

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université de Jijel
Faculté des sciences exactes et de la nature et la vie
Département d'écologie et environnement

جامعة جيجل
كلية العلوم الدقيقة و الطبيعة و الحياة
قسم علم البيئة و المحيط

ECO.02103

جامعة جيجل
كلية العلوم الدقيقة و الطبيعة و الحياة
المكتبة
رقم التمرين : 1464



01
01

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme
d'ingénieur d'état en biologie
Option : Pathologie des écosystèmes

Thème

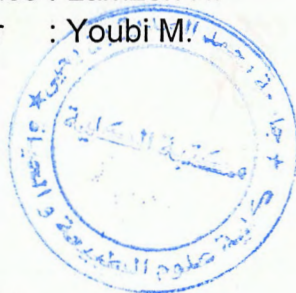
**Effets des rejets urbains liquides sur quelques paramètres
physico-chimiques et microbiologiques des eaux d'une zone
humide de la région de Taher
Cas du marais de Redjla**

Jury:

Présidente : Khaled khoudja S.
Examinatrice : Lamzeri H.
Promoteur : Youbi M.

Présenté par:

Boukerche Samia
Khelf Mounia



Session: juin 2009

Numéro d'ordre.....



Remerciements

Avant tout nous remercions Allah qui nous a donné le courage et la force Pour continuer. Merci de nous avoir éclairé le chemin de la réussite.

En guise de reconnaissance, nous tenant bien fort à remercier:

Notre promoteur M. Youbi qui nous attribué beaucoup de son temps.

Nos remerciements vont également :

A mademoiselle Amira Widad pour son aide précieuse.

A tous les membres du jury, pour l'honneur qu'ils nous font en acceptant d'examiner ce travail.

Au chef de département M. Bouledjadri.

A l'ensemble du personnel du laboratoire d'écologie et de microbiologie.

A l'ensemble du personnel de la station d'épuration de Rabta surtout mademoiselle Randa.

Merci enfin pour tous ceux et toutes celles qui nous ont aidées d'une façon ou d'une autre lors de notre travail, nous les remercions du fond du cœur.

Samia et Mounia



Sommaire

Introduction	1
--------------	---

Chapitre I : Synthèse bibliographique

1. Généralités sur les zones humides	3
1.1 Définition et classification	3
1.2 Caractéristiques des zones humides	4
1.2.1 Caractéristiques abiotique	4
1.2.2 Caractéristiques biotiques	4
1.3 Fonctions des zones humides	4
2. Pollution des eaux et rejets urbains liquides	5
2.1 Définition de la pollution des eaux	5
2.2 Les différents types de la pollution des eaux	5
a. Pollution biologique	5
b. Pollution chimique	6
c. Pollution physique	6
2.3 Les rejets urbains liquides	6
2.3.1 Définition	6
2.3.2 Origine	6
2.3.3 Classification des eaux résiduaires	7
2.3.4 Caractéristiques des eaux résiduaires	7
3. Effets des rejets urbains liquides sur une zone humide	8
3.1 Effets sur les propriétés physico-chimiques	8
3.2 Effets sur les fonctions biogéochimiques	9
3.3 Effets sur la flore	9
3.4 Effets sur la faune	9
3.5 Effets sur l'homme	10

Chapitre II : Matériels et méthodes

1. Présentation du site	11
1.1 Présentation de la wilaya de Jijel	11
1.2 Situation géographique du marais	11
1.3 Structure socio-économique et les activités humaines	13
1.4 Réseau hydrographique	13
1.5 La faune et la flore	14
1.6 Données climatiques	14
2. Choix des stations	17
3. Méthode de prélèvement	19
4. Choix des paramètres	20
4.1 Température	20
4.2 pH	20
4.3 Conductivité électrique	20

4.4	O ₂ dissous	20
4.5	DCO	20
4.6	DBO ₅	21
4.7	MES	21
4.8	Nitrates	21
4.9	Nitrites	21
4.10	Ortho-phosphates	21
4.11	Paramètres microbiologiques	21
5.	Méthodes de mesure et analyse de l'eau	22
6.	Analyse statistique	22

