
- 5) Agiter vigoureusement le flacon et transférer immédiatement et d'un seul trait un volume convenable dans une éprouvette graduée. Choisir un volume d'échantillon de sorte que la masse du résidu sec déposé sur le filtre soit comprise dans la gamme optimale de dosage, soit entre 5 mg et 50 mg. Cependant éviter de prendre un volume d'échantillon supérieur à 1 litre.
- 6) Filtrer l'échantillon, puis rincer l'éprouvette graduée avec environ 20 ml d'eau distillée et utiliser cette portion pour le filtre. Rincer les parois internes de l'entonnoir avec une autre portion de 20 ml d'eau distillée.

Si l'échantillon contient plus de 1000 mg/l de matières dissoutes, laver le filtre avec 50 mld'eau distillée.

Note : la filtration s'effectue généralement en moins de 1 min.

- 7) Libérer le dispositif sous vide (ou sous pression) lorsque le filtre est pratiquement sec. Retirer le filtre de l'entonnoir à l'aide de pince à extrémités plates. Placer le filtre sur le support de séchage et le sécher dans l'étuve, le laisser s'équilibrer à l'air ambiant à proximité de la balance et le peser comme précédemment.

### Calcul :

$$p = \frac{1000 (b-a)}{V}$$

b : masse du filtre après filtration en milligramme.

a : masse du filtre avant filtration en milligramme.

V : volume d'échantillon en millilitre. (Tibreche, Boukhatem, 2006.)

- **Indice permanganate**

### Principe

Le test consiste à mesurer en milieu acide la quantité d'oxygène utilisée pour la réduction du permanganate de potassium par les matières oxydables contenues dans une eau.

### Mode opératoire

Le protocole se décompose en 4 étapes :

- acidifier l'échantillon et le porter à 98 °C,
  - ajouter le permanganate de potassium (solution titrée) et maintenir l'ébullition pendant 10 minutes,
  - après 10 minutes d'ébullition, ajouter de l'oxalate de sodium (solution titrée) en excès,
  - doser l'oxalate de sodium en excès pendant que la solution est encore chaude par une solution titrée de permanganate de potassium.
- Introduire une prise d'essai de 25 ml dans le flacon d'essai.
- Ajouter 5 ml d'acide sulfurique à 2 mol/L, mélanger avec précaution.

- Placer le récipient dans le système de chauffage (bain marie) pendant 10 min puis ajouter 5 ml de solution de permanganate de potassium 0,01 N. Noter l'heure.
- Au bout de 10 min, ajouter 5 ml de solution d'oxalate de sodium 0,01 N et attendre la décoloration de la solution.
- Titrer la solution encore chaude avec la solution de permanganate de potassium 0,01 N jusqu'à l'apparition d'une coloration rose pâle persistant environ 30 s.
- Noter le volume de solution de permanganate consommé, soit V1.

Parallèlement à l'essai, procéder à un essai à blanc dans les mêmes conditions mais sur 25 ml d'eau déionisée (eau distillée); soit V0 le volume de permanganate de potassium utilisé, V0 doit être inférieur à 0,3 ml.

#### • Vérification du titre de la solution de permanganate de potassium

Ajouter 5 ml de solution d'oxalate de sodium 0,01 N à la fin de l'essai à blanc. Si nécessaire, réchauffer la solution à 80 °C.

Titre avec la solution de permanganate de potassium jusqu'à l'apparition d'une coloration rose persistant environ 30 s ; soit V2, le volume utilisé.

Le titre t (ou normalité) de la solution de permanganate de potassium est alors :

$$t = \frac{5 \cdot 0,01}{V2}$$

Le titre t doit être très voisin de 0,01 N. Dans le cas contraire, vérifier la propreté du matériel. Si cette propreté n'est pas en cause, procéder à une nouvelle préparation des solutions titrées (oxalate et permanganate) (Rodier, 2009).

#### • Demande biochimique en oxygène (DBO<sub>5</sub>)

##### ■ Principe de la méthode manométrique :

Une quantité d'eau est versée dans une bouteille d'incubation de 300 ml, reliée à un manomètre à mercure ou fermée avec un bouchon muni d'un capteur de pression (oxytop). Le volume choisi est fonction de la gamme de mesure souhaitée. L'appareil de mesure, de type IS 602, est placé dans un réfrigérateur maintenu à 20°C. On suit ensuite, en fonction du temps, soit tous les jours pendant 5 jours pour la DBO<sub>5</sub>, la consommation d'oxygène, qui se traduit par une diminution de la pression d'air. On procède enfin à la correction de la mesure

par un facteur correctif qui dépend de la quantité d'échantillon prélevée et de la gamme de mesure souhaitée.

L'oxydation des matières organiques provoque la formation de  $\text{CO}_2$  qui sera piégé par une solution de NaOH. Ainsi il se développe une dépression dans la bouteille.

■ **Mode opératoire :**

- Mesurer la quantité désirée (cf. tableau : I Annexe) avec le ballon jaugé de trop-plein et verser dans la bouteille propre ;
- Introduire l'agitateur magnétique dans chaque bouteille ;
- Mettre 2 pastilles d'hydroxyde de potassium dans chaque bouchon intérieur (noir) avec deux pincettes ;
- Visser sans fermer hermétiquement le bouchon "oxytop" ;
- Mettre sur le système d'agitation à  $20^\circ\text{C}$  ;
- Laisser s'établir l'équilibre pendant 30 mn et fermer hermétiquement le bouchon ;
- Relever les valeurs après 5 jours "système oxytop" (Fig .19).



**Figure 19 :** Photographie d'un système Oxytop pour le dosage de  $\text{DBO}_5$ .

**Calcul :**

La valeur réelle est calculée comme suit :

$$\text{DBO}_5 (\text{mg O}_2/\text{l}) = \text{valeur lue} * \text{facteur. (Bensouilahet al. 2007).}$$

- **Oxygène dissous :**

- **Principe :**

La réduction de l'oxygène, au niveau d'une cathode convenable, engendre un courant proportionnel à la pression partielle d'oxygène dans la solution.

- **Mode opératoire :**

*Étalonnage de l'appareil*

Effectuer l'étalonnage selon les consignes figurant sur la notice de l'appareillage, soit en utilisant une solution saturée par barbotage, soit directement à l'air, puisque la pression partielle d'oxygène est la même dans l'air et dans un liquide saturé à 100 % d'air.

*Dosage proprement dit*

Effectuer le dosage directement en plongeant les électrodes dans l'eau à analyser. Comme toute méthode instrumentale, le résultat est étroitement lié au mode opératoire et il est nécessaire de se reporter à la notice d'utilisation de l'appareil utilisé.

La mesure étant basée sur une réduction de l'oxygène qui traverse la membrane, il conviendra en particulier de procéder à une agitation douce et régulière pendant la mesure, pour éviter l'épuisement de l'oxygène au voisinage de la membrane qui conduirait à une mesure erronée.

- **Principe :**

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

- **Mode opératoire :**

*Détermination du 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, ( $\text{pH} < 8,3$ )

Verser ensuite doucement l'acide dans la fiole à l'aide d'une burette, en agitant constamment, et ceci jusqu'à décoloration complète de la solution ( $\text{pH} 8,3$ ).

Soit  $V$  le volume d'acide utilisé pour obtenir le virage.

#### *Détermination du TAC*

Utiliser l'échantillon traité précédemment ou le prélèvement primitif s'il n'y a pas eu de coloration. Ajouter 2 gouttes de solution de vert de bromocrésol et de rouge de méthyle et titrer de nouveau avec le même acide jusqu'à disparition de la coloration bleu verdâtre et apparition de la couleur rose (pH 4,5). Le dosage doit être effectué rapidement pour réduire les pertes de

CO<sub>2</sub> qui pourraient entraîner une élévation du pH de virage (voir ci-dessus).

Soit  $V'$  le volume d'acide 0,02 N versé depuis le début du dosage.

- **Nitrates et nitrites :**

Dosage des nitrates : Méthode spectrophotométrique à l'acide sulfosalicylique (norme ISO 7890-3 et NF T90-045) : Principe : En présence de Salicylate de Sodium, les nitrates donnent du paranitrosalicylate de sodium, coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique. Etablissement de la courbe d'étalonnage : Le mode opératoire est donné en annexe. Mode opératoire : Introduire 10 ml d'eau à analyser dans une capsule de 60 ml. Alcaliniser faiblement avec la solution d'Hydroxyde de sodium, ajouter 1 ml de solution de Salicylate de sodium. Evaporer à sec dans une étuve portée à 75-80°C. Laisser refroidir. Reprendre le résidu par 2 ml d'acide Sulfurique concentré. Attendre 10 minutes, ajouter 15 ml d'eau bidistillée puis 15 ml de la solution d'Hydroxyde de sodium et de Tartrate double de sodium et de potassium qui développe la couleur jaune. Effectuer la lecture au spectromètre à la longueur d'onde de 420nm. Expression des résultats : Pour une prise d'essai de 10 ml, la courbe donne directement la teneur en nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) exprimée en mg/l d'eau.

- Les nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) :

Les nitrites constituent une étape importante dans la métabolisation des composés azotés. Ils s'insèrent dans le cycle de l'azote entre l'ammoniaque et les nitrates. Leur présence est due, soit à l'oxydation bactérienne de l'ammoniaque, soit à la réduction des nitrates. Ils ne représentent qu'un stade intermédiaire et sont facilement oxydés en nitrates, leur présence dans les eaux naturelles est faible. Une eau contenant des nitrites est à considérer comme suspecte car cette présence est souvent liée à une détérioration de qualité microbiologique (Rejesk, 2002).

**Dosage de nitrite :** Prendre 50 ml d'eau à analyser, ajouter 1 ml de solution de Sulfanilamide (réactif I) et mélanger. Laisser reposer 2 à 8 min, puis ajouter 1 ml de la solution N-Naphtyl-Ethylène-Diamine (Réactif II) et mélanger à nouveau. Attendre 10 min et effectuer les mesures au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 543 nm en cuve de 10 cm. (Aminotet *al*, 1982).

### 2.2.2.5.3. Eléments mineurs naturels :

#### □ L'ortho phosphate (PO<sub>4</sub><sup>-</sup>) :

Le phosphore est un élément assez rare mais indispensable à tous les êtres vivants. Il entre notamment dans les cycles énergétiques cellulaires. Comme l'azote, le phosphore est inclus dans un cycle naturel où les apports et les pertes sont limités. Il est assimilable par les êtres vivants sous forme oxydée (phosphates, hydrogénophosphates...) ou sous forme organique dans la nature, il provient essentiellement de la décomposition des cellules mortes qui sont minéralisées par les microorganismes pour donner des phosphates rapidement assimilés. Sa présence dans l'eau n'a pas de conséquences sanitaires, En revanche elle favorise la croissance des algues dès que l'eau est exposée à la lumière: phénomène d'eutrophisation.

Les organismes tels les cyanobactéries se développent de façon très rapide, participant à l'eutrophisation et provoquant parfois un phénomène appelé " bloom algal ou fleur d'eau" extrêmement néfaste à l'équilibre du milieu. La concentration maximale admissible en phosphore dans les eaux destinées à la consommation humaine est fixée à 5 mg/l. Origine de l'ortho phosphates : - Erosion des sols agricoles enrichis en phosphore (p sous forme particulaire). - Rejets d'assainissement, d'usines, de piscicultures (p dissous ou phosphate). (OMS, 2000). **Dosage de l'ortho phosphate (PO<sub>4</sub><sup>-</sup>) : Méthode colorimétrique : Principe :** Les ions orthophosphates en solution acide (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) et en présence de molybdate d'ammonium forment un complexe phosphomolybdique qui, réduit par l'acide ascorbique, donne un complexe de molybdène fortement coloré en bleu. Le développement de la coloration est accéléré par l'utilisation d'un catalyseur le tartrate double d'antimoine et de potassium. (Rodier, 1996). **Etablissement de la courbe d'étalonnage :** Le mode opératoire est donné en annexe. **Mode opératoire :** Introduire à l'aide d'une pipette, 20 ml d'eau à analyser préalablement filtrée dans une fiole jaugée de 25 ml. Ajouter 1 ml de la solution d'acide ascorbique et 4 ml de réactif molybdique. Attendre 30 minutes la stabilisation de la coloration

et effectuer les mesures au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 700 nm en cuve de 1 cm.

**Expression des résultats :**

La courbe donne la teneur en phosphate, exprimée en milligrammes pour la prise d'essai.

**II.2. 4. Analyse bactériologique des échantillons:**

L'objectif de l'analyse bactériologique d'une eau n'est pas d'effectuer un inventaire de toutes les espèces présentes, mais de rechercher soit celles qui sont susceptibles d'être pathogènes soit, ce qui est souvent plus aisé, celles qui les accompagnent et qui sont en plus grand nombre souvent présentes dans l'intestin des mammifères et sont par leur présence indicatrices d'une contamination fécale et donc des maladies associées à la contamination fécale. On peut noter que l'absence de contamination fécale ne laisse en rien présager l'absence d'espèce potentiellement pathogène (exemple : légionelles, pseudomonas...) (Rodier, 2009).

