

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mohammed seddik Ben Yahia - Jijel

جامعة محمد الصديق بن يحيى
كلية علوم الطبيعة و الحياة
الكتبة
رقم التجرود ... 24.14 ...

جامعة محمد الصديق بن يحيى - جيجل



Faculté des sciences de la nature et de la vie
Département des sciences de l'environnement
Et des sciences agronomiques

كلية علوم الطبيعة و الحياة

قسم علوم المحيط و العلوم الفلاحية

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master Académique en Biologie
Option : Phytopharmacie et Gestion des Agro-systèmes

Thème

*Contribution à l'étude microbiologique et
physico-chimique de l'eau d'Oued El-kèbir
(wilaya de Jijel).*

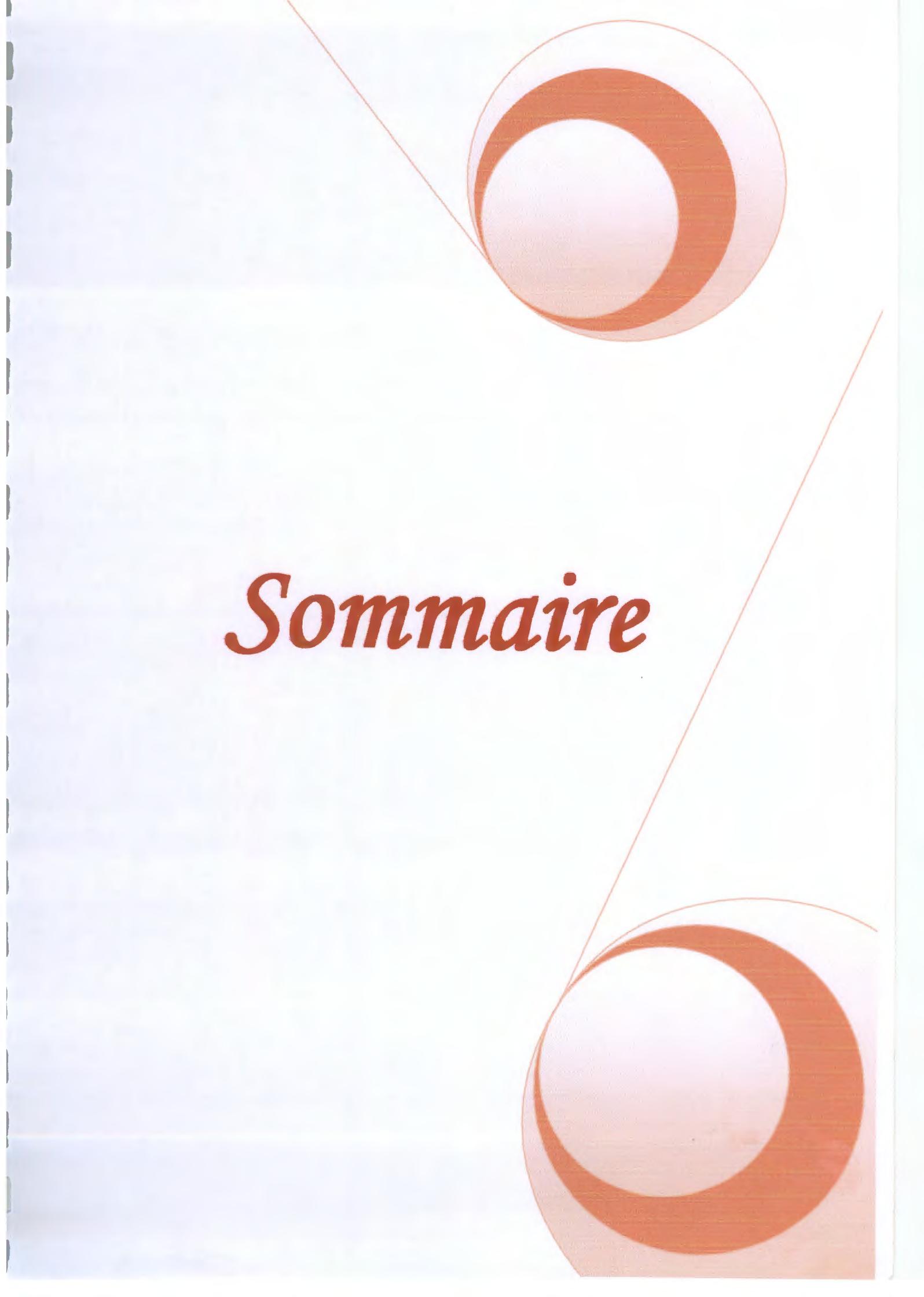
Jury de soutenance :

- ❖ Président : M^r ROULA S
- ❖ Encadrant: M^r CHAHREDINE S
- ❖ Examinatrice : M^{lle} KHALED-KHODJA S

Présenté par :

* BOUMELIHA Yacine

Session : Juin 2016



Sommaire

Sommaire.....	i
Liste des tableaux.....	vi
Liste des figures.....	vii
Liste des photos.....	viii
Liste des abréviations.....	ix
Introduction	01

Chapitre I Synthèse bibliographique

I.1. Le cycle de l'eau.....	03
I.1.1. Evapotranspiration.....	03
I.1.2. Précipitations.....	03
I.1.3. Ruissellement.....	04
I.1.4. Infiltration.....	04
I.2. Les sources d'approvisionnement en eau.....	04
I.2.1. Les eaux de pluies.....	05
I.2.2. Les eaux de surface.....	05
I.2.3. Les autres sources d'eau.....	06
I.3. Qualité de l'eau.....	06
I.3.1. Définition (la qualité de l'eau).....	06
I.3.2. Etude globale de la qualité de l'eau.....	07
I.3.3. Qualité de l'eau d'irrigation.....	07
I.3.4. Classes de qualité des eaux.....	09
I.4. La pollution de l'eau.....	11
I.4.1. Définition.....	11
I.4.2. Origine de la pollution.....	11
I.4.2.1. Les phénomènes naturels.....	11
I.4.2.2. La pollution domestique.....	12
I.4.2.3. La pollution urbaine.....	12

I.4.2.4. Pollution d'origine agricole.....	12
I.4.2.5. Pollution industrielle.....	12
I.4.3. Les polluants de l'eau.....	13
I.4.3.1. Les polluants physiques.....	13
I.4.3.2. La pollution chimique.....	14
I.4.3.2.1. Les polluants organiques.....	14
I.4.3.2.2. Eléments nutritifs.....	14
I.4.3.3. Les composés toxiques.....	15
I.4.3.3.1. Les composés toxiques minéraux.....	15
I.4.3.3.2. Les polluants organiques toxiques.....	16
I.4.3.4. Les polluants biologiques.....	16
I.4.3.4.1. Les organismes libres.....	16
I.4.3.4.2. Les agents pathogènes.....	16
a. Les virus.....	16
b. Les bactéries.....	17
c. Les parasites.....	17
I.5. Les paramètres indicateurs de la pollution des eaux.....	18
I.5.1. Les paramètres physiques.....	18
I.5.1.1. La température.....	18
I.5.1.2. Le potentiel hydrogène (pH).....	18
I.5.1.3. La conductivité électrique (CE).....	19
I.5.2. Les paramètres chimiques.....	20
I.5.2.1. La demande biochimique en oxygène (DBO ₅).....	20
I.5.2.2. La demande chimique en oxygène (DCO).....	20
I.5.2.3. L'oxygène dissous (OD).....	20
I.5.2.4. Le taux des sels dissous (TDS).....	20
I.5.3. Les substances indésirables.....	21
I.5.3.1. Les substances azotées.....	21
I.5.3.1.1. Les nitrates (NO ₃ ⁻).....	21
I.5.3.1.2. Les nitrites (NO ₂ ⁻).....	21

I. 5.3.2. Les chlorures (Cl ⁻).....	22
I.5.3.3. Les orthophosphates (PO ₄ ³⁻).....	22
I.5.3.4. Les sulfates (SO ₄ ²⁻).....	22
I.4. Les conséquences de la pollution des eaux.....	23
I.4.1. Sur la santé.....	23
I.4.2. Sur l'environnement.....	23

Chapitre II Matériel et méthodes

II.1 Présentation de la zone d'étude.....	24
II.1.1 Présentation de la wilaya de Jijel.....	24
II.1.2. Réseau hydrographique.....	25
II.1.3. Description d'Oued el Kébir (la zone d'étude).....	26
II.1.3.1. Climat.....	27
A- Précipitations.....	27
B. Température.....	27
C. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен.....	28
D. Le vent.....	29
E .L'humidité de l'air.....	29
II.1.3.2. La végétation.....	29
II.1.3.3. Lithologie de l'oued El Kébir	29
II.1.3.4. Activité industrielles présentes dans la région d'étude.....	30
II.1.3.5. Agriculture.....	31
II.2. Echantillonnage et technique de mesure.....	31
II.2.1. Mode de prélèvement.....	31
II.2.2. Transport et conservation de l'échantillon avant l'analyse.....	32
II.2.3. Caractéristiques des points de prélèvement.....	32
II.2.4. Mesure in situ.....	35

II.2. 5. Mesures effectuées au laboratoire.....	36
II.2 .5.1. Le taux des sels dissous (TDS).....	36
II.2 .5.2. La demande biochimique en oxygène (DBO ₅).....	36
II .2.5.3. La demande chimique en oxygène (DCO) (méthode à petite échelle en tube fermé).....	37
II. 2.5.4. Nitrate NO ₃ ⁻	37
II.2 .5.5. Nitrite NO ₂ ⁻	37
II. 2.5.6. Orthophosphate PO ₄ ³⁻	38
II. 2.5.7. Sulfate SO ₄ ²⁻ (Méthode gravimétrique).....	38
II.2.5.8. Chlorure (Méthode de Mohr).....	38
II.2 .5.9. L'analyse bactériologique.....	38
II .2.5.10. Dénombrement ou comptage des colonies.....	39
a. Dénombrement des coliformes ou de coliformes fécaux par ensemencement en milieu liquide (NPP).....	39
b- Les streptocoques fécaux.....	39
II.2 .5.11. Les techniques de recherche en milieu liquide.....	39
II.3. Méthodes de traitement des données.....	40

Chapitre III Résultats et discussions

III.1. Paramètres physico-chimiques.....	41
III.1.1. La température.....	42
III.1.2. pH.....	43
III.1.3. La conductivité électrique (CE).....	44
III.1.4. Le TDS.....	45
III.1.5. Nitrates (NO ₃ -).....	46
III.1.6. Nitrites (NO ₂ ⁻).....	47
III.1.7. Les ortho-phosphates (PO ₄ ³⁻).....	48

III.1.8. Sulfate (SO_4^{2-}).....	49
III.1.9. Chlorure (Cl^-).....	50
III.1.10. DBO_5	51
III.1.11. DCO.....	52
III.2. Paramètres bactériologiques.....	53
III.3. Les analyses de corrélation.....	55
Conclusion.....	57
Références bibliographiques.....	60
Annexes	

Liste des Tableaux

Tableau 01 . Caractéristiques d'une eau de bonne qualité.....	07
Tableau 02 . Indicateurs de qualité de l'eau d'irrigation et risques potentiels.....	09
Tableau 03 . Classement des eaux de surfaces stagnantes et courantes d'après leur qualité (a).....	10
Tableau 04 . Classification des eaux d'après leur pH.....	19
Tableau 05 . Moyennes mensuelles des précipitations en mm [2006-2015] (O.N.M, d'El Achouat).....	27
Tableau 06 . Moyennes mensuelles des températures [2006-2015] (O.N.M, d'El Achouat).....	28
Tableau 07 . Moyennes mensuelles de précipitation [2006-2015] (O.N.M, d'El Achouat).....	28
Tableau 08 . déchets solides rejets dans l'oued El Kebir.....	30
Tableau 09 . déchets liquides rejets dans l'oued El Kèbir.....	30
Le tableau 10 . les coordonnées géographiques des points de prélèvements et les caractéristiques des sites.....	33
Tableau 11 . la nature et période du prélèvement.....	33
Tableau 12 . Résultats des analyses microbiologique de l'eau d'Oued El Kebir (Jijel) dans les quatre stations.....	54

Liste des Figures

Figure 01 . Schéma général du cycle de l'eau.....	04
Figure 02 . Situation géographique de la wilaya de Jijel.....	24
Figure 03 . La carte hydrographique de la wilaya de Jijel.....	25
Figure 04 . Profil en long de l'Oued Kébir-Rhumel.....	26
Figure 05 . Diagramme Ombrothermique de Gaussen (2006-2015).....	28
Figure 06 . La localisation des points de prélèvements Station 01.....	34
Figure 07 . La localisation des points de prélèvements (S02, S03 et S04).....	34
Figure 08 . variation spatio-temporelle de la température d'Oued elkbir.....	41
Figure 09 . Variation spatio-temporelle du pH d'Oued el Kebir.....	42
Figure 10 . Variation spatio-temporelle du CE d'Oued el Kebir.....	43
Figure 11 . Variations spatio-temporelle de la TDS de l'eau de l'Oued el kebir.....	45
Figure 12 . Variations spatio-temporelle de Nitrates (NO_3^-) d'Oued el kebir.....	46
Figure 13 . Variations spatio-temporelle de Nitrites (NO_2^-) d'Oued el kebir.....	47
Figure 14 . Variations spatio-temporelle d'ortho-phosphate (PO_4^{3-}) d'Oued el kebir.....	48
Figure 15 . Variations spatio-temporelle de Sulfate (SO_4^{2-}) d'Oued el kebir.....	49
Figure 16 . Variations spatio-temporelle de chlorure (Cl^-) d'Oued el kebir.....	50
Figure 17 . Variations spatio-temporelle de la DBO_5 d'Oued el kebir.....	51
Figure 18 . Variations spatio-temporelle de la DCO d'Oued el kebir.....	53
Figure 19 . Variations spatiales des coliformes (fécaux et totaux) de l'eau d'Oued elKebir (Jijel).....	54

LISTE DES ABREVIATIONS

(-) : Majoritairement négatif

(+) : Majoritairement positif

ABHCSM : Agence de Bassin Hydrographique Constantinois Seybouse-mellegue

ANRH : Agence National des Ressources Hydriques

BNEDR : Bureau National des Etudes pour le Développement Rural

°C : degré Celsius

CE : Conductivité Electrique

CF : Coliforme fécaux

Cl₂ : Chlore

CO₂ : Dioxyde de carbone

CT : Coliforme totaux

DBO₅ : Demande Biochimique en Oxygène

DCO : Demande Chimique en Oxygène

DDS : Direction De Santé

H₂O₂ : Eau oxygénée

H₂S : Hydrogène sulfuré

GLU : Glucose

OD : Oxygène Dissous

Km : Kilomètre

Km² : kilomètre carré

MENE : Ministère de l'Environnement de la Nouvelle-Écosse

NaCl : Chlorure de Sodium

NaOH : Hydroxyde de sodium

NPP : Nombre le plus probable

ONM : Office National Météorologique d'Achouat

P : Précipitation

PCB : Polychlorobiphényles

pH : potentiel Hydrogène

PNR : Projet National de la Recherche

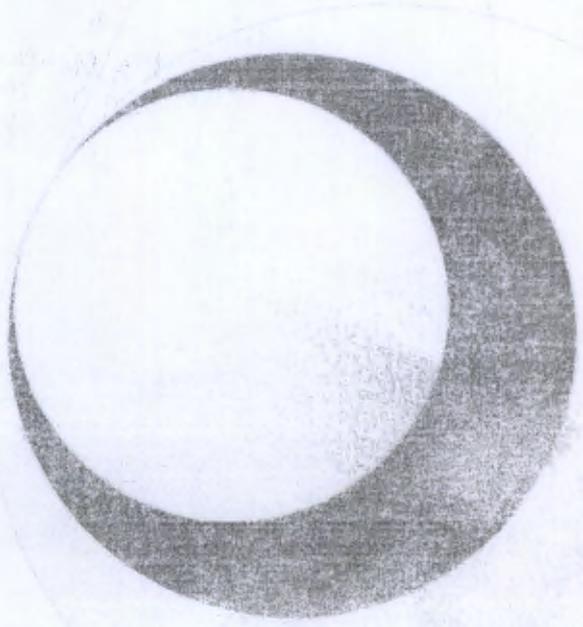
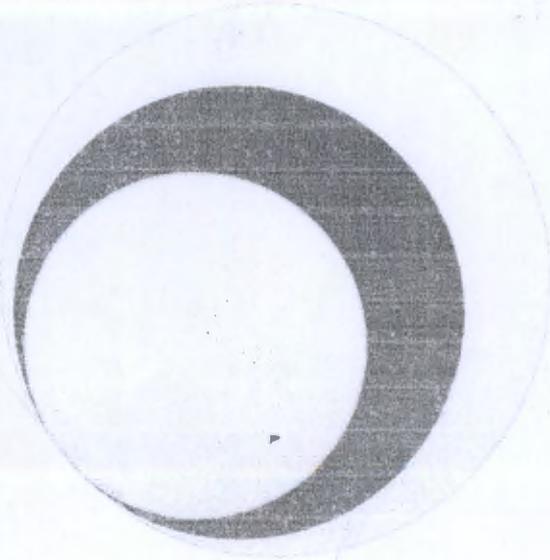
SEQ-Eau : Système d'évaluation de la qualité des cours d'eaux

SEQ-Eau st : Système d'évaluation de la qualité des eaux souterraines

S : Station

S. aureus : *Staphylococcus aureus*

T : Température
Tab : Tableau
 $\mu\text{S.cm}^{-1}$: micro-siemens/Centimètres
UV: Ultra Violet



Introduction

Introduction :

L'eau est indéniablement un élément vital et indispensable pour une vie normale. Dans la nature, cette matière existe sous différentes formes " vapeur, liquide et solide " et joue un rôle important dans tous les cycles des éléments biologiques. Son importance pour l'économie ne cesse de croître, sa demande et son approvisionnement deviennent de plus en plus difficile. La pollution permanente est liée aux rejets industriels, aux eaux usées d'origine urbaine, à l'emploi dans l'agriculture des pesticides et des engrais; il s'y ajoute la pollution exceptionnelle liée aux déversements intempestifs ou aux accidents de transport.

Les eaux usées issues des différentes activités humaines sont généralement véhiculées par les oueds, qui passent à proximité des agglomérations urbaines et des zones industrielles et se déversent dans la plupart des cas, directement dans la mer (**Kaid Tlilane, 2005**). L'évacuation non contrôlée de ces déchets liquides par manque des stations d'épuration ou par des stations non opérationnelles, aboutit à la pollution des eaux de surface et des eaux souterraines, qui constituent un véritable danger pour les ressources hydriques qui sont vitales pour tous les êtres vivants (**Djermakoye, 2005**).

Les rivières et les oueds sont des écosystèmes sensibles et fragiles (**Figuet et Frangi, 2000**). Ils sont devenus les milieux récepteurs de tous les rejets industriels, agricoles et domestiques. La charge polluante de ces rejets étant très importante de sorte que la capacité auto-épuratrice des oueds n'arrive plus à dégrader cet excès de matières polluantes (**Boudoukhana, 2008**).

Le contrôle de la qualité de l'eau joue un rôle important dans la santé publique car celle-ci est susceptible d'engendrer des altérations catastrophiques sur le sol, sur l'organisme humain et même de toucher à la santé de toute une population (**Aouissi, 2010**).

Vue cette importance majeure, nous avons essayé d'étudier et de déterminer la qualité microbiologique et physico-chimique de l'eau de l'Oued el-kebir de la région de Jijel (Nord-Est de l'Algérie) et ceci dans le but d'apprécier l'évolution de sa qualité et son impact sur l'environnement et sur la santé publique.

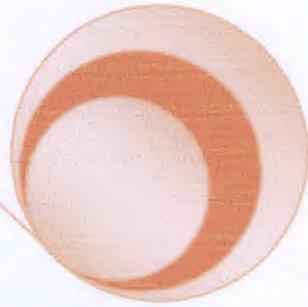
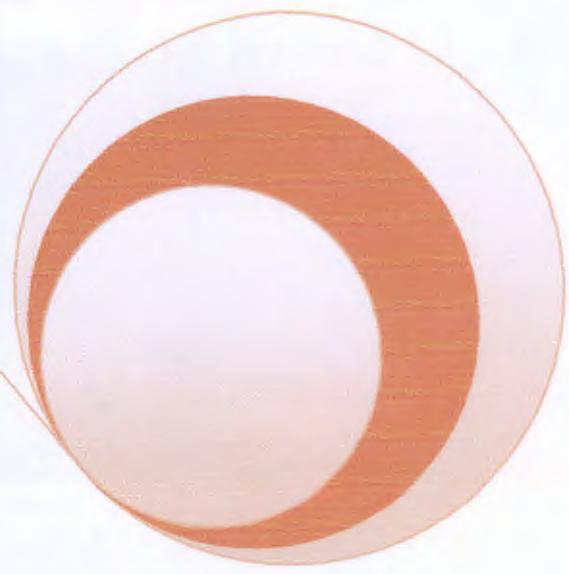
Ce travail qui s'insère dans le cadre de la surveillance de la qualité des eaux superficielles de ce cours d'eau, a pour objectif le suivi de l'évolution spatio-temporelle des principaux paramètres physico-chimiques de l'eau d'Oued El kebir.

Cependant l'eau peut aussi être contaminée et peut véhiculer de nombreux micro-organismes, qui des fois sont considérés comme une source de nuisance intense pour l'homme en causant d'innombrables maladies. Le contrôle biologique basé principalement sur le dénombrement microbien de cette écosystème aquatique avec la recherche de bactéries

pathogènes et des indicateurs de la pollution fécale (coliformes totaux (CT), coliformes fécaux (CF), streptocoques fécaux (SF) ...etc.)

Nous avons structurés notre démarche en trois chapitres interdépendants :

- Le premier chapitre consacré à une synthèse bibliographique qui s'articule autour de généralités sur l'eau et les problèmes de dégradation de la qualité des ressources en eau. Leur souillure par divers polluants (eaux usées, produits phytosanitaires, éléments traces métalliques, etc).
- Le deuxième chapitre est consacré à la description du site d'étude, il rassemble des généralités sur la région, une synthèse bibliographique du site concernant la climatologie, géologie, hydrologie et une contribution à l'étude de son cadre biotique et aussi les méthodes et les techniques employées pour la réalisation de ce travail : Analyses microbiologiques (recherche et dénombrement des microorganismes) et physico-chimiques de l'eau de l'oued el-kebir.
- Le troisième et le dernier chapitre mentionne, sous formes de graphes, les différents résultats obtenus au cours de notre étude pratique. Il est achevé par une conclusion.



Chapitre I

Synthèse Bibliographique



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

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

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

I.1. Le cycle de l'eau :

La quantité totale d'eau existante dans le monde est de l'ordre de grandeur de 1350 millions de Km³, dont plus de 97% constituent la masse des océans. Toute eau vient des océans et y retrouve tôt ou tard, par un cycle hydrologique continu (Duvignaud, 1980).

Le cycle de l'eau est la suite des procès autorisant le passage de l'eau d'un état à l'autre et d'un endroit à l'autre (Touchart, 2003).

Ce cycle naturel en perpétuel mouvement, impliquant toutes les composantes de la synthèse climatique globale, l'atmosphère, les océans, les terres immergées et la biosphère continentale (Drissi, 2008).

L'eau sous ses différents états physiques (gazeux, liquide, solide) suit un vaste cycle dans la nature (Fig.1).

I.1.1. Evapotranspiration :

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

I.1.2. Précipitations :

La vapeur d'eau atmosphérique se condense en nuages qui engendrent des précipitations sous forme de pluies, de neige ou de grêles. Les précipitations qui constituent l'origine de

presque toutes nos réserves en eau douce, sont variables d'une région à l'autre suivant le climat et le relief qui sont des facteurs essentiels (Boeglin, 2006).

I.1.3. Ruissellement :

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

I.1.4. Infiltration :

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

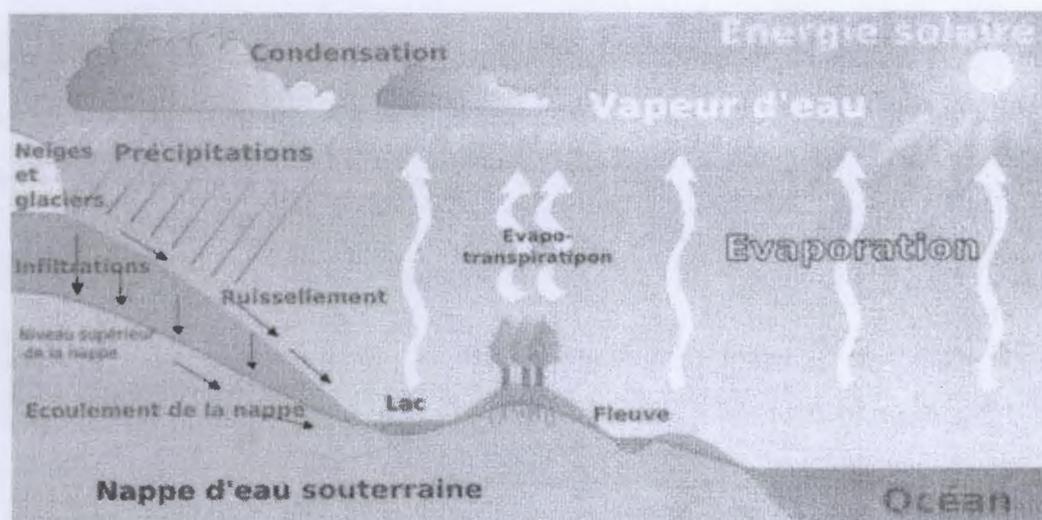


Fig.1. Schéma général du cycle de l'eau (Abdelbaki et Boukli 2007).

I.2. Les sources d'approvisionnement en eau :

L'eau est également un problème crucial ce qui explique qu'historiquement beaucoup de villes ont été construites au bord d'une rivière. Il faut environ 1 litre d'eau par personne et par jour pour survivre mais, dans les pays développés, on utilise des volumes bien plus considérables pour aller jusqu'à plusieurs mètres cubes par habitant et par jour si on additionne tous les usages individuels, industriels et agricoles de l'eau (Ngô et Régent, 2004).

I.2.1. Les eaux de pluies :

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

(Coulibaly, 2005).

I.2.2. Les eaux de surface :

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

✦ Ces eaux se rassemblent en cours d'eau caractérisés par une surface de contact eau - atmosphère toujours en mouvement et une vitesse de circulation appréciable (Boeglin, 2006).

✦ Elles peuvent se trouver stockées en réserves naturelles (étangs, lacs) ou artificielles (retenues, barrages) caractérisées par une surface d'échange eau atmosphère quasiment immobiles, une profondeur qui peut être importante et un temps de séjour souvent élevé (Boeglin, 2006).