Chapitre III : Résultats et discussion

1.	Résultats et discussion des paramètres physico-chimiques	23
1.1	Température	23
1.2	pH	24
1.3	Conductivité électrique	25
1.4	Oxygène dissous	27
1.5	MES	28
1.6	DCO	29
1.7	DBO ₅	31
1.8	Nitrates	32
1.9	Nitrites	33
1.10	Ortho-phosphates	35
2.	Résultats et discussion des paramètres microbiologiques	36
2.1	Dénombrement des coliformes totaux	36
2.2	Dénombrement des coliformes fécaux	37
2.3	Dénombrement des streptocoques fécaux	39
	Conclusion	40

Références bibliographiques

Annexes

Liste des abréviations

ha	: hectare
°C	: degré Celsius
$\mu\text{S.cm}^{-1}$: micro-siemens
ANOVA	: analyse de la variance (analysis of variance).
BCPL	: bouillon lactosé au pourpre de bromocrésol simple
s/c	: concentration.
Cm	: centimètre.
cm^3	: centimètre cube.
$\text{C}_{\text{N-NO}_3}$: teneur en azote nitrique.
C_{NO_3}	: teneur en nitrate.
CO_2	: dioxyde de carbone.
COT	: concentration en oxygène total
d	: densité.
DBO	: demande biologique en oxygène
DBO_5	: demande biologique en oxygène en cinquième jour
DCO	: demande chimique en oxygène
EVA	: éthyle violet et azide.
g	: gramme.
g.l^{-1}	: gramme par litre.
H_2SO_4	: acide sulfurique.
$\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$: acides pyrophosphates.
HPO_4	: acides méta-phosphates.
$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$: bichromate de potassium
Km	: kilomètre
m	: mètre
M.T.H	: maladies à transmission hydrique.
MES	: matière en suspension
mg.l^{-1}	: milligramme par litre
ml	: millilitre.
mm	: millimètre
MOF	: matière organique fermentescible
N	: azote
N	: normalité.
N°	: numéro.
NaOH	: hydroxyde de sodium.
NC	: nombre caractéristique
nm	: nanomètre.
NO_2^-	: nitrites.
NO_3^-	: nitrates.
NPP	: nombre le plus probable

O.N.M	:	office national de la météologie.
O₂	:	oxygène.
P	:	coefficient de pearson.
PO₄³⁻	:	ortho-phosphates.
r	:	coefficient de corrélation.
T	:	témoin
T°C	:	température.
UV	:	ultra-violet.
V	:	volume.

Liste des figures

Figures	Titres	Pages
Figure n° 1	Situation géographique du marais Redjla	12
Figure n° 2	Précipitations moyennes mensuelles observées dans la région de Taher entre 1999-2008.	15
Figure n° 3	Températures moyennes mensuelles observées dans la région de Taher entre 1999-2008.	16
Figure n° 4	Diagramme ombrothermique de Gaussen pour la station de Taher entre 1999-2008.	16
Figure n° 5	Situation des quatre (04) stations de prélèvement.	17
Figure n° 6	Photos de la Station 1 du marais de Redjla.	17
Figure n° 7	Photos de la Station 2 du marais de Redjla.	18
Figure n° 8	Photos de la Station 3 du marais de Redjla.	18
Figure n° 9	Photos de la Station 4 du marais de Redjla.	19
Figure n° 10	Variations spatio-temporelles de la température des eaux du marais Redjla.	23
Figure n° 11	Variations spatio-temporelles du pH des eaux du marais Redjla.	25
Figure n° 12	Variations spatio-temporelles de la conductivité électrique des eaux du marais Redjla.	26
Figure n° 13	Variations spatio-temporelles de l'oxygène dissous des eaux du marais Redjla.	27
Figure n° 14	Variations spatio-temporelles des MES des eaux du marais Redjla.	29
Figure n° 15	Variations spatiales de la DCO des eaux du marais Redjla.	30
Figure n° 16	Variations spatio-temporelles de la DBO ₅ des eaux du marais Redjla.	31
Figure n° 17	Variations spatio-temporelles des concentrations en nitrates dans les eaux du marais Redjla.	33
Figure n° 18	Variations spatio-temporelles des concentrations en nitrites dans les eaux du marais Redjla.	34
Figure n° 19	Variations spatio-temporelles des concentrations en ortho-phosphates dans les eaux du marais Redjla.	35
Figure n° 20	Variations spatio-temporelles du nombre des coliformes totaux dans les eaux du marais Redjla.	37
Figure n° 21	Variation spatio-temporelles du nombre des coliformes fécaux dans les eaux du marais Redjla.	38