**a. Méthode générale de dénombrement en milieu liquide par détermination du nombre le plus probable (NPP) : Colimétrie.**

▪ **Principe de la méthode :**

Les résultats analytiques de la qualité bactériologique de l'eau de rivière, à raison de 3 germes recherchés pour chaque station retenue au cours de 03 mois.

La recherche et le dénombrement des coliformes totaux, des coliformes fécaux et des streptocoques fécaux est réalisée par une méthode basée sur le test de fermentation des tubes multiples, afin de déceler le NPP (Nombre le Plus Probable) de germes dans 100ml d'échantillon, et ce par incubation en milieux liquides. Cette méthode est préconisée par l'unité de coordination du Plan d'Action pour la Méditerranée (PAM). (In Mouffok, 2001).

▪ **Appareillage de laboratoire :**

La recherche et le dénombrement des germes recherchés nécessitent :

Pipettes Pasteur ;

Des portoirs ;

Etuve ;

Table NPP de Mac Crady (Annexe).

▪ **Milieux de culture :**

La recherche et le dénombrement des germes recherchés nécessitent :

Milieu lactosé au pourpre de bromocrésol (BCPL) double concentré (D/C) et simple concentré (S/C) muni de cloche de Durham ;

Milieu indole mannitol (Schubert) muni d'une cloche de Durham ;

Réactif d'ErlischKovaks ;

Pour la recherche des streptocoques fécaux ;

Bouillon à l'azide de sodium (Bouillon de Rothe) double concentré (D/C) et simple concentré (S/C) ;

Bouillon à l'éthyle violet et azide de sodium (Eva).

▪ **Mode opératoire :**

Cette recherche est identique à la colimétrie des eaux de boisson, elle consiste à déceler les germes et à dénombrer les germes coliformes et parmi eux, les coliformes fécaux, (notamment *E. coli*), dont seule l'origine fécale est certaine.

**Recherche des coliformes totaux :**

La recherche des coliformes comporte deux phases de tests ; l'une est représentée par le test présomptif et l'autre par le test confirmatif.

**1. Test présomptif :**

Pour ce test nous utilisant le milieu BCPL D/C et S/C et tous les tubes sont munis de cloche de Durham pour déceler le dégagement éventuel de gaz dans le milieu.

Par souci d'économie du milieu, nous avons travaillé avec une série de 3 tubes.

Nous avonsensemencé :

Trois tubes de BCPL à D/C avec 10ml de l'échantillon

Trois tubes de BCPL à S/C avec 1ml de l'échantillon

Trois tubes de BCPL à S/C avec 0.1ml de l'échantillon

Les tubes sont agités pour une homogénéisation avec la précaution de ne pas faire pénétrer d'air dans la cloche de Durham. La lecture se fait après 48h d'incubation dans une étuve à 37°C. Tous les tubes présentant un aspect trouble de couleur jaune et du gaz dans la cloche,

sont considérés comme positifs, c'est à dire contenant des coliformes totaux. Nous avons noté le nombre de tubes positifs dans chaque série et nous nous sommes reportées aux tables du NPP (Tableau. 1 en Annexe.1) pour obtenir le nombre de coliformes totaux présents dans 100ml d'échantillon.

## **2. Test confirmatif :**

A partir de chaque bouillon BCPL positif pour la recherche de coliformes totaux, nous avonsensemencé 5 à 6 gouttes dans un tube de milieu de Schubert muni d'une cloche de Durham.

Après incubation de 24h dans une étuve à 44°C, tous les tubes présentant une culture (trouble bactérien), du gaz dans la cloche et une réaction indole positive (anneau rouge cerise en surface) après addition de quelques gouttes du réactif d'ErlichKovacs, sont considérés comme positifs, c'est à dire comme contenant des coliformes fécaux dans 100ml d'eau et particulièrement comme contenant *E. coli*.

Nous avons noté le nombre de tubes positifs dans chaque série et nous nous sommes reportées aux tables du NPP pour obtenir le nombre de coliformes fécaux présents dans 100ml d'échantillon.

### **➤ Recherche des streptocoques fécaux :**

Les streptocoques sont généralement pris globalement en compte comme des témoins de pollution fécale car tous, ont un habitat fécal ; cependant, leur spécificité ne serait pas identique pour toutes les espèces. Comme pour les coliformes totaux, la recherche des streptocoques fécaux comporte deux phases de tests ; l'une présomptive et l'autre confirmative.

## **1. Test présomptif :**

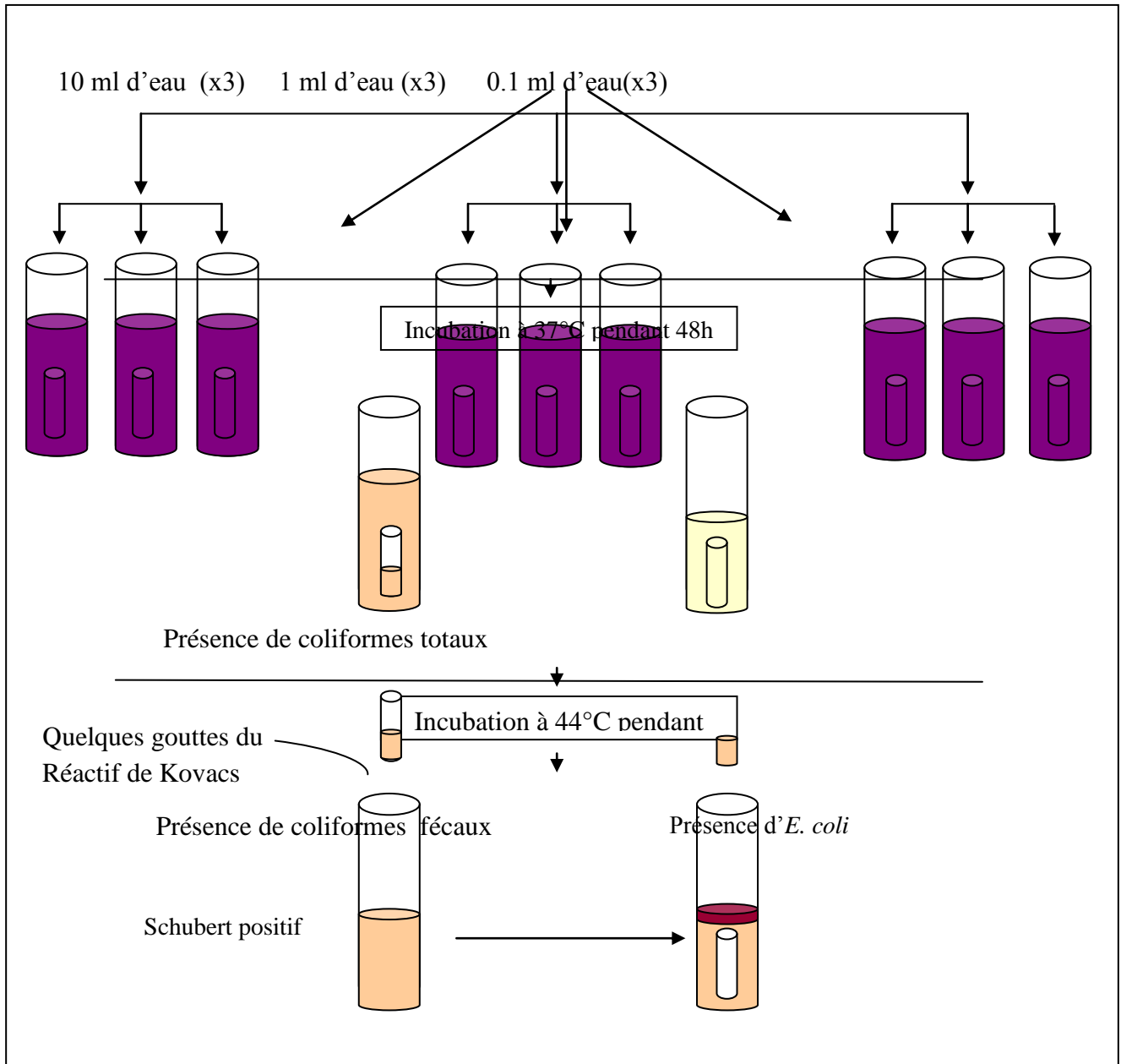
Pour ce test nous utilisant le milieu Rothe D/C et S/C. Par souci d'économie du milieu,

Nous avons travaillé avec une série de 3 tubes. Nous avonsensemencé :

Trois tubes de Rothe à D/C avec 10ml de l'échantillon.

Trois tubes de Rothe à S/C avec 1ml de l'échantillon.

Trois tubes de Rothe à S/C avec 0.1ml de l'échantillon.



**Figure 20:** Schématisation de la recherche et du dénombrement des coliformes (Colimétrie).

Les tubes sont agités pour une homogénéisation. La lecture se fait après 48h d'incubation dans une étuve à 37°C. Tous les tubes présentant une louche microbienne sont considérés comme pouvant contenir des streptocoques fécaux et ils sont obligatoirement soumis au test confirmatif. Nous avons noté le nombre de tubes positifs dans chaque série.

## 2. Test confirmatif :

Après agitation, à partir de chaque milieu de Rothe positif, nous avonsensemencé 5 à 6 gouttes dans un tube du bouillon Eva.

Après incubation de 24h dans une étuve à 37°C, tous les tubes présentant une culture et un jaunissement, sont considérés comme positifs.

Nous avons noté le nombre de tubes positifs dans chaque série et nous nous sommes reportées aux tables du NPP pour obtenir le nombre de streptocoques fécaux présents dans 100 ml d'échantillon.

## Expression des résultats :

Les résultats sont exprimés sous la forme suivante :

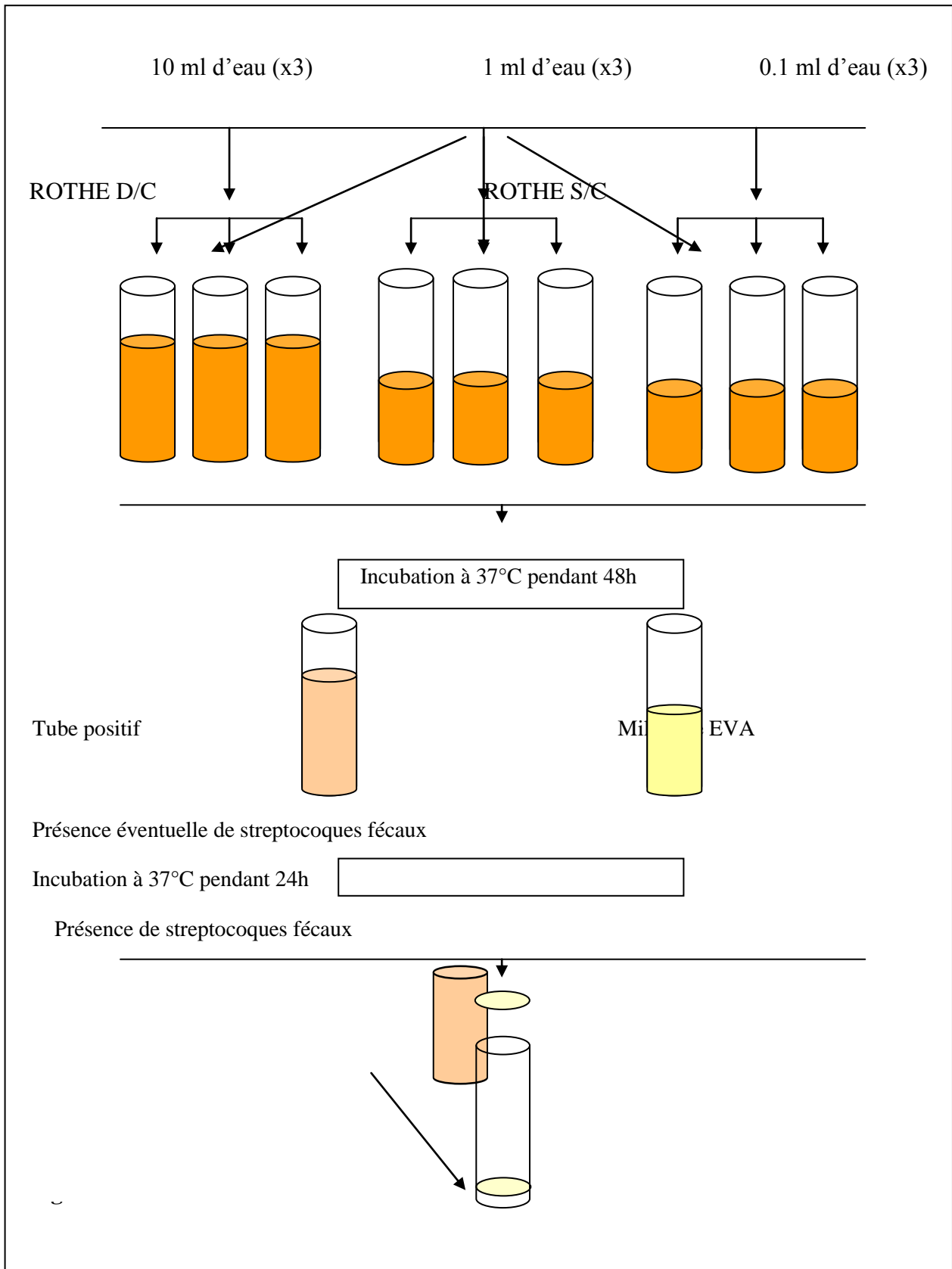
Nombre le Plus Probable de coliformes totaux/ 100ml d'échantillon.