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

Ce qui caractérise les eaux superficielles sont :

- ✦ Les variations saisonnières et à un degré moindre, journalières des paramètres physiques : température, turbidité et coloration. Les concentrations en matières solides finement dispersées ou à l'état colloïdal peuvent être importantes;
- ✦ Le développement plus ou moins important du phytoplancton (algues), de zooplancton et dans certaines conditions d'une vie aquatique intense ;
- ✦ La présence fréquente de matières organiques d'origine naturelle provenant de la décomposition des organismes végétaux ou animaux après leur mort;
- ✦ La fragilité de la ressource, très vulnérable à la pollution urbaine, industrielle et agricole, on y rencontre par suite très souvent une micropollution minérale ou organique pouvant avoir un caractère toxique ainsi que des substances azotées et phosphatées à l'origine des phénomènes d'eutrophisation (Boeglin, 2006).

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

I.2.3. Les autres sources d'eau :

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

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

I.3. Qualité de l'eau :

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

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

I.3.1. Définition (la qualité de l'eau) :

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

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

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

I.3.2. Etude globale de la qualité de l'eau :

Pour juger la qualité de l'eau dans sa globalité, il est nécessaire de prendre en compte les critères énumérés dans le tableau 01. (Zurluthe et Gienger, 2006). Une bonne eau présentera donc les caractéristiques suivantes :

Tableau 01 : Caractéristiques d'une eau de bonne qualité (Zurluthe et Gienger, 2006).

Qualité chimique de l'eau	Qualité physique de l'eau	Qualité bactériologique de l'eau
Produits chimiques (-)	Surface interne (+)	
Minéraux (-)	Taille des gouttes (-)	
Calcaires (-)	Energie, forces attractives (+)	Bactéries (-)
Oxygène (+)	Structure (+)	Virus (-)
Acide carbonique (-)	Pénétration de la lumière,	Parasites (-)
Composants odorants (-)	activité bio-photonique (+)	Spores de champignons(-)
Matière en suspension (-)	Informations extérieures (-)	
Rouille (-)	Forces contractives (-)	
Substances radioactives(-)		
Valeur du pH (0)		

Le plus faible possible (-)
 Autant que possible (+)
 Aussi équilibré que possible (0)

I.3.3. Qualité de l'eau d'irrigation :

En effet, les teneurs limites en sels dépendent de nombreux facteurs :

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

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

Les teneurs en sédiments et en substances solubles de l'eau d'irrigation dépendent de son origine. Alors que les cours d'eau contiennent toujours des éléments en suspension, en quantité

limitée, des substances en solution, les plans d'eau permettent la sédimentation des particules denses mais offrent fréquemment des conditions favorables à la prolifération des microorganismes. Les particules minérales, à l'exception des colloïdes, d'argile dispersée, sont retenues facilement par contraste de densité ou par filtration. La petite taille des microorganismes rend la filtration inopérante si bien qu'elle doit accompagner d'un traitement chimique.

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

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

La présence de substances dissoutes dans l'eau (notamment le fer et le calcium) peut également être à l'origine de phénomène de colmatage des distributeurs ou présenter un risque de corrosion des parties métalliques. Par ailleurs, la qualité chimique des eaux d'irrigation, et plus précisément leur salinité, peut se traduire, dans certains contextes pédoclimatiques, par une accumulation de sels dans la zone racinaire des végétaux et entraîner une profonde modification des propriétés physicochimiques du sol conduisant à la stérilité. Une forte concentration en sels se traduit en effet par un accroissement de la pression osmotique qui rend plus difficile l'extraction d'eau par les plantes et par une dégradation de certaines propriétés du sol (modification de l'état structural, réduction de la conductivité hydraulique, l'accroissement du pH, etc.). A cela, s'ajoute l'effet nocif de certains ions (B, Cl, Na, etc.) à l'égard de la croissance des plantes (Tableau 02) et des nuisances diverses, telles que l'influence d'un excès d'azote sur l'apparence et la qualité de certains fruits et légumes (Soutter et al, 2007).

Tableau 02 : Indicateurs de qualité de l'eau d'irrigation et risques potentiels (Soutter et al, 2007).

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

I.3.4. Classes de qualité des eaux :

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

Les eaux courantes et les eaux stagnantes, sont divisées en fonction de leur teneur en oxygène, en cinq classes de qualité de l'eau (Tableau03) (Bliefert et Perraud, 2001).

Tableau 03 : Classement des eaux de surfaces stagnantes et courantes d'après leur qualité (a)(Bliefert et Perraud, 2001).

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

(a) : d'autres facteurs peuvent être pris en compte comme la concentration en NH⁺₄ et les matières en suspension totales.

1A : qualité d'eau normale ;

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

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

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

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

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

On dispose de plusieurs possibilités pour caractériser une eau avec des indicateurs. Le tableau (3) résume les teneurs en oxygène, et qui sont données entre autre la valeur de la DBO₅ et l'indice biologique global (Bliefert et Perraud, 2001).

I.4. La pollution de l'eau :

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

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

I.4.1. Définition :

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

La pollution est une modification défavorable du milieu naturelle qui apparaît en totalité ou en partie comme un sous produit de l'action humaine, au travers les effets indirects ou directs altérants les critères de répartition des flux de l'énergie, des niveaux de radiations, de la constitution physicochimique du milieu naturel et de l'abondance des espèces vivantes.

Ces modifications peuvent affecter l'homme directement ou indirectement ou au travers les ressources agricoles, en eau et en produits biologiques. Elles peuvent aussi l'affecter en altérant les objets physiques qu'il possède ou les possibilités récréatives du milieu (Ramade, 2002).

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

I.4.2. Origine de la pollution :

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

I.4.2.1. Les phénomènes naturels :

Certains phénomènes naturels peuvent être aussi à l'origine de la pollution des eaux et sont identifiés en relation avec les éruptions volcaniques, des épanchements sous-marins,

d'hydrocarbures, le contact avec les filons, ou gisements d'éléments toxiques et la présence d'une thermo minérale (Faurie et al 1998, in Habila 2008).

I.4.2.2. La pollution domestique :

Les rejets directs des eaux usées domestiques dans le milieu naturel perturbent l'équilibre aquatique en transformant les rivières en égouts à ciel ouvert. Elle est caractérisée par :

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

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

I.4.2.3. La pollution urbaine :

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

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

I.4.2.4. Pollution d'origine agricole :

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

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

I.4.2.5. Pollution industrielle :

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

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

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

I.4.3. Les polluants de l'eau :

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

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

I.4.3.1. Les polluants physiques :

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

☛ Pollution thermique :

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

La pollution thermique apparaît souvent comme mineure mais, avec l'augmentation des besoins industriels en liquide de refroidissement, un réel problème se pose (Defranceschi, 1996). Le rejet de chaleur dans l'environnement aquatique est susceptible de provoquer de véritables bouleversements biocénotiques (Ramade, 2005), en favorisant le développement de certaines espèces végétales ou animales au détriment de certaines autres. Le réchauffement de l'eau

favorise aussi le développement de certains microorganismes pathogènes pour l'homme ainsi que la diminution du taux de l'oxygène dissous (Pédoya, 1990).

✦ **Matières en suspension :**

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

✦ **Les polluants radioactifs :**

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

I.4.3.2. La pollution chimique :

I.4.3.2.1. Les polluants organiques :

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

I.4.3.2.2. Eléments nutritifs :

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

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

✚ Les nitrates :

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

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

✚ Les nitrites :

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

✚ Le phosphore :

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

I.4.3.3. Les composés toxiques :

I.4.3.3.1. Les composés toxiques minéraux :

Ce sont essentiellement :

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

I.4.3.3.2. Les polluants organiques toxiques :

✦ Pesticides :

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

✦ Détergents :

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

I.4.3.4. Les polluants biologiques :

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

I.4.3.4.1. Les organismes libres :

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

I.4.3.4.2. Les agents pathogènes :

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

a. Les virus :

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

b. Les bactéries :**➤ Les coliformes :**

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

Les coliformes totaux sont des indicateurs de pollution d'origine organique dans les eaux de surface, les eaux souterraines, les sources d'approvisionnement ou les canalisations d'eau potable. Une eau traitée ou une eau souterraine bien protégée ne devraient pas contenir de coliformes totaux, mais leur présence ne constitue pas un risque immédiat pour la santé. Le groupe des coliformes totaux inclut des espèces bactériennes qui résident dans l'intestin des animaux à sang chaud ainsi que de manière naturelle dans les sols, la végétation, l'eau des sources, les lacs et les rivières. Ce sont maintenant les coliformes fécaux où l'espèce type *Escherichia coli* qui sont les indicateurs qui conduisent à un avis d'ébullition (CEAEQ, 2003) *E. coli* est une espèce bactérienne appartenant au groupe des coliformes fécaux. Cette bactérie est toujours trouvée dans les matières fécales des animaux à sang chaud, mais, à la différence des coliformes totaux, elle n'est pas présente de manière naturelle dans l'environnement et ne colonise pas le bio-film des réseaux de distribution. *E. coli* est donc un indicateur spécifique d'une contamination fécale et sa présence dans l'eau indique la présence possible de microorganismes pathogènes entériques (MDDEPQ, 2006).

➤ Les streptocoques :

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

c. Les parasites :

C'est surtout le milieu physique (retenue d'eau, canal, etc.) et les caractéristiques physicochimiques qui créent les conditions propices à la prolifération des vecteurs et hôtes intermédiaires des parasites. Parmi les parasites pathogènes pour l'homme qui sont transmissibles

par l'eau, les plus importants, sont : les protozoaires et les helminthes (Moumouni - Djermakoye, 2005).

➤ **Protozoaires :**

Parmi les protozoaires intestinaux pathogènes pour l'homme et transmissibles par l'eau de boisson, on peut citer : *Entamoeba histolytica*, *Giardia intestinalis* et *Balantidium coli*.

Tous ces protozoaires ont été associés à des manifestations épidémiques dues à l'eau de boisson (Moumouni-Djermakoye, 2005).

I.5. Les paramètres indicateurs de la pollution des eaux :

I.5.1. Les paramètres physiques :

I.5.1.1. La température :

La température de l'eau joue un rôle important par exemple en ce qui concerne la solubilité des sels et des gaz dont, entre autres, l'oxygène nécessaire à l'équilibre de la vie aquatique. Certes, toute variation brusque de ce paramètre entraîne une perturbation dans l'équilibre de l'écosystème aquatique (Derwich *et al.*, 2010).

Dans les eaux naturelles et au dessus de 15°C, il y a risque de croissance accélérée de micro-organismes, d'algues, entraînant des goûts et des odeurs désagréables ainsi qu'une augmentation de la turbidité et une variation de la couleur (Rodier, 1996).

La température des eaux superficielles (rivières, lacs et retenues) est très variable selon les saisons et peut passer de 2 °C en hiver à 30 °C en été (Savary, 2003).

I.5.1.2. Le potentiel hydrogène (pH) :

Le pH est une mesure de l'acidité de l'eau c'est-à-dire de la concentration en ions d'hydrogène (H^+).

L'échelle des pH s'étend en pratique de 0 (très acide) à 14 (très alcalin) ; la valeur médiane 7 correspond à une solution neutre à 25°C. Le pH d'une eau naturelle peut varier de 4 à 10 en fonction de la nature acide ou basique des terrains traversés. Des pH faibles (eaux acides) augmentent notamment le risque de présence de métaux sous une forme ionique plus toxique. Des pH élevés augmentent les concentrations d'ammoniac, toxique pour les poissons.

Les pH faibles augmentent notamment le risque de présence des métaux sous une forme ionique plus toxique. Tandis que les pH élevés augmentent les concentrations en ammoniac (De Villers *et al.*, 2005).

Le pH doit être impérativement mesuré sur le terrain, à l'aide d'un pH-mètre (De Villers *et al.*, 2005).

Selon le pH, les eaux peuvent être classées comme suit (tableau 04)

Tableau 04 : Classification des eaux d'après leur pH ((De Villers *et al.*, 2005).

pH < 5	Acidité forte => présence d'acides minéraux ou organiques dans les eaux naturelles
pH = 7	pH neutre
7 < pH < 8	Neutralité approchée => majorité des eaux de surface
5,5 < pH < 8	Majorité des eaux souterraines
pH = 8	Alcalinité forte, évaporation intense

I.5.1.3. La conductivité électrique (CE) :

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm² de surface et séparés l'une de l'autre de 1 cm (Rodier, 2009).

La conductivité électrique traduit le degré de minéralisation globale, elle nous renseigne sur le taux de salinité et dépend de la nature des sels dissous et de leurs concentrations (Abdoulaye *et al.*, 2013 ; Rejsek, 2002) . En effet, La conductivité d'une eau naturelle est comprise entre 50 et 1500 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (De Villers *et al.*, 2005).

La conductivité est également fonction de la température de l'eau, elle est plus importante lorsque la température augmente. Elle sert aussi d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau (Rodier, 1984).

I.5.2. Les paramètres chimiques :

I.5.2.1. La demande biochimique en oxygène (DBO₅) :

La demande biochimique en oxygène est la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation des matières organiques biodégradables mesurée à l'obscurité et à 20 °C pendant 5 jours d'incubation d'un échantillon par les micro-organismes du milieu (Mekhalif, 2009).

Une DBO₅ élevée indique une consommation importante d'oxygène. Le déficit en oxygène peut avoir des conséquences préjudiciables sur les organismes aquatiques (Connolly, 1995).

I.5.2.2. La demande chimique en oxygène (DCO) :

La demande chimique en oxygène représente la quantité d'oxygène consommée par les matières oxydables contenues dans l'eau. Elle est représentative de la majeure partie des composés organiques mais également des sels minéraux oxydables (sulfures, chlorures.etc) (Makhoukh *et al.*, 2011).

L'oxydation est effectuée par voie chimique sous l'action d'un oxydant puissant en milieu acide fort pendant deux heures (Lounnas, 2009). Les oxydants les plus couramment utilisés sont : le bicarbonate de potassium et le permanganate de potassium.

I. 5.2.3. L'oxygène dissous (OD) :

L'oxygène est l'un des paramètres particulièrement utile pour l'eau et constitue un excellent indicateur de sa qualité. Il est très sensible à la pollution (Makhoukh *et al.*, 2011).

La concentration en oxygène dissous varie de manière journalière et saisonnière car elle dépend de nombreux facteurs tels que la température de l'eau, la salinité, la pénétration de la lumière et la disponibilité en nutriments (De Villers *et al.*, 2005).

En effet, ce paramètre joue un rôle primordial dans le maintien de la vie aquatique et dans l'auto-épuration (Belghiti *et al.*, 2010).

I.5.2.4. Le taux des sels dissous (TDS):

La quantité des sels minéraux dissous influence la conductivité, la mesure qui permet de déterminer la quantité totale de sels minéraux dissous dans l'eau qu'est appelée le TDS.

La minéralisation est fonction de la géologie des terrains traversés. D'une façon générale, elle est plus élevée dans les eaux souterraines que dans les eaux superficielles. Les eaux très

minéralisées, du fait de leur teneur en sodium, en calcium, en magnésium, en chlorures, en sulfates et en hydrogénocarbonates, semblent mieux contribuer à l'homéostasie de l'homme et surtout de l'enfant; cependant, elle peuvent poser des problèmes endocriniens très complexe.

Une eau, dont la minéralisation est inférieure à 600 mg/l, est généralement considérée comme bonne; au-delà de 1200 mg/l et elle devient sauf accoutumance assez désagréable (Rodier, 1996).

I.5.3. Les substances indésirables :

I.5.3.1. Les substances azotées :

L'azote est un élément indispensable à l'édification de la cellule vivante. Il est utilisé comme indicateur majeur de la pollution organique. Il se présente sous deux formes : organique (protéines, acides aminés, etc.) et minérale (ammonium, nitrites, nitrates, etc.). Les formes d'azote les plus étudiées sont : l'azote ammoniacal (NH_4^+), les nitrates (NO_3^-) et les nitrites (NO_2^-) (Makhoukh *et al.*, 2011).

I. 5.3.1.1. Les nitrates (NO_3^-) :

Les nitrates se trouvent naturellement dans les eaux, ils sont très solubles, proviennent en grande partie de l'action de l'écoulement des eaux sur le sol et finissent donc dans les nappes phréatiques, les rivières, les lacs ou les mers (Defranceschi, 1996).

Les principales sources de rejet de nitrates sont les effluents industriels comme la production des produits phytosanitaires ainsi que le lessivage des engrais inorganiques azotés utilisés pour fertiliser les terres agricoles (Gaudreau *et* Mercol, 1998).

Dans le milieu naturel, les nitrates ne sont pas directement toxiques mais participent au phénomène d'eutrophisation des cours d'eaux stagnants (Rejsek, 2002).

Les limites de la qualité pour les eaux brutes destinées à la production d'eau potable sont de 50 mg.l⁻¹ pour les eaux superficielles et de 100mg.l⁻¹ pour les eaux souterraines (Rejsek, 2002).

I. 5.3.1.2. Les nitrites (NO_2^-) :

Les nitrites constituent une étape importante dans la métabolisation des composées azotées. 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 est

indicatrice d'une pollution due à des rejets d'eau non épurée ou à un ralentissement du processus de nitrification.

Ils sont toxiques à faibles doses (Rejsek, 2002).

I. 5.3.2. Les chlorures (Cl⁻) :

Le chlorure est un sel mobile, non toxique, très répandu dans la nature sous forme de sels de sodium (NaCl), de potassium (KCl), et de calcium (CaCl₂). La présence de chlorures dans les eaux naturelles peut être attribué à la nature des terrains traversés, à la pénétration de l'eau de mer dans les régions côtières, de manière naturelle ou par intervention humaine par pompage excessif, à la pollution provenant des rejets urbains et industriels. Chacune de ces sources de pollution peut contaminer localement les eaux souterraines et les eaux superficielles. (Chaoui, 2007).

Un surdosage en chlorures dans l'eau, peut être à l'origine d'une saveur désagréable surtout lorsqu'il s'agit de chlorure de sodium. Au-delà d'une concentration de 200 mg/l de chlorure, des risques peuvent s'apercevoir sur le plan sanitaire (Bouziani, 2000).

I.5.3.3. Les orthophosphates (PO₄³⁻) :

Comme l'azote, le phosphore est un élément nutritif majeur des écosystèmes dont l'excès entraîne des perturbations dans la vie d'un cours d'eau. Il est considéré comme indicateur du phénomène d'eutrophisation (Bentouati et Bouzidi, 2010).

Les orthophosphates représentent la forme minérale principale du phosphore dans les eaux. Leur présence dans l'eau est liée à la dégradation de la matière organique d'origine urbaine ou agricole, aux rejets urbains et industriels de polyphosphates et aux lessivages des engrais agricoles (WWF, 2011).

I.5.3.4. Les sulfates (SO₄²⁻) :

La concentration en ions de sulfates des eaux naturelles est très variable. Dans les terrains ne contenant pas une proportion importante de sulfates minéraux, elle peut atteindre 30 à 50 mg/l, mais ce chiffre être largement dépassé et peut atteindre jusqu'à 300 mg/l dans les zones contenant du gypse ou lorsque le temps de contact avec la roche est très élevé. La combustion des produits fossiles (charbon, fuel) et l'utilisation des hydrocarbures émettant des composés soufrés contribuent à la formation des pluies acides avec une augmentation de la teneur en sulfates et sous l'action de bactéries sulfito-réductrices, peuvent se former des sulfures donnant lieu à des

précipités de sulfure de fer dans certains terrains contenant des sulfures métalliques (fer, cuivre... etc.). (Ramade, 1981).

I.4. Les conséquences de la pollution des eaux :

I.4.1. Sur la santé :

Les conséquences sur la santé humaine sont différentes selon le mode de contamination qui peut être par l'ingestion, par contact ou par contamination intermédiaire, c'est-à-dire, la consommation des poissons contaminés par une eau polluée (Carneval *et al.*, 2006).

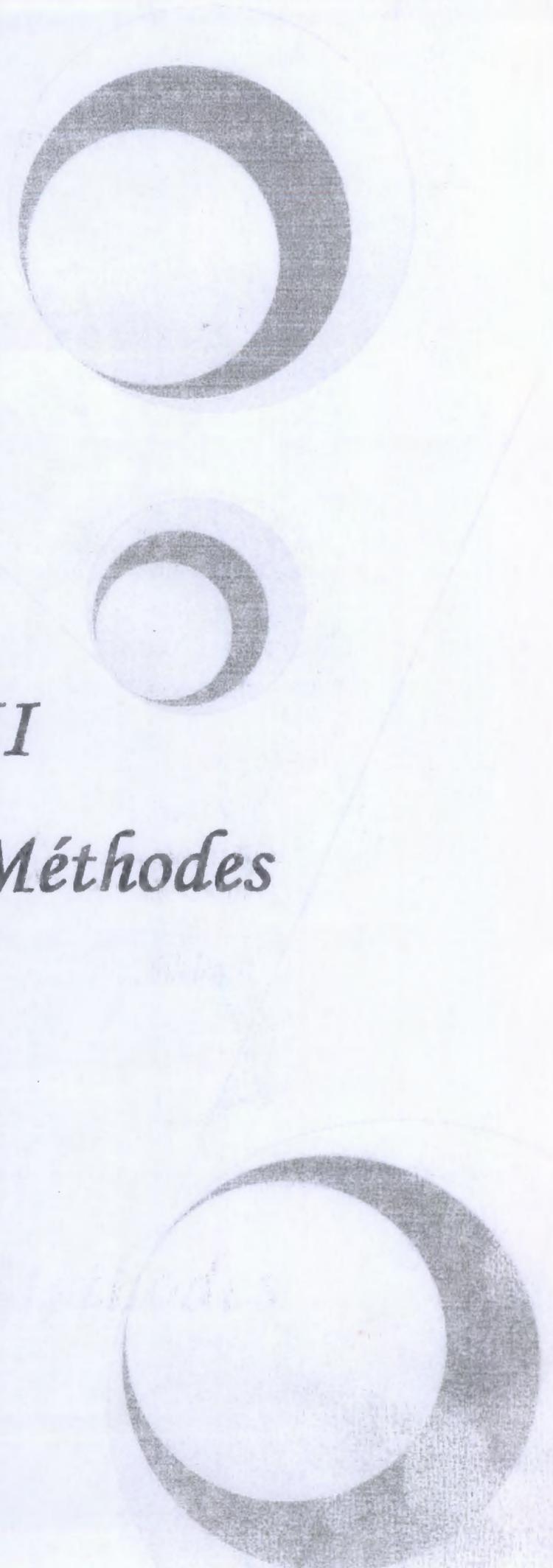
Les maladies à transmission hydrique sont nombreuses et répandues dans le tiers monde. Nous citons entre autre : le Choléra, l'Hépatite A, le Paludisme ...etc (Moletta, 2008).

Les nitrites sont responsables d'une affection dite méthémoglobinémie. Les nitrites, issues de la transformation des nitrates dans l'estomac, oxydent l'hémoglobine en méthémoglobine, inapte au transport de l'oxygène des poumons aux tissus. Cette maladie se manifeste par une cyanose (ou maladie bleue) et touche essentiellement les nourrissons (Savary, 2003).

I.4.2. Sur l'environnement :

L'eutrophisation désigne un enrichissement des eaux en substances nutritives (azote, phosphore) (Carneval *et al.*, 2006). Ces dernières proviennent principalement des rejets directs d'effluents domestiques, industriels et agricoles. En outre, l'écoulement d'eaux de ruissellement contaminées, après leur passage sur des surfaces agricoles et non agricoles (Brahya, 2007), provoque un développement accéléré des algues et des végétaux supérieurs, entraînent une dégradation de la qualité de l'eau. Ainsi qu'un appauvrissement de l'eau en oxygène, avec pour conséquence un risque accru de mortalité chez certains organismes aquatiques (Bliefert, 2009).

Si les rejets sont importants, il en résulte souvent une hyper-eutrophisation encore appelée dystrophisation, qui peut s'effectuer en quelques décennies ou en quelques années alors que l'eutrophisation naturelle requiert des durées séculaires voire millénaires ou encore plus longues (Ramade, 1998).



Chapitre II

Matériel et Méthodes

II.1. Présentation de la zone d'étude :

II-1.1. Présentation de la wilaya de Jijel:

Jijel est une wilaya côtière, située au Nord-est de l'Algérie, elle est distante de 360Km de la capitale Alger. Elle est limitée au Nord par la mer Méditerranée, au Sud et au Sud-est par la wilaya de Mila, au Sud -Ouest par la wilaya de Sétif. La wilaya de Skikda délimite la partie Est, tandis que la wilaya de Bejaia borde la partie Ouest. Elle s'étend sur une superficie de 2398 Km² avec 11dairas et 28 communes (ANRH, 2016).

La willaya de Jijel connait un développement urbain rapide évalué en 2010 à environ 600000 habitants qui engendre une évolution rapide tant à l'alimentation en eau potable qu'à l'augmentation des volumes d'eau usée rejetée qui à atteint 110000 m³/j en 2011(ONA).

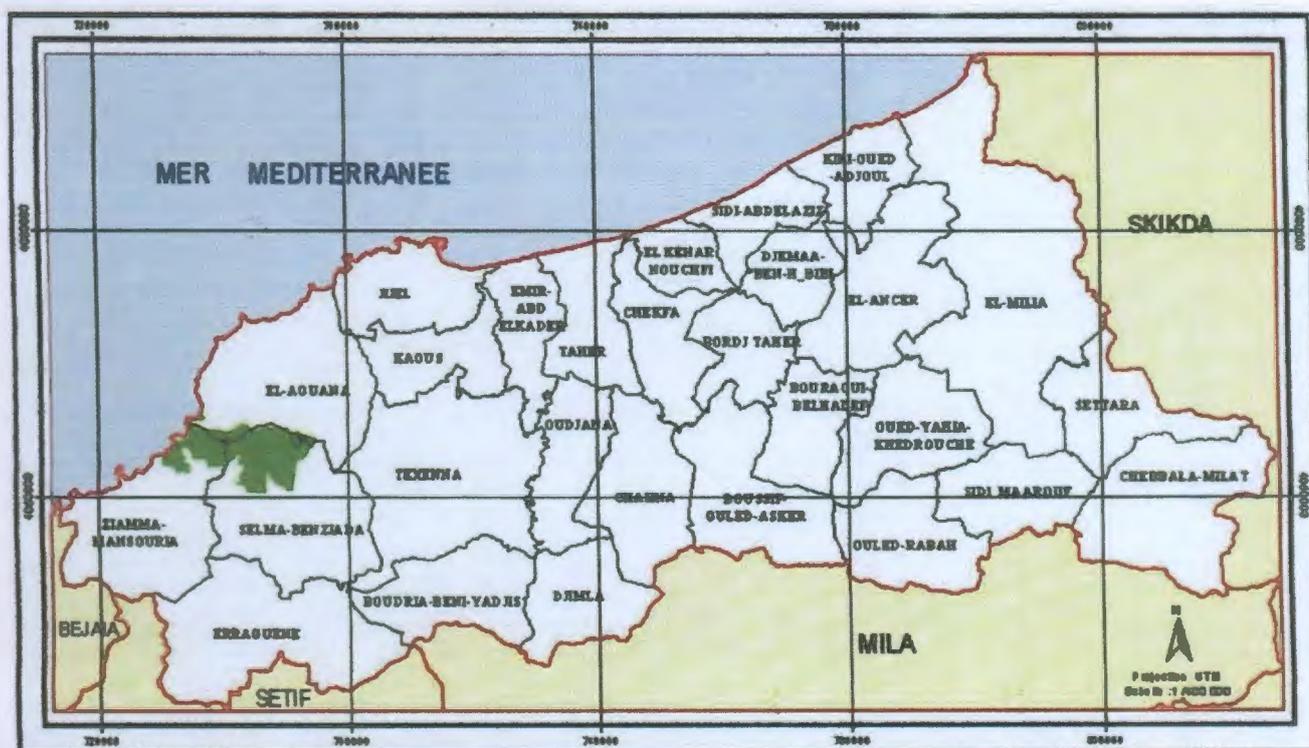


Figure 02. Situation géographique de la wilaya de Jijel (Source : P.N.T)

II.1.2. Réseau hydrographique :

La wilaya de Jijel est considérée parmi les régions les plus pluvieuses en Algérie. Elle reçoit chaque année des apports d'eau de pluies très importants, qui ruissellent généralement vers les principaux oueds existants dans la nappe de oued Nil, la nappe de oued El-Kibir , la nappe de oued Djen-Djen, la nappe de oued Kissir et la nappe d'oued Mencha(figure 03).