Liste des tableaux

Tableaux	Titres	Pages
Tableau I	Classification générale des eaux résiduaires	7
Tableau II	Caractéristiques générales d'une eau résiduaire urbaine	8
Tableau III	Moyennes mensuelles des précipitations de la région de Taher entre 1999 et 2008	14
Tableau IV	Moyennes mensuelles de températures de la région de Taher entre 1999 et 2008	15
Tableau V	Les méthodes utilisées pour les différents dosages	22
Tableau VI	Températures de l'eau du marais de Redjla (°C)	23
Tableau VII	pH de l'eau du marais de Redjla	24
Tableau VIII	Conductivité électrique de l'eau du marais de Redjla ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	26
Tableau IX	Taux d'oxygène dissous dans l'eau du marais de Redjla ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$)	27
Tableau X	Taux des MES dans l'eau du marais de Redjla ($\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)	28
Tableau XI	DCO de l'eau du marais de Redjla ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$)	30
Tableau XII	DBO ₅ dans l'eau du marais de Redjla ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$)	31
Tableau XIII	Concentrations en nitrates dans l'eau du marais de Redjla ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$)	32
Tableau XIV	Concentrations en nitrites dans l'eau du marais de Redjla ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$)	34
Tableau XV	Concentrations en ortho-phosphates dans l'eau du marais Redjla ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$)	35
Tableau XVI	Valeurs du nombre le plus probable des coliformes totaux	36
Tableau XVII	Valeurs du nombre le plus probable des coliformes fécaux	38

INTRODUCTION

Introduction

L'eau constitue une ressource naturelle inestimable et un potentiel économique de première importance qu'il est impératif de gérer et de préserver contre tout type de pollution. Ceci est d'autant plus important pour un pays à climat méditerranéen tel l'Algérie où l'eau est le plus souvent un facteur limitant conditionnant la croissance et le bien-être des écosystèmes naturels mais également d'innombrables activités socio-économiques.

Les écosystèmes aquatiques, particulièrement les zones humides, sont souvent victimes de pollutions chimiques et organiques du fait qu'ils sont exposés à de nombreuses contaminations, le plus souvent d'origine anthropogénique, ce qui engendre des dégradations graves des différents compartiments qui les constituent (eau, faune et flore) et par conséquent une influence sur la santé publique.

En plus des polluants industriels, les rejets liquides déversés dans les milieux aquatiques et qui sont chargés en éléments nutritifs (en particulier nitrates et phosphates) et en germes fécaux, peuvent générer des problèmes d'eutrophisation des écosystèmes aquatiques. Afin de préserver ces milieux, il est capital de connaître et d'élucider les différents types de pollution dont ils sont victimes, d'évaluer le degré de leur contamination afin de gérer au mieux leur futur.

Notre travail s'inscrit dans un contexte qui consiste en l'étude de la qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau du marais de Redjla, qui se trouve au voisinage de la ville de Taher. La zone étudiée reçoit quotidiennement d'importants rejets domestiques (eaux usées), en plus d'une activité agricole intense faisant appel à des tonnes de fertilisants et de pesticides.

Notre étude est consacrée à connaître le degré de contamination des eaux du marais de Redjla par les rejets urbains liquides pour pouvoir estimer le degré de pollution de cette zone.

Le travail est subdivisé en trois chapitres:

- ◆ Le premier chapitre représente une synthèse bibliographique qui s'intéresse aux zones humides (définition, fonctions, caractéristiques, ...), aux rejets urbains liquides (définition, origine, classification,...), et aux effets de ces derniers sur les zones humides.
- ◆ Le deuxième chapitre se rapporte à une description du site (situation géographique, climat, hydrologie,...), le mode opératoire et les techniques utilisées pour l'établissement de ce travail.
- ◆ Le troisième chapitre représenté sous forme de tableau et d'histogramme illustre les résultats obtenus. Il est suivi d'une discussion et d'une conclusion générale.