Nombre le Plus Probable de coliformes fécaux/ 100ml d'échantillon.

Nombre le Plus Probable de streptocoques fécaux/ 100ml d'échantillon.

Les streptocoques fécaux possèdent la substance antigénique caractéristique du groupe D de Lance Field, c'est à dire : *Streptococcus faecalis*, *S. faecium*, *S. durans*, *S.bovis*, *S. equinus*. Ces streptocoques du groupe D sont généralement pris globalement en compte comme des témoins de pollution fécale.

Selon Bourgeois (1980) lorsque le rapport, coliformes fécaux (CF)/ Streptocoques fécaux (SF) est supérieur à 1, la pollution est essentiellement d'origine humaine, dans le cas inverse, la contamination est d'origine animale.



**Figure 21: Schématisation de la recherche et du dénombrement des streptocoques fécaux.**

**b. après ensemencement sur (ou dans) une gélose nutritive :**

Ce sont les plus anciennes, la culture sur milieu solide (gélose) permet le dénombrement de colonies spécifiques avec des repiquages possibles pour des identifications ultérieures plus précises. On la pratique surtout pour le dénombrement des germes mésophiles viables ou revivifiables à 22°C et 37°C(Thomas, 1995).

**NB :** On a utilisé comme milieu solide la gélose nutritive (milieu non sélectif) et milieu Chapman (milieu sélectif pour les *Staphylococcus*).

▪ **Principe :**

Dans ce type de méthodes, les bactéries maintenues dispersées dans un milieu solide (ou à sa surface), donnent naissance, dans des conditions favorables, à des colonies isolées les unes des autres qui, de ce fait, peuvent être directement comptées.

Parfois, la sélectivité du milieu est telle que le premier dénombrement répond immédiatement au but de l'analyse ; le plus souvent les colonies dénombrées (ou une partie d'entre elles) ne sont que « présumées » appartenir au groupe recherché. Il est alors nécessaire, en principe, de repiquer sur des milieux confirmatifs toutes les colonies suspectes. Il existe deux types de dénombrement sur milieu solide :

- les méthodes par incorporation de la prise d'essai dans la gélose ;
- les méthodes par étalement en surface de la prise d'essai(Rodier, 2009).

**1. Technique générale des dilutions :**

▪ **Principe :**

Prendre trois tubes stériles numérotés de 1 à 3, contenant chacun 9 ml d'eau distillée stériles.

▪ **Appareillage :**

- Bec Bunsen ;
- Portoirs pour tubes à essai ;
- Tubes à essai ;
- Pipettes Pasteur.

▪ **Mode opératoire :**

Agiter vigoureusement l'échantillon d'eau à analyser afin d'obtenir une suspension homogène des bactéries, puis :

- prélever 1 ml de l'échantillon avec une pipette de 1 ml stérile (sans introduire la pipette, dans la suspension mère, de plus de 1 cm) et mélanger à 9 ml de milieu pour dilution (tube n°1) pour obtenir une dilution au 1/10 ;
- transférer 1 ml de la dilution au 1/10 dans 9 ml de milieu de dilution (tube n° 2) ; agiter la dilution au 1/100 ;
- transférer 1 ml de la dilution au 1/100 dans 9 ml de milieu de dilution (tube n° 3) ; agiter la dilution au 1/1000.

Les dilutions sont, en général, arrêtées au 1/1000 ; mais continuer, si cela est nécessaire (dans le cas des eaux résiduaires).

**NB :** Dans notre cas, la dilution est arrêtée à 1/100000.

**2. Ensemencement :**

L'ensemencement est réalisé à l'aide d'une anse de platine par stries.

**3. Test de la catalase :**

Le matériel bactérien prélevé est mis dans goutte de peroxyde d'hydrogène (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>). La présence de la catalase s'exprime par un dégagement gazeux (Daffri, 2008).

**4. Dénombrement :**

Dénombrer avec compteur de colonies (Fig. 13) les colonies dans les boîtes de Pétri ne contenant pas plus de 300 colonies.

Exprimer le nombre d'unités formant colonies (UFC/ml) à 22°C et à 36°C. S'il n'y a pas de colonies dans la boîte ensemencée avec l'échantillon d'eau non diluée, indiquer (non détecté dans 1 ml d'eau) ; s'il y a plus de 300 colonies dans les boîtes préparées avec les plus grandes dilutions, noter (> 300 ou valeurs approximatives)(Delarras, 2010).



**Figure 22 :** Photographie du compteur de colonies.

## 5. Techniques d'examens microscopiques :

### ▪ Etat frais :

Il permet l'observation des bactéries vivantes et la détermination de leur morphologie, de leur mode de groupement, de leur mobilité éventuelle et de la quantité approximative de bactéries. Pour l'appréciation de la mobilité, il parfois nécessaire de recourir au test de la mobilité bactérienne ; il peut être réalisé en milieu mannitol mobilité nitrate ou en milieu SIM.

### ▪ Technique :

Prendre une lame propre nettoyée avec un coton imbibé d'alcool à 95 :

- Dans le cas d'une culture en milieu liquide (bouillon), déposer sur la lame une goutte de cette culture, à l'aide d'une pipette Pasteur stérile ou un inoculum avec une anse de platine ;
- Dans le cas d'une culture en milieu solide (gélosé) en tube ou sur boîte de Pétri, déposer tout d'abord sur la lame une goutte d'eau distillée stérile ou d'eau physiologique stérile, puis apporter et dissocier dans l'eau un inoculum bactérien ;
- Recouvrir d'une lamelle, puis luter la préparation avec de la paraffine ou de la vaseline ;
- Observer au microscope optique (Fig.23) à l'objectif x 40 ou x 60. Pour mettre en évidence certains détails de structure, l'objectif x 100 à l'immersion doit être utilisé.



**Figure23** :Photographie d'unmicroscope optique.

▪ **Coloration de Gram :**

• **Principe :**

Sur le frottis bactérien préparé, le premier colorant, le cristal violet oxalaté, va colorer en violet les bactéries, puis le Lugol (solution iode-iodurée) libère de l'iode qui va fixer le colorant précédent.

Un complexe iode-cristal violet se forme ; il sera solubilisé par l'alcool à 95°C lors de la phase de décoloration, uniquement pour les bactéries à Gram<sup>-</sup>.

Le deuxième colorant, dit de contraste, la safranine, va colorer en rose les bactéries à Gram<sup>-</sup> ; les bactéries à Gram<sup>+</sup>, non décolorées par l'alcool, ont conservé leur couleur violette.

La division du monde bactérien en deux groupes (Gram<sup>+</sup> et Gram<sup>-</sup>) est principalement liée à une différence de structure chimique des parois cellulaires des bactéries.

**C. L'identification des bactéries par la galerie biochimique API 20 E :**

**Principe :**

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

**Réactifs et matériel nécessaires :**

➤ **Réactifs :**

- API 20 E coffret de réactifs ou réactifs individuels : TDA ; VP 1 + VP 2.
- Indole.
- Covaxe.
- Huile de paraffine.

➤ **Matériel :**

- Pipette.
- Protège – ampoule.
- Portoir pour ampoules.
- Equipement général de laboratoire de bactériologie.
- Logiciel pour l'identification des germes (Joffin 2005).

**Mode opératoire :**

• **Préparation de la galerie :**

- Réunir fond et couvercle d'une boîte d'incubation.
- Inscrire la référence de la souche sur la languette latérale de la boîte . (ne pas inscrire la référence sur le couvercle ; celui-ci pouvant être déplacé lors de la manipulation).
- Sortir la galerie de son emballage.
- Placer la galerie dans la boîte d'incubation.

• **Préparation de l'inoculum :**

- Ouvrir une ampoule d'eau distillée de 10 ml.
- A l'aide d'une pipette ; prélever une seule colonie bien isolée sur milieu gélosé.
- Réaliser une suspension bactérienne en homogénéisant soigneusement les bactéries dans le milieu.

• **Inoculation de la galerie :**

Introduire la suspension bactérienne dans les tubes de la galerie à l'aide d'une pipette ( pour éviter la formation de bulles au fond des tubes , poser la pointe de la pipette sur le côté de la cupule , en inclinant légèrement la boîte d'incubation vers l'avant) :

Pour tests CIT, VP et GEL remplir tube et cupule. Pour les autres tests remplir uniquement les tubes (et non les cupules).

La lecture de résultats se fait à l'aide du tableau de lecture et l'identification est obtenu à l'aide du Catalogue Analytique ou d'un logiciel d'identification (Murray *et al.* 2003).

# Chapitre II

### II. Résultats et discussion :

Afin d'étudier la qualité de l'eau des quatre plans d'eau de la région de Collo (wilaya de Skikda) quatre sorties (Aout, Novembre, Février et Avril) ont été réalisées pendant toute l'année 2013-2014, soit une campagne par saison. Les analyses ont concernés principalement la détermination de la qualité physico-chimique (dosage des éléments majeurs et des éléments nutritifs) et bactériologique de l'eau (dénombrement et recherche des microorganismes pathogènes et non pathogènes).

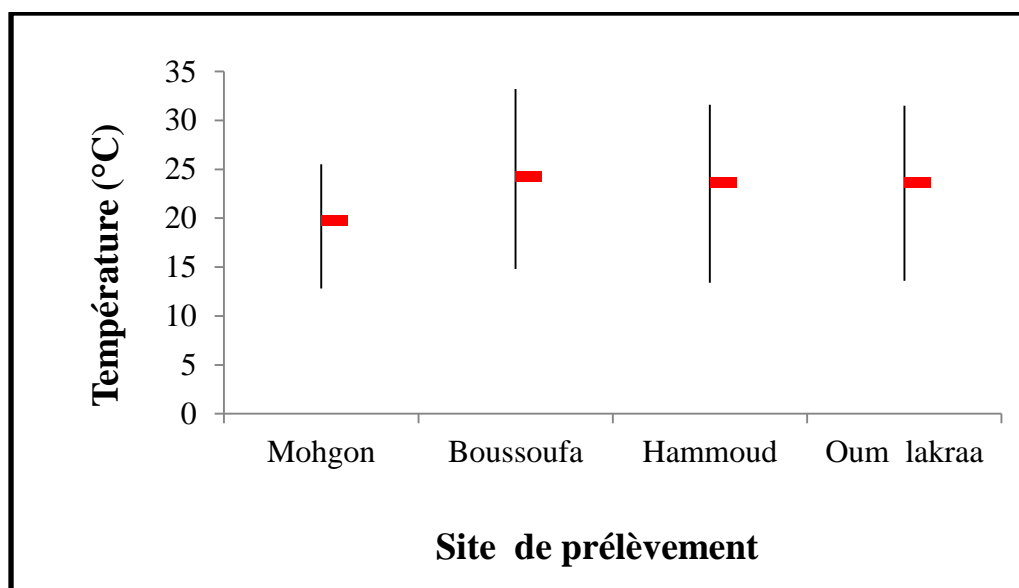
#### II. 1. Les paramètres physico-chimiques :

##### ➤ La température :

La température est une mesure momentanée, elle dépend de l'heure et du lieu de prélèvement. Les températures observées au niveau des quatre sites sont peut variés (Fig.24). D'une manière générale, au niveau de tous les sites la température fluctue entre 12,8 et 33,2°C. On constate que ces valeurs moyennes ne dépassent pas la valeur maximale admissible (VMA : 30°C) par la réglementation en vigueur (décret exécutif N° 06/141 du 19/04/06 – J.O : n° 46). Ces températures sont proches de la température atmosphérique à raison de la profondeur de l'eau par rapport à la surface du sol.

Considéré comme un facteur limitant qui contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne la répartition de la totalité des espèces et des communautés des êtres vivants dans la biosphère (Ramade, 2009), la température varie en fonction des saisons (Ozenda, 1982 in Zouaidia, 2003). C'est un facteur écologique très important qui a une grande influence sur les propriétés physico-chimiques des écosystèmes aquatiques (**Ramade, 1993**). Elle conditionne les possibilités de développement et la durée du cycle biologique des espèces aquatiques. (**Angelier, 2003**).

L'élévation de la température s'accompagne toujours d'une modification de la densité, d'une réduction de la viscosité, d'une augmentation de la tension de vapeur saturante à la surface (évaporation) et d'une diminution de la solubilité de l'oxygène. (**Bremond et Vuichard, 1973**).