Le potentiel hydrique de la wilaya de Jijel est très important, il est estimé à environ 1.474 millions de mètres cubes dominés essentiellement par les ressources en eau superficielles qui représentent 94,9 %.

Les ressources mobilisables sont estimées à 705,6 millions de mètres cubes dont 620 millions de mètres cubes de ressources superficiels destinés essentiellement à l'irrigation et l'industrie hydroélectrique, et 85,6 millions de mètres cubes de ressources souterraines représentées par les nappes phréatiques empruntés en général par l'alimentation en eau potable (B.N.E.D.E.R, 2002).

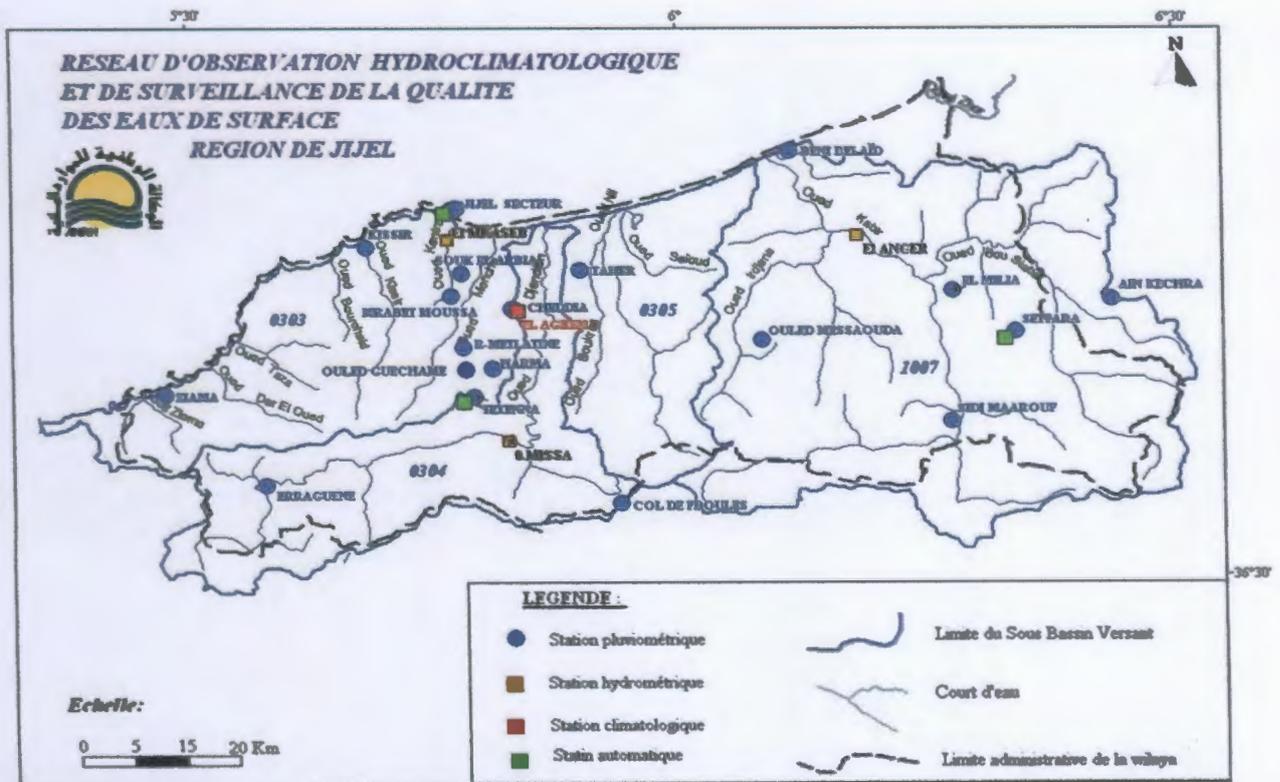


Figure 03. La carte hydrographique de la wilaya de Jijel (ANRH, 2016)

II.1.3. Description d'oued Kébir (la zone d'étude) :

Oued El Kebir est un grand fleuve qui coule dans l'est de l'Algérie, précisément dans la wilaya de Constantine, Sétif, Mila et Jijel.

La station de Oued-El-Kebir prend le chemin de la wilaya de Sétif là on l'appelle Oued El Rhumel puis il traverse la ville de Constantine en créant des gorges appelées du Rhumel ensuite il passe par les environs de la ville de Mila là ou se trouve le barrage de Béni Haroun (le plus grand barrage d'Algérie). Il passe par la wilaya de Jijel et prend une autre appellation Oued El Kabir et se déverse dans la Méditerranée au niveau de la commune de Sidi Abdelaziz.

Il change brusquement de direction et coule vers le nord-ouest pour confluer avec l'Oued Endja et donner naissance à l'Oued El kebir. Donc, le bassin du kebir-Rhumel résulte de la conjonction de deux cours d'eau importants qui sont l'Oued Rhumel et l'Oued Endja drainant respectivement une superficie de 5315 Km², le potentiel hydrique de l'Oued Rhumel-kebir totalisent un apporte moyenne de 2268 millions m³/an (REMINI, 2005).

L'oued El kebir Franchit vigoureusement la chaîne numidique, bien exposée aux vents pluvieux en provenance de la Méditerranée. Puis, il traverse les massifs très arrosés de la Petite Kabylie d'El Milia, avant de s'écouler dans une large vallée vers la mer (Figure 04).

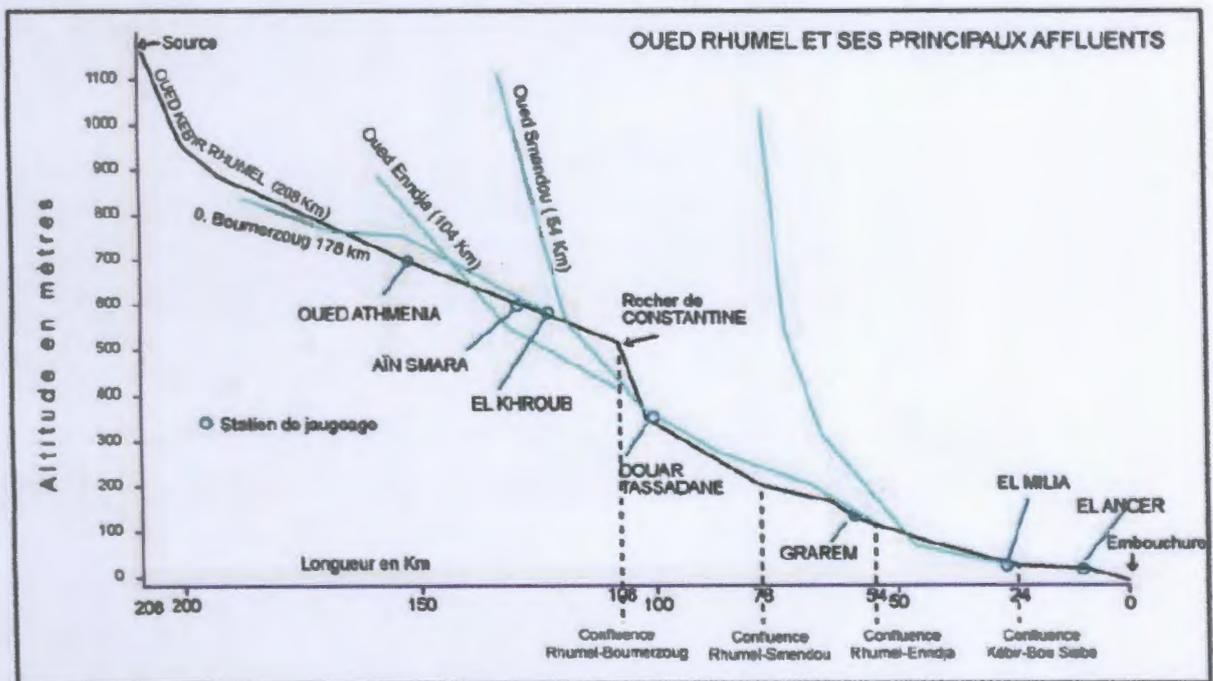


Fig 04 . Profil en long de l'Oued Kébir-Rhumel (d'après Mebarki, 2005)

Le bassin versant, vaste de 8 815 km², est composé de domaines géologiques très différents : la dorsale kabyle (calcaires jurassiques) et les massifs gréseux numidiens et enfin le domaine du socle granitique et cristallophylien de la petite Kabylie d'El Milia (Mebarki A ; 2005).

Le haut Rhumel à Oued Athménia est régularisé par le barrage de Hammam Grouz. Nettement plus à l'aval, à 3 km au Nord de la confluence Endja-Rhumel, l'Oued El Kébir porte l'imposant barrage de Beni Haroun, en cours de mise en eau.

L'Oued El-Kébir est situé au Sud-Est de la wilaya de Jijel, il traverse la commune de Sidi Marouf jusqu' à la commune de Sidi Abdelaziz ou il débouche sur la Méditerranée, est considéré comme une source hydrique importante pour les différentes activités de l'homme au bord de cet oued (Tannerie d'El-Milia...).

II.1.3.1. Climat :

A- Précipitations :

L'examen de tableau 5, montre que les quantités de pluies les plus élevées sont enregistrées durant l'hiver et que les précipitations minimales sont observées en été

Ce tableau des précipitations, révèlent l'irrégularité des pluies le long de l'année. Les mois les plus pluvieux sont respectivement : novembre, décembre, février alors que les mois les plus secs sont juillet, juin et août.

Tableau 05 : Moyennes mensuelles des précipitations en mm [2006-2015] (O.N.M, d'El Achouat)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc	Tot
P (mm)	121,3	149,1	121,9	71,6	50,2	19,2	2,2	21,5	71,1	114,3	168,3	153,7	1064,1

P : Moyennes mensuelles des précipitations en mm.

B. Température

Les données de température s'étalent sur une décennie (2006-2015) montrent que les minimales de température sont généralement enregistrés durant la saison hivernal et plus précisément durant le mois de janvier et février (tableau 6). Les températures maximales sont observées durant la saison estivale, particulièrement au mois d'août (tableau 6).

Tableau 06 : Moyennes mensuelles des températures [2006-2015] (O.N.M, d'El Achouat)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
T °C	12,0	12,0	13,6	16,6	19,4	22,8	26,1	26,4	24,0	21,1	16,9	13,1

T : Moyennes mensuelles des températures en °C.

C. Diagramme ombrothermique de Bognouls et Gausсен

Le diagramme ombrothermique de Gausсен consiste a apporté en abscisses les mois et en ordonnées les précipitations et les températures, notons toutefois que les valeurs des précipitations sont le double contenues des températures (Guyot, 1999). L'analyse de deux paramètres climatique (précipitation et température) permet de tracer la courbe ombrothermique qui met en évidence deux périodes :

- L'une de sécheresse qui s'étale de la fin du mois de mai jusqu'au début du mois de septembre.
- L'autre humide s'étale du septembre au mois du mai.

Tableau 07 : Moyennes mensuelles de précipitation [2006-2015] (O.N.M, d'El Achouat)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc	Tot
T °C	12,0	12,0	13,6	16,6	19,4	22,8	26,1	26,4	24,0	21,1	16,9	13,1	-
P (mm)	121,3	149,1	121,9	71,6	50,2	19,2	2,2	21,5	71,1	114,3	168,3	153,7	1064,1

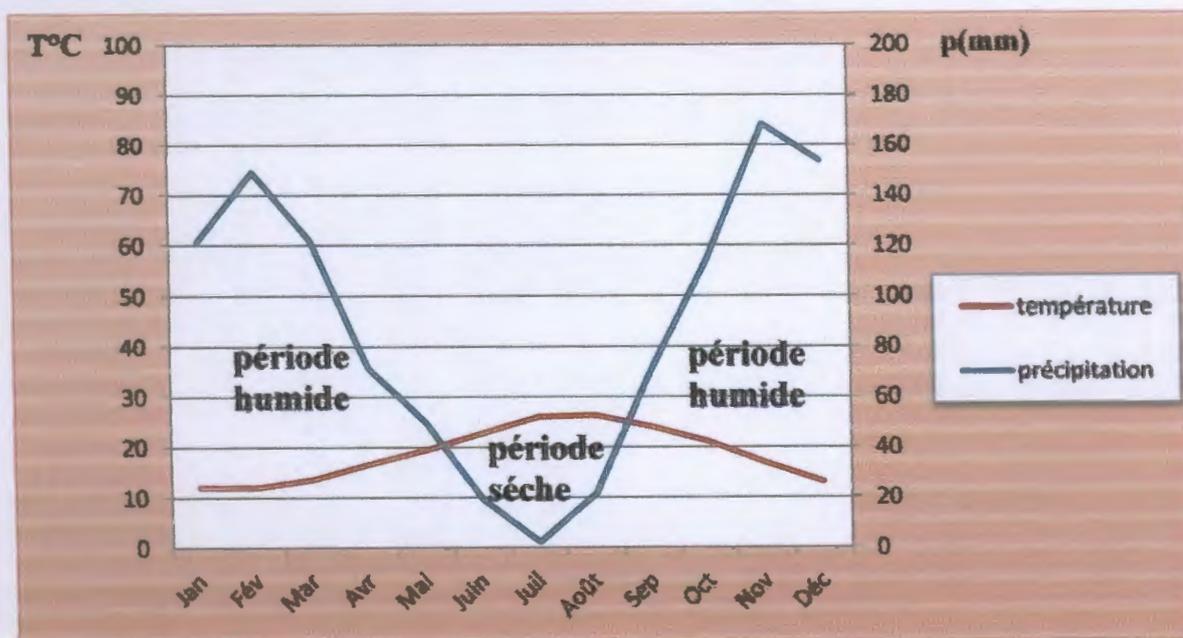


Fig 05. Diagramme Ombrothermique de Bognouls et Gausсен (2006-2015)

D. Le vent :

Le vent est un facteur climatique très important, car il joue un rôle fondamental dans le transport, la propagation et la dissémination des polluants de différentes tailles vu ses caractéristiques de direction et de force.

Deux types de vents dominants soufflent sur la région de Jijel :

- ❖ Le vent du Nord-Ouest, d'octobre à avril.
- ❖ Le vent du Nord-Est, entre mai et septembre.

Autre vent peu fréquent, le sirocco, vent du sud qui souffle en moyenne 24 jours/an.

E. L'humidité de l'air :

Les valeurs de l'humidité sont relativement homogènes, quoique les variations soient très petites entre les différentes valeurs. Elle est généralement de moyenne annuelle de 75% (O.N.M, 2016).

II.1.3.2. La végétation :

Les groupements de végétation de l'oued El kèbir, sont caractérisés par des groupements de ripisylve, ces dernières sont bien représentées constituées d'un cortège d'espèces forestières. Dans la région d'ElAncer qui recèle les végétaux suivants : *Populus alba*, *Populus nigra*, *Fraxinus angustifolia*, accompagné d'un nombre important de lianes (*Hedra hélix* et *Rubus ulmifolius*), *Typha angustifolia*, et on rencontre également *Tamarix gallica* qui est très abondant.

II.1.3.3. Lithologie de l'oued El Kèbir :

Il est représenté par des Marnes noirs, affleurant sur les deux rives d'oued El kèbir et sur le versant Nord-Ouest d'oued Endja ; le calcaire est représenté à l'Ouest de Sidi Merouan et dans la gorge d'oued El Kèbir (BOUAZI, 2004).

Une série marneuse à minces lits de calcaires marneux, son épaisseur peut atteindre 200m à Sidi Marouf, on observe aussi des Schistes-Calcaires (HIRECHE, 2006).

II.1.3.4. Activité industrielles présentes dans la région d'étude :

Hors des unités de production des matériaux de construction localisée à El Ancer et l'autre à Sidi Marouf, les activités industrielles dans la région sont assez timides et limitées à la

commune d'El Milia. Elles consistent essentiellement en des unités de céramique sanitaire, complexe des kaolins, mégisserie des peaux et cuirs, et qui concentrent près de 80% de l'emploi industriel de la zone et demeure ainsi le principal centre économique.

Les unités industrielles les plus importantes qui rejettent leurs déchets dans l'oued El-kébir sont mentionnés dans les (tableaux 8 et 9).

Tableau 08 : Déchets solides diverses dans l'oued El Kebir (Khoubache, 2006).

Unités industrielles	Quantités des déchets : Kg/j	Types ou nature de déchets
La tannerie de Khnifer (El Milia)	1500 kg/jour	Graisses des animaux
	5000 kg/jour	déchets des peaux et cuirs
Unité de céramique sanitaire (El Milia)	10 - 20 ton/jour	Moule en plâtre résidus de Fabrication
Complexe de Kaolin d'ENOF (El Milia)	10 ton/jour	Sable

Tableau 09 : Déchets liquides diverses dans l'oued El Kébir (Khoubache , 2006)

Unité industrielle	Quantité des déchets m ³ /jour	Nature des déchets
Tannerie de khnifer (El Milia)	150 m ³ /jour	-Sulfate de chrome -Hydrate de calcaire -Acide sulfurique -Sulfure de sodium -Colorants - Sulfure d'ammonium adjuvants

II.1.3.5. Agriculture

Le bassin du Kébir se caractérise par une agriculture mixte, traditionnelle (irrigation gravitaire) et moderne (irrigation par canaux d'aspersion), tout dépend du type de culture.

Les principales activités des périmètres irrigués sont essentiellement les cultures maraichères et l'arboriculture.

Afin d'atteindre la production nécessaire, il était important de développer des techniques et des stratégies de culture et d'autoriser l'usage de certains produits chimiques et organiques tel que les engrais et les pesticides pour améliorer les rendements et lutter contre les parasites et les maladies.

Les engrais les plus utilisés en agriculture au niveau du bassin du Kébir sont les ammonitrates (33%) et les superphosphates (45%). Les engrais augmentent sans doute les rendements, mais contribuent surtout par leur utilisation excessive à la pollution des sols, des sédiments et des cours d'eau où les concentrations en nitrates, phosphates et leurs dérivés sont le plus souvent élevées. (Melghit M, 2013)

Comme pour les engrais, l'utilisation abusive et intense des pesticides organiques et ou minéraux conduit sans aucun doute à une contamination des sols, des eaux et des sédiments.

II.2. Échantillonnage et technique de mesure :

Les caractéristiques physicochimiques des eaux de surfaces dépendant d'un certain nombre de facteurs tels que la composition chimique et minéralogique des terrains traversés, la structure géologique, les conditions d'écoulement, les conditions physicochimiques locales.

D'éventuelles pollutions peuvent modifier les caractéristiques naturelles de l'eau. Nous déterminons ces caractéristiques à l'aide de mesures et d'analyses différentes.

Ce travail est de déterminer et de quantifier la pollution physico-chimique et bactérienne d'Oued El-Kebir, accessible à partir de la région de Milia jusqu'à la station Beni Belaïde embouchure de la mer en réalisant un suivi spatio-temporel. Cette étude a envisagé d'effectuer des analyses physicochimiques et bactériologiques en vue de caractériser le milieu et mettre en évidence les paramètres qui déterminent la qualité de l'eau à savoir : La conductivité ; la température ; le pH ; la salinité ; DBO5 ; Nitrate ; ...etc, ont été mesurés pendant trois campagnes successivement décembre, avril et mai au niveau de quatre stations réparties sur ce cours d'eau (fig.06 et 07)

Les analyses bactériologiques ont été réalisées à partir des prélèvements effectués dans quatre sites différents le long de l'Oued el kebir.

II.2. 1. Mode de prélèvement:

Les lieux de prélèvement d'échantillons sont généralement choisis aux endroits où la profondeur de l'eau se situe entre 1 et 1.5m. Le flacon peut être plongé dans l'eau. Le haut vers le bas sous la surface de l'eau et puis retourné de telle sorte à le remplir à la profondeur voulue (généralement 30 à 50 cm) (Merzoug, 2009).

Pour chaque station, les bouteilles étiquetées sont rincées trois fois avant la prise de l'échantillon. La bouteille une fois remplie à ras bord et bien fermée et placée dans une glacière.

Un examen bactériologique ne peut être valablement interprété que s'il est effectué sur un échantillon correctement prélevé, dans un récipient stérile, selon un mode opératoire précis évitant toute contamination accidentelle, correctement transporté au laboratoire et analysé sans délai ou après une courte durée de conservation dans des conditions satisfaisantes. (Rodier et al., 2009)

Trois échantillons d'eau sont prélevés dans chaque station. Ces répétitions nous permettent d'avoir des données fiables indispensables pour un traitement statistique crédible.

II.2.2. Transport et conservation de l'échantillon avant l'analyse:

Pendant le transport, il faut éviter surtout la destruction de l'échantillon, ou, inversement la surcroissance de micro-organismes à l'intérieur de l'échantillon. Ceci peut être obtenu en mettant l'échantillon à l'abri de la lumière visible ainsi que dans des températures ambiantes. Habituellement, cette protection est obtenue grâce à l'utilisation d'une glacière contenant des poches de glace. On conserve généralement les échantillons à une température inférieure ou égale à 4°C.

II.2.3. Caractéristiques des points de prélèvement :

Pour contribuer à l'évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de l'Oued el Kebir nous avons choisi 4 points de prélèvement.

Nous nous sommes intéressés à la détermination de la qualité physico-chimiques de l'eau de cet écosystème.

La totalité de nos analyses bactériologiques ont été réalisées au niveau du laboratoire de contrôle de la qualité et conformité (NORMALYS) au niveau de la wilaya de Jijel.

Les analyses physico-chimiques, ont été réalisées à niveau du laboratoire de l'université de Jijel.

Tableau 10: Les coordonnées géographiques des points de prélèvements et les caractéristiques des sites :

Point de prélèvement	X	Y	Caractéristique
Station 1	36° 42. 40.0" N	06° 15. 59.8" E	-Eau stagnante. - Elevage du bétail (pâturage). - près de la route. - Pas de rejet des eaux usées domestique
Station 2	36° 52. 10.8" N	06° 05. 27.1" E	- Zone agricole. - Pâturage. - rejet des eaux usées domestique
Station 3	36° 51. 09.4" N	06° 07. 09.4" E	- Zone agricole. - Lieu de pâturage.
Station 4	36° 51. 31.8" N	06° 07. 12.8" E	- Fréquenté par les pêcheurs. -A quelque mètre de l'embouchure a la plage de BeniBelaid

Tableau 11 : la nature et période du prélèvement.

Périodes des prélèvements	Nature du prélèvement	Type d'analyses effectuées
Décembre 2015 Avril 2016 Mai 2016	Eaux	Physico-chimique et Bactériologique

L'appréciation de la qualité des eaux de surfaces se base sur la mesure de paramètres physicochimiques ainsi que sur des analyses microbiologiques : le dénombrement et la recherche des germes tests de contamination fécale, la présence ou l'absence de microorganismes pathogènes.

Pour contribuer à l'étude de l'évolution de la qualité bactériologique et physico-chimique des eaux de Oued El kebir trois prélèvements sont effectués, le premier en Décembre 2015, le deuxième en Avril et le dernier en Mai 2016, chaque prélèvement comporte quatre échantillons: le premier s'est fait dans la région de Milia, le deuxième et troisième a été effectué dans la région de l'El djenah , et le quatrième dans l'embouchure de l'Oued El kebir .



Figure 06 : La localisation des points de prélèvements Station 01
 (Source : Google Earth, 2016).



Fig 07 : La localisation des points de prélèvements S 02, S 03 et S 04
 (Source : Google Earth, 2016).

II.2.4. Mesure in situ:

Pour chaque prélèvement d'échantillons, des mesures in situ sont effectuées afin de déterminer certaines caractéristiques de l'environnement des prélèvements tel que : la température, le pH, la conductivité et l'O₂ dissous. Ont été mesurés *in situ* à l'aide d'une valise multi-paramètre de terrain (WTW 350 I) (Photo 06).

Ces paramètres sont très sensibles aux conditions du milieu, elles peuvent disparaître ou se modifier au cours du stockage et transport de l'échantillon au laboratoire. (Rodier et al, 2005).



Photo 06 : La valise multi-paramètre

✦ Le potentiel d'hydrogène (pH):

Le pH est mesuré directement à l'aide d'une électrode de pH combinée. Cette mesure consiste à tremper l'électrode dans le bûcher de l'échantillon, laisser stabiliser un moment, puis noter le pH (Rodier, 2005).

✦ La conductivité électrique (CE) :

Pour la détermination de la conductivité, un conductimètre multiéléments est utilisé. La sonde est rincée plusieurs fois et ensuite, elle est plongée dans un bûcher contenant de l'eau à analyser. Le résultat de la conductivité est donné directement en $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (Rodier, 2005).

✦ La température:

La température est mesurée directement et simultanément avec le pH, sa valeur est lue sur l'afficheur du pH mètre, elle est exprimée en °C.

La teneur en oxygène dissous est mesurée simultanément avec la conductivité et le pH, sa valeur est lue en mg.l^{-1} .

II.2. 5. Mesures effectuées au laboratoire :

II 2.5.1. Le taux des sels dissous (TDS):

La quantité des sels minéraux dissous influence la conductivité, la mesure qui permet de déterminer la quantité totale de sels minéraux dissous dans l'eau qu'est appelée le TDS.