SYNTHESE
BIBLIOGRAPHIQUE

1. Généralités sur les zones humides

1.1 Définition et classification

On désigne sous le terme générale de zones humides les milieux d'eaux stagnantes englobant la totalité des écosystèmes aquatiques continentaux dits lenticques : marais, marécages, plaine d'inondation, zones palustres de deltas fluviaux, lagunes littorales ou continentales (**Ramade, 2005**).

Est dénommée zone humide, tout biotope lentique continental ou côtier dépourvu de zone limnétique. Les zones littorales lacustres de faciès marécageux, ainsi que les zones ripariennes des écosystèmes lotiques répondent à cette définition (**Ramade, 2000**).

Par ailleurs, selon la convention de Ramsar (1971) : « Les zones humides sont des étendues de marais, de tourbières ou d'eaux naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires où l'eau est stagnante ou courante, douce, saumâtre ou salée, y compris des étendues d'eau marine dont la profondeur ne dépasse pas six mètres. » (**Boumezbeur, 2001**).

Le mode d'alimentation en eau et de drainage (entrées-sorties) constitue un facteur important de différenciation des zones humides. Leur approvisionnement en eau dépend des conditions climatiques générales et locales, mais aussi de leur localisation au sein des grands bassins hydrographiques ainsi que des conditions géologiques et géomorphologiques. On distingue trois grands types d'apports : les précipitations, les eaux de surface et les eaux souterraines, qui permettent de classer les zones humides en fonction de l'importance relative de ces différentes sources. Doivent également être prises en compte les pertes d'eau par évaporation et écoulements superficiels et/ou souterrains à l'aval des zones humides (**Fustec, 2001, Boumezbeur, et Coll, 2002**).

D'après Turner 1999, Les zones humides sont classées selon l'emplacement, la salinité et la végétation dominante en différentes types dont les principaux sont :

- Marais intérieurs d'eau douce ou salée.
- Tourbières.
- Mangroves.
- Marécages boisé ou à arbustes.
- Prés humides et plaines alluviales.
- Marais salants côtiers alluviaux.

1.2 Caractéristiques des zones humides

1.2.1 Caractéristiques abiotiques

Les caractéristiques des zones humides et leurs propriétés sont d'abord déterminées par les facteurs abiotiques présents ; à savoir : les conditions climatiques, leur localisation et leur contexte géomorphologique. Comme tous les écosystèmes, une zone humide est le siège d'interactions entre les grands compartiments qui la composent: l'eau , les sédiments (ou les sols) et les organismes vivants. Les caractéristiques hydrologiques des zones humides sont extrêmement variées selon l'origine des eaux, l'importance relative des entrées et des sorties, le niveau de l'eau et ses variations. Les conditions hydrologiques constituent le facteur déterminant des caractéristiques physico-chimiques des zones humides (**Fustec, Claude, Lefevre et Coll ,2002**). Elles conditionnent les apports de matières solides et dissoutes, en particulier d'éléments nutritifs. Certaines zones humides, alimentées uniquement par des précipitations ou des eaux souterraines dans un environnement peu affecté par les activités humaines, ont une productivité limitée. Mais, du fait de la présence d'eau et d'apports en éléments nutritifs souvent importants, la plus part de ces écosystèmes ont une forte productivité si elles sont sujettes à une altération anthropogénique. (**Fustec, Claude, Lefevre et Coll ,2002**).

1.2.2 Caractéristiques biotiques

Pour ce qui est des facteurs biotiques (relatifs aux êtres vivants), les végétaux interviennent de façon prépondérante sur la vitesse de transfert, le niveau et la qualité de l'eau. Selon leur nature et leur densité, ils favorisent une réduction de la vitesse des écoulements et la sédimentation des particules. Les micro-organismes, pour leur part, interviennent sur la qualité de l'eau par dégradation de la matière organique, recyclage des éléments nutritifs, modification des teneurs en oxygène et autres gaz et remise en solution de certains constituants (**Fustec, Claude, Lefevre et Coll, 2002**).

1.3 Fonctions des zones humides

Quoique longtemps méconnues, les fonctions des zones humides sont de première importance :

- Elles jouent essentiellement un rôle de réservoir dans le cycle hydrologique (**Boumezeur, 2002**). Elles stockent de façon temporaire les quantités d'eau en excès amenées par les crues et restituent de façon lente et progressive aux systèmes fluviaux

avec lesquels elles sont connectées. La végétation des zones humides réduit la vitesse du courant et accélère le dépôt des matières en suspension (**Ramade, 2000**).