**Fig 24 : Evolution de la température dans les eaux des sites étudiés.**

Selon la grille d'appréciation de la qualité générale de l'eau de rivières (Masson, 1988), l'eau de ces sites est de qualité médiocre et mauvaise pendant les prélèvements du mois d'aout et denovembre, etde qualité normale à bonne variée pendant les mois de février et avril(Tab.17).

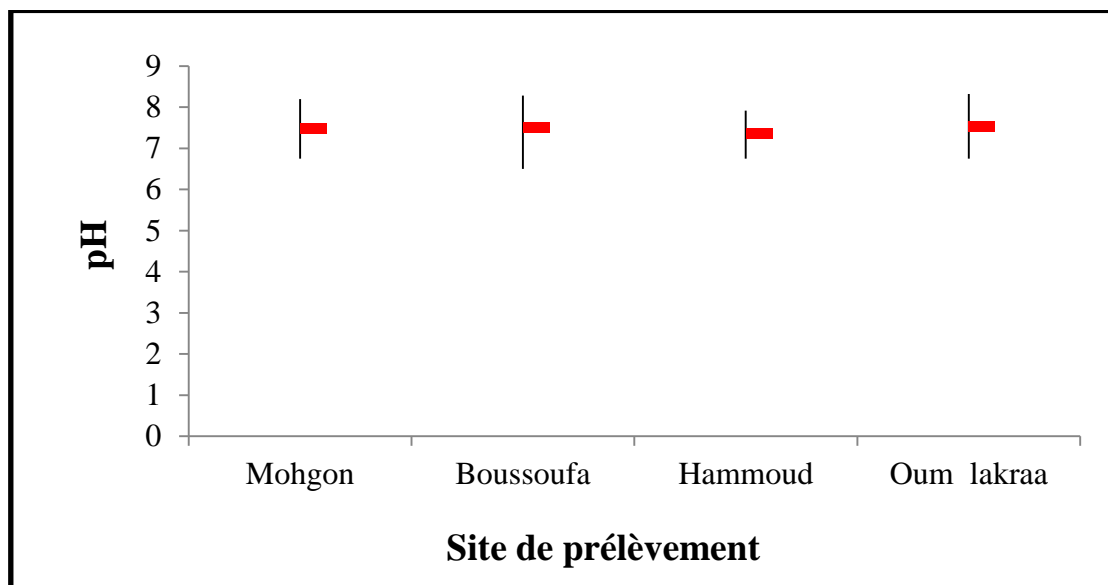
**Tab. 17. Grille d'appréciation de la qualité de l'eau en fonction de la température(Monod, 1989).**

Température	Qualité	Classe
<20°C	Normale	1A
20°C-22°C	Bonne	1B
22°C-25°C	Moyenne	2
25°C-30°C	Médiocre	3
>30°C	Mauvaise	4

### ➤ Le potentiel d'hydrogène (pH) :

Le pH des eaux naturelles est lié à la nature des terrains traversés. Il donne une indication sur l'acidité ou l'alcalinité d'une eau. Selon la figure 25, nous observons que les quatre sites étudiés présentent des pH neutres à alcalins. On constate que ces valeurs ne dépassent pas la valeur limite (8.5). Ceci dit, ces valeurs permettent selon les critères de qualité présentés par Rodier (1996), de classer les eaux des sites étudiées dans la catégorie des eaux favorables à la reproduction et au développement de la plupart des espèces aquatiques.

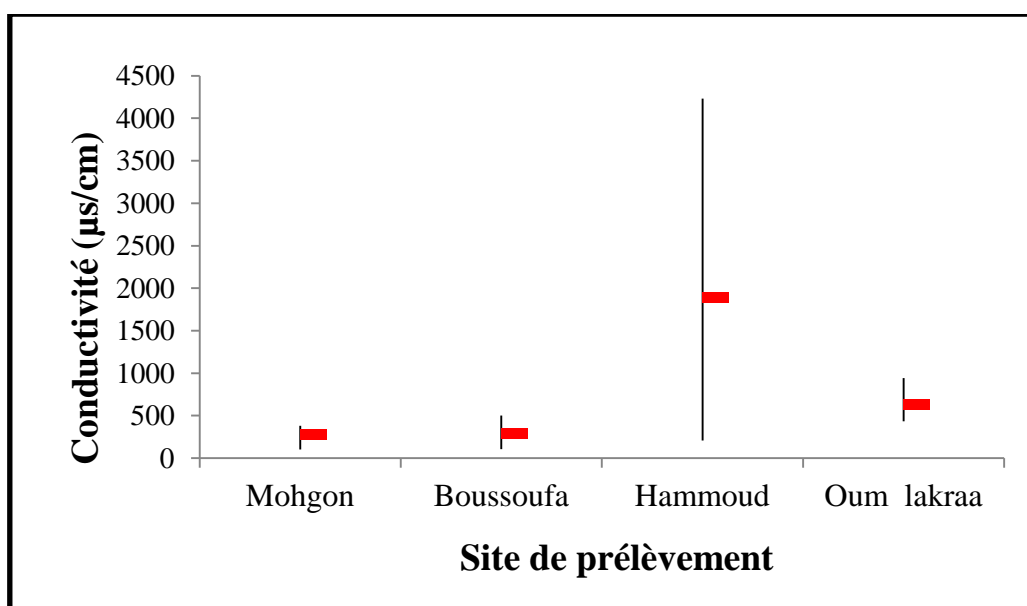
Le pH représente le degré d'acidité ou d'alcalinité du milieu aquatique. Le pH des écosystèmes aquatiques est utilisé comme paramètre substitut pour représenter les relations complexes entre la chimie de l'eau et les effets biologiques (**Jessrieset al., 1998; Benlatrech et Benslimen, 2002**).



**Fig 25: Evolution du pH dans les eaux des sites étudiés.**

### ➤ La conductivité électrique :

La mesure de la conductivité permet d'estimer le degré de minéralisation d'un échantillon. Selon la figure 26, les résultats obtenus pour les quatre stations exigent des valeurs ne dépassent pas la norme en vigueur qui est de 3000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (décret exécutif n° 06/141 du 19.04.2006), sauf pour la station Hammoud durant la saison estivale ce qui est du probablement aux phénomènes de l'évapotranspiration. Ce qui peut être expliqué par une minéralisation plus au moins forte des matières organiques. Selon Billenet *al.*, (1999), cette minéralisation étant essentiellement le fait des bactéries hétérotrophes.



**Fig 26 : Evolution de la Conductivité électrique dans les eaux des sites étudiés.**

D'après la grille de la qualité des eaux de rivières (Tab.18) (Monod, 1989), l'eau des sites étudiés est selon la période de prélèvement passable - bonne à médiocre.

**Tab. 18. Qualité des eaux en fonction de la conductivité électrique.**

Conductivité électrique ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Qualité des eaux	Classe
$\text{CE} < 400$	Bonne	1A
$400 < \text{CE} < 750$	Bonne	1B
$750 < \text{CE} < 1500$	Passable	2
$1500 < \text{CE} < 3000$	Médiocre	3

**Tab. 19. Relation entre la conductivité et la minéralisation (Detay, 1993).**

<b>Conductivité en <math>\mu\text{s}/\text{cm}</math>, à 20 °C</b>	<b>Minéralisation</b>
Inférieure à 100	Eau de minéralisation très faible (terrain granitique)
Comprise entre 100 et 200	Eau de minéralisation faible
Comprise entre 200 et 400	Eau de minéralisation peu accentuée
Comprise entre 400 et 600	Eau de minéralisation moyenne (terrain calcaire)
Comprise entre 600 et 1000	Eau de minéralisation importante
Supérieure à 1000	Eau de minéralisation excessive

D'après le tableau, les eaux étudiées sont à minéralisation faible (Boussoufa et Mohgon) durant les mois d'août et peu accentuées, moyenne à importante pendant les mois de novembre, février et avril. On remarque que le site Hammoud représente une minéralisation excessive durant les mois d'août et d'avril.

### ➤ Total solide dissous TDS :

Selon la figure 27, et en comparant les résultats pour les quatre sites, on constate que la valeur du site Hammoud est la plus élevée ce qui veut dire qu'elle présente une forte concentration des substances dissoutes dans l'eau.

Le taux des sels dissous augmente par le lessivage pendant la saison pluvieuse et d'une manière générale, les teneurs de sels dissous varient en fonction des saisons de la même manière que la conductivité électrique.

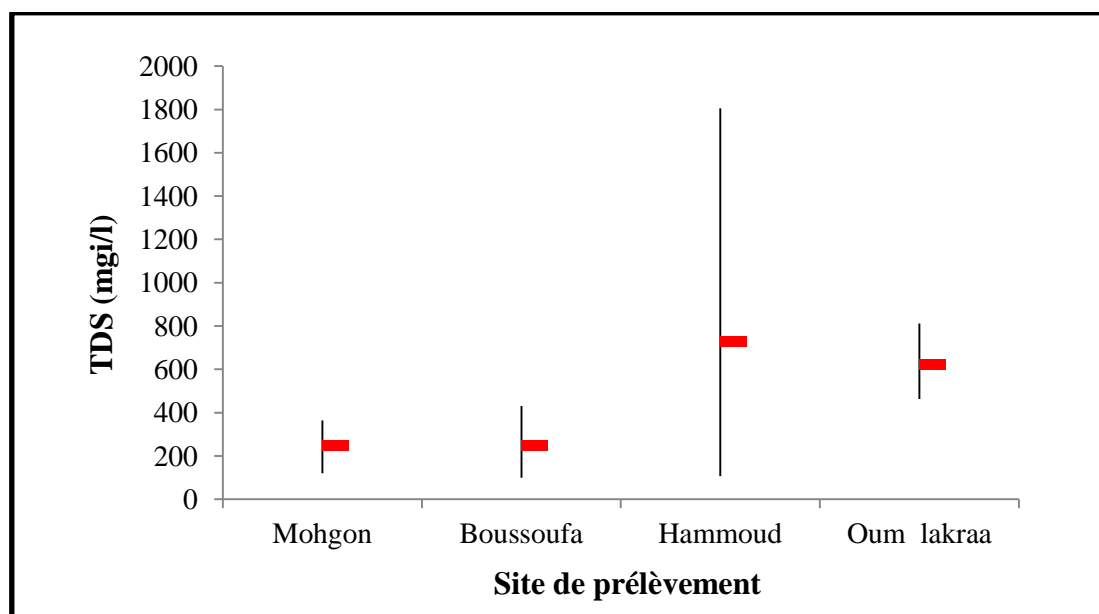
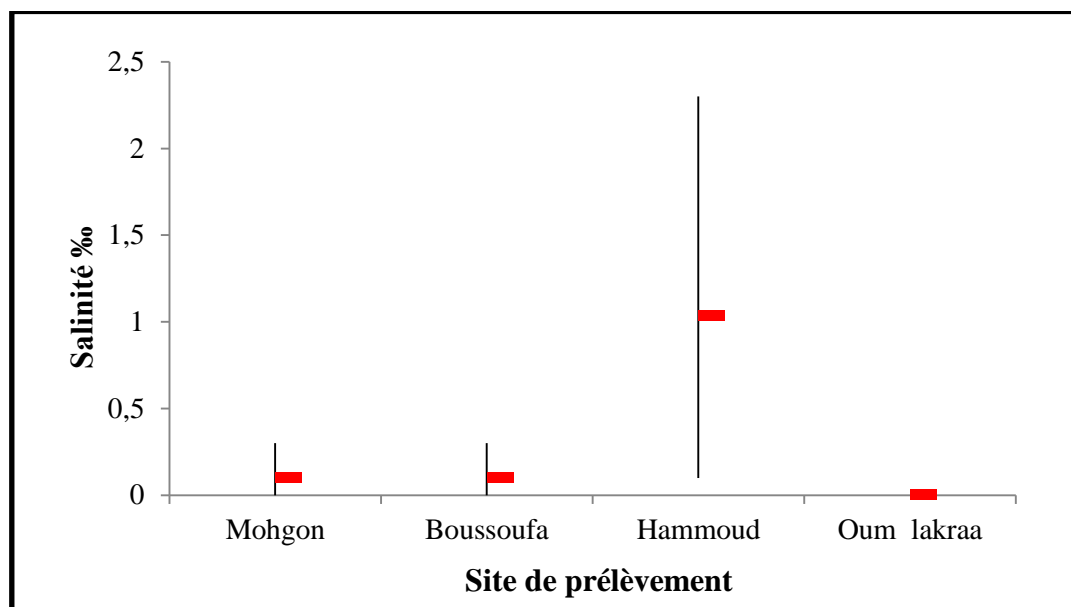


Fig 27 : Evolution du TDS dans les eaux des sites étudiés.

### ➤ La salinité :

Les valeurs enregistrées pour la salinité au niveau des quatre sites sont considérées comme normales pour les eaux douces (Fig. 28). Cependant, le site Hammoud est caractérisé par une certaine salinité révélée surtout par la présence des héliophytes tels le *Tamarix gallica*.