La mesure de la TDS se fait dans le laboratoire à l'aide d'un TDS mètre en mettant une quantité de l'eau à analyser dans une cuve stérile et la introduire dans cet appareil. (Rodier, 2005).

II 2.5.2. La demande biochimique en oxygène (DBO_5) :

La mesure de la DBO_5 exprime la quantité d'oxygène dissous, consommée pour l'oxydation par voie biochimique des matières organiques biodégradables contenues dans l'échantillon, dans les conditions de l'essai (Rodier, 2009).

Dans une enceinte hermétique, on met à incuber l'échantillon à une température de 20°C . Durant l'incubation, les bactéries consomment l'oxygène contenu dans l'eau. Ce dernier est remplacé par l'oxygène contenu dans le volume gazeux de l'enceinte, le gaz carbonique rejeté lors l'oxydation biologique des matières organiques sera fixé par NaOH contenu dans le bouchon spécial.

Cette technique présente un avantage important par rapport à la technique classique de dilution ; elle permet en effet d'être renseigné en continu grâce à un enregistrement cumulé de la DBO_5 , ce qui donne des précisions intéressantes sur les cinétiques des réactions.

Déterminer après incubation de 5 jours la concentration en oxygène dissous en mg/L .



Photo02 : Appareil manométrique de DBO_5

II 2.5.3. La demande chimique en oxygène (DCO) (méthode à petite échelle en tube fermé) :

La demande chimique en oxygène (DCO) exprime la quantité d'oxygène consommée par les matières organiques existant dans l'eau et oxydables dans des conditions opératoires définies (Rodier et al, 2009).

La méthode ST-DCO (méthode à petite échelle en tube fermé) utilise le même principe que la méthode classique en système ouvert: les matières oxydables dans l'eau sont oxydées quantitativement par une quantité connue et en excès de dichromate de potassium en présence d'acide sulfurique, de sulfate d'argent (catalyseur) et de sulfate de mercure (II) (complexant des ions chlorure) et au reflux pendant 2 heures.



Photo 03 : Colorimètre de la DCO

II 2.5.4. Nitrate NO_3^- :

Les nitrates sont dosés par spectrophotométrie d'absorption moléculaire (Rodier, 1996). En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosalicylate de Sodium, coloré en jaune et susceptible d'un dosage spectrophotométrique. (Rodier et al, 2009).

Transformation des nitrates qui sont réduits en nitrites en présence de l'acide sulfosalicylique, puis dosage colorimétrique.

II.2.5.5. Nitrite NO_2^- :

Suivant l'origine des eaux, la teneur en nitrites est assez variable. La méthode à la sulfanilamide a une sensibilité de l'ordre de quelques microgrammes par litre. Il sera nécessaire d'en tenir compte pour l'interprétation des résultats et de prendre toutes précautions utiles pour la pureté des réactifs et la propreté de la verrerie.

Sous l'action des phénomènes biologiques, l'équilibre entre l'ammoniaque, les nitrites et les nitrates peut évoluer rapidement. Il convient donc de procéder au dosage des nitrites le plus tôt possible après le prélèvement en le conservant à 4°C. (Rodier et al, 2005).

La diazotation de l' amino-4-benzènesulfonamide par les nitrites en milieu acide et sa copulation avec le dichlorure de *N*-(naphtyl-1) diamino-1,2 éthane donne un complexe coloré pourpre susceptible d'un dosage spectrométrique (Rodier et al, 2009).

II.2 .5.6. Orthophosphate PO_4^{3-} :

Pour le dosage des orthophosphates, nous avons suivi la méthode de Rejsek (2002) et celle de Rodier (1996) par spectrophotométrie d'absorption moléculaire.

En milieu acide et en présence de molybdate d'ammonium, les ions orthophosphates donnent un complexe phosphomolybdique, qui, après réduction par l'acide ascorbique, développe une coloration bleue susceptible d'un dosage spectrométrique. Le développement de la coloration est accéléré par l'utilisation d'un catalyseur, le tartrate double d'antimoine et de potassium.

II.2.5.7. Sulfate SO_4^{2-} (Méthode gravimétrique)

Les sulfates sont précipités en milieu chlorhydrique à l'état de sulfate de baryum. le précipité ainsi obtenu est stabilisé à l'aide d'une solution de Tween 20 ou de polyvinyl-pyrrolidone. Les suspensions homogènes sont mesurées au spectromètre. (Rodier et al, 2009).

Les ions SO_4^{2-} sont précipités à l'état de sulfate de baryum et évalués gravimétriques.

II.2 .5.8. Chlorure (Méthode de Mohr)

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent. (Rodier et al, 2009).

II.2 .5.9. L'analyse bactériologique :

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

- ✓ Origine purement aquatique.
- ✓ Origine terrestre.
- ✓ Origine animale ou humaine: ce sont des germes de contamination; le plus souvent fécale, parfois rhino-pharyngée dont la température de développement est au voisinage

de 37°C et qui sont accoutumés à un milieu nutritif (matière fécale) riche en matière organique. (Sayad, 2008).

II.2.5.10. Dénombrement ou comptage des colonies :

a. Dénombrement des coliformes ou de coliformes fécaux par ensemencement en milieu liquide (NPP) :

Après ensemencement de plusieurs dilutions de l'échantillon, chacune dans une série de tubes contenant un milieu de culture non véritablement sélectif mais permettant de mettre en évidence la fermentation du lactose avec production de gaz, repiquer les tubes « positifs » sur un milieu liquide contenant des sels biliaires ou des agents de surface, incubés soit à 36 °C soit à 44 °C pour les dénombrements de coliformes ou de coliformes fécaux respectivement et en outre sur un milieu contenant du tryptophane pour mettre en évidence la production d'indole à partir du tryptophane à 44 °C par les *Escherichia coli* présumés. (Rodier, 2009)

La détermination du nombre caractéristique (nombre de tubes positifs pour chaque dilution) permettra l'établissement du nombre le plus probable de coliformes par le calcul ou la consultation des tables des intervalles de confiances.

b- Les streptocoques fécaux:

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

II.2.5.11. Les techniques de recherche en milieu liquide :

Le principe de la méthode NPP consiste à ensemercer de nombreuses prises d'essai d'un même échantillon et/ou de dilutions de celui-ci dans des tubes de milieu de culture liquide. Les prises d'essai de l'échantillon ou des dilutions, sont donc incorporées dans une première série de tubes de milieu non véritablement sélectif : c'est le *test de présomption* (croissance ou non). Ce premier test est qualitatif et permet de conclure seulement à la présence ou à l'absence de microorganismes dans la prise d'essai.

On ensemence une deuxième série de tubes de milieu plus sélectif en repiquant les tubes ayant donné un résultat positif dans la première série : c'est le *test de confirmation*.

A partir de ces résultats, on estime la quantité de microorganismes après détermination du NPP.

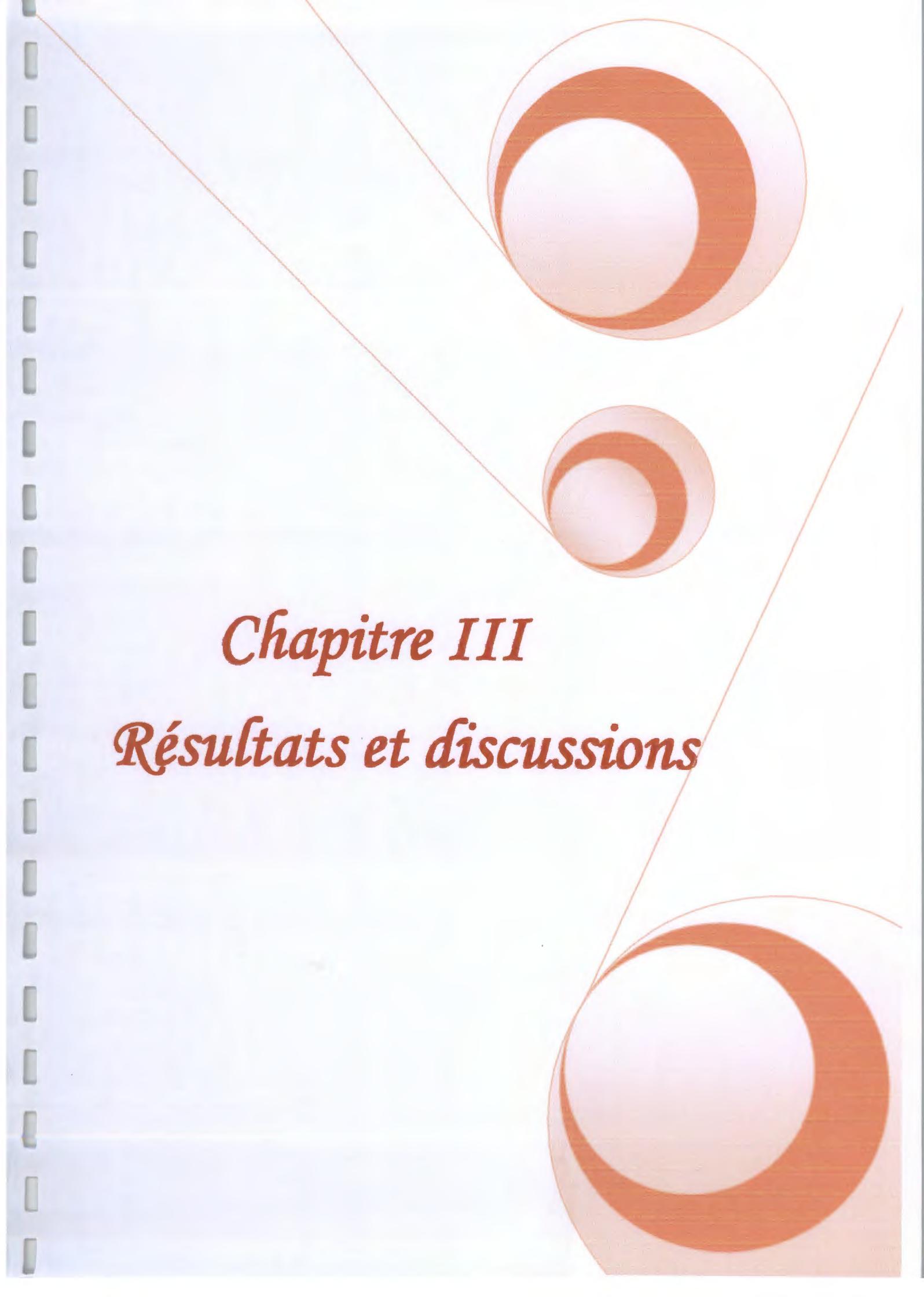
✚ Estimation du NPP

On suppose que pendant l'incubation, chaque tube ayant reçu un ou plusieurs organismes avec l'inoculum présentera une croissance qui provoquera ou non des modifications caractéristiques dans le milieu. Le NPP ne peut être estimé qu'à partir du nombre de tubes positifs. La précision est la « force » de cette méthode et dépend du nombre de tubes ensemencés : elle croît comme une fonction de la racine carrée du nombre de tubes utilisés.

II.3. Méthodes de traitement des données

La mise en évidence de la variabilité des descripteurs physico-chimiques mesurés pour chaque station à des dates différentes, a nécessité l'emploi d'une analyse statistique simple (Histogrammes).

Nous avons construits des histogrammes afin de mieux cerner les fluctuations des divers descripteurs, d'une station à l'autre, et leur évolution dans le temps. En sus, cette démarche nous a permis de comparer les résultats obtenus avec les différentes normes préconisées par le SEQ-Eau (2003) et les normes algériennes de l'ABHCSM (2012).

The page features a light beige background with a vertical perforated edge on the left. Three decorative orange circles are arranged vertically on the right side, each containing a white circle. Two thin orange lines cross the page diagonally, one from the top-left to the bottom-right, and another from the top-right to the bottom-left, intersecting near the center.

Chapitre III
Résultats et discussions

III.1. Paramètres physico-chimiques :

III.1.1. La température:

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

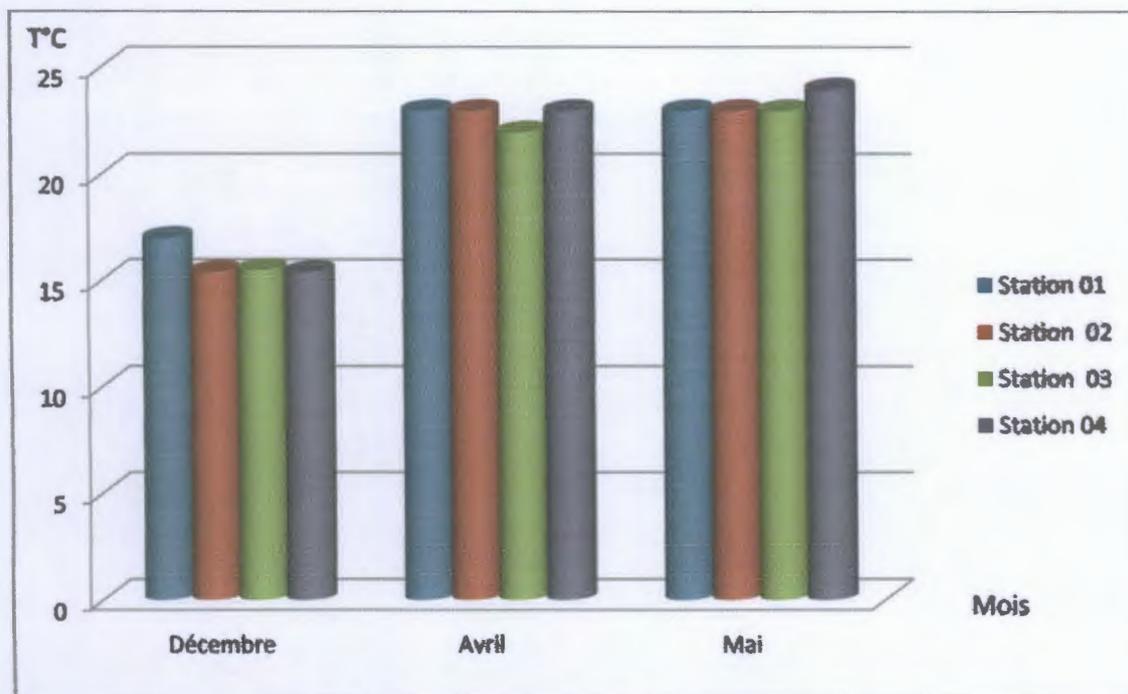


Fig. 08: variation spatio-temporelle de la température d'Oued Elkibir

Selon les résultats (Fig.08), la température minimale de l'eau d'Oued El Kebir est 15,4 °C enregistrée dans le mois de décembre à la station (S1) et station (S4). La température maximale est 25°C notée pendant le mois de mai à la station (S4).

Les eaux des stations d'étude de l'Oued El Kebir montrent une stabilité spatiale. En référent à ces résultats, nous pouvons dire que le profil des variations saisonnières des températures de l'eau suit ce lui des températures atmosphérique en rapport avec le climat de la région.

La température de l'eau reste liée aux conditions locales (climat, durée d'ensoleillement, débit.....etc.) (Neely et al, 1980).

D'après les moyennes mensuelles de la température des eaux de l'Oued El Kebir (varient entre 20 °C et 22 °C)

Enfin, nous pouvons avancer à priori, que toutes les stations superficielles de prélèvements présentent des températures moyennes mensuelles dans les normes, ce qui confère aux diverses eaux une bonne aptitude à la vie biologique, selon le SEQ-Eau.

III.1.2. pH :

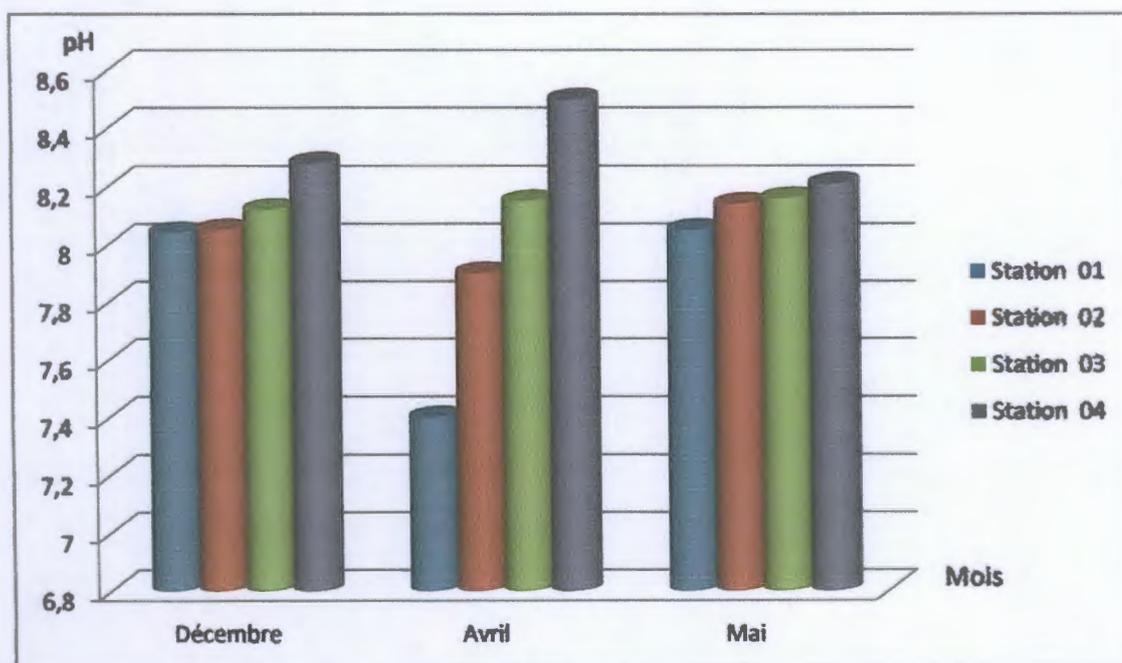


Fig 09 : Variation spatio-temporelle du pH d'Oued El Kebir

Les valeurs moyennes du pH des eaux de l'Oued El Kebir varient de 7,4 dans la station (S1) pour le mois d'avril à 8,3 dans la station S4, et dévoilent un léger gradient croissant de l'amont vers l'embouchure. La valeur la plus faible est observée dans la station (S1) pendant le prélèvement de (Avril), la plus élevée est relevée au prélèvement de (Avril) aux stations (S4) (figure 9).

Les valeurs saisonnières des eaux de l'Oued el kebir comme pour certain Oued ne présentent pas des fluctuations très importantes. Les teneurs du pH trouvées dans les différentes stations étudiées au cours de notre cycle saisonnier ne présentent pas de danger pour la faune et la flore. Les gammes de pH qui sont directement mortelles pour les poissons, sont celles inférieures à 5 et celles supérieures à 9 (Bremont *in* Brahimi et Chafi, 2014).

Alors que les eaux de l'Oued el Kebir Station (04) sont caractérisées par un pH alcalin, entre 8,26 en été et 8,5 en mois d'avril. Ceci pourrait être expliqué par sa proximité de la mer (embouchure de l'Oued el kebir)

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. Du point de vue sanitaire, un pH élevé peut provoquer un problème de corrosion alors qu'un pH faible peut modifier le goût de l'eau. (Aouissi, 2010).

Selon la grille d'appréciation de la qualité de l'eau SEQ-Eau, le pH de l'eau mesuré est caractérisé par un pH du milieu légèrement alcalin ne dépasse pas les normes de l'eau de surface (pH= 9). Nous permet de conclure que la qualité de l'eau de l'Oued el kebir présente une bonne aptitude à la vie biologique et aux usages (production d'eau de consommation humaine et aquaculture).

III.1.3. La conductivité électrique (CE) :

La mesure de la conductivité électrique permet d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau. (Rodier et al, 2005). Elle dépend de la qualité des sels ionisables. Elle donne une bonne appréciation des concentrations globales des matières en solution dans l'eau.

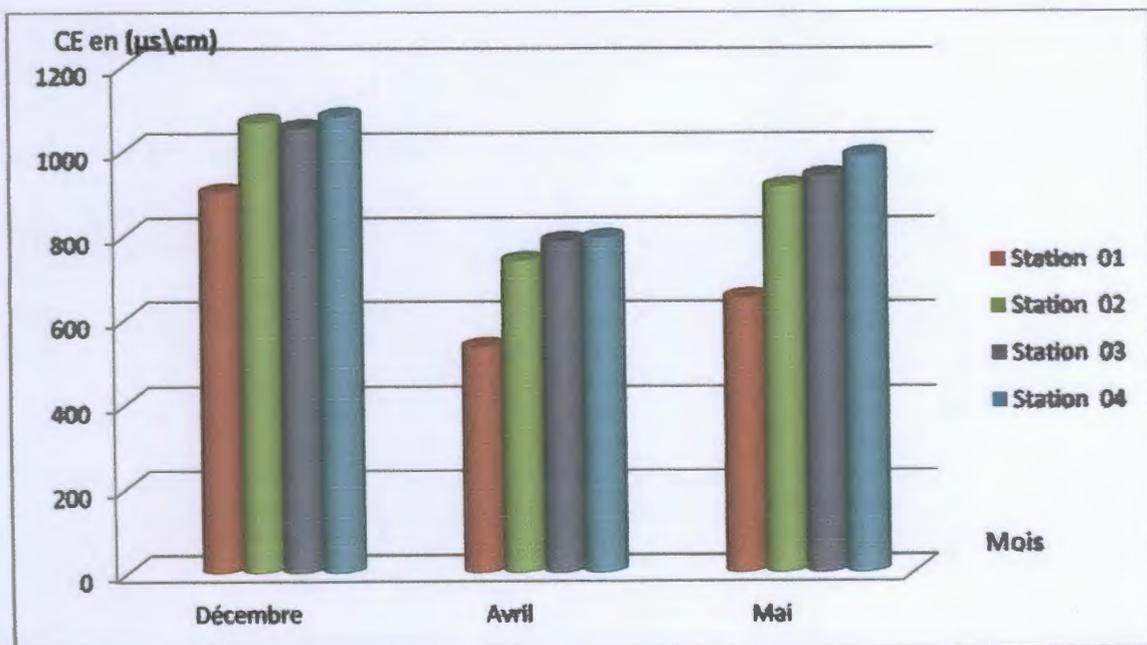


Fig 10 : Variation spatio-temporelle de la CE d'Oued El Kebir

Nous notons pour la conductivité électrique des eaux de l'Oued El Kebir, une variation spatiale de point de vue composition chimique de ces eaux. Elle varie entre un minimum de 543 $\mu\text{S}/\text{cm}$ dans le mois d'avril dans la station (S1) et un maximum de 1082 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en station (S4) dans le mois de décembre. Nos résultats montrent une augmentation de la conductivité de l'amont vers l'embouchure. (Figure 10)

Pour l'ensemble des stations (03) et (04), on observe une conductivité électrique élevée par rapport les autres stations, indique une forte charge d'éléments minéraux des eaux. La station (04) influencé par les eaux de mer, la station (03) reçoit des rejets urbains et industriels, ce qui explique les valeurs dans ces dernières. Tandis que la station (01) qui présente des valeurs moins élevées par rapport les autres stations, cette station située dans une zone très loin à l'habitas ne reçoive pas des rejets urbains et déchets industrielles.

Pour la variation saisonnière, on note une augmentation de la salinité au mois de décembre et mai, elle est caractérisée par de faibles valeurs en mois d'avril (saison de pluie). D'une manière générale, la diminution de la conductivité électrique dans les périodes pluviales peut être attribuée à un phénomène de dilution (Merzoug, 2009). Cependant, ce paramètre croît progressivement avec l'évaporation de l'eau (période sèche).

Les valeurs moyennes mensuelles de la CE enregistrées dans les stations d'oued Elkebir montrent des variations assez importantes. Elles fluctuent entre 534 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ et 1081 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Ces valeurs sont bien en dessous de la limite recommandée par le SEQ-Eau (2003). L'eau présente une très bonne aptitude aux usages (production d'eau potable, irrigation et l'abreuvement des animaux).

III.1.4. La TDS :

Les teneurs en sels dissous de l'eau peuvent être mesurées et exprimées de différentes manières selon la période de prélèvement. (Rodier, 1996).

D'une manière générale, les teneurs de sels dissous varient en fonction des saisons de la même manière que la conductivité électrique.

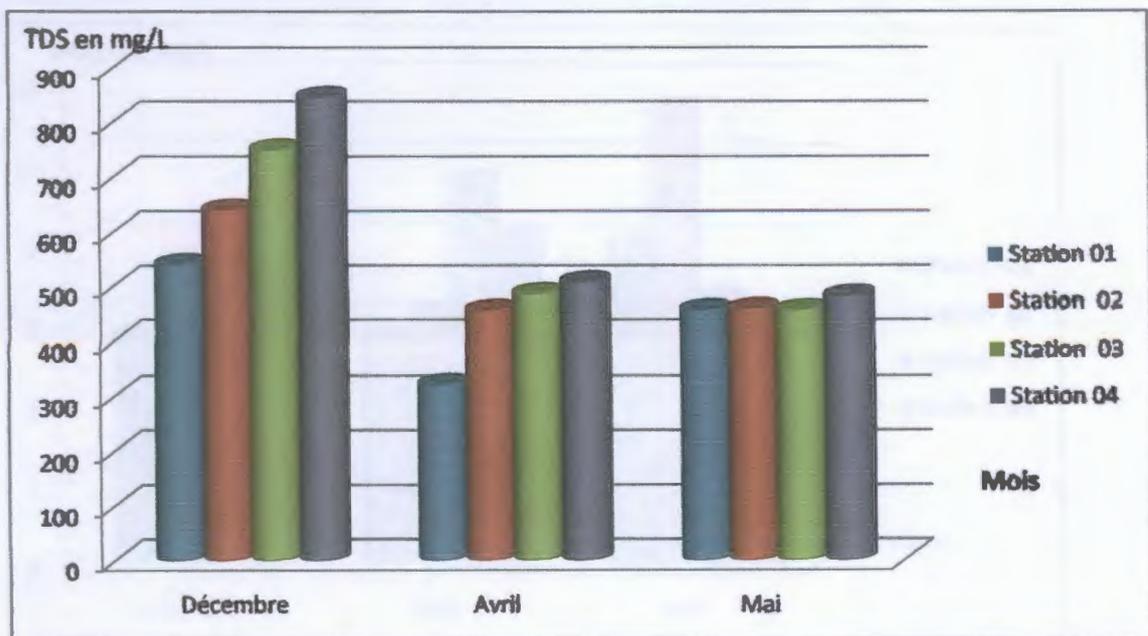


Fig. 11 : Variations spatio-temporelle de la TDS de l'eau de l'Oued El kebir.