- Elles sont parmi les milieux naturels les plus riches du monde. Elles fournissent l'eau et les aliments à d'innombrables espèces de plantes et d'animaux. Ce sont des milieux de vie remarquables pour leur diversité biologique (**Guillemot, 2003**).
- Elles ont des Influences bénéfiques sur les microclimats locaux et jouent un rôle éventuel de stabilisation de la biosphère. Elles fournissent des produits commerciaux : poissons, fourrures, bois, tourbes, roseaux et pâturages extensifs (**Fustec, Claude, Lefevre et Coll, 2002**).
- Elles présentent un potentiel éco-touristique remarquable du fait de leur richesse biologique et de l'originalité de leur milieu (**Genin, Chauvin et Ménard, 2003**).

2. Pollution des eaux et rejets urbains liquides

2.1 Définition de la pollution des eaux

Elle se traduit par des déversements, écoulements, rejets, dépôts directs ou indirects de matières de toute nature et qui soit susceptible de provoquer ou d'accroître la dégradation des eaux en modifiant leurs caractéristiques physiques, chimiques, biologiques, bactériologiques ou esthétiques, qu'il s'agisse d'eaux superficielles, souterraines, ou des eaux de la mer (**Faurie, Ferra, Médori et Déveau, 1999**).

2.2 Les différents types de la pollution des eaux

a. Pollution biologique

On distingue deux catégories de polluants d'origine biologique : les microorganismes et les matières organiques biodégradables. Les microorganismes comprennent principalement des bactéries mais aussi des protozoaires, des champignons et des virus. Ils proviennent tous des matières fécales dont ils représentent environ 10% du Poids (**Bousseboua, 2002**). La présence des matières organiques naturelle est une caractéristique fondamentale des eaux de surface et des eaux peu profondes. Son origine principale est le drainage des sols où s'accumulent des matières végétales plus ou moins décomposées. Les digestions animales en fournissent également une partie, ainsi que les rejets de l'industrie agroalimentaire. Les rejets urbains peuvent représenter un pourvoyeur majeur en composés organiques. Les principaux composés organiques polluants

sont : des lipides, des savons, des protides, des glucides, et leurs produits de décomposition auxquels s'ajoutent des détergents, des huiles minérales et des débris cellulose (Bousseboua, 2002).

b. Pollution chimique

La pollution chimique est principalement due à des composés organiques de synthèse, de structures moléculaires souvent très complexes, abondamment utilisés dans la fabrication de produits d'usage très courant dans l'agriculture et l'industrie tels que les biocides (pesticides, herbicides, fongicides), les polychlorobiphényles et phénols (composants de matières plastiques). A ces composés, s'ajoutent des substances minérales : engrais azotés, phosphatés et métaux divers. Ces polluants chimiques sont peu ou non biodégradables constituant par eux-mêmes ou par leurs résidus des composés toxiques pour la biocénose aquatique (Bousseboua, 2002).

c. Pollution physique

Elle a pour origine tous les polluants qui n'appartiennent pas aux deux autres catégories de polluants ; citons essentiellement la pollution thermique et la pollution radioactive. En aval d'une installation industrielle, l'eau peut avoir une température plus élevée que celle de l'eau en amont. Ceci entraîne une quantité d'oxygène dissous plus faible qui est parfois à l'origine de la mort de nombreux poissons et de perturbations dans la vie aquatique animale ou végétale. La pollution radioactive est la pollution générée par la radioactivité d'origine naturelle ou industrielle (Defranceschi, 1996).

2.3 Les rejets urbains liquides

2.3.1 Définition

Les rejets urbains liquides, encore appelés les eaux usées sont toutes les eaux parvenant dans les canalisations d'eaux usées dont les propriétés naturelles sont transformées par les utilisations domestiques, les entreprises industrielles, agricoles et autres. On englobe aussi les eaux de pluie qui s'écoulent dans ces canalisations. (Blifert et Perraud, 2003).

2.3.2 Origine

L'origine des eaux résiduaires urbaines est principalement domestique. Ces effluents sont un mélange d'eaux contenant des déjections humaines renfermant des urines et fèces (eaux vannes) et d'eau de nettoyage des sols et des aliments (eaux ménagères).