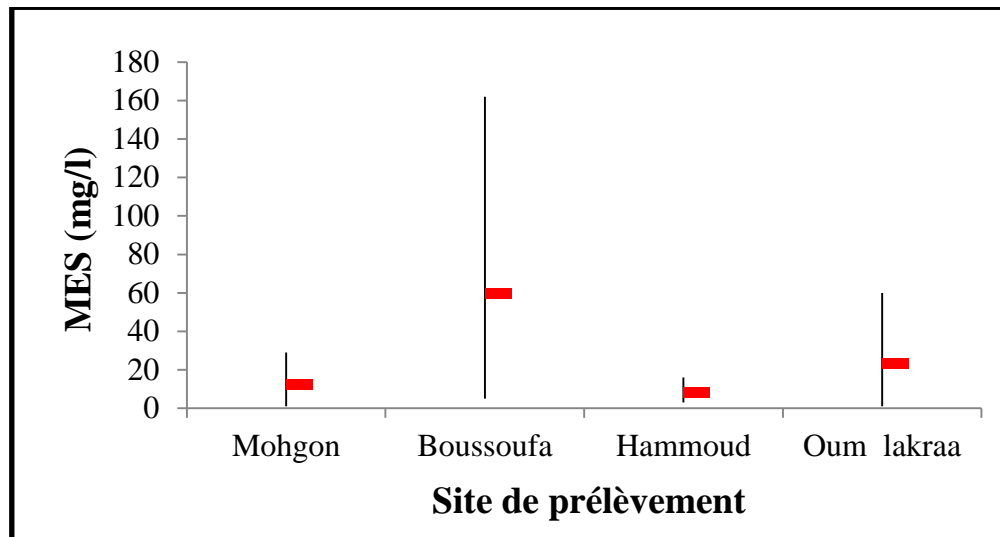


**Fig 28: Evolution de la salinité dans les eaux des sites étudiés.**

### ➤ **Matières en suspension (MES) :**

Selon la figure 29 les teneurs en matières en suspension restent inférieures à la valeur considérée comme normale et qui est de 35 mg/l sauf pendant la saison estivale où les valeurs sont assez élevées par rapport aux normes nationales. En comparant les résultats des quatre sites, le site Boussoufa affiche la valeur la plus élevée. Ces teneurs élevées peuvent empêcher la pénétration des rayons solaires, diminuer le taux d'oxygène dissous et limiter alors le développement de la vie aquatique ; l'asphyxie des poissons, par colmatage des branchies est souvent observée (Gaujous, 1995).

D'une manière générale, les matières en suspension interviennent dans la composition de l'eau par leurs effets d'échanges d'ions ou d'absorption, aussi bien sur les éléments chimiques à l'état de traces que sur les micro-organismes.



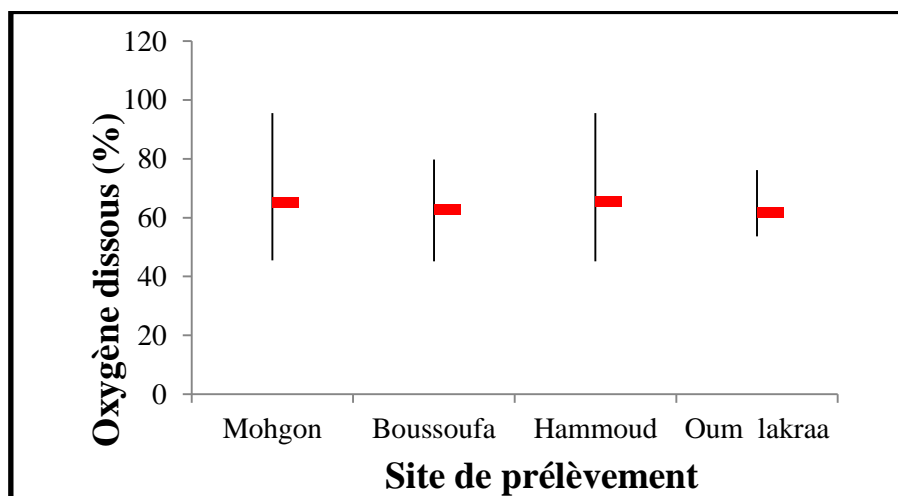
**Fig 29 : Evolution des matières en suspension (MES) dans les sites étudiées.**

### ➤ **Oxygène dissous :**

La solubilité de l'oxygène dans l'eau dépend essentiellement de la température ambiante de l'eau. Les taux de saturation en oxygène dissous ( $O_2$ ) sont d'une manière générale comprises entre 45,1 et 95,6 %. Ces teneurs expriment une forte activité de photosynthèse. Ces eaux sont classées entre passable, bonne à excellent (recommandation de l'OMS 1994).

L'oxygène représente environ 35% de gaz dissous dans l'eau. Il a une importance primordiale dans les eaux de surface puisqu'il conditionne les processus d'autoépuration et de préservation de la vie aquatiques (Gaujous, 1995). La saturation en oxygène de l'eau est assurée par les échanges gazeux entre l'eau et l'atmosphère à travers l'interface air-eau. Plus

la température de l'eau est faible, plus la solubilité de l'oxygène est importante (Leynaud, 1980).



**Fig 30 : Evolution de l'Oxygène dissous dans les sites étudiés.**

**Tab 20 : Grille de qualité des eaux en fonction du pourcentage de saturation en oxygène dissous. (Masson, 1988).**

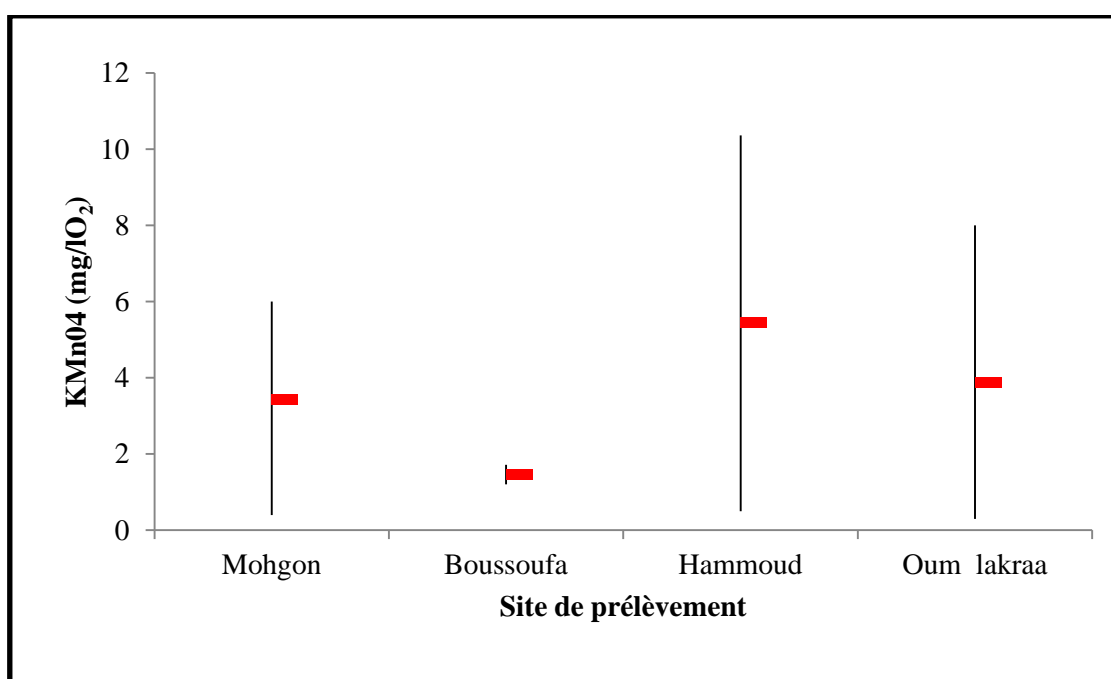
% de saturation en oxygène dissous	Qualité
91 à 110	Excellente
71 à 90	Bonne
51 à 70	Passable
31 à 50	Mauvaise
>130	Très mauvaise

Durant les mois d'août et de novembre, l'eau est de qualité mauvaise à passable. Durant le mois de février, l'eau est de qualité bonne (pour les sites de Boussoufa et d'Oum Lakraa) à excellent (pour les sites de Mouhgon et de Hammoud). L'eau pendant le mois d'avril est de qualité passable.

### ➤ **Indice permanganate :**

La détermination des  $\text{KMnO}_4$  est utilisée essentiellement pour juger la qualité des eaux naturelles et superficielles. Le dosage des  $\text{KMnO}_4$  nous a permis d'avoir une relation avec les résultats de la  $\text{DBO}_5$  obtenus pendant la même période de prélèvement.

Les résultats obtenus pour l'indice permanganate au niveau des quatre sites (Fig. 31) nous donnent des taux ne dépassant pas les normes en vigueur qui est de 120 mg/l (décret exécutif n° 06/141 du 19/04/2006). Ainsi, d'après le graphe la valeur maximale du  $\text{KMnO}_4$  a été enregistrée pendant le mois d'avril au niveau du site Hammoud.



**Fig 31 :Evolution de l'indice permanganate dans les sites étudiés.**

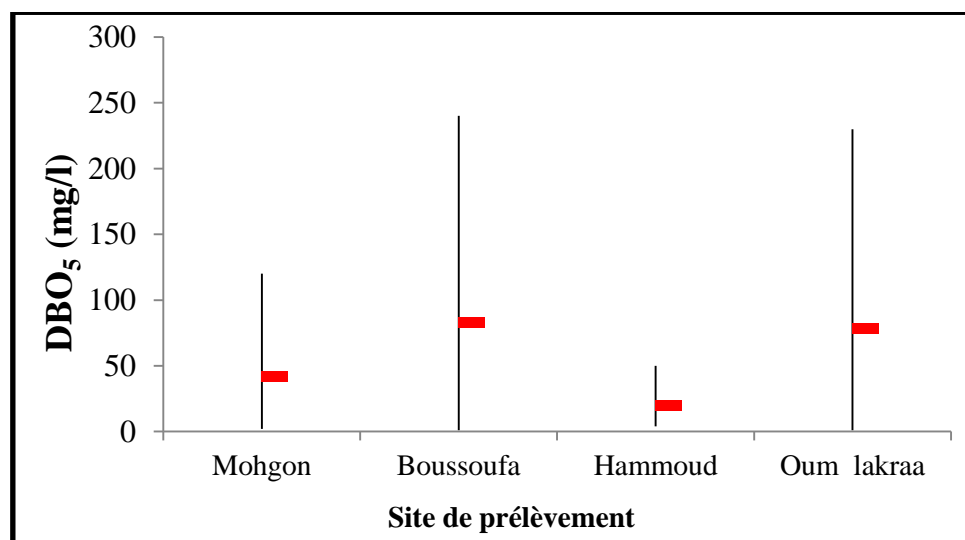
### ➤ **Demande biochimique en oxygène ( $\text{DBO}_5$ ) :**

Les valeurs de la  $\text{DBO}_5$  varient d'un site à un autre, la valeur minimale est notée au niveau du site Oum Lakraa pendant le mois de février et le site de Boussoufa pendant le mois d'avril. La valeur maximale a été notée au niveau du site Boussoufa pendant la saison estivale qui est caractérisée par des valeurs extrêmes de  $\text{DBO}_5$ . Cela peut être dû à l'assèchement des lacs et au dépérissement des plantes aquatiques ce qui augmente le taux de la matière

## Chapitre II - Résultat et discussion

organique et aux activités bactériennes très intense pendant cette période. A noter que la  $DBO_5$  ne représente que de la pollution organique carbonée biodégradable (**Degrement, 1989**). Elle peut-être caractérisée par les besoins des bactéries épuratrices et plusieurs facteurs peuvent influencer sa valeur :

- Un pH hors de l'intervalle 6,5-8,5 ;  $DBO_5$  mesurée ne correspond alors qu'à une fraction de la  $DBO_5$  réelle.
- La variation de température affecte tous les processus biologiques.
- Les micro-organismes doivent être en nombre assez suffisant.
- Un milieu pauvre en sels nutritifs (dérivés azotés et phosphatés) entraîne une baisse de la  $DBO_5$ .
- Les substances inhibitrices ont un effet toxique sur l'activité des microorganismes.