La mesure de la TDS permet d'illustrer que la valeur 846mg/l enregistrée dans le mois de décembre est la valeur maximale, tandis que la valeur 322mg/l enregistrée pendant le mois de avril est la valeur minimale.

Le graphe expose des allures plus au moins similaires de celui de la conductivité, qui ont été influencés par les mêmes facteurs "la saison de prélèvement, température, pluie...". Durant les périodes pluvieuses les valeurs sont faibles suite à l'effet de dilution, cependant ils sont élevés en période sèches (évaporation).

Au cours de notre période d'étude, l'évolution spatiale de la TDS révèle des valeurs basses au niveau des stations (S1) (Figure 11). Pour la variation saisonnière, on note une augmentation de la salinité en période sèche qui serait favorisé par l'étiage du fleuve et l'entrée des eaux marine. Une baisse des teneurs en saison des pluies et en saison de crue de l'Oued. On constate une augmentation de la TDS de l'amont vers l'embouchure.

III.1.5. Nitrates (NO_3^-):

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 microorganismes, de matières organiques azotées telles que les protéines des végétaux, des animaux et des excréta d'animaux. Ils parviennent ainsi aux eaux superficielles par les nappes d'eau souterraines et par le ruissellement des terres agricoles en hiver.

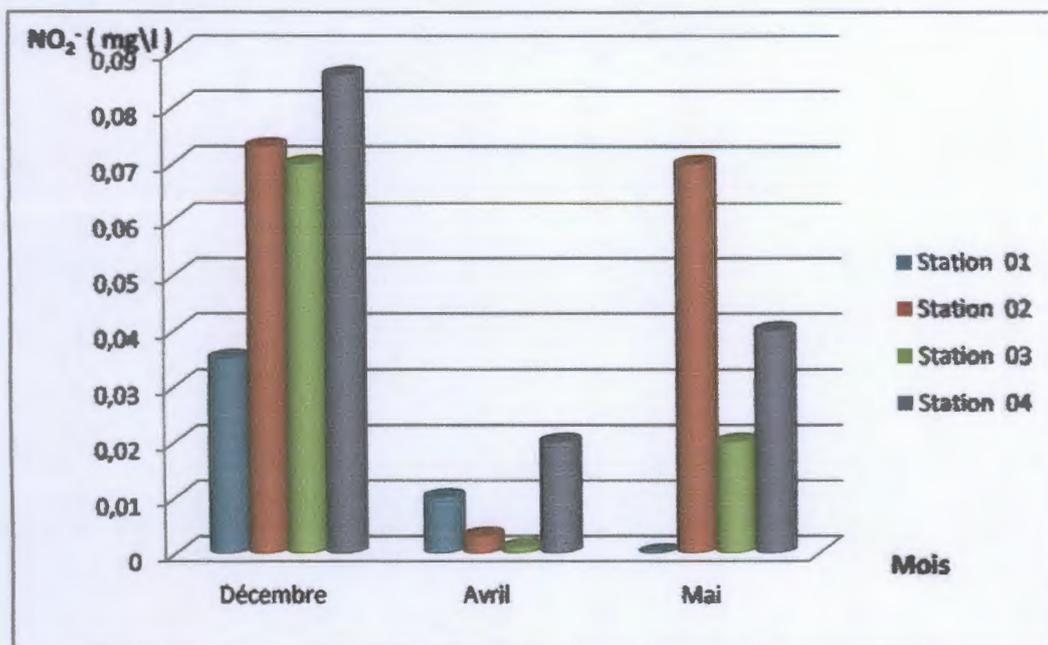
III.1.6. Nitrites (NO_2^-):

Fig. 13 : Variations spatio-temporelle de Nitrites (NO_2^-) d'Oued el kebir

Les teneurs en nitrites montrent des variations importantes s'observant d'une station à une autre et d'un prélèvement à l'autre (variations spatio-temporelle). L'évolution des nitrites au niveau des eaux de l'Oued el kebir montre des teneurs légèrement faibles (figure 13).

La teneur la plus faible est nulle mesurée pendant le mois de mai à la station (S1), et la plus élevée est de 0,086 mg/l, elle est enregistrée pendant le mois de décembre à la station (S4).

Pour la variation saisonnière des nitrites, la période d'été représente les valeurs les plus élevées sur l'ensemble des stations au mois de décembre. Les valeurs minimales sont observées en période de pluies avec des coefficients de variation élevés (mois d'Avril).

Les eaux des différentes stations d'Oued El kebir présentent des concentrations relativement faibles en NO_2^- (de 0,001 mg.l^{-1} à 0,09 mg.l^{-1}). Ces valeurs trouvées restent dans la limite (0,1 mg.l^{-1}) fixée par le SEQ-Eau et l'ABHCSM. Par conséquent, l'eau présente une bonne aptitude à la biologie et peut être utilisée pour les divers usages (production d'eau potable, irrigation, l'abreuvement des bestiaux et l'aquaculture).

III.1.7. Les ortho-phosphates (PO_4^{3-}) :

Le phosphore se trouve sous différentes formes oxydées, seules les formes $H_2PO_4^{2-}$ et HPO_4^{3-} qui sont très solubles et donc plus facilement assimilables par les organismes aquatiques. Les autres formes dont les orthophosphates sont généralement liées aux matières en suspension d'où les teneurs faible dans le compartiment aqueux (Rodier, 2009).

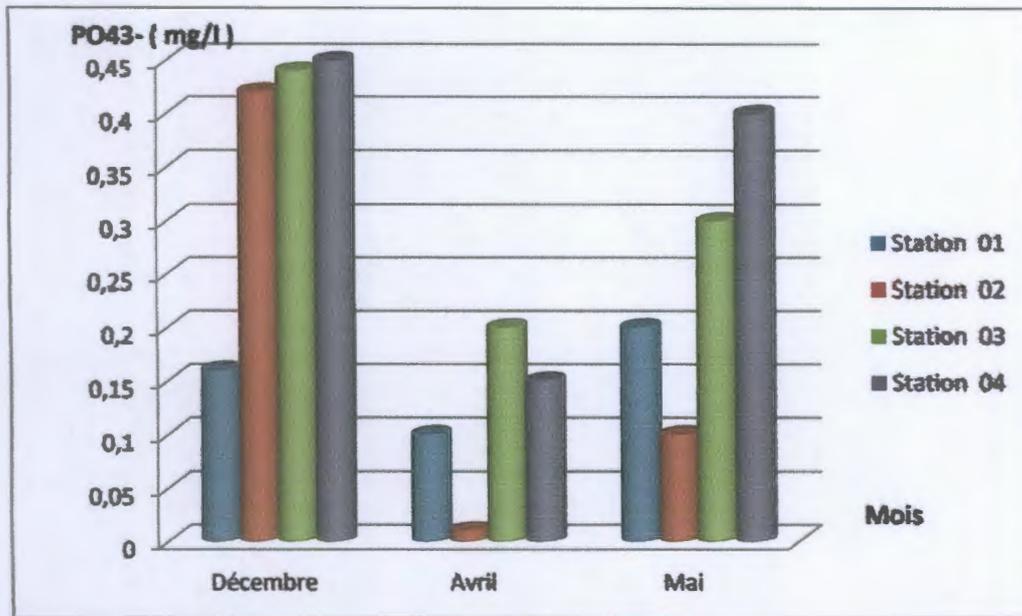


Fig. 14 : Variations spatio-temporelle d'ortho-phosphate (PO_4^{3-}) d'Oued El kebir

Les concentrations moyennes en ortho-phosphates montrent une variation spatio-temporelle remarquable des eaux d'Oued elkbir (figure 14). Au niveau des stations, ces valeurs ne dépassent pas 0,45 mg/l en station (S2) pendant le mois de décembre, suite à l'absence de toute agglomération. A partir de ces résultats, les eaux des stations d'Oued El kebir sont donc de bonne aptitude à la biologie et aux usages : production d'eau de consommation humaine et l'aquaculture.

L'augmentation de ces teneurs en aval, pourrait s'expliquer par l'impact des rejets domestiques de la ville et aussi l'utilisation des engrais chargés en orthophosphates par agriculteurs (terres agricoles).

Les travaux de Nisbet et Verneaux (1970), ont montré que la présence des phosphates dans les eaux naturelles à des concentrations supérieures à 0,2mg/l est un indice d'une pollution

par des eaux de vanes, contenant des phosphates organiques et des détergents synthétiques ainsi que par l'usage abusif d'engrais phosphatés.

La diminution de ces teneurs au mois d'avril par rapport au mois de décembre et le mois de mai pourrait être liée à l'effet de dilution pendant cette période (période de pluie). L'élévation de ces teneurs au le mois de décembre et le mois de mai pourrait être liée en période sèches (évaporation).

III.1.8. Sulfates (SO_4^{2-}) :

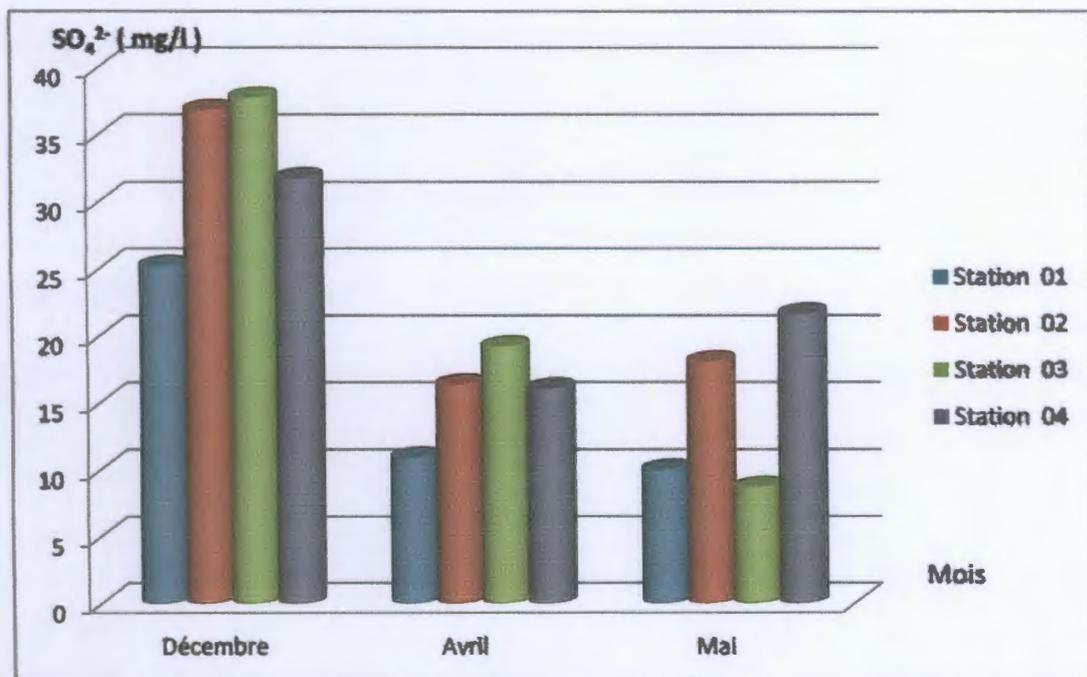


Fig. 15 : Variations spatio-temporelle de Sulfates (SO_4^{2-}) d'Oued El kebir.

L'analyse spatiotemporelle des variations des sulfates dans l'Oued El kebir montrent que le sulfate (SO_4^{2-}) comme les autres paramètres, orthophosphates et nitrites, que les stations étudiées et Selon la grille de la qualité des eaux naturelle SEQ-Eau (2003) et l'ABHCSM (2012) se caractérisent dans l'ensemble par une eau de bonne qualité.

Les valeurs les plus élevées sont enregistrées au niveau de la station (S2) et la station (S3) pendant le mois de décembre, avec des valeurs respectivement de 36,38 mg/l et 37,77 mg/l (figure 15). La station (S1) présente des valeurs faibles avec une moyenne de 15,36 mg/l par rapport aux autres stations (S2, S3 et S4).

En générale, l'eau d'Oued El kebir présente une bonne aptitude à la biologie et peut être utilisée pour les divers usages (production d'eau potable, irrigation, l'abreuvement des bestiaux et l'aquaculture).

III.1.9. Chlorures (Cl⁻) :

Les chlorures sont des anions inorganiques importants contenus en concentrations variables dans les eaux naturelles, généralement sous forme de sels de sodium (NaCl) et de potassium (KCl). Ils sont souvent utilisés comme un indice de pollution. Ils ont une influence sur la faune et la flore aquatique ainsi que sur la croissance des végétaux.

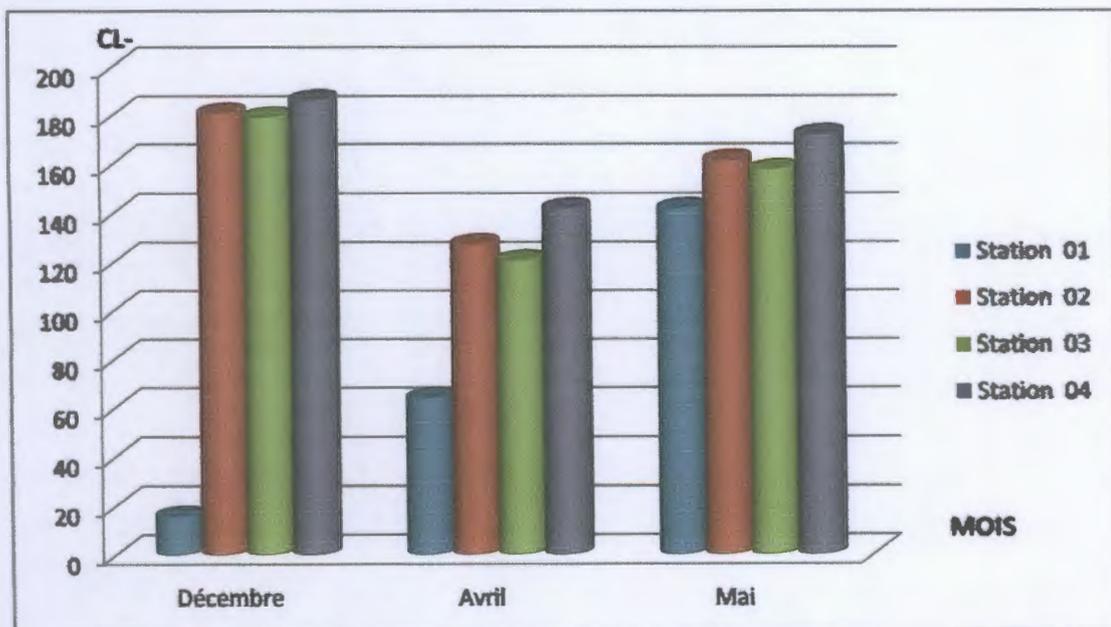


Figure 16 : Variations spatio-temporelle de chlorures (Cl⁻) d'Oued el kebir

Les résultats montrent que les chlorures existent dans la quasi-totalité des eaux ont des teneurs variables spatio-temporelle, On constate une augmentation de concentration de chlorure se l'amont vers l'embouchure.

Au cours du mois de décembre les teneurs en chlorures varient entre 15,75 mg/L et 186,5 mg/L. Les teneurs en chlorures, au cours du mois d'Avril, oscillent entre 36,9 mg/L et 142 mg/L. Au cours du mois de Mai les teneurs en chlorures oscillent entre 142 mg/L et 172,17 mg/L (Figure16).

On constate qu'il y a de variation importante de chlorures en fonction des saisons. Une augmentation en période sèche (décembre et mai) qui serait favorisé par l'étiage du fleuve et l'entrée des eaux marine et ne oublier pas les effluents industriels et domestiques de la ville. Ce

qui explique les valeurs élevées de chlorure dans les stations S2, S3 et S4. Par contre une baisse des teneurs en saison des pluies (mois d'Avril) en saison de crue de l'oued. L'effet de mer est négligeable dans la station (S1) surtout qu'elle est la plus proche du barrage de Beni Haroune.

Les valeurs moyennes mensuelles des chlorures enregistrés dans les stations d'Oued Ekbir montrent des variations importantes. Elles fluctuent entre 73,33 mg/l et 166,89 mg/l. Selon la grille de la qualité des eaux naturelle SEQ-Eau (2003) l'eau présente une mauvaise qualité de ce paramètre dans les stations (S2, S3 et S4), et présente de bonne qualité dans la station (S1)

III.1.10. DBO₅ :

La Demande Biochimique en Oxygène exprime la quantité d'oxygène nécessaire à la dégradation de la matière organique biodégradable d'une eau par le développement de micro-organismes, dans des conditions données. Elle donne une approximation de la charge en matières organiques.

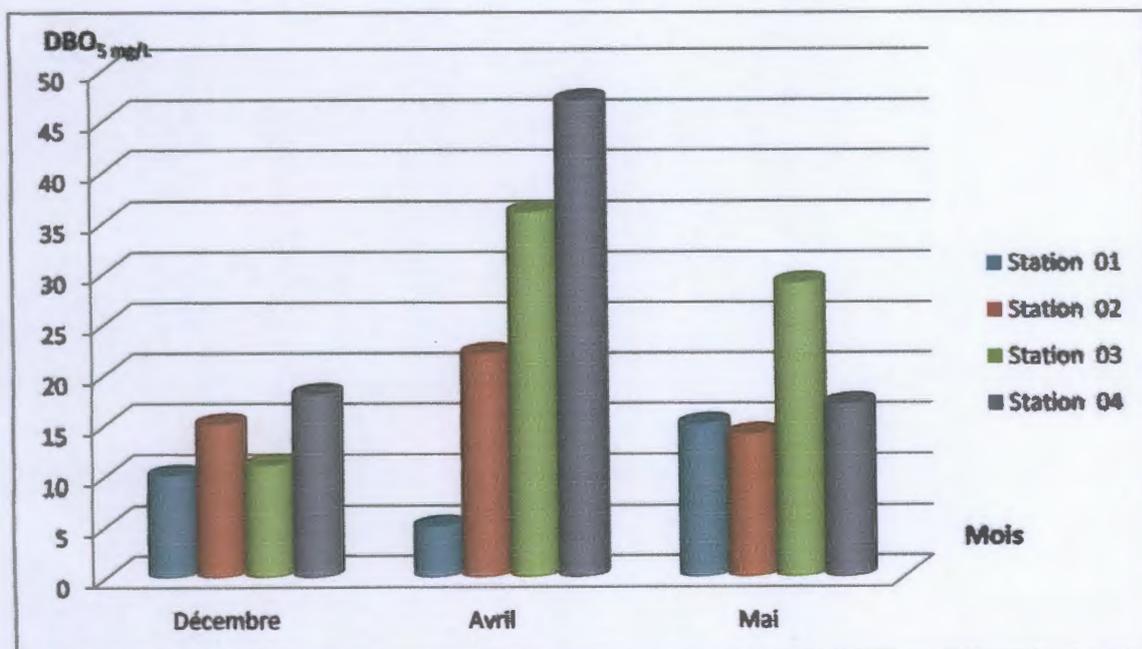


Fig. 17 : Variations spatio-temporelle de la DBO₅ d'Oued El kebir

La figure 17 montre une augmentation de la DBO_5 des eaux de l'Oued El kebir a été enregistrée, de l'amont vers l'embouchure, les valeurs les plus élevées sont remarquées au niveau de la station (S4) présentant des valeurs plus importantes atteindre un maxima de 47mg/l pendant le mois d'avril. L'augmentation des teneurs en DBO_5 au mois d'avril dans les stations (S3) et (S4) par rapport aux deux mois de décembre et de mai peut être expliquée par l'instauration des conditions de dégradation de la matière organique par les microorganismes dont l'activité s'intensifie (Berrahou et al, 2001).

Les valeurs les plus basse de la DBO_5 sont enregistrées au niveau de la station (S1) présentant une valeur de 5 mg/l pendant le mois d'avril.

La DBO_5 est un critère de pollution bien adapté aux eaux peu ou modérément polluées. Elle exprime les besoins en oxygène d'une eau de surface ou des eaux résiduaires urbaines et industrielles. Elle constitue l'essai de laboratoire le plus simple pour connaître ce qu'on appelle la cinétique du phénomène de pollution (Khouache et Laouar , 2006).

Selon les valeurs moyennes mensuelles de la DBO_5 (Annexe 3), la grille de la qualité des eaux naturelle SEQ-Eau (2003) et l'ABHCSM (2012), l'eau d'Oued el kebir présente une mauvaise qualité dans les stations S2, S3 et S4, tandis que la station (S1) présente une passable qualité.

III.1.11. DCO :

Demande Chimique en Oxygène exprime la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder la matière organique d'une eau à l'aide d'un oxydant. Ce paramètre offre une représentation plus ou moins complète des matières oxydables présentes dans l'échantillon.

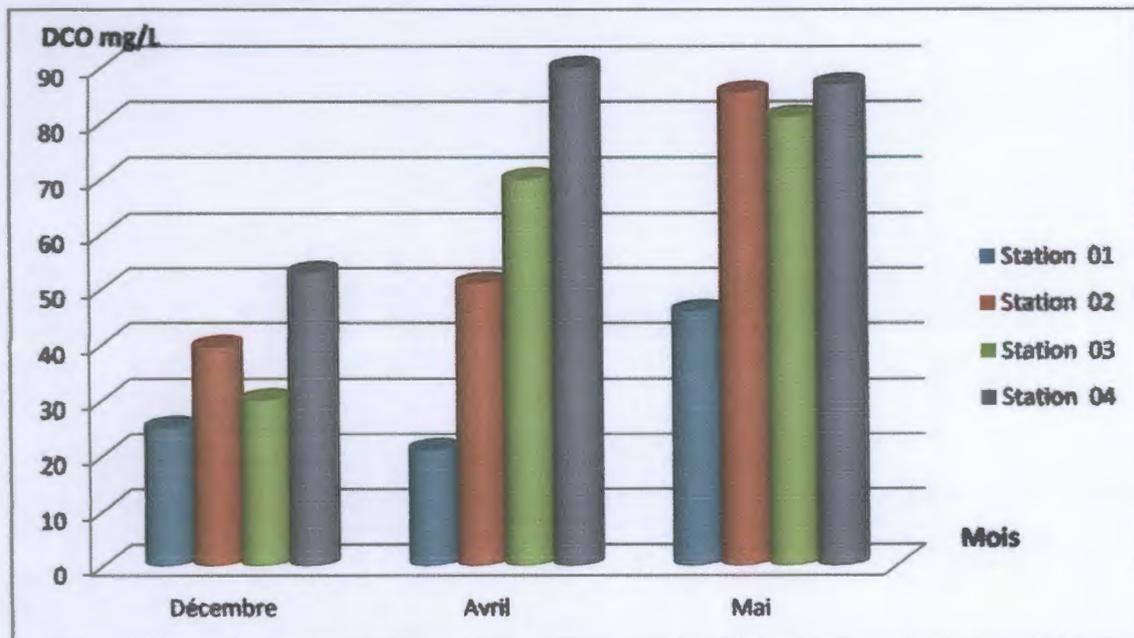


Fig. 18 : Variations spatio-temporelle de la DCO d'Oued el kebir

Généralement, l'évolution de la DCO suit la même allure que la DBO5 (figures 18 et 17), la DCO vaut de 2 à 3 fois la DBO5. D'après les résultats obtenus la valeur maximale de la DCO enregistré est de 90 mg/l durant le mois d'avril dans la station (S4) et la valeur minimale est 20 mg/l durant les mois d'avril et Février à la station (S1)

En conséquence, les eaux de l'Oued el kebir peuvent être classées selon les valeurs moyennes de la DCO (Annexe 3) et la grille de la qualité des eaux naturelle SEQ-Eau (2003) de bonne qualité dans S1 et de mauvaise qualité dans la station S2, de même dans la station S3 et la station S4 pour les eaux de l'Oued.

III.2. Paramètres bactériologiques :

Dans les milieux aquatiques, les micro-organismes tel que les bactéries, les moisissures, jouent un rôle important dans l'évolution de la qualité de l'eau. En dehors de toutes agressions, leur nombre est naturellement faible, mais peut être modifié sous l'influence de plusieurs facteurs tels que la température, l'enrichissement du milieu en substances nutritives...etc.

Nous avons effectué pendant notre travail un dénombrement et une recherche systématique des germes indicateurs de contamination qui sont :

- CT : Les organismes coliformes (coliformes totaux).
- CF : Les coliformes fécaux (thermotolérants).
- SD : Les streptocoques D
- CS : Clostridium sulfito-réducteur

Tableau 12 : Résultats des analyses microbiologique de l'eau d'Oued El Kebir dans les quartes stations :

Analyse (n/ml)	CT	CF	SD	CS
Station 01	45	322	Présence	Absence
Station 02	72	455	Présence	Absence
Station 03	118	486	Présence	Absence
Station 04	846	508	Présence	Absence

Les résultats du tableau (13) montrent une présence abondante des coliformes totaux (CT) et coliformes fécaux (CF) dans l'eau d'oued el kebir. On a constaté pour les streptocoques D (SD) qui sont présent dans l'Oued à des valeurs moins élevées pendant toute les stations de prélèvement avec une absence des clostridium sulfito-réducteur (CS).

La présence de bactéries coliformes dans un milieu signifie forcément une contamination fécale. (Camille *et al.*, 2003).

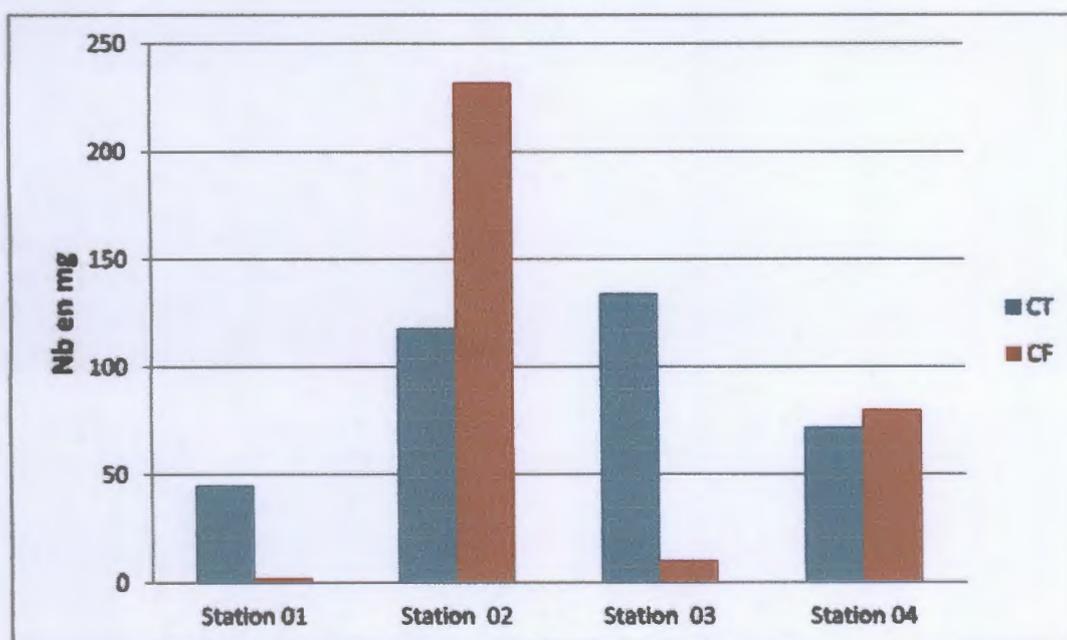


Fig 19 : Variations spatiales des coliformes (fécaux et totaux) de l'eau d'Oued el Kebir

La figure 19 montre une variation spatiale microbiologique de l'eau d'Oued El Kebir de l'amont vers l'embouchure, elle atteint son maximum au niveau de la station (S2) le cas des coliformes totaux (CT) et la station (S3) le cas des coliformes fécaux, aussi le minimum est dénombré au niveau de la station (S1) dans les deux cas. Ces variations sont dues au fait que les sites des concentrations élevés (S2, S3 et S4) sont exposés à diverses sources de contamination qui diffèrent d'un endroit à l'autre.