Les eaux usées urbaines peuvent contenir des eaux résiduaires d'origine industrielle. Ces dernières doivent avoir subi un prétraitement à l'usine leur donnant des caractéristiques comparables à celles des eaux usées domestiques pour permettre un traitement en commun (Grosclaude, 1999).

2.3.3 Classification des eaux résiduaires

Tableau I : Classification générale des eaux résiduaires (Thomas, 1995).

Type d'eau résiduaire	Localisation-origine	Caractéristique
- Domestique	- Habitations individuelles	- Assez connues, type peu fréquent, présence de micro-organismes.
- Industrielle	- Industries, entreprise	- Très variables avec la nature des productions et des activités.
- Urbaine (réseau unitaire)	- Agglomération (pris en compte du réseau pluvial).	- Très variables avec la charge industrielle et la dilution.
- Urbaine (réseau séparatif)	- Agglomération	- Variables.

2.3.4 Caractéristiques des eaux résiduaires

D'après Genin, ^{all} et ~~Genin~~ (2003), les eaux usées se caractérisent par :

- De fortes teneurs en matières organiques.
- Des sels minéraux, dont l'azote et le phosphore.
- Des germes fécaux.
- Des détergents.

Tableau II: Caractéristiques générales d'une eau résiduaire urbaine (Thomas,1995).

Paramètres	Concentration moyenne (mg/l)	Quantité journalière rejetée par habitant (g)
- MES	300-600	130
- DBO ₅	100-500	80
- DCO	200-1200	200
- COT	50-300	40
- N total	50-100	15
- P total	10	5

3. Effets des rejets urbains liquides sur une zone humides

Une eau résiduaire peut engendrer suivant la nature et la concentration de ses constituants, un certain nombre d'effets sur une zone humide qui représente le milieu récepteur, même après avoir subi une épuration (Thomas, 1995).

3.1 Effets sur les propriétés physico-chimiques

L'effet des rejets est d'autant plus marqué s'ils sont pratiqués dans des zones fermées peu propices à un renouvellement des eaux. Cela se traduira par la suite par l'Eutrophisation du milieu (Rodier, 2005) qui se caractérise par :

- L'enrichissement des eaux en éléments nutritifs notamment en composés de l'azote et/ou du phosphore provoquant un développement accéléré des algues qui entraîne une perturbation de l'équilibre des organismes vivants (El Amrani, 2007) et une dégradation de la qualité de l'eau en question (Blifert, 2003).
- Les matières résiduelles en suspension, même en concentration faible sont susceptibles de réduire la transparence du milieu (Thomas, 1995). L'augmentation considérable de la biomasse phytoplanctonique se traduit par un accroissement de la turbidité des eaux, une quantité considérable d'algues microscopiques et filamenteuses qui leur confère une couleur verdâtre (Ramade, 2005).
- L'apparition d'une oxycline séparera les eaux superficielles bien oxygénées des eaux profondes dépourvues d'oxygène dissous et des sédiments qui deviennent réducteurs. L'augmentation de la teneur des eaux en nutriments provoque l'augmentation de la DBO résultant de la consommation des MOF par les bactéries aérobies. (Ramade, 2005).

- L'altération des qualités organoleptiques de l'eau (saveur, odeur, couleur,...) et dégradation de l'écosystème (**Rodier, 2005**).

3.2 Effets sur les fonctions biogéochimiques

Le phénomène d'autoépuration se manifeste positivement dans les eaux non polluées, permettant l'élimination de certains microbes et l'oxydation de certaines matières organiques. Celles-ci disparaissent peu à peu sous l'action des fermentations aérobies qui les transforment en gaz carbonique et en sels minéraux pouvant être utilisés par la végétation. Lorsque les rejets de matières organiques sont trop importants, l'autoépuration devient insuffisante et la pollution s'accroît progressivement (**Dajoz, 2006**). L'intensité de la photosynthèse, donc de la productivité primaire, va augmenter considérablement, stimulée par l'accroissement considérable de la teneur des eaux en éléments minéraux nutritifs, la photosynthèse se concentre dans les eaux de surface dans les lacs dystrophiés (**Ramade, 2005**). Ces perturbations des cycles biogéochimiques de l'azote et du phosphore se traduisent principalement par un accroissement des quantités de phosphates et de nitrates qui circulent sous forme dissoute ou particulaires dans les eaux (**Ramade, 1981**).