**Fig 32 :Evolution de la  $DBO_5$  dans les sites étudiés.**

**Tab 21 : Grille de la qualité des eaux en fonction de la  $DBO_5$  (ANRH).**

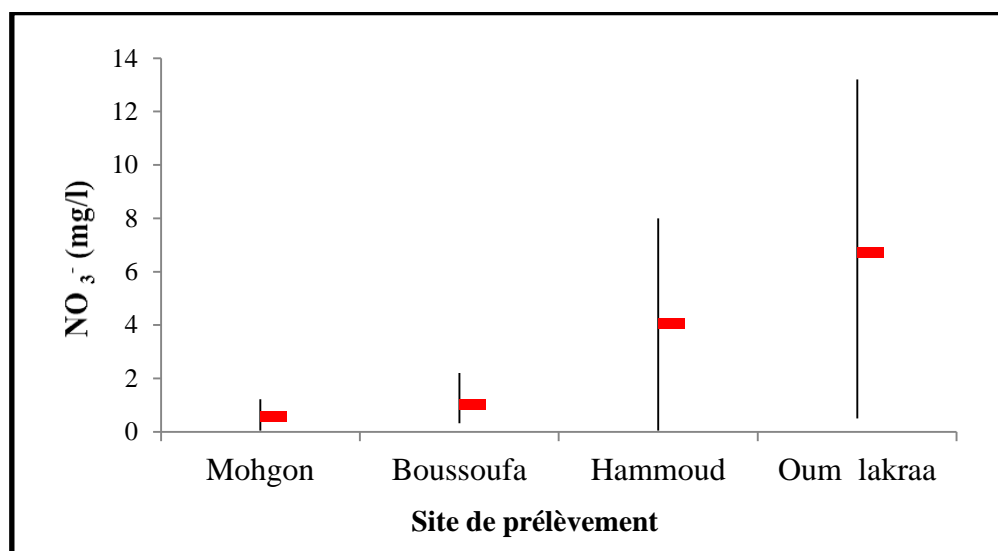
	Normale	Moyenne	Mauvaise	Très mauvaise
$DBO_5$ mg/l	<5	5-10	10-15	>15

Selon la grille de la qualité des eaux en fonction de la  $DBO_5$ (Tab 21), la qualité des eaux étudiées est mauvaise durant le mois d'aout, normale et moyenne durant les autres mois (novembre, février et avril). Ceci peut être expliqué par la température de l'eau et par la présence de la matière organique.

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

Les résultats de l'analyse nous montrent que les valeurs des nitrates fluctuent entre une valeur minimale 0,04 mg/l enregistrée au niveau des sites Hammoud et Boussoufa et une valeur maximale 13,2 mg/l enregistrée au niveau du site Oum Lakraa. Les ions nitrates représentent la forme la plus oxygénée de l'azote qui est une forme très soluble.

Les nitrates existent à l'état naturel dans les sols, les eaux et dans toutes les matières végétales. Ils proviennent de la décomposition naturelle, par des micro-organismes, de matières organiques azotées telles que les protéines des végétaux, des animaux et des excréments d'animaux. Ils parviennent ainsi aux eaux superficielles par les nappes d'eau souterraines et par le ruissellement des terres agricoles en hiver.



**Fig 33 : Evolution du taux des nitrates dans les sites étudiés.**

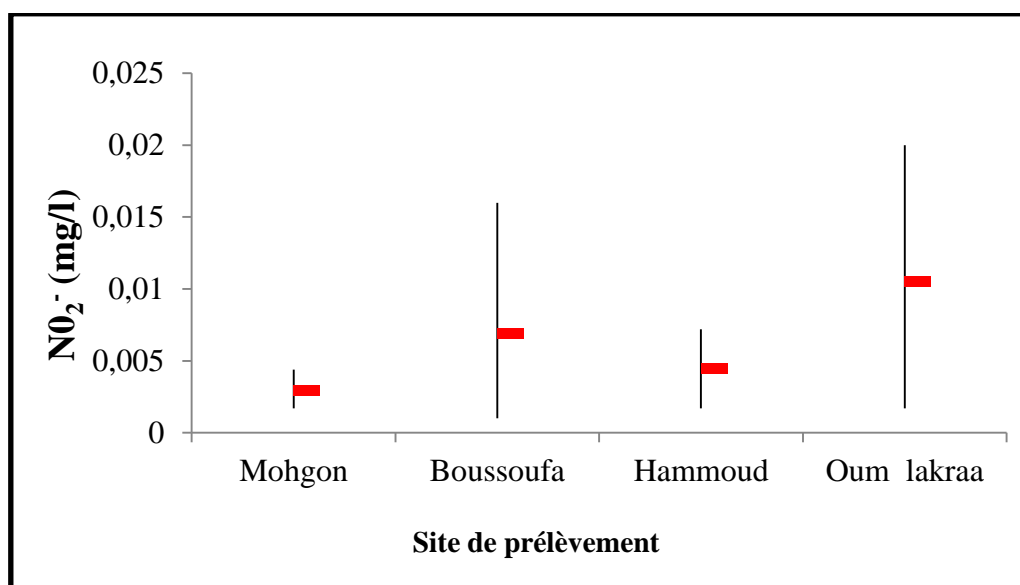
**Tab 22 : Grille de la qualité des eaux en Nitrate (ANRH, 2001).**

Teneurs en nitrate (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) mg/l	Qualité des eaux
<10	Bonne
10<NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> <20	Moyenne avec signe de pollution
20<NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> <40	Polluée avec une pollution nette
>40	La pollution et importante

Du point de vue nitrates et selon la grille de la qualité des eaux (ANRH, 2001) les eaux étudiées sont de moyenne à bonne qualité.

### ➤ Nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) :

Considéré comme un élément toxique, les NO<sub>2</sub><sup>-</sup> est la forme la moins stable dans le cycle de l'azote. Il est issu de la réduction de l'ammonium NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. Son origine est liée à l'agriculture et aux rejets urbains et industriels. Dans le cycle de l'azote, les nitrites sont considérés comme étant des ions intermédiaires entre les nitrates et l'azote ammoniacal, ce qui explique les faibles concentrations rencontrées en milieu aquatique qui sont de l'ordre de quelques micromoles par l'azote nitreux (Aminot et Chassepied, 1983). Les nitrites se présentent à l'état de trace dans les eaux étudiées.



**Fig 34 : Evolution du taux des nitrites dans les sites étudiés.**

**Tab 23 : Grille de qualité des eaux en nitrites. (ANRH 2001).**

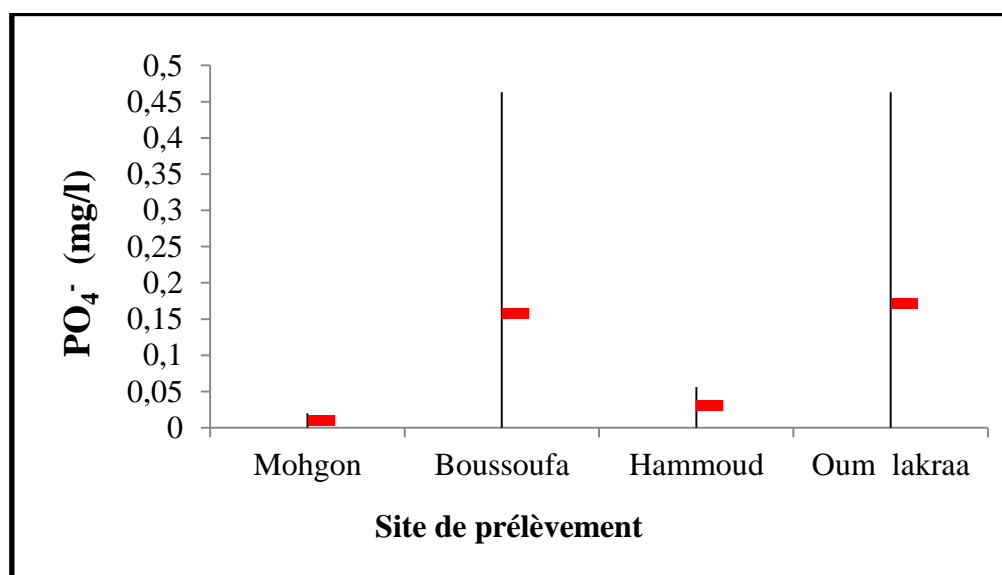
Teneur en nitrite NO <sub>2</sub>	Qualité des eaux	Classe
< 0,1	Excellente	1 A
0,1 < NO <sub>2</sub> < 0,3	Bonne	1B
0,3 < NO <sub>2</sub> < 1	Passable	2
1 < NO <sub>2</sub> < 2	Médiocre	3
> 2	Excessive	4

Selon la grille de la qualité des eaux naturelles appliquées par l'agence nationale des ressources hydriques (ANRH, 2001), les eaux étudiées sont de qualités excellentes.

### ➤ L'ortho phosphate ( $PO_4^-$ ) :

Le phosphore est naturellement présent dans les eaux superficielles en faible concentration, compte tenu de son importance dans la constitution des êtres vivants. Il joue souvent, vis-à-vis de leur développement, le rôle de « facteur limitant ». Selon Rodier (2005), le phosphore joue un rôle très important dans le développement des algues. Il est susceptible de favoriser leur multiplication dans les eaux des lacs, où elles contribuent à l'eutrophisation. L'origine des phosphates dans les eaux est le plus souvent liée aux rejets urbains et à la dissolution des engrais chimiques (NPK). Les teneurs en orthophosphates dans les lacs présentent des fluctuations importantes observées durant les périodes de prélèvement (Fig 35).

L'eau des différents sites présente des concentrations variables en orthophosphates. Les valeurs maximales sont enregistrées durant les mois d'août et de novembre (0,46 mg/l) dans les sites Boussoufa et d'OumLakraa. Les valeurs minimales sont enregistrées dans le mois de février sous forme de traces (Fig. 35).



**Fig 35 : Evolution du taux de l'orthophosphate dans les sites étudiés.**

**Tab 24 : Grille de la qualité des eaux en fonction du phosphate. (ANRH 2009).**

Forme du phosphore	Situation normale	Pollution modérée	Pollution notable	Pollution importante
$PO_4^{3-}$	$\leq 0,01$	0,01-0,1	0,1-3	$>3$

Selon la grille utilisée pour signaler les problèmes de phosphore (ANRH 2009) nous remarquons que l'eau des stations d'OumLakraa et de Boussoufa atteint une pollution notable durant les périodes de prélèvement des mois d'août et de novembre (Tab 20).

### II. 2. Les paramètres bactériologiques :

Un jugement de la qualité bactériologique d'une eau ne peut être porté une fois pour toutes, à la suite d'une analyse initiale ; il doit, au contraire, dépendre d'une surveillance analytique qui ne peut, actuellement, être continue pour des raisons techniques ou financières, mais qui doit comporter une fréquence souvent importante d'examen. Les méthodes d'analyse doivent donc être praticables en grandes séries (Rodier,2009).

#### II. 2. 1. Résultats des dénombrements des micro-organismes de l'eau en milieu liquide par détermination du nombre le plus probable (NPP) ou Colimétrie:

Les résultats des dénombrements des germes totaux (GT), coliformes totaux (CT), coliformes fécaux (CF), streptocoques fécaux (SF) concernant les quatre zones humides choisis dans cette étude sont représentés dans les tableaux 1, 2, 3 et 4 (Annexe III) et les résultats sont représentés graphiquement dans les figures (36, 37, 38 et 39).

##### A. Germes totaux :

La figure 36 montre une variation dans le nombre des germes totaux pour les quatre stations. Elle est marquée par une valeur maximale de 4400 GT/100ml pour le site Mouhgondurant le mois du février et une valeur minimale de 1900GT/100ml pour le site Hammoud pendant le mois d'Aout.

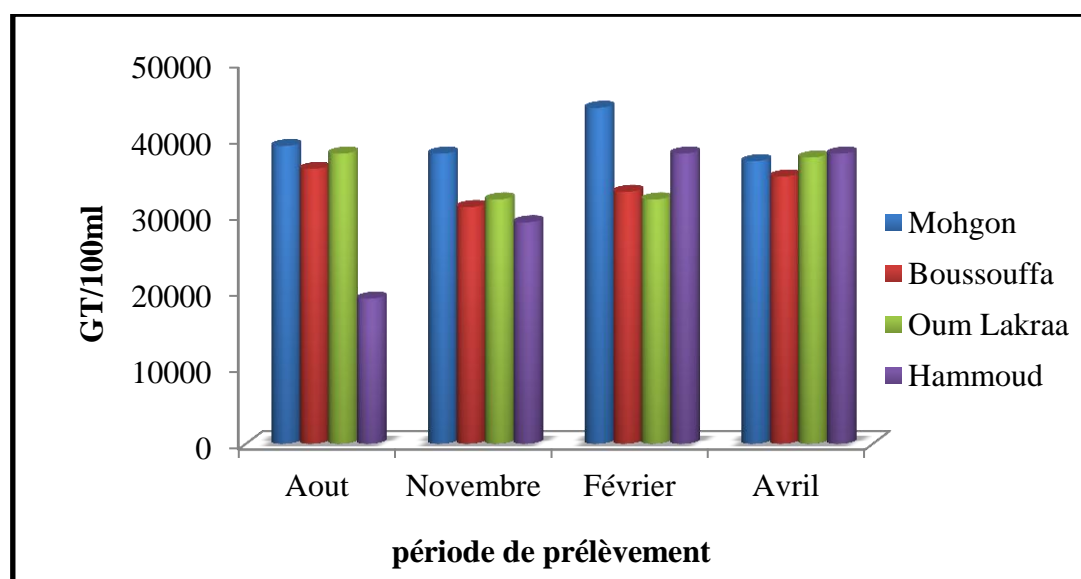
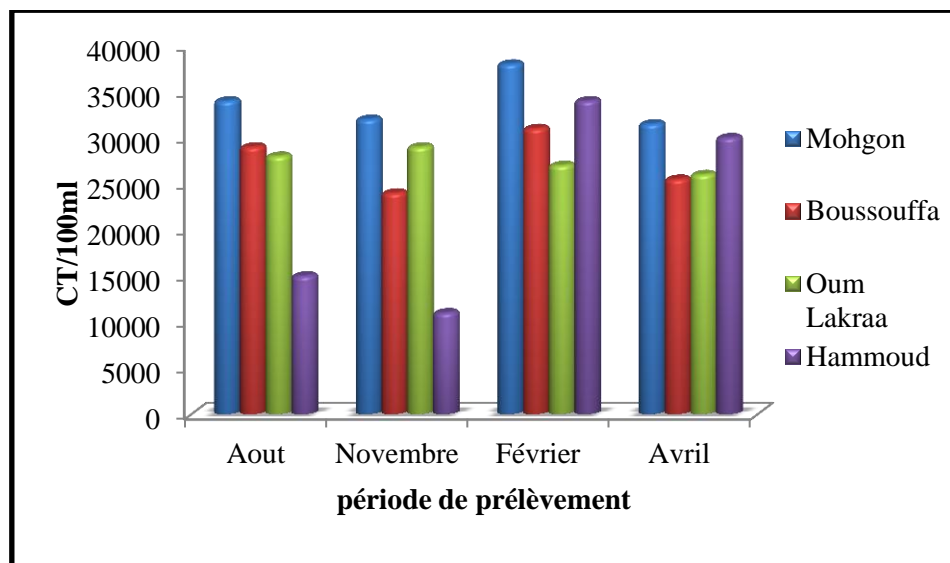


Fig 36 : Représentation graphique de la variation spatiale et temporelle des germes Totaux.