Les résultats exposent des graphes plus au moins similaires. Le nombre des coliformes totaux plus important que celui des coliformes fécaux dans les stations S1 et S3 et le nombre des coliformes fécaux est plus important que celui des coliformes totaux dans les stations S2 et S4.

Cette forte concentration des coliformes totaux et des coliformes fécaux dans les trois sites (S2, S3 et S4) par rapport à la station (S1) peut être expliquée par la présence d'une contamination fécale à l'Oued El kebir, est synonyme principalement au rejets domestiques des agglomérations rurales et à l'élevage ovin et bovin.

La présence de streptocoques D (tableau 13) est directement liée à la quantité de matière fécale animale se trouvant dans l'eau.

Les résultats microbiologiques des eaux de l'Oued El kebir montrent selon la grille de la qualité des eaux naturelle SEQ-Eau (2003) de mauvaise qualité. Les indicateurs coliformes totaux comptabilisent les contaminations à la fois d'origines fécale et environnementale. Enfin en conclu que l'Oued El kebir présente de germes pathogènes.

III.3. Les analyse de corrélation :

Les analyses de corrélations entre les différents paramètres étudiés montrent une corrélation positive ou significative ($r > 0,5$) et négatives ($r < 0,5$) c'est-à-dire non significatives.

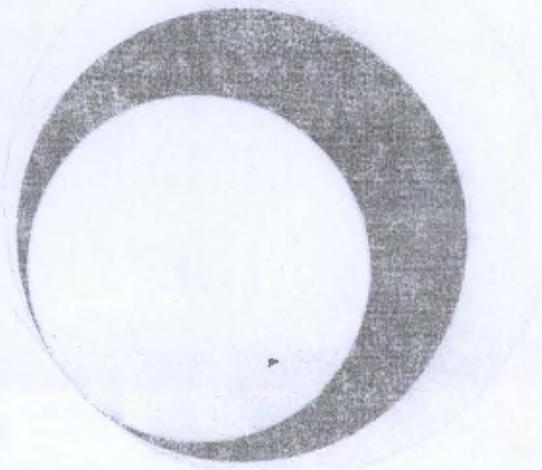
Ces analyses montrent une corrélation positive hautement significative entre : (Annexe 3)

- PH avec TDS ($r = 0,994$), PO_4^{3-} ($r = 0,993$), CL^- ($r = 0,864$) et positive avec NO_2^- ($r = 0,727$) et les autres paramètres.

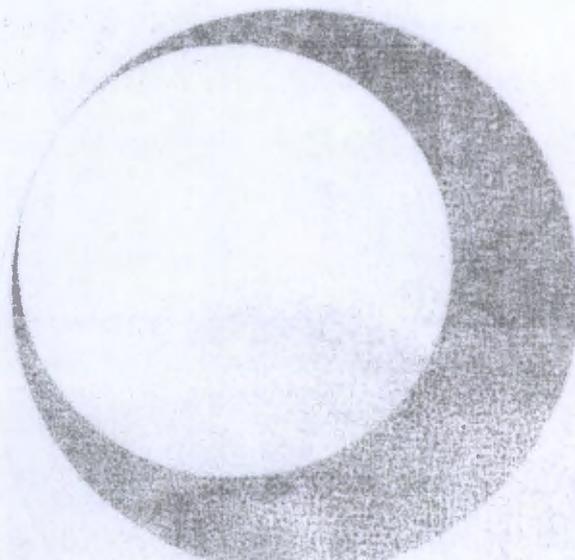
Le pH joue par conséquent un rôle principal dans la dynamique et l'évolution de plusieurs paramètres. Il ressort à travers l'étude des corrélations que le pH est pratiquement corrélé avec la majorité des paramètres étudiés à savoir la conductivité électrique, TDS, les chlorures, nitrates et nitrites.

- Température avec CE ($r = 0,918$), PO_4^{3-} ($r = 0,885$), CL^- ($r = 0,864$), DCO ($r = 0,966$), NO_2^- ($r = 0,960$) et positive avec DBO_5 , CT et CF

La température de l'eau est un facteur important dans la production biologique. Ceci vient du fait qu'elle affecte les propriétés physiques et chimiques de celle-ci ; en



Conclusion



Conclusion :

En Algérie, la qualité des eaux est soumise à une forte pression exercée par l'accroissement de la population et par l'activité industrielle. Cette qualité est altérée notamment par l'utilisation des pesticides et des engrais dans l'agriculture, des rejets industriels, et des eaux usées d'origine urbaine.

Notre étude porte sur l'évaluation spatio-temporelle de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau d'Oued el kebir de la région de Jijel. Celui-ci reçoit quotidiennement un important volume d'eau usée de l'Est Jijellien, qui collecte sur son trajet divers rejet (urbain, industriels et agricole).

Les analyses physico-chimique de l'eau d'Oued el kebir montrent une différence notable des taux et des teneurs mesurées de chaque paramètre étudié selon les sites et la période de prélèvement. Dans la majorité des cas elles répondent aux normes telles : pH, conductivité électrique, nitrites, phosphates et sulfates, et elles dépassent les normes pour d'autres comme : chlorures, nitrates et DBO_5 dans plusieurs sites (station S2, station S3 et station S4). Ces résultats sont caractérisées par une température inférieure à 25°C , un pH alcalin entre 8 à 8.5 ; une moyenne de 695 à 954 $\mu\text{s}/\text{cm}$ pour la conductivité électrique, avec une TDS qui ne dépasse pas 648 mg/l. Les échantillons présentent des ions (NO_3^- , NO_2^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} et Cl^-) variable durant la période d'analyse, la DBO_5 révèle une importante charge en matière organique biodégradable dans les station les plus proche de la source émettrice, de même pour la DCO.

Pour les variations saisonnières la plus part des paramètres étudiés durant les périodes pluvieuses les valeurs sont faibles suite à l'effet de dilution, cependant ils sont élevés en période sèches (évaporation) et aussi l'effet de lessivage des sols par les eaux de ruissellement.

Les fluctuations de ces paramètres qui sortent due des effets de nombreux facteurs, à savoir les apports en eaux usées domestiques, l'utilisation des pesticides et des engrais par les agriculteurs (zone agricole) et par les effluents industriels (la tannerie de Khenifer, usine de céramique et complexe de Kaolin d'ENOF - El Milia)

Aussi, nous pouvons dire que les eaux d'oued El kebir dans la station (SI) qui est située dans la région de Milia proche de barrage de Beni Haroun plus loin a des agglomérations urbaines et des activités industrielles, présente une bonne qualité qui permet une vie biologique normale et des différents usages selon les normes de SEQ-Eau.

L'étude microbiologique (dénombrement et recherche de coliformes, coliformes fécaux, streptocoques) confirme la présence des divers germes tels que les coliformes totaux et fécaux, les streptocoques fécaux et absence des clostridium sulfite-réducteurs et montre une variation

spatiale de l'amont vers l'embouchure, elle atteint son maximum au niveau des stations (S2 et S3) en cas des coliformes totaux (CT) et des coliformes fécaux, aussi le minimum est dénombré au niveau de la station (S1). Ces variations sont dues aux diverses sources de contamination qui diffèrent d'un endroit à l'autre.

D'après les résultats obtenus, l'eau d'Oued El kbir est de qualité physico-chimique et bactériologique inacceptable car certains résultats ne sont pas conformes aux normes françaises SEQ-Eau (2003) pour les eaux de surface, cette qualité résulte à partir des rejets directs soit industriels ou des eaux usées domestiques et des rejets indirects de la pratique agricole.

Le suivi spatio-temporel de plusieurs traceurs physico-chimiques et microbiologiques, nous a fourni l'image d'une pollution relativement importante qui se traduit par une charge minérale et organique. On peut conclure que la qualité de ces eaux est mauvaise au niveau d'Oued El kbir. La pollution des eaux est très importante, elle atteint des seuils dépassant les normes des rejets admises. Ces eaux peuvent, sous certaines conditions climatiques constituées des risques sur l'environnement et la santé humaine.

Pour bien protéger la qualité des eaux de l'Oued El Kebir nous proposons de traiter les eaux usées avant les déversées dans l'Oued afin de limiter la pollution par des petite stations d'épuration au niveau de chaque agglomération, diminuer l'utilisation des polluants eutrophisants, utiliser rationnellement les engrais en agriculture et planter des végétaux adaptés aux rives pour créer un véritable bouclier anti-polluant.

- **Abdelbaki C. et Boukli Hacène F. (2007).** Etude du phénomène de dégradation des eaux souterraines du groupement urbain de Tlemcen ; Revue des Energies Renouvelables Vol. 10 N°2 (2007) 257 – 263.
- **Abdoulaye D., Khadijettou M., Mohamed O., 2013.** Contribution a l'étude de la qualité physico-chimique de l'eau de la rive droite du fleuve Sénégal, Larhyss /journal n° 12, 83p.
- **ABH (2002):** Agence de Bassin Hydrographique. Seybouse –mellegue.
- **Agence française de l'eau, 2003.** Système d'Evaluation de la Qualité des cours d'eaux, version 2, 8 p.
- **Angelier E. (2000).** Ecologie des eaux courantes. Tec & Doc. 199 p.
- **ANRH, (2016).** Agence National des Ressources Hydrauliques, wilaya de Jijel.
- **Aouissi A , Fouzari A et Meziane N., (2007).** Qualité bactériologique de l'eau d'Oued Seybouse. Mémoire d'ingénieur. Université 8 mai 1945 Guelma.52p.
- **Aouissi A., (2010).** Microbiologie et physico-chimie de l'eau des puits et des sources de la région de Guelma (Nord-Est de l'Algérie). UNIVERSITE du 08 Mai 1945 de GUELMA. (pp.87-91).
- **Bagnoules et Gaussen H., (1957).** Les climats biologiques et leurs classifications. Ann.Géogr. Fr. 355: 193-220.
- **Belghiti M L., Chahlaoui A., Bengoumi D , (2010).** Caractéristiques physico-chimique des eaux de certains puits utilisés comme source d'eau potable en milieu rural dans la région de Meknès (Maroc), Université Moulay Ismail, 16p.
- **Benderradji M. L., (2000).** Les milieux humides de l'extrême Nord-est algérien de Guerbes aux confins Algéro-Tunisiens: Ecogéographie et aménagement. Thèse de doctorat d'état. Univ. Mentouri-Constantine. 497p
- **Bensaoula F., Adjim M. et Bensalah M. (2007).** L'importance des eaux karstiques dans l'approvisionnement en eau de la population de Tlemcen. Larhyss Journal, n° 06, pp. 57-64
- **Bentouati L., Bouzidi A., (2010).** Etude de l'impact de la pollution sur oued Bousselam (wilaya de Sétif), Université Bordj Badji Mokhtar– Annaba, Université Ferhat Abbas –Sétif, 12p.
- **Berrahou A., Cellot B., Richoux P (2001).** Ann. Limnol, 37 223-235p.
- **Bliefert C. et Perraud R. (2001).** Chimie de l'environnement : Air, eau, sol, déchets. 1^{ère} édition. De Boeck & Larciensa, Bruxelles. 477 p.

- **Bliefert C., (2009).** Chimie de l'environnement air, eau, sol, déchets, 2^e édition, Paris, 478p.
- **BNEDR., (2002).** Projet de l'inventaire forestier national.
- **Boeglin J.C. (2006).** Contrôle des eaux douces et de consommation humaines. Dans: Techniques de l'ingénieur W1: Technologie des eaux. Techniques de l'ingénieur. Chap.P4 210, pp : 1-24.
- **Boeglin J.C. (2006).** Propriétés des eaux naturelles. Dans : Techniques de l'ingénieur W1 : Technologie des eaux. Techniques de l'ingénieur. Chap.G1 110, pp: 1-8.
- **Bouazi R., (2004).** Contribution à l'étude géologique et géotechnique des mouvements de terrain du versant est du barrage de Beni Haroun, mémoire d'ingénieur d'état en géologie. 11p.
- **Boudoukhana H., (2008).** Impacts des margines sur les eaux d'oued Bouchtata, wilaya de Skikda, mémoire de magister, 101p.
- **Bouminez et Rouibeh , (2013).** Conséquences des rejets des eaux résiduaires sur la qualité physico-chimique des eaux de la plaine de l'oued El-Nil (wilaya de Jijel), université de Jijel, mémoire d'ingénieur, 70p.
- **Bourgeois C.M. et Leveau. J.Y (1980).** Techniques d'Analyse et de contrôle dans les industries agro-alimentaire. T3. APRIA. 331p.
- **Bouziani M. (2000).** L'eau De La Pénurie Aux Maladies. Editions Ibn-Khaldoun Alger. 247p.
- **Brahimi et Chafi , (2014) .** Etude écotoxicologique de l'oued Za et de son affluent Oued Tizeghrane (Basse Moulouya, Maroc Oriental), Université Mohammed Ier Maroc, 2014, 1682p.
- **Brahy V., (2007)** L'eutrophisation et l'enrichissement en nutriments, Wallonie(Bruxelle), 18p.
- **Bremond R., Perrodon C.** Paramètres de la qualité des eaux. 2^eme ed (1979), 259p.
- **Cardot C. (1999).** Les traitements des eaux (procédés physicochimiques; cours et problèmes résolus), Ellipses. 247p.
- **Carneval E., Frei A., Garcia D., Coppel G., (2006).** La qualité de l'eau ; Impacts des activités et des intrants agricoles (engrais, pesticides, déchets, etc.) sur les eaux situées en aval des exploitations, Genève , 14p.
- **CEAEQ (2003).** Centre D'expertise En Analyse Environnementale Du Québec. Recherche des coliformes totaux et de Escherichia coli avec le milieu de culture Colilert® : méthode présence/absence, MA. 700 – Ecct. 1.0, Ministère de l'Environnement du Québec , 12 p.

- **Champiat D. et Larpent. J.P. (1988).** Biologie des eaux ; méthodes & techniques. Masson. 375p.
- **Chaoui W. (2007).** Impact De La Pollution Organique Et Chimique Des Eaux De L'Oued Seybouse Et De L'Oued Mellah Sur Les Eaux Souterraines De La Nappe Alluviale De Bouchegouf (Guelma). Mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar, Annaba. 101p.
- **Connolly T., (1995).** River pollution oxygen deficiency in rivers, science and technology now, 95p.
- **Coulibaly K.(2005).**, Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau des puits de certains quartiers du district de Bamako. Thèse de doctorat. Université de Bamako, 55p
- **Dajoz R. (2006).** Précis d'écologie; cours et exercices résolus. Dunod. 300 p.
- **De Villers J., Squilbin M., Yourassowsky C., 2005.** Qualité physico- chimique et chimique des eaux de surface: cadre général(Bruxelles), 16p.
- **Defranceschi M. (1996).** L'eau dans tous ces états.ellipses. Paris. 127 p.
- **Derwich E., Benaabidate L., Zian A., Sadki O., Belghiti D., 2010.** Caractérisation physico-chimique des eaux de la nappe alluviale du Haut Sebou en aval de sa confluence avec oued Fès, Larhyss journal n° 08, 112p.
- **Djermakoye Moussa Moumouni H., (2005).** Eau résiduaire des tanneries et des teintureries caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques : impact sur les eaux de surface et les eaux souterraines, thèse de doctorat, Université de Bamako, 135p.
- **Drissi S. (2008).** Qualité ds eaux de quelques sources dans la région de souk-Ahras. Mémoire de Magister. Centre Universitaire de Souk Ahras. 69 p.
- **Duvigneaud P. (1980).** La synthèse écologique, 2èmeédition, Doin éditeurs, Paris. 380 p.
- **Ferron A. (1983).** Bactériologie médicale à l'usage des étudiants en médecine. 12èmeédition.Editions C et R. 370 p.
- **Figuet C., Frangi J P., (2000).** Les cours d'eau récepteurs de rejets de station d'épuration : le cas de la Mauldre (Ile de France), un milieu sous très pression, Rev. Sci. Eau, 138p.
- **Gaudreau D., Mercol M., (1998).** La contamination des milieux ruraux. Régie régionale de la santé et des services sociaux, Québec, 107p.
- **Gény P., Waechter P. et yatchinovsky A. (1992).** Environnement et développement rural: guide de la gestion des ressources naturelles, éditions Frison-Roche (Ministère de la Coopération et du Développement, Agence de Coopération Culturelle et Technique). 418 p.
- **Guiraud J.P. et Rosec J.P. (2004).** Les pratiques des normes en microbiologie alimentaire. Fluor, France.300 p.
- **Guiraud J-P. (1998).** Microbiologie Alimentaire. Dunod, Paris. 651 p.

- **Guyot G., (1999).** Climatologie de l'environnement. Cours et exercices corrigés, 2^{ème} Edition, Dunod, Paris, 525p.
- **Habila S. (2008).** Etude de l'impact du barrage Beni Haroun sur l'environnement : Effets écotoxicologique. Mémoire de magister. Université de Jijel., 176 p.
Hamadi- Kroma de Skikda. Mémoire de magister, université de Skikda, 92p.
- **Hireche., (2006).** Caractéristiques géométrique et mécanique des granulats de la carrière de Sidi Marouf, mémoire d'ingénieur d'état en géologie, 12p.
- **Kaid Tlillane W., (2005).** Espace, Emploi et environnement : cas de l'Algérie, Communication, 17p.
- **Khoubache I et Laouar ., (2006).** Etude de la pollution organique des eaux de l'oued elkebir, ,mémoire d'ingénieur , Univ de Jijel, 61p
- **Koller E. (2004).** Traitement des pollutions industrielles : Eau, Air, Déchet, Sols, Boues. Dunod, Paris. 159 P.
- **Labres et Mouffok F., (2008).** Le cours national d'hygiène et de microbiologie des eaux de boisson. Manuel des travaux pratique des eaux. Institut Pasteur d'Algérie. 53p.
- **Larpent J.-P. (1997).** Microbiologie alimentaire : Techniques de laboratoire. Tec & Doc, Lavoisier. 1073 p.
- **Leclerc H. (1996).** Etude de la microflore de différents aliments et de ses effets. Dans: microbiologie alimentaire T1: Aspect microbiologique de sécurité et de la qualité des aliments. Bourgeois. C. M, Mescle J-F et Zucca. J. Tec & Doc, Paris. PartieIV, pp. 253-269. (658).
- **Lévêque C. (1996).** Ecosystèmes aquatiques. Hachette, Paris. 159 p.
- **Leynaud J. (1976).** Modification du milieu aquatique sous l'influence des pollutions. Dans : la pollution des eaux continentales; incidences sur les biocénoses aquatiques. Pesson P. Bordas, Paris. pp : 1-21.
- **Lounnas A., (2009).** Amélioration des procédés de clarification des eaux de la station
- **Makhoukh M, Sbaa M., Berrahou A., Van Clooster M., (2011).** Contribution à l'étude physico-chimique des eaux superficielles de l'oued Moulouya (Maroc oriental), Larhyss / journal n° 09, 169p.
- **Maurel A. (2006).** Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres et autres procédés non conventionnels d'approvisionnement en eau douce. 2ème édition. Tec & Doc, Lavoisier, Paris. 286 p.
- **MDDEFPO (2006)** . Inventaire québécois des émissions de gaz à effet de serre en 2004 et évolution depuis 1990, Ministry of Sustainable Development, Environment, Wildlife, and Parks, Quebec

- **Mebarki .,** (2005)., Hydrologie des bassins de l'Est Algérienne : ressources en eau, aménagement environnement. Géographie et Aménagement du Territoire, option : *Hydrologie*. Université Mentouri de Constantine. 360p.
- **Mekhalif F.,** (2009). Réutilisation des eaux résiduaires industrielles épurées comme eau d'appoint dans un circuit de refroidissement, mémoire de magister, Université du 20 août 1955, Skikda, 158p.
- **Melghit M,** (2013). Qualité physico-chimique, pollution organique et métalliques des compartiments Eau / Sédiments de l'Oued Rhumel, et des barrages Hammam Grouz et BeniHaroun, Mémoire de Magistère en Ecologie Option : Gestion des déchets. Université Mentouri de Constantine.
- **Mergaoui L** (2003). Diagnostic d'un état de pollution organique et métallique de deux zones humides : cas de Merja Zerga et de bas Sebou. Thèse Magister. Université Mohammed Ben Abdellah, Faculté des Sciences Dhar-Mehraz Fès, 74p.
- **Merzoug S.,** (2009). Etude de la qualité microbiologique et physico--chimique de l'eau l'écosystème lacustre Garaet Hadj-Taher ((Benazzouz,, wilaaya de Skikda)). UNIVERSITE 08 Mai 1945 de GUELMA. (pp.29-63).
- **Moletta R .,** (2008). L'eau, sa pollution et son traitement, France, 13p.
- **Monod J.** (1989). Mémento technique de l'eau. 9ème édition. T1. Dégrément. France. 591pages.
- **Moumouni-Djermakoye H.** (2005). Les eaux résiduaires des tanneries et des teintureries caractéristiques physico-chimiques, bactériologiques et impact sur les eaux souterraines etes eaux de surfaces. Thèse de doctorat, Université de Bamako, Niger. 116 p.
- **Neely R.N., Neimanis V.P., Dwyer L.** (1980). Référence sur la qualité des eaux. Guide des paramètres de la qualité des eaux. Environnement,. Direction de la Qualité des Eaux, Ottawa, Canada.,
- **Ngô C. et Regent A.** (2004). Déchets et pollution, impact sur l'environnement et la santé. Dunod, Paris. 134p.
- **Nisbet M., Verneaux J.** (1970), Composantes chimiques des eaux courantes. Annales de limnologie. Tome 6161-190p.
- **Pedoya Ch.** (1990). La guerre de l'eau. Genèse, mouvement et échanges, pollution et pénuries. Frison Roche, Paris. 155 p.
- **Potelon J.L. et Zysman K.** (1998). Le guide des analyses de l'eau potable. "La lettre du cadre territoriale". S.E.P.T Voiron, Cedex. 253 p.
- **Ramade F.,** (1981). Ecologie des ressources naturelles, Edition Masson, Paris, 320p.

- **Ramade F., (1998).** Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'eau biogéochimique et écologique des eaux continentales et littorales, Paris, 786p.
- **Ramade F. (2002).** Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement. 2ème édition, Dunod, Paris. 1075 p.
- **Ramade F. (2005).** Eléments d'écologie : Ecologie appliquée. Dunod, Paris. 365 p.
- **Rejsek F. (2002).** Analyse des eaux : aspects réglementaires et techniques .Scérén, 360p.
- **Rejsek F., (2002).** Analyse des eaux, aspect réglementaire et technique, Aquitaine France, 420p.
- **Remini B., 2005,** La sédimentation dans les barrages de l'Afrique du Nord, Congrès international : De l'eau pour le développement durable dans le bassin méditerranéen , Ecole Nationale Polytechnique, LRS Eau, Alger 21-22-23 mai 2005, Algerian Journal of Technology, numéro spécial, pp. 237-248.
- **Rodier J., (1984).** Analyses des eaux naturelles et des eaux résiduaires et eaux de mers ,Ed du nord Bordas Techniques, Paris, 1365p.
- **Rodier J., (1996).** L'analyse de l'eau naturelle, eaux superficielles, eaux résiduaires et eaux de mers, édition DUNOD, paris ,1383p.
- **Rodier J., (2005).** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer, Ed. Dunod, Paris, 1394p.
- **Rodier J., (2009).** L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer, 9^e édition DUNOD, Paris, 1383p.
- **Roux J. C. (1995).** Les secrets de la terre : L'eau source de vie. Eéditions de BRGM, Orléans et la Compagnie du Lierne, Paris. 64 p.
- **Savary P., (2003).** Guide des analyses de la qualité de l'eau, Edition Techni Cités, France, 283p.
- **Sayad L. (2008).** Qualité physicochimique et bactériologique des eaux de l'écosystème lacustre, lac des oiseaux (wilaya El Taef). Mémoire de Magister. Université Badji Mokhtar, Annaba. 120 p.
- **Sigg L., Behra Ph. Et Stumm W. (2000).** Chimie des milieux aquatiques : chimie des eaux naturelles et des interfaces dans l'environnement. 3ème édition. Dunod, Paris. 567 p.
- **Silva A.M.M., Sacomani L.B. (2001)** Technical Note. Water Res, 35(6), 1609-1616p.
- **Soutter M., Mermoud A. et Musy A. (2007).** Ingénierie des eaux et du sol: processus et aménagement. Prosses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne. 294 p.
- **Teixeira J. (2006).** Les mystères de l'eau. Dans : Techniques de l'ingénieur W1 : Technologie des eaux. Techniques de l'ingénieur. Chap. RE 53, pp : 1-8.

- **Touchart L. (2003).** Hydrologie : Mers, fleuves et lacs. Armand Colin. Vuef. 190 p.
- **Vilaginès R. (2003).** Eau, environnement et santé publique; Introduction à l'hydrologie. 2^{ème} édition. Tec & Doc, Lavoisier, Paris. 198 p.
- **Vivier P. (1976).** L'eutrophisation des lacs : structure, fonctionnement et évolution des lacs. Dans : la pollution des eaux continentales; incidences sur les biocénoses aquatiques. Pesson P. Bordas, Paris. pp : 66-87.
- **WWF., (2011).** L'eau toujours source de vie, l'état réel des eaux et des données sur l'eau, France, 51p.
- **Yahiatene S., Tahirim E., (2010).** Réflexion sur la caractérisation physico-chimique des effluents liquides rejetés dans la grande sebkha d'Oran, Université d'Oran, 1p.
- **Zella L., (2007).** L'eau pénurie ou incurie, Paris, 115p.
- **Zerluthe J. et Gienger M. (2006).** L'eau et ses secrets; Nature et action de l'eau pour une eau de bonne qualité. DérIris, France. 221 p.
- **Melghit M, (2013).** Qualité physico-chimique, pollution organique et métallique des compartiments Eau / Sédiments de l'Oued Rhumel, et des barrages Hammam Grouz et Beni Haroun; Option : Gestion des déchets; Magistère en Ecologie.