3.3 Effets sur la flore

Le lessivage de fertilisants et le rejet des eaux usées ont pour effet d'accélérer l'eutrophisation. Ces apports massifs en éléments nutritifs et en matières organiques vont favoriser la prolifération des plantes aquatiques et des colonies de bactéries. Une des conséquences potentielles de l'eutrophisation est la prolifération de cyanobactéries, également connues sous le nom d'algues bleues, dont la capacité photosynthétique confère une couleur bleu-vert. Ces bactéries, sont célèbres à cause de toxines que produisent certaines espèces (**Anctil, 2008**). Les eaux usées sont également porteuses de parasites végétaux, œufs de parasites et des kystes, des virus et des bactéries (**Gaid, 1984**).

3.4 Effets sur la faune

La multiplication des algues et des planctons qui réduit le passage de la lumière, accroît la consommation d'oxygène et s'accompagne d'une modification profonde de la faune tant en quantité, qu'en qualité (**Rodier, 2005**). La faune sera asphyxiée lors des périodes les plus défavorables, en particulier en été au moment où leur teneur en oxygène est naturellement la plus faible (**Ramade, 2000**).

3.5 Effets sur l'homme

Les eaux usées sont le véhicule des maladies à transmission hydrique (M.T.H.) qui représentent encore un véritable fléau dans les pays en voie de développement. Les microorganismes responsables de ces maladies sont des bactéries, des protozoaires et des virus rejetés par les matières fécales dans les eaux usées puis dans les cours d'eau récepteurs. Ils y survivent plus ou moins longtemps, en contaminant les utilisateurs directement ou indirectement **(Bousseboua, 2002)**.

- L'ingestion des toxines cyanobactériennes affecte notamment le foie et le système nerveux chez l'homme et entraîne des symptômes très variés **(Anctil, 2008)**.
- Les effets des nitrates ne sont pas eux même dangereux pour la santé, mais c'est leur transformation en nitrites dans l'organisme qui présente un risque toxique potentiel. Les nitrites oxydent l'hémoglobine en méthémoglobine, inapte au transport de l'oxygène des poumons aux tissus. Cette affection se manifeste par une cyanose (maladie bleue), et touche essentiellement les nourrissons **(Savary, 2003)**.
- Les insectes et surtout les moustiques vivant dans des eaux polluées par des matières organiques ou dans des eaux stagnantes, sont à l'origine de nombreuses maladies infectieuses humaines telles que le paludisme **(Dellaras et Trébool, 2003)**.

**MATERIELS ET
METHODES**

1. Présentation du site

1.1 Présentation de la wilaya de Jijel

La wilaya de Jijel est située au nord-est de l'Algérie. Elle est limitée au nord par la mer Méditerranée, au sud par la wilaya de Mila et au sud-ouest par la wilaya de Sétif. La wilaya de Skikda délimite la partie orientale, tandis que celle de Bejaïa borde la partie ouest.

La wilaya de Jijel est caractérisée par un climat méditerranéen pluvieux et froid en hivers, chaud et sec en été. Elle détient le record de la pluviométrie en Algérie avec une moyenne de précipitations de 1200 mm/an. Le réseau hydrographique de la zone est très dense et englobe plusieurs Oueds dont les plus importants sont : Oued Djenjen, Oued El-kebir, Oued Nil et Oued Mencha.

1.2 Situation géographique du marais

Le marais Redjla, encore appelé **Ghedir el Merdj** (Figure n°1) est situé au nord-est de la wilaya de Jijel dans la commune de Taher. Elle est localisée dans la région de **Redjla** à 4 km de Taher et à 2 km de Bazoul. Cette zone humide se trouve sur une latitude de 40°85' Nord et une longitude de 3°72' Est et une altitude moyenne de 30 m. Elle est limitée au nord par des habitations et des cultures en serres à l'ouest par une colline et au sud-ouest par l'agglomération de T'hare. La partie orientale est bordée par la route qui relie la ville de Bazoul à celle de Taher, tandis que la partie sud-est est caractérisée par la présence d'habitations, de fermes et de culture en serres (**Anonyme, 2007**). Sa profondeur moyenne est de 1,20 m et elle occupe une superficie totale avoisinant les 5 ha (**Anonyme, 2009**).