### B. Coliformes Totaux :

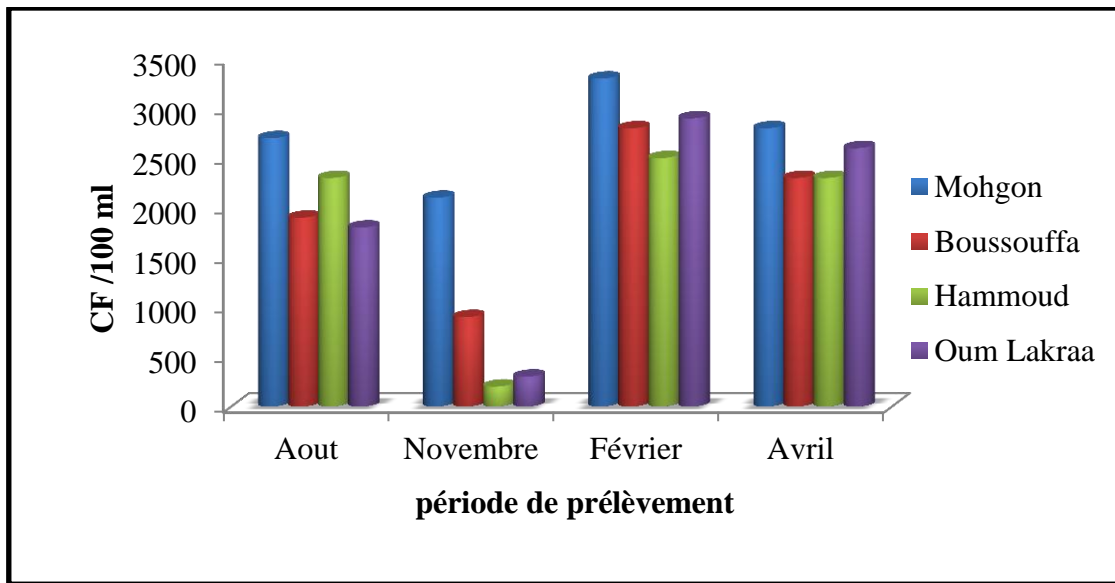
La figure 37 laisse apparaître une variation significative du nombre des coliformes totaux pour les quatre plans d'eau. Elle est marquée par une valeur maximale de 3800 CT/100ml pour le site Mouhgon observée pendant le mois du février et une valeur minimale de 1100 CT/100ml pour le site Hammoud durant le mois du novembre.



**Fig37 : Représentation graphique de la variation spatiale et temporelle des Coliformes Totaux.**

### C. Coliformes Fécaux :

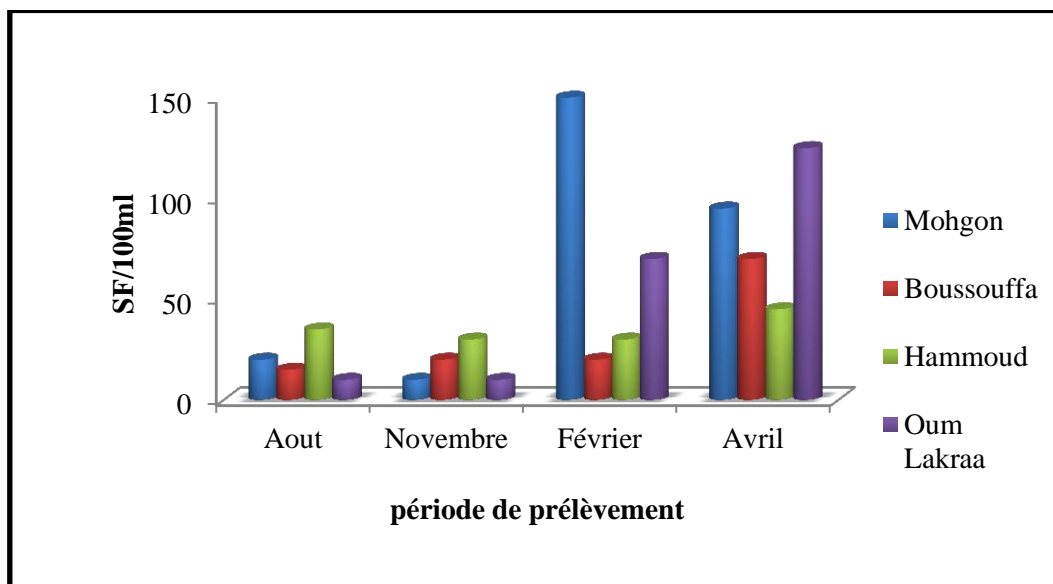
La figure 38 nous expose une variation dans le nombre des coliformes fécaux pour les quatre sites. Elle est marquée par une valeur maximale de 3300 CF/100ml pour le site Mouhgon notée pendant le mois du février et une valeur minimale de 300 CF/100ml pour le site Hammoud durant le mois de novembre.



**Fig 38 :Représentation graphique de la variation spatiale et temporelle des Coliformes Fécaux.**

**D. Streptocoques Fécaux :**

La figure 39 laisse apparaître une variation dans le nombre des streptocoques fécaux pour les quatre sites. Elle est marquée par une valeur maximale de 150 SF/100ml pour le site Mouhgonnotée pendant le mois du février et une valeur minimale de 10 SF/100ml pour les sites Hammoud, Oum Lakraa et Boussouffadurant les mois de novembre et d'aout.



**Fig 39 :Représentation graphique de la variation spatiale et temporelle des Streptocoques fécaux.**

**Tab 25 : Grille de la qualité (IQM) de qualité bactérienne.**

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

A partir du tableau 25 de la grille de la qualité (IQM) et les résultats de dénombrement obtenu on peut conclure que les eaux des sites étudiés sont très fortement contaminées.

## Chapitre II - Résultat et discussion

**Tab 26 :** Indication de l'origine de la contamination fécale observée dans les sites étudiés au mois d'Aout.

Paramètres	Sites			
	Mohgon	Boussoufa	Hammoud	Oum Lakraa
<b>CF/100ml</b>	2700	1900	2300	1800
<b>SF/100ml</b>	2000	1000	3000	1000
<b>Indice de BOURGEOIS (1980) [CF/SF]</b>	1,35	1,9	0,76	1,8
<b>Origine des souillures fécales</b>	<b>Humaine</b>	<b>Humaine</b>	<b>Animale</b>	<b>Humaine</b>

Selon BOURGEOIS (1980), lorsque le rapport CF/SF est supérieur à 1, la pollution est essentiellement d'origine humaine, dans le cas inverse, la contamination est d'origine animale.

**Tab 27 :** Indication de l'origine de la contamination fécale observée dans les sites étudiés au mois de novembre.

Paramètres	Sites			
	Mohgon	Boussoufa	Hammoud	Oum Lakraa
<b>CF/100ml</b>	2100	900	200	300
<b>SF/100ml</b>	10	20	30	10
<b>Indice de BOURGEOIS (1980) [CF/SF]</b>	210	45	6,66	30
<b>Origine des souillures fécales</b>	<b>Humaine</b>	<b>Humaine</b>	<b>Humaine</b>	<b>Humaine</b>

**II. 2. 2. Résultats de l'identification biochimique des souches bactériennes:**

**II.2.2.1. Caractères morphologiques et coloration de Gram:**

Le repiquage successif utilisé dans le seul but de purifier les souches nous a permis de distinguer les caractères cultureux de toutes les colonies sur leurs milieux préférentiels d'isolement. Ces données sont résumées dans les tableaux (26, 27, 28, 29. Sous un autre angle et du point de vue microscopique, l'examen cytologique nous a révélé que les bâtonnets Gram (-) sont plus représentés que les cocci Gram (+) qui demeurent faiblement représentés.

**II.2.2.2. Identification biochimique:**

Au niveau des quatre sites de prélèvement, l'étude biochimique nous a permis d'identifier 17 espèces bactériennes appartenant à la famille des Enterobacteriaceae. Nous avons aussi isolé et identifié des espèces pathogènes: *Vibriosp*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella typhimirium* et *Staphylococcus aureus*.

**Tab 28 : Résultats de l'identification (prélèvement du mois d'aout).**

	Mohgon	Boussouffa	Hammoud	Oum Lakraa
<i>E. coli</i>	+	+	+	+
<i>E. Edwardseila</i>	+	+		+
<i>Proteusvulgaris</i>	+	+	+	
<i>P. Mirabilis</i>	+	+		
<i>Morganelamorgani</i>		+	+	+
<i>Klebseilaoxytoca</i>	+	+	+	+
<i>K. pneumoniae</i>	+	+	+	+
<i>Serratiamarcesans</i>	+	+	+	+
<i>Pseudomonas fluoresans</i>	+	+		+
<i>P. aeruginosa</i>		+	+	+
<i>Salmonella typhimirium</i>	+	+		+
<i>Enterobacteragglomerans</i>	+	+	+	+
<i>Staphylococcus aureus</i>	+	+	+	
<i>S. epidermidis</i>		+	+	+
<i>Streptococcus</i> sp.	+	+	+	+
<i>Vibriosp.</i>			+	+
<i>Citrobacterfreundii</i>	+	+		

**Tab 29 : Résultats d'identification (prélèvement du mois de novembre).**

	Mohgon	Boussouffa	Hammoud	Oum Lakraa
<i>E. coli</i>	+	+	+	+
<i>E. Edwardseila</i>	+	+	+	+
<i>Proteusvulgaris</i>	+	+	+	
<i>P. Mirabilis</i>	+	+		
<i>Morganelamorgani</i>			+	+
<i>Klebseilaoxytoca</i>	+	+	+	
<i>K. pneumoniae</i>	+	+	+	
<i>Serratiamarcesans</i>	+	+	+	+
<i>Pseudomonas fluoresans</i>				+
<i>P. aeruginosa</i>		+	+	
<i>Salmonella typhimirium</i>	+	+		+
<i>Enterobacteragglomerans</i>	+			+
<i>Staphylococcus aureus</i>	+	+	+	
<i>S. epidermidis</i>		+	+	+
<i>Streptococcus</i> sp.	+	+	+	+
<i>Vibriosp.</i>			+	+

**Tab 30 : Résultats d'identification (prélèvement du mois de Février).**

	Mohgon	Boussouffa	Hammoud	Oum Lakraa
<i>E. coli</i>	+	+	+	+
<i>E. Edwardseila</i>	+	+		+
<i>Proteusvulgaris</i>	+		+	
<i>P. Mirabilis</i>		+		
<i>Morganelamorgani</i>			+	+
<i>Klebseilaoxytoa</i>		+	+	
<i>K. pneumoniae</i>	+	+	+	
<i>Serratiamarcesans</i>	+	+	+	+
<i>Pseudomonas fluoresans</i>				+
<i>P. aeruginosa</i>		+	+	
<i>Salmonella typhimirium</i>	+	+		+
<i>Enterobacteragglomerans</i>	+			+
<i>Staphylococcus aureus</i>	+	+	+	
<i>S. epidermidis</i>			+	+
<i>S. intermedius</i>	+	+		
<i>Streptococcus</i> sp.	+	+	+	+
<i>Hyphomonas</i> sp.	+			
<i>Vibriosp.</i>			+	+