Sites internet consultés

1. [http://fr.wikipedia.org/wiki/cycle de l'eau.](http://fr.wikipedia.org/wiki/cycle_de_l'eau)
2. <http://fr.wikipedia.org/wiki/Wilaya-de-Jijel>



Annexes



Annexe 1

1- Dosage des nitrites (NO_2^-)

Méthode par spectrométrie d'absorption moléculaire

➤ Principe

La diazotation de l' amino-4-benzènesulfonamide par les nitrites en milieu acide et sa copulation avec le dichlorure de *N*-(naphtyl-1) diamino-1,2 éthane donne un complexe coloré pourpre susceptible d'un dosage spectrométrique.

➤ Réactifs

- Acide orthophosphorique ($d = 1,70$).
- Réactif de diazotation :
 - amino-4-benzènesulfonamide 40 g
 - dichlorure de *N*-(naphtyl-1) diamino-1,2 éthane 2 g
 - acide orthophosphorique ($d = 1,7$) 100 mL
 - eau déionisée *q.s.p.* 1 000 mL

Mélanger dans un bécher 800 mL d'eau déionisée et 100 mL d'acide phosphorique, ajouter l' amino-4-benzènesulfonamide puis après dissolution, ajouter le dichlorure de *N*-(naphtyl-1) diamino-1,2 éthane. Agiter jusqu'à complète dissolution. Transvaser la solution dans une fiole jaugée de 1 000 mL, ajuster le volume avec de l'eau déionisée, mélanger. Conservée au réfrigérateur, cette solution est stable un mois.

- Solution mère étalon d'azote nitreux (NO_2^-) à 100 mg/L :
 - nitrite de sodium 492,8 mg
 - eau déionisée *q.s.p.* 1 000 mL

Conservée en flacon de verre inactinique, cette solution est stable un mois.

- Solution fille étalon d'azote nitreux (NO_2^-) à 1 mg/L :
 - Diluer au 1/100 la solution précédente avec de l'eau déionisée. À préparer extemporanément.

Solutions \ N° des Fioles	T	1	2	3	4	5
Solution fille étalon à 1 mg/L (mL)	0	1	5	10	15	20
Eau distillée en (ml)	50	49	45	40	35	30
Réactif de diazotation (mL)	1	1	1	1	1	1
Correspondance en m g. l ⁻¹ de NO ₂ ⁻	0	0,046	0,23	0,46	0,69	0,92

Effectuer la lecture au spectrophotomètre à la longueur d'onde 435 nm.

Construire la courbe d'étalonnage

Effectuer les lectures au spectromètre à la longueur d'onde de 543 nm. Construire la courbe d'étalonnage.

➤ **Mode opératoire**

Introduire 50 mL d'eau à analyser dans une fiole jaugée puis poursuivre le dosage comme pour la courbe d'étalonnage. Tenir compte de la valeur lue pour le témoin. Se reporter à la courbe d'étalonnage.

➤ **Expression des résultats**

Pour une prise d'essai de 50 mL, la courbe donne directement la teneur en azote nitreux (NO₂), exprimée en milligrammes par litre d'eau.

2- Dosages des nitrates (NO₃⁻)

➤ **Principe de dosage**

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

➤ **Réactifs**

- Solution de salicylate de Na à 1% (cette solution est renouvelable toutes les 24heures).
- Acide sulfurique concentré (d=1.84).
- Acide acétique.
- Solution d'hydroxyde de sodium.

Hydroxyde de sodium.....20g
 Sel disodique de l'EDTA.....5g
 Eau permutée.....q.s.p. 100 ml

Dissoudre avec précaution l'hydroxyde de sodium dans 80 ml d'eau permutée, ajouter le sel disodique EDTA. Après dissolution et refroidissement, transvaser la solution dans une fiole jaugée, ajuster le volume à 100 ml.

- Solution d'azoture de sodium

Azoture de potassium.....50mg
 Eau permutée.....q.s.p. 100ml

- Solution mère étalon d'azote nitrique à 100ml.l⁻¹

Nitrate de potassium anhydre.....72.2mg
 Eau permuté.....q.s.p. 100ml

- Solution fille étalon d'azote nitrique à 5 mg.l⁻¹

Amener 50 ml de la solution mère à 1000 ml avec de l'eau permutée.

➤ **Établissement de la courbe d'étalonnage**

Dans une série de béchers numérotés de 50 ml, introduire successivement les réactifs en agitant après chaque addition.

Solutions \ N° des Fioles	T	1	2	3	4
Solution fille étalon d'azote nitrique 5 mg.l ⁻¹ (ml)	0	1	2	5	10
Eau distillée en (ml)	10	9	8	5	0
Correspondance en mg.l ⁻¹ d'azote nitrique	2	2	2	2	2
Solution d'azoture de sodium (ml)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Acide acétique (ml)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

Attendre 5 minutes puis évaporer à sec dans une étuve portée à 70-80°C. Ajouter 1 ml de solution de salicylate de sodium, mélanger puis évaporer. Laisser refroidir.

Reprendre le résidu par 1 ml d'acide sulfurique concentré ayant soin de l'humecter complètement.

Attendre 10 minutes, ajouter 15 ml de l'eau permutée puis 10 ml de la solution d'hydroxyde de sodium qui développe la couleur jaune. Effectuer la lecture au Spectrophotomètre à la longueur d'onde 415 nm. Soustraire des unités d'absorbance, lues pour les étalons, la valeur relevée par le témoin. Construire la courbe d'étalonnage.

➤ **Essai**

Introduire 10 ml d'eau dans un bécher de 50 ml. Alcaliniser faiblement avec la solution d'hydroxyde de sodium. Poursuivre le dosage comme pour la courbe d'étalonnage.

➤ **Expression des résultats**

Pour une prise d'essai de 10 ml, la courbe donne directement la teneur en azote nitrique exprimée en milligrammes par litre d'eau. Pour obtenir la teneur en nitrate (NO₃), multiplier ce résultat par 4,43

3- Dosages des orthophosphates (PO₄³⁻)

➤ **Principe de dosage**

En milieu acide et en présence de molybdate d'ammonium, les orthophosphates donnent un complexe phosphomolybdique, qui, réduit par l'acide ascorbique, développe une coloration bleue susceptible d'un dosage spectrophotométrique. Le développement de la coloration est accéléré par l'utilisation d'un catalyseur, le tartrate double d'antimoine et de potassium.

➤ **Réactifs**

- Solution d'acide sulfurique ($d=1.84$) à 15% environ en volume.
- Solution de molybdate d'ammonium à 40 g/l
- Solution de tartrate double d'antimoine et de potassium à 2.8 g.l⁻¹
 - Tartrate double d'antimoine et de potassium.....0.28g
 - Eau permutée.....q.s.p. 100 ml
- Solution d'acide ascorbique à 20 g.l⁻¹
 - Acide ascorbique.....2g
 - Eau permutée.....q.s.p. 100ml
- Réactif
 - Solution d'acide sulfurique..... 50ml
 - Solution de tartrate double d'antimoine et de potassium..... 5ml
 - Solution de molybdate d'ammonium.....15ml
 - Eau permutée.....q.s.p. 100ml

Conserver le réactif au réfrigérateur à 4°C.

- **Solution mère étalon à 50 mg.l⁻¹ de phosphore**

Dihydrogénophosphate de potassium desséché au préalable à l'étuve à 100°C.....219,7mg

Eau permutée.....q.s.p. 100 ml

Acidifier la solution par 1 ml d'acide sulfurique à 15% avant d'ajuster le volume.

- **Solution mère étalon à 1 mg.l⁻¹ de phosphore**

Diluer au 1/50 la solution précédente avant de l'eau distillée au moment de l'emploi.

➤ **Établissement de la courbe d'étalonnage**

Introduire dans une série de fioles jaugées de 25 ml :

Solutions	N° des Fioles					
	T	1	2	3	4	5
Solution fille étalon de phosphore à 1mg	0	1	5	10	15	20
Eau distillée en (ml)	20	19	45	10	5	0
Correspondance en mg de phosphore	0	0,001	0,005	0,010	0,015	0,020

Introduire dans chaque fiole 1 ml de solution d'acide ascorbique, agiter, puis ajouter 4 ml de réactif, mélanger soigneusement, compléter éventuellement le volume à 25ml. Attendre 30 minutes la stabilisation de la coloration et effectuer les mesures au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 700 ou 800 nm en cuve de 1 cm. Construire la courbe d'étalonnage.

➤ **Essai**

Vérifier que le pH qui doit être compris entre 2 et 7, l'ajuster si nécessaire. Introduire 20ml d'eau dans une fiole jaugée de 25 ml, ajouter 1 ml de solution d'acide ascorbique puis poursuivre comme pour l'établissement de la courbe d'étalonnage. Tenir compte de la valeur lue pour le témoin. Se reporter à la courbe d'étalonnage.

➤ **Expression des résultats**

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

4- Demande chimique en oxygène (DCO) (méthode à petite échelle en tube fermé)

C'est la quantité d'oxygène consommée par les matières contenues dans l'eau et oxydable dans des conditions opératoires définies. Ceci concerne toutes les matières oxydables aussi bien organiques que minérales.

. Principe

La méthode ST-DCO (méthode à petite échelle en tube fermé) utilise le même principe que la méthode classique en système ouvert: les matières oxydables dans l'eau sont oxydées quantitativement par une quantité connue et en excès de bichromate de potassium en présence d'acide sulfurique, de sulfate d'argent (catalyseur) et de sulfate de mercure (II) (complexant des ions chlorure) et au reflux pendant 2 heures.

. Réactifs

- Eau distillée.
- Sulfate mercurique en cristaux (complexant de Cl⁻).
- Sulfate d'argent (6,6 g.l⁻¹) en solution dans H₂SO₄ (catalyseur).
- Bichromate de potassium 0,05 M.
- Acide sulfurique concentré 95 % (d=1.85).

. Mode opératoire

Dans le cas le plus général les tubes disponibles contiennent 2,50 ml (± 0,01 ml) de la solution d'acide sulfurique (avec sulfate d'argent) et 0,5 ml (± 0,01 ml) de la solution de dichromate de potassium.

Le volume d'échantillon ajouté dans ces tubes est alors de 2,00 ml (± 0,02 ml). On procédera comme suit :

- Ouvrir le tube contenant les réactifs. L'agiter avec précaution puis introduire 2,00 ml (± 0,02 ml) d'échantillon,
- Refermer le bouchon fermement,
- Essuyer soigneusement l'extérieur du tube,
- Placer le tube dans le bloc chauffant et porter à ébullition (150 °C) pendant 2 heures (±10 minutes),
- Enlever les tubes du bloc chauffant et les mettre à refroidir,
- Mélanger le contenu avec précautions,
- Effectuer la mesure d'absorbance au spectromètre à 600 nm.

Expression des résultats

En se référant à la courbe d'étalonnage de l'appareil, exprimer la ST-DCO de l'échantillon en mg/l d'oxygène.

5- Demande biochimique en Oxygène

➤ Mode opératoire

- Mesurer un volume de l'échantillon (250ml).
- Placer le contenu dans les flacons
- Mettre 6 pastilles de NaOH dans les flacons, puis remettre les bouchons.
- Presser sur les touches M et S jusqu'à l'affichage du double zéro (Met S sont des mémoires qui enregistrent respectivement la DBO5 et la DBO journalière).
- Introduire les flacons dans l'incubateur, à une température de 20 ° C.
- Après 5 jours faire la lecture en appuyant sur les touches M et S.

6. Chlorure (référence de qualité « Eau potable »)

Méthode de Mohr

■ Principe

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

Réactifs

- Acide nitrique pur.
- Carbonate de calcium pur.
- Solution de chromate de potassium à 10 %.
- Solution de nitrate d'argent 0,1 N.

■ Mode opératoire

Introduire 100 mL d'eau à analyser (préalablement filtrée si nécessaire).

Ajouter 2 à 3 gouttes d'acide nitrique pur puis une pincée de carbonate de chaux et 3 gouttes de solution de chromate de potassium à 10 %. Verser alors au moyen d'une burette la solution de nitrate d'argent jusqu'à apparition d'une teinte rougeâtre, qui doit persister 1 à 3 minutes.

Soit V le nombre de millilitres de nitrate d'argent 0,1 N utilisés.

■ Expression des résultats

Pour une prise d'essai de 100 mL :

$V \times 10 \times 3,55$ donne la teneur en chlorures, exprimée en milligrammes de Cl^- par litre d'eau.

$V \times 10 \times 5,85$ donne la teneur en chlorures exprimée en milligrammes de NaCl par litre d'eau.

Remarques – Dans le cas d'eaux très peu minéralisées, opérer par la technique de Charpentier-Volhard (teneur en chlorures inférieure à 30 mg/L). – Dans le cas d'eaux contenant des sulfures, des thiosulfates ou des matières organiques en quantité importante, utiliser la technique de Charpentier-Volhard. On peut aussi détruire ces composés en ajoutant goutte à goutte une solution de permanganate de potassium environ 0,1 N jusqu'à coloration persistante, puis décolorer par une goutte d'eau oxygénée à 3 %. – Dans le cas d'eaux alcalines à la phénolphthaléine ajouter de l'acide nitrique au 1/10 jusqu'à décoloration de la phénolphthaléine en évitant d'ajouter un excès d'acide. Pratiquer alors le dosage comme l'indique la technique.

7. Sulfate (référence de qualité « Eau potable »)

Méthode gravimétrique (*)

Les ions SO_4^- sont précipités à l'état de sulfate de baryum et évalués gravimétriquement.

Méthode néphélométrique

➤ Principe

Les sulfates sont précipités en milieu chlorhydrique à l'état de sulfate de baryum. le précipité ainsi obtenu est stabilisé à l'aide d'une solution de Tween 20 ou de polyvinyl-pyrrolidone. Les suspensions homogènes sont mesurées au spectromètre.

Réactifs

- Solution d'acide chlorhydrique au 1/10.
- Solution de polyvinyl-pyrrolidone ou de Tween 20 à 25 %.
- Solution de chlorure de baryum stabilisée :

chlorure de baryum ($\text{BaCl}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$) 10 g solution de Tween 20 [polyoxyéthylène (20) sorbitan monolaurate] ou 5 mL de solution de polyvinyl-pyrrolidone 20 mL

- eau déionisée *q.s.p.* 100 mL
- ✚ Solution étalon de sulfate de sodium à 150 mg/L de SO_4^{2-} :
- sulfate de sodium anhydre 0,221 g
- eau déionisée *q.s.p.* 1 000 mL

➤ Établissement de la courbe d'étalonnage

Dans une série de tubes numérotés, introduire successivement :

Numéro des tubes	T	I	II	III	IV	V	VI
Solution étalon de SO_4^{2-} (mL)	0	1	3	5	7	9	10
Eau déionisée (mL)	50	49	47	45	43	41	40
Acide chlorhydrique au 1/10 (mL)	1	1	1	1	1	1	1
Solution de chlorure de baryum stabilisée (mL)	5	5	5	5	5	5	5
Correspondance en mg/L de SO_4^{2-}	0	3	9	15	21	27	30

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

➤ Mode opératoire

Dans un tube, introduire successivement :

- eau à analyser 50 mL
- acide chlorhydrique au 1/10 1 mL
- solution de chlorure de baryum + Tween 20
- ou solution de chlorure de baryum + PVP 5 mL

Préparer dans les mêmes conditions un tube témoin en remplaçant l'eau à analyser par de l'eau déionisée. Agiter énergiquement et laisser reposer 15 minutes. Agiter de nouveau et faire les lectures au spectromètre à la longueur d'onde de 650 nm. Tenir compte de la valeur lue pour le témoin. Se reporter à la courbe d'étalonnage.

➤ Expression des résultats

Pour une prise d'essai de 39 mL, la courbe donne directement la teneur en sulfates exprimée en milligrammes de SO_4^{2-} par litre d'eau.

Remarque La prise d'essai doit contenir une quantité de sulfate inférieure à 2 mg, la courbe représentative étant une droite parfaite pour les teneurs comprises entre 5 et 40 mg/L. Dans le cas d'eaux fortement chargées en SO_4^{2-} , préparer des dilutions en vérifiant chaque fois qu'elles se trouvent dans la zone d'utilisation de la courbe d'étalonnage.

8- Recherche et dénombrement des coliformes en milieux liquides (Méthode de NPP) :

➤ Test de présomption :

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

- 5 fois 10 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham.
 - 1ml dans un tube contenant 10 ml de milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham.
 - 0,1ml dans un tube contenant 10 ml de milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham
- Chassez le gaz présent éventuellement dans les cloche et bien mélanger le milieu, l'incubation se fait à 37 °C pendant 24 à 48 heures.

➤ **Test de confirmation :**

Le test de confirmation ou test de Marc Kenzie est basé sur la recherche de coliformes fécaux. Les tubes de BCPL positifs, après l'agitation, prélever de chacun d'eux quelques gouttes à l'aide d'une pipette Pasteur pour faire le repiquage dans un tube contenant le milieu Schubert muni d'une cloche.

Chassez le gaz présent éventuellement dans les cloche et bien mélanger le milieu.

L'incubation se fait à 44 °C pendant 24 heures.

- Lecture

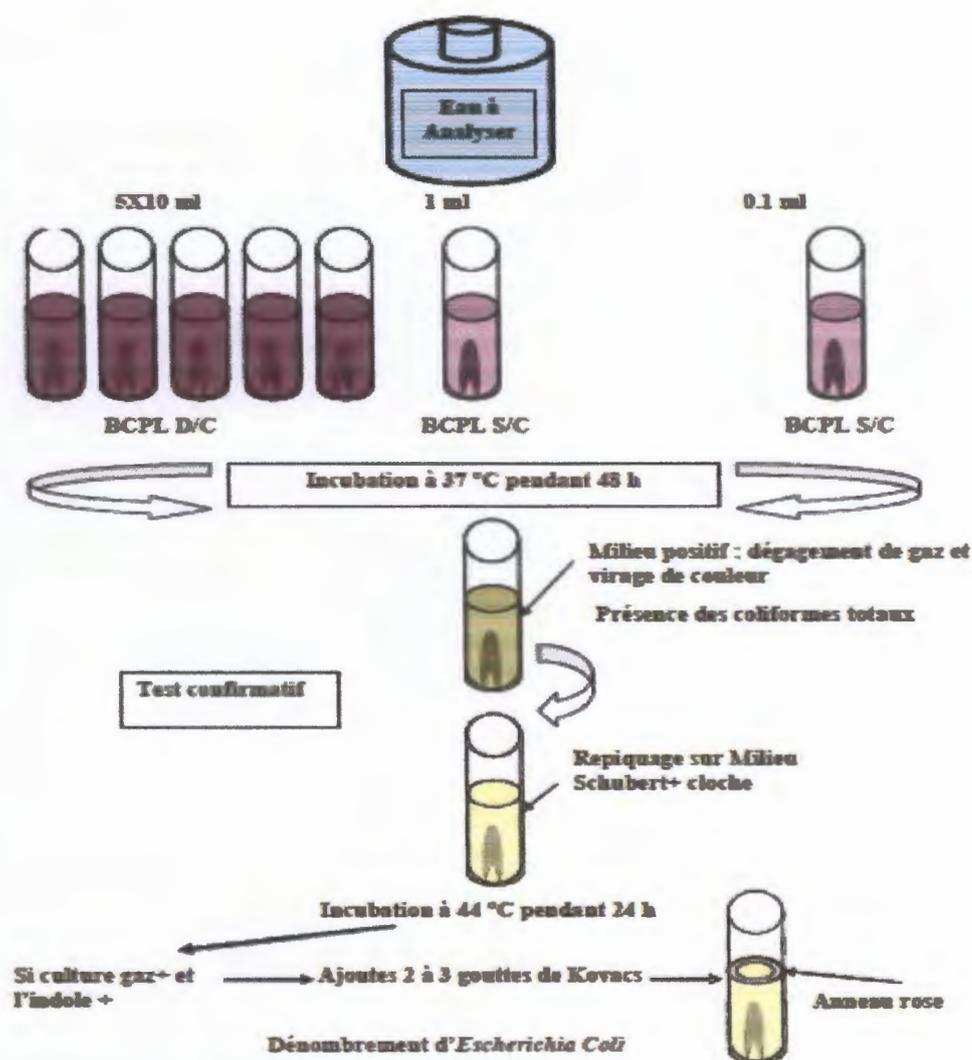


Fig. 1: Recherche et dénombrements des coliformes totaux et fécaux dans l'eau.

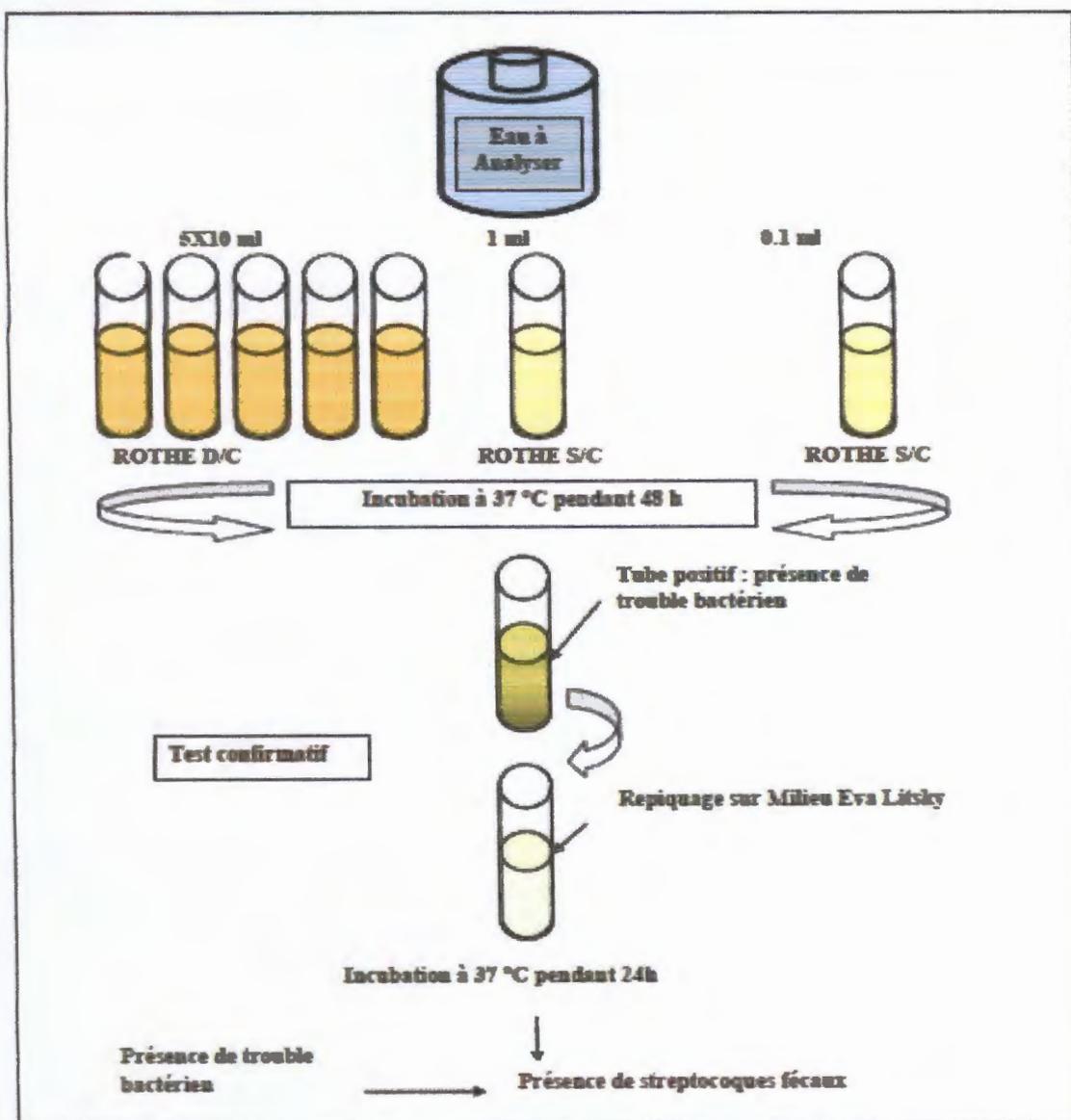


Fig. 2 : Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux dans l'eau

9. Recherche et dénombrement des *Clostridium Sulfito-Réducteurs* :

Porter dans deux tubes 10 ml de l'échantillon à analyser (figure N°10), Elaborer pour les deux tubes un chauffage à 80°C, pendant 10 minutes ; puis un refroidissement brutal sous l'eau de robinet (choc thermique qui à pour but d'éliminer la forme végétative et reste seulement la forme sporulée des bactéries Sulfito-Réducteurs).

Compléter ensuite chacune des tubes avec environ 15 ml de gélose viande foie (VF+ alun de fer et sulfite de sodium) (voir l'annexe N°3) et mélanger avec précaution. Laisser solidifier, puis incuber à 37°C pendant 48 heures avec une première lecture après 16 heures d'incubation.

➤ **Lecture :**

Après la période d'incubation sera considéré comme positif, les tubes contenant de grosses colonies noires, qui correspondent au *Clostridium sulfito-réducteur*. Le résultat est exprimé par le nombre des *Clostridium sulfito-réducteurs* par 20 ml de l'échantillon à analysé.

➤ **Remarque :**

Le dénombrement après 24 heures d'incubation est effectué parfois après 48 heures, le tube devient complètement noir et devient donc indénombrable.