**Tab 31 : Résultats d'identification (prélèvement du mois d'avril).**

	Mohgon	Bousofa	Hammoud	Oum Lakraa
<i>E. coli</i>	+	+	+	+
<i>E. Edwardseila</i>	+	+	+	+
<i>Proteusvulgaris</i>	+	+	+	+
<i>P. Mirabilis</i>		+	+	+
<i>Morganelamorgani</i>	+	+		
<i>Klebseilaoxytoca</i>	+	+	+	+
<i>K. pneumoniae</i>	+		+	+
<i>Serratiamarcesans</i>	+	+		
<i>Pseudomonas fluoresans</i>	+	+	+	+
<i>P. aeruginosa</i>		+	+	+
<i>Salmonella typhimirium</i>	+		+	
<i>Enterobacteragglomerans</i>		+	+	+
<i>Staphylococcus aureus</i>	+		+	+
<i>S. epidermidis</i>	+	+	+	
<i>S. intermedius</i>	+	+	+	+
<i>Streptococcus</i> sp.	+	+		+
<i>Hyphomonas</i> sp.	+		+	
<i>Vibriosp.</i>	+	+		+

**Conclusion**

# Annexes

## Annexe I

**Tab 01 : Vitesse moyenne mensuelle du vent en m/s (2000-2012) (ONM Skikda, 2012).**

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	moy
Vent (m/S)	3,63	3,2	3,1	2,86	2,77	2,74	2,7	2,79	2,95	2,95	3,6	4,13	3,11

**Tab 02 : Pluviométrie moyenne mensuelle en mm (2000-2012) (ONM Skikda, 2012).**

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
Pluviométrie En mm	10,8	78,2	48,3	54,4	36,8	12,68	0,93	11,4	64,7	61,1	12,26	138,5	737,5
%	14,64	10,57	6,55	7,37	4,99	1,72	0,13	1,55	8,76	8,28	16,63	18,71	100%
Pluviométrie / Saison(mm)	43,92			18,91			3,4			33,67			99,9

**Tab 03 : Les moyennes mensuelles de précipitation et de température utilisées pour le diagramme ombrothermique (2000-2012) (ONM Skikda, 2012).**

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
P (mm)	122,06	100,62	68,72	60,54	39,48	13,05	7,67	10	54,89	59,80	103,03	144,47
T° moy	13,02	12,96	14,48	16,61	19,46	23,19	26,14	27,17	25,01	22,30	17,69	14,61

## Annexe II

### Fiche d'analyse

Code de l'échantillon

Date de prélèvement.....

Heure de prélèvement.....

Nom de l'échantillonneur.....

Wilaya.....

Daira.....

Position par GPS.....

Spécification du lieu.....

Classification de l'échantillon

Eau

Sédiment

Sol

Temps

Ensoleillé

Nuageux

Pluvieux

Odeur.....

Couleur.....

Transparence.....

Température de l'échantillon .....

pH.....

Conductivité spécifique.....

Salinité.....

Oxygène dissous.....

Saturation en oxygène.....

Potentiel redox.....

Observation .....

Conservation de l'échantillon

Paramètres

Récipient

Préservation de l'échantillon

.....

.....

.....

.....

.....

.....

## Annexe III

### Résultats d'analyse microbiologique :

**Tab. 1 : Résultats de dénombrement des germes totaux :**

	<b>Aout</b>	<b>Novembre</b>	<b>Février</b>	<b>Avril</b>
Mohgon	2,5	3,8	4,4	3,7
Boussouffa	2,2	3,1	3,3	3,5
Oum Lakraa	3,1	3,2	3,2	3,75
Hammoud	1,9	2,9	3,8	3,8
	x10000	x10000	x10000	x10000

**Tab. 2 : Résultats de dénombrement des coliformes totaux :**

	<b>Aout</b>	<b>Novembre</b>	<b>Février</b>	<b>Avril</b>
Mohgon	2,3	3,2	3,8	3,15
Boussouffa	2,1	2,4	3,1	2,55
Oum Lakraa	2,8	2,9	2,7	2,6
Hammoud	1,5	1,1	3,4	3
	x10000	x10000	x10000	x10000

**Tab. 3 : Résultats de dénombrement des coliformes fécaux :**

	<b>Aout</b>	<b>Novembre</b>	<b>Février</b>	<b>Avril</b>
Mohgon	2,7	2,1	3,3	2,8
Boussouffa	1,9	0,9	2,8	2,3
Hammoud	2,3	0,2	2,5	2,25
Oum Lakraa	1,8	0,3	2,9	2,55
	x1000	x1000	x1000	x1000

**Tab. 4 : Résultats de dénombrement des streptocoques fécaux :**

	<b>Aout</b>	<b>Novembre</b>	<b>Février</b>	<b>Avril</b>
Mohgon	0,2	0,1	1,5	0,95
Boussouffa	0,1	0,2	0,2	0,7
Hammoud	0,3	0,3	0,3	0,45
Oum Lakraa	0,1	0	0,7	1,25
	x100	x100	x100	x100

**Résultats d'analyse physicochimique :**

**Tab 1. Prélèvement d'Aout :**

	Mohgon	Boussouffa	Hammoud	Oum lakraa
T (°C)	25,5	33,2	31,6	29,5
pH	7,34	8,28	7,53	7,4
CE (µsm/cm)	103,1	106	4230	515
SAL (‰)	0,3	0,3	2,3	0
TDS (mg/l)	179	100	171	676
O dissous %	49,5	45,2	45,6	53,6
MES (mg/l)	29	162	16	60
NO <sub>2</sub> (mg/l)	0,0035	0,002	0,0017	0,015
NO <sub>3</sub> (mg/l)	1,22	0,32	1,56	3,12
KMNO <sub>4</sub> (mg/l)	6	9.5	5.5	8
PO <sub>4</sub> (mg/l)	0,0201	0,015	0,056	0,4631
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	120	240	50	230

**Tab 2. Prélèvement de Novembre :**

	Mohgon	Boussoufa	Hammoud	Oum lakraa
T (°C)	25,5	29,5	33,2	31,6
pH	6,75	6,5	6,75	6,75
CE(µsm/cm)	372	243	366	527
SAL (‰)	0	0	0,1	0
TDS (mg/l)	364	209	367	517
O dissous %	45,5	60,3	45,1	55,2
MES(mg/l)	10	15	5	10
NO <sub>2</sub> (mg/l)	0,0017	0,016	0,0018	0,0017
NO <sub>3</sub> (mg/l)	0,04	2,21	6,64	9,74
KMNO <sub>4</sub> (mg/l)	0.5	0.88	0.75	1.2
PO <sub>4</sub> (mg/l)	0,011	0,4631	0,015	0,056
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	3	5	4	3

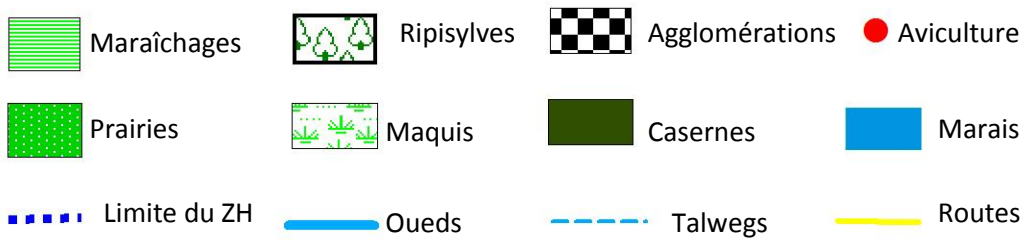
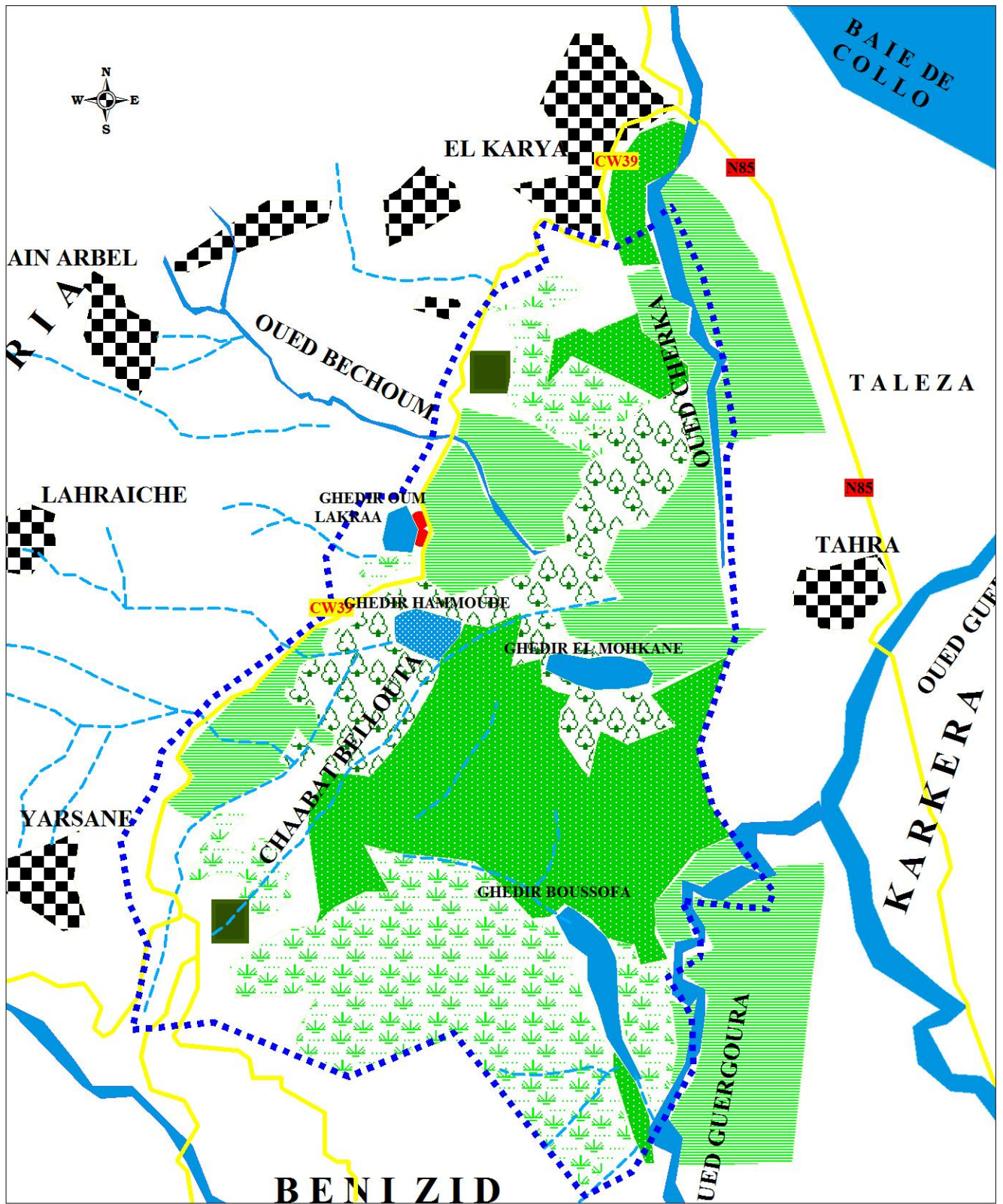
**Tab 3. Prélèvement de Février :**

	Mohgon	Boussoufa	Hammoud	Oum lakraa
T (°C)	12,8	14,8	13,4	13,6
pH	7,56	7,59	7,3	7,65
CE(µsm/cm)	382	502	209	944
SAL (‰)	0	0	0,3	0
TDS (mg/l)	329	430	107	812
O dissous %	95,6	79,8	95,5	76,2
MES(mg/l)	2	5	3	1
NO <sub>2</sub> (mg/l)	0,0044	0,0054	0,0072	0,0045
NO <sub>3</sub> (mg/l)	0,39	0,4	0,04	0,005
KmnO <sub>4</sub> (mg/l)	0,4	1,2	0,5	0,3
PO <sub>4</sub> (mg/l)	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	2	6	6	1

**Tab 4. Prélèvement d'Avril :**

	Mohgon	Boussoufa	Hammoud	Oum lakraa
T (°C)	17	19,8	21,7	22
pH	8,2	7,86	7,92	8,32
CE(µsm/cm)	350	270	2130	433
SAL (‰)	0	0	1,1	0
TDS(mg/l)	120	228	1805	463
0 dissous %	59,2	65,6	65,4	55,3
MES(mg/l)	1	8	5	5
NO <sub>2</sub> (mg/l)	0,002	0,001	0,007	0,02
NO <sub>3</sub> (mg/l)	0,5	0,6	8	13,2
KMNO <sub>4</sub> (mg/l)	4,28	1,72	10,36	2,75
PO <sub>4</sub> (mg/l)	0,01	0,005	0,055	0,045
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	4	1	4	3

La carte d'occupation du sol de la région d'étude



1/30 000