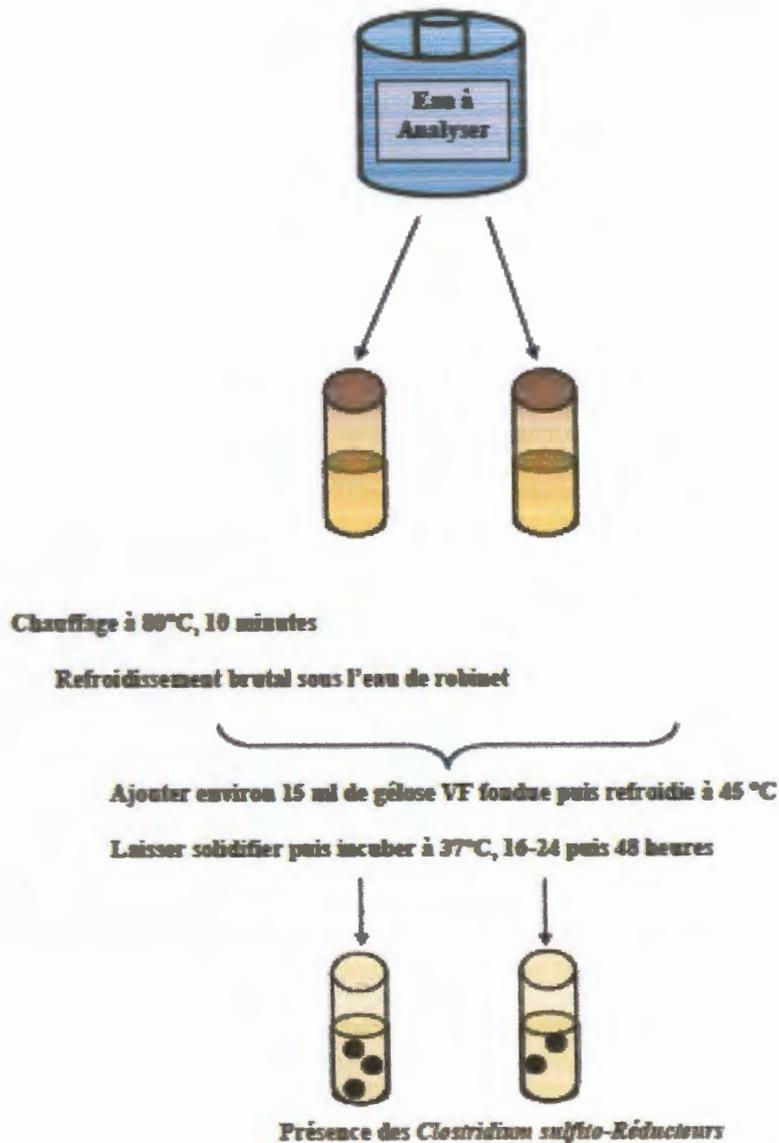
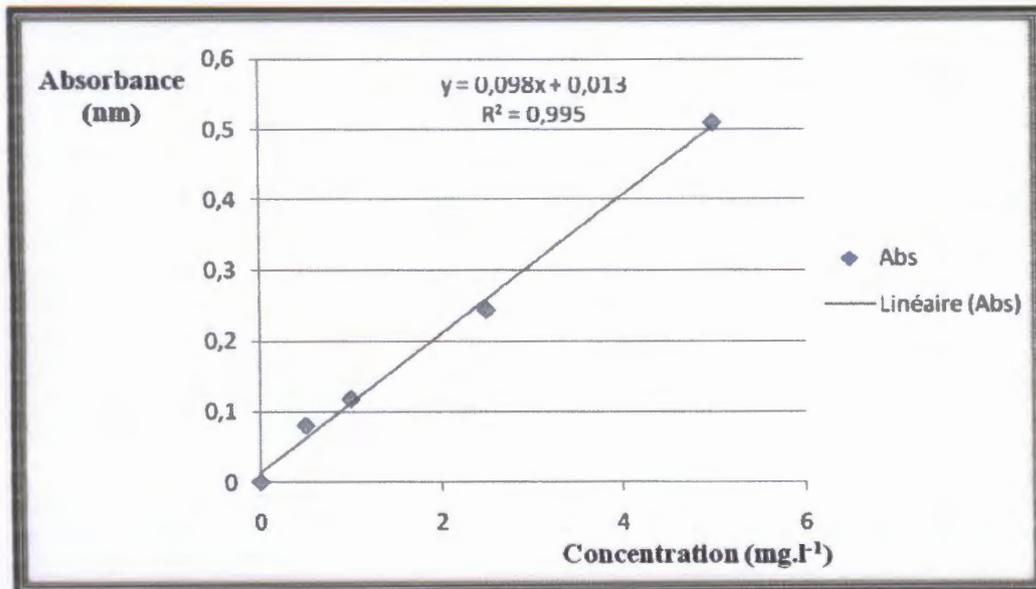


Fig.3 : Recherche et dénombrement des *Clostridium Sulfito-Réducteurs*

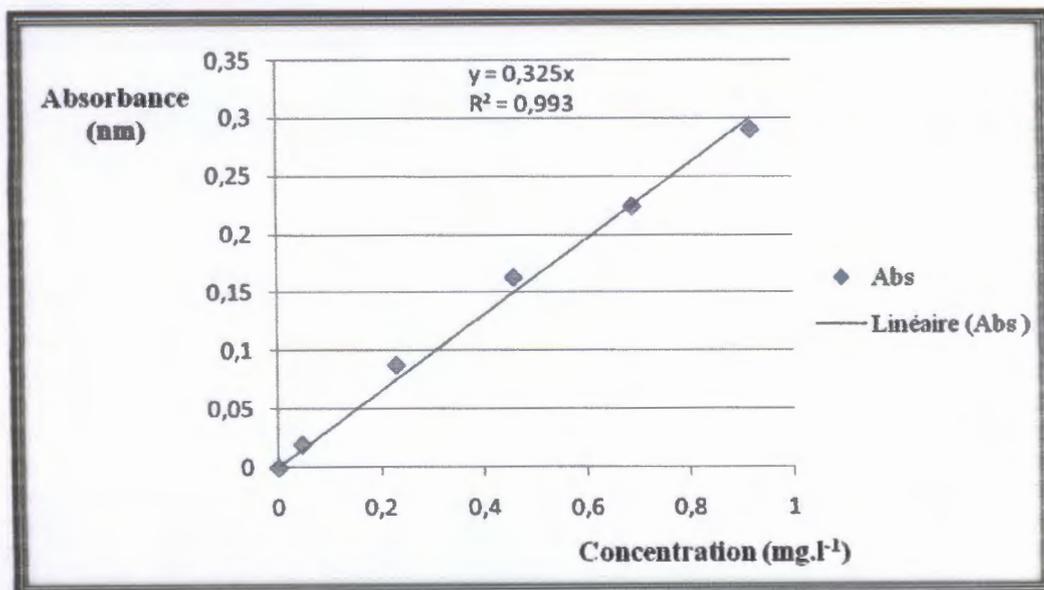
Annexe 2

Courbes d'étalonnages

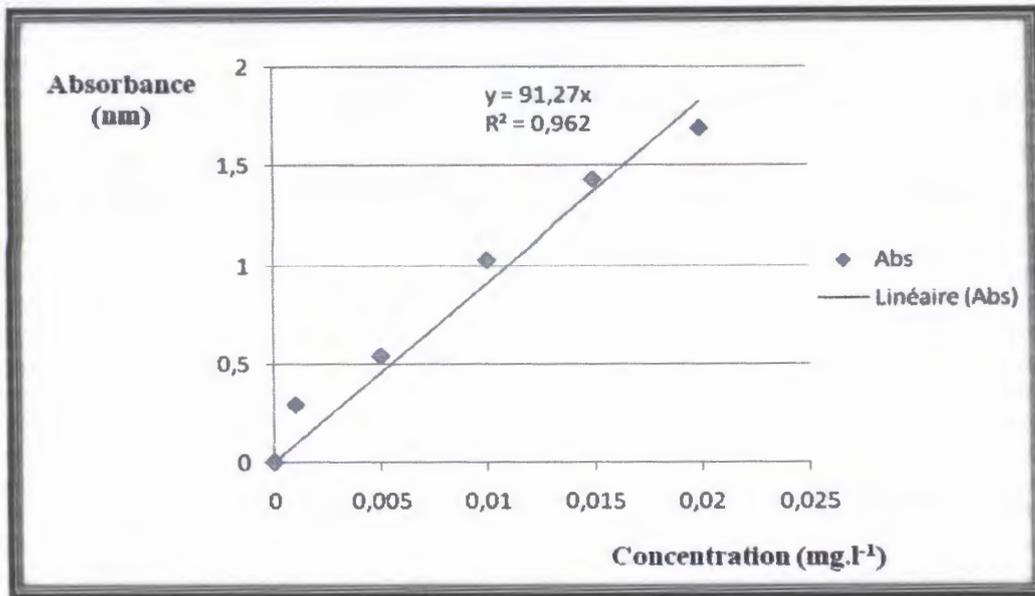
1- La courbe d'étalonnage de nitrate



2- La courbe d'étalonnage de nitrite



4- La courbe d'étalonnage des orthophosphates



4- La courbe d'étalonnage des sulfates :

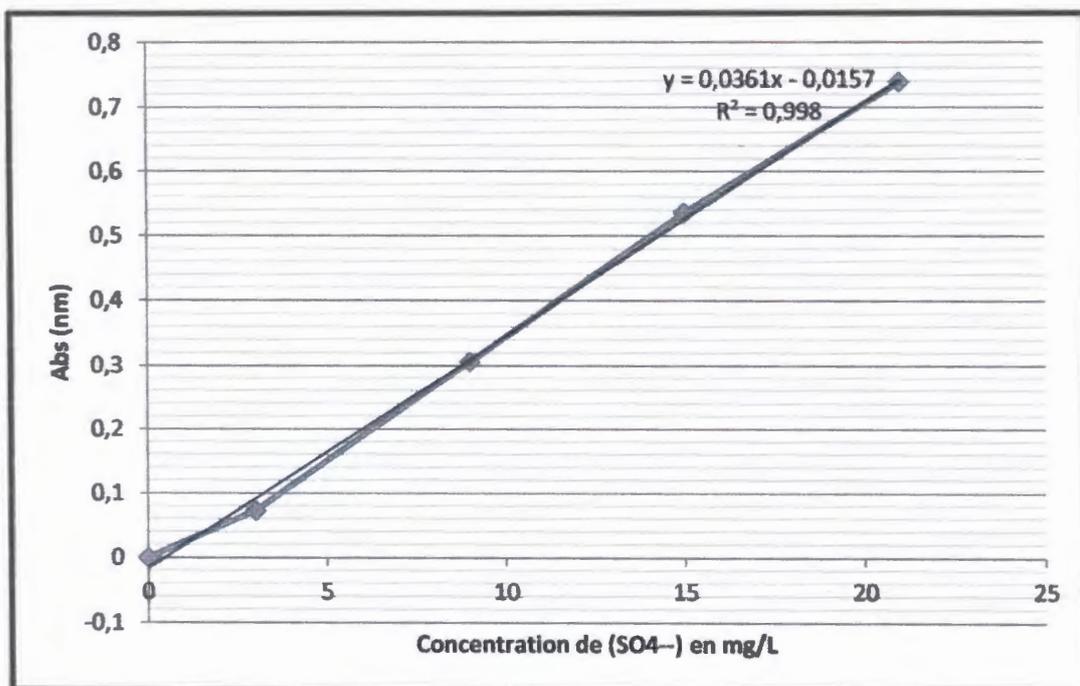


Tableau4 : Résultats des mesures des Nitrates (NO_3^-) de l'eau de Oued el Kebir (Jijel) dans les quartes stations de prélèvement durant la période décembre, avril et mai :

NO_3^- (mg/l)		Décembre	Avril	Mai	Moyennes mensuelles
Station 01	Ech 1	5,76	5,67	7,99	6,45
	Ech 2	5,72	5,64	7,96	
	Ech 3	5,73	5,64	7,96	
	Moy	5,74	5,65	7,97	
Station 02	Ech 1	7,50	6,26	11,40	8,39
	Ech 2	7,55	6,22	11,38	
	Ech 3	7,51	6,23	11,42	
	Moy	7,53	6,24	11,39	
Station 03	Ech 1	8,00	9,55	6,68	8,09
	Ech 2	8,04	9,59	6,62	
	Ech 3	8,05	9,60	6,65	
	Moy	8,03	9,58	6,65	
Station 04	Ech 1	7,7	2,24	6,30	7,32
	Ech 2	7,2	8,21	6,33	
	Ech 3	7,3	8,26	6,33	
	Moy	7,4	8,23	6,32	

Tableau5: Résultats des mesures des Nitrites (NO_2^-) de l'eau de Oued el Kebir (Jijel) dans les quartes stations de prélèvement durant la période décembre, avril et mai :

NO_2^- (mg/l)		Décembre	Avril	Mai	Moyennes mensuelles
Station 01	Ech 1	0,05	0	0	0,015
	Ech 2	0,02	0,02	0	
	Ech 3	0,04	0,01	0	
	Moy	0,035	0,01	0	
Station 02	Ech 1	0,075	0,004	0,05	0,053
	Ech 2	0,09	0,003	0,08	
	Ech 3	0,085	0,002	0,09	
	Moy	0,086	0,003	0,07	
Station 03	Ech 1	0,09	0,001	0	0,030
	Ech 2	0,06	0,001	0,04	
	Ech 3	0,08	0,001	0,03	
	Moy	0,07	0,001	0,02	
Station 04	Ech 1	0,065	0,02	0,03	0,045
	Ech 2	0,09	0,01	0,05	
	Ech 3	0,08	0,03	0,02	
	Moy	0,075	0,02	0,04	

Tableau 6: Résultats des mesures des (PO_4^{3-}) de l'eau de Oued el Kebir (Jijel) dans les quartes stations de prélèvement durant la période décembre, avril et mai :

PO_4^{3-} (mg/l)		Décembre	Avril	Mai	Moyennes mensuelles
Station 01	Ech 1	0,15	0,2	0,6	0,153
	Ech 2	0,18	0,1	0,3	
	Ech 3	0,13	0	0,3	
	Moy	0,16	0,1	0,4	
Station 02	Ech 1	0,48	0,01	0,1	0,176
	Ech 2	0,44	0,01	0,1	
	Ech 3	0,43	0,01	0,1	
	Moy	0,45	0,01	0,1	
Station 03	Ech 1	0,42	0,2	0,4	0,313
	Ech 2	0,46	0,1	0,3	
	Ech 3	0,45	0,3	0,2	
	Moy	0,44	0,2	0,3	
Station 04	Ech 1	0,44	0,1	0,2	0,33
	Ech 2	0,40	0,1	0,5	
	Ech 3	0,41	0,1	0,5	
	Moy	0,42	0,1	0,4	

Tableau 7: Résultats des mesures des phosphates (SO_4^{2-}) de l'eau de Oued el Kebir (Jijel) dans les quartes stations de prélèvement durant la période décembre, avril et mai :

SO_4^{2-} (mg/l)		Décembre	Avril	Mai	Moyennes mensuelles
Station 01	Ech 1	0,17	0	0,5	0,153
	Ech 2	0,14	0,2	0,2	
	Ech 3	0,18	0,1	0,7	
	Moy	0,16	0,1	0,4	
Station 02	Ech 1	0,46	0,01	0,2	0,176
	Ech 2	0,47	0,01	0	
	Ech 3	0,42	0,01	0,1	
	Moy	0,45	0,01	0,1	
Station 03	Ech 1	0,45	0,3	0,2	0,313
	Ech 2	0,43	0,1	0,1	
	Ech 3	0,44	0,2	0,5	
	Moy	0,44	0,2	0,3	
Station 04	Ech 1	0,43	0,1	0,6	0,33
	Ech 2	0,42	0,1	0,3	
	Ech 3	0,41	0,1	0,3	
	Moy	0,42	0,1	0,4	

Tableau 8 : Résultats des mesures des chlorure (CL) de l'eau de Oued el Kebir (Jijel) dans les quartes stations de prélèvement durant la période décembre, avril et mai :

Cl (mg/l)		Décembre	Avril	Mai	Moyennes mensuelles
Station 01	Ech 1	15,72	64,0	140	73,88
	Ech 2	15,78	63,8	143	
	Ech 3	15,75	63,9	141	
	Moy	15,75	63,9	142	
Station 02	Ech 1	181,07	127,1	160,98	156,62
	Ech 2	180,00	127,5	161,01	
	Ech 3	180,08	127,4	161,57	
	Moy	181,05	127,3	161,52	
Station 03	Ech 1	179,7	120,8	157,99	152,72
	Ech 2	179,6	120,9	157,96	
	Ech 3	179,2	120,4	157,96	
	Moy	179,5	120,7	157,97	
Station 04	Ech 1	186,7	143	172,20	166,89
	Ech 2	186,4	139	172,15	
	Ech 3	186,4	143	172,16	
	Moy	186,5	142	172,17	

Tableau 9 : Résultats des mesures des DBO₅ de l'eau de Oued el Kebir (Jijel) dans les quartes stations de prélèvement durant la période décembre, avril et mai :

DBO ₅ (mg/l)		Décembre	Avril	Mai	Moyennes mensuelles
Station 01	Ech 1	12	07	18	10
	Ech 2	09	05	14	
	Ech 3	11	03	13	
	Moy	10	05	15	
Station 02	Ech 1	13	20	16	17
	Ech 2	16	23	12	
	Ech 3	16	21	14	
	Moy	15	22	14	
Station 03	Ech 1	10	33	26	25,3
	Ech 2	12	38	30	
	Ech 3	11	37	31	
	Moy	11	36	29	
Station 04	Ech 1	20	46	18	27,3
	Ech 2	19	49	15	
	Ech 3	17	46	18	
	Moy	18	47	17	

Tableau 10 : Résultats des mesures des DBO₅ de l'eau de Oued el Kebir (Jijel) dans les quartes stations de prélèvement durant la période décembre, avril et mai :

DCO (mg/l)		Décembre	Avril	Mai	Moyennes mensuelles
Station 01	Ech 1	26	20	53,7	30,33
	Ech 2	23	19	53,8	
	Ech 3	27	22	53,0	
	Moy	25	21	53,5	
Station 02	Ech 1	39,7	54	85,4	58,6
	Ech 2	39,4	50	85,8	
	Ech 3	39,4	49	85,3	
	Moy	39,5	51	85,5	
Station 03	Ech 1	33	73	80,9	60,3
	Ech 2	28	68	81,2	
	Ech 3	29	69	81,0	
	Moy	30	70	81,1	
Station 04	Ech 1	56	93	85	76,6
	Ech 2	52	89	88	
	Ech 3	53	88	89	
	Moy	53	90	87	

Annexe 4

Grille d'évaluation de la qualité des eaux par l'agence Française de l'eau(2003)(V2)

1- classe d'aptitude à la biologie

Classe d'aptitude →	Très bonne	Bonne	Passable	Mauvaise	Très mauvaise
Indice d'aptitude →	80	60	40	20	
Température (°C)					
1 ^{ère} catégorie	20	21,5	25	28	
2 ^{ème} catégorie	24	25,5	27	28	
pH					
min	6,5	6	5,5	4,5	
max	8,2	9	9,5	10	
Oxygène dissous (OD) (mg.l ⁻¹)	8	6	4	3	
NO ₃ ⁻ (mg.l ⁻¹)	2				
NO ₂ ⁻ (mg.l ⁻¹)	0,03	0,3	0,5	1	
NH ₄ ⁺ (mg.l ⁻¹)	0,1	0,5	2	5	
PO ₄ ³⁻ (mg.l ⁻¹)	0,1	0,5	1	2	
DBO ₅ (mg.l ⁻¹ O ₂)	3	6	10	25	
DCO (mg.l ⁻¹ O ₂)	20	30	40	80	

2- Classe d'aptitude aux usages

Classe d'aptitude	Très bonne	Bonne	Passable	Mauvaise	Très mauvaise
Indice d'aptitude	80	60	40	20	
Conductivité ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)					
min	180				
max	2500	3000	3500	4000	
pH					
min	6,5				
max	9				
$\text{NO}_3^-(\text{mg}\cdot\text{l}^{-1})$	50				
$\text{NH}_4^+(\text{mg}\cdot\text{l}^{-1})$	0,5		1,5	4	
$\text{DBO}_5(\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}\text{ O}_2)$	3		10	20	
$\text{DCO}(\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}\text{ O}_2)$	6		20	40	

3- Classes et indices de la qualité de l'eau par altération

Classe d'aptitude →	Très bonne	Bonne	Passable	Mauvaise	Très mauvaise
Indice d'aptitude →	80	60	40	20	
Température (C°)					
1 ^{ère} catégorie	20	21,5	25	28	
2 ^{ème} catégorie	24	25,5	27	28	
PH					
min	6,5	6	5,5	4,5	
max	8,2	9	9,5	10	
Conductivité ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)					
min	180	120	60	0	
max	2500	3000	3500	4000	
NO_2^- (mg.l ⁻¹)	0,03	0,3	0,5	1	
NH_4^+ (mg.l ⁻¹)	0,1	0,5	2	5	
PO_4^{3-} (mg.l ⁻¹)	0,1	0,5	1	2	
CL^- (mg.l ⁻¹)	50	100	150	200	
NO_3^- (mg.l ⁻¹)	2	10	25	50	
SO_4^{2-} (mg.l ⁻¹)	60	120	180	240	
DBO_5 (mg.l ⁻¹ O ₂)	3	6	10	25	
DCO (mg.l ⁻¹ O ₂)	20	30	40	80	

4- Irrigation :

<i>Classes d'aptitude</i> →	<i>Bleu</i>	<i>Vert</i>	<i>Jaune</i>	<i>Orange</i>	<i>Rouge</i>
MINERALISATION					
Résidu sec à 105°C (mg/l)	500	1500	2500	3500	
Chlorures (mg/l)	180	360	700		
MICRO-ORGANISMES					
Coliformes thermotolérants (u/100 ml) ¹⁰	100				
Coliformes totaux (u/100ml)	1000				
MICROPOLLUANTS MINERAUX SUR EAU BRUTE					
Arsenic (µg/l)	100		2000		
Cadmium (µg/l)	10				
Chrome total (µg/l)	100				
Nickel (µg/l)	200		2000		
Plomb (µg/l)	200		2000		
Sélénium (µg/l)	20				
Cuivre (µg/l)	200	1000	5000		
Zinc (µg/l)	5000				

5- Aquaculture :

Classes d'aptitude →		Bleu	Vert	Rouge
MATIERES ORGANIQUES ET OXYDABLES				
Oxygène dissous (mg/l O ₂)		7	5	
DBO5 (mg/l O ₂)		5	10	
MATIERES AZOTEES HORS NITRATES				
NH ₄ ⁺ (mg/l NH ₄)		0,1	5	
NO ₂ ⁻ (mg/l NO ₂)		0,03	1	
NITRATES				
Nitrates (mg/l NO ₃)		10	100	
MATIERES PHOSPHOREES				
Phosphore total (mg/l P)		0,01	3	
EFFETS DES PROLIFERATIONS VEGETALES				
Chlorophylle a + phéopigments (µg/l)		10	120	
PARTICULES EN SUSPENSION				
MES (mg/l)		10	50	
ACIDIFICATION				
pH	min MAX	6,5 8		

**- Grille de la qualité globale de l'eau (Agence de bassin hydrographique Constantinois
Seybouse-mellegue, 2012)**

Classe de qualité paramètres	Unité	Excellente	Bonne	Passable	Médiocre	Pollution excessive
NH_4^+ (mg.l ⁻¹)	mg.l ⁻¹	< 0,1	0,1 à 0,5	0,5 à 2	2 à 8	>8
PO_4^{-3} (mg.l ⁻¹)	mg.l ⁻¹	< 0,2	0,2 à 0,5	0,5 à 1	1 à 2	>2
NO_3^- (mg.l ⁻¹)	mg.l ⁻¹	< 5	5 à 25	25 à 50	50 à 80	>80
NO_2^- (mg.l ⁻¹)	mg.l ⁻¹	< 0,1	0,3 à 0,3	0,3 à 1	1 à 2	>2
DBO_5 (mg.l ⁻¹)	mg.l ⁻¹	< 3	3 à 5	5 à 10	10 à 25	>25
DCO (mg.l ⁻¹)	mg.l ⁻¹	< 20	20 à 25	25 à 40	40 à 80	>80

Présenté par :
Boumeliha Yacine

Encadreur : Chahreddine . S

Date de soutenance :

Thème :

Contribution à l'étude microbiologique et physico-chimique de l'eau d'Oued El-kèbir
(wilaya de Jijel).

Résumé

En vue d'évaluer la qualité des eaux d'Oued El kebir, nous avons réalisés une analyse spatio-temporelle des principaux paramètres physico-chimiques et microbiologique de l'eau dans quatre stations et trois compagnes de prélèvement ont été effectuées aux décembre, avril et mai.

Les résultats obtenus, montrent que la plupart des eaux superficielles dans toutes les stations présentent une bonne qualité par rapport aux descripteurs suivant : T°C, pH, CE et certains éléments chimiques comme : (NO₂⁻, SO₄²⁻, PO₄³⁻). En ce qui concerne certains paramètres, on a constaté des pollutions dans la majorité des stations telles : NO₃⁻, Cl⁻ et DBO₅.

Ces pollutions sortent due des effets de nombreux facteurs, à savoir les apports en eaux usées domestiques, l'utilisation des pesticides et des engrais par les agriculteurs (zone agricole) et par les effluents industriels (la tannerie de Khenifer, usine de céramique)

Mots clés : Paramètre physico-chimiques, microbiologie, les eaux superficielles, qualité de l'eau, pollution d'eau, oued El kebir.

Abstract

To assess the water quality of Oued El Kebir, we have made a spatiotemporal analysis of the key physico-chemical parameters and microbiological water in four stations and three companions sampling were carried out in December, April and May.

The results show that most of the surface water in all stations has good quality compared to the descriptors: T ° C, pH, EC and certain chemical elements as: (NO₂⁻, SO₄²⁻, PO₄³⁻). Regarding certain parameters, there was pollution in the majority of such stations: NO₃⁻, Cl⁻ and BOD₅.

These pollution due out the effects of many factors, including intake of domestic wastewater, the use of pesticides and fertilizers by farmers (agricultural zone) and industrial effluents (Khenifer tannery, ceramic factory)

Words-keys: physic-chemical standards, microbiologie, surface water, quality of water, pollution of water, valley of kebir

ملخص

لتقييم نوعية المياه لواد الكبير , قمنا بمعاينة المعايير الفيزيوكيميائية و الميكروبيولوجية زمنيا و مكانيا وذلك في أربع محطات و ثلاث خرجات لأخذ عينات من المياه السطحية لهذا الواد في ديسمبر، أبريل و ماي.

النتائج المحصل عليها، تدل على أن بعض المياه السطحية لها نوعية حسنة في اغلب المحطات في ما يخص درجة الحرارة، درجة الحموضة و الناقلية الكهربائية و بعض العناصر الكيميائية مثل النترات، الفوسفور و الكبريت، أما بالنسبة لبعض العناصر سجلنا تلوث في أغلب المحطات مثل: النترات و الكلور و DBO₅. كما أظهرت النتائج الميكروبيولوجية احتواء هذه المياه على بعض أنواع الميكروبات القولونية الضارة مثل: القولونيا الكلبية.

هذا التلوث ناتج عن مختلف النشاطات الصناعية (وحدة صناعة الجلود خنيفر و مصنع الخزف) و الأعمال الزراعية للمنطقة (استعمال المخصبات، المبيدات) و الفضلات المنزلية (مياه الصرف الصحي).

الكلمات المفتاحية : الخواص الفيزيائية و الكيميائية، ميكروبيولوجيا، المياه السطحية، نوعية المياه، تلوث المياه، واد الكبير.