Figure n° 1. Situation géographique du marais de Redja (Anonyme, 1991).

1.3 Structure socio-économique et activités humaines

La vocation socio-économique de cette région est principalement agricole, elle est caractérisée en particulier par la culture des maraichères et des arboricoles. La population qui se trouve sur la zone d'étude est disséminée le long de la mare dans quelques hameaux. La plupart des habitants sont des agriculteurs possédant des fermes et des serres. Ils utilisent pour leur culture des produits chimiques tels que les fertilisants et les engrais afin d'augmenter et d'améliorer le rendement agricole. Ces produits, sous l'effet des pluies et des ruissellements, s'infiltrant dans le sol et rejoignent la mare. L'élevage du bétail est limité aux élevages familiaux de chèvres, de moutons et quelques bovins qui pâturent tout autour de la mare. Ils se nourrissent de la végétation et des eaux de celle-ci.

Avant 1994 tous les effluents domestiques et les rejets d'eaux usées provenant des agglomérations de la région se déversaient dans le Chaabet Tassif et dans la mare Redjla. La commune a construit un réseau d'assainissement pour collecter ces rejets ; il provient de la ville de Taher, passe par la partie ouest de la mare et se déverse dans Oued Nil. Jusqu'à ce jour, les habitations situées dans la partie orientale de la mare rejettent sans réseau de collecte des eaux usées dans la mare Redjla qui les reçoit incessamment. Entre autre, la mare reçoit les déchets ménagers et les ordures rejetés par les habitants de la région (**Amira, 2008**).

1.4 Réseau hydrographique

Le réseau hydrographique de la région est constitué par deux Oueds principaux :

- Oued Nil : venant de la partie sud-est et se déversant dans la mer. Il se trouve à 5 km du marais Redjla
- Oued Boukraa : venant de la partie sud et se jetant dans l'Oued Nil.

Un autre cours d'eau de la région est celui de Chaabet Tassift qui prend sa source de la région sud-ouest, traverse le marais et se déverse dans Oued-Nil. Nous rencontrons aussi des puits qui se situent au bord de la route qui passe au sud du marais. Ces derniers contribuent à l'alimentation en eau de toute la population de la région. La mare Redjla est cependant alimentée par les eaux de pluies et par les eaux de la nappe phréatique (**Anonyme, 2007**).

1.5 La faune et la flore

Le marais Redjla accueillant entre 1000 à 1200 individus d'oiseaux d'eau en majorité migrateurs: Canard chipeau, Canard colvert, Canard siffleur, Canard souchet, Foulque macroule, Sarcelle d'hiver, Poule sultane, Grèbe castagneux, Héron cendré, Martin pêcheur, Busard du roseau,...ect. Pour les mammifères, nous rencontrons le Cheptel des riverains à savoir les bovins, les ovins et les caprins avec quelques observations de chacals, de chiens et des poules domestiques. Des reptiles tels la tortue sont observées régulièrement dans cette zone (Anonyme, 2009).

Parmi les espèces végétales qui se trouvent dans le marais : *Typha angustifolia*, *Nymphaea alba* *Scirpus sp*, *plontago major*, *phragmites australis* (Anonyme, 2009).

1.6 Données climatiques

Pour caractériser le climat de notre zone d'étude, nous avons tenu compte des données de la station météorologique la plus proche et possédant les mêmes conditions oro-topographiques, nous avons choisi pour cela celle de Taher (Office National de la Météologie O.N.M).

Pour l'analyse des données climatiques on dispose d'une série d'observations allant de 1999 à 2008, soit une période de 10 ans.

✦ Pluviométrie

Le tableau ci-dessous indique que le cumul mensuel, enregistrée sur une période de 10 ans (1999-2008), est de 958,9 mm. La période pluvieuse se situe entre septembre et mai, totalisant 928,2 mm, soit 96,79% des précipitations.

Tableau III. Moyennes mensuelles des précipitations de la région de Taher entre 1999 et 2008 (Anonyme, 2008)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Pluviométrie (mm)	154,8	99,4	81,7	63,8	51,5	11,5	3,2	16	60,4	56,1	160	200,5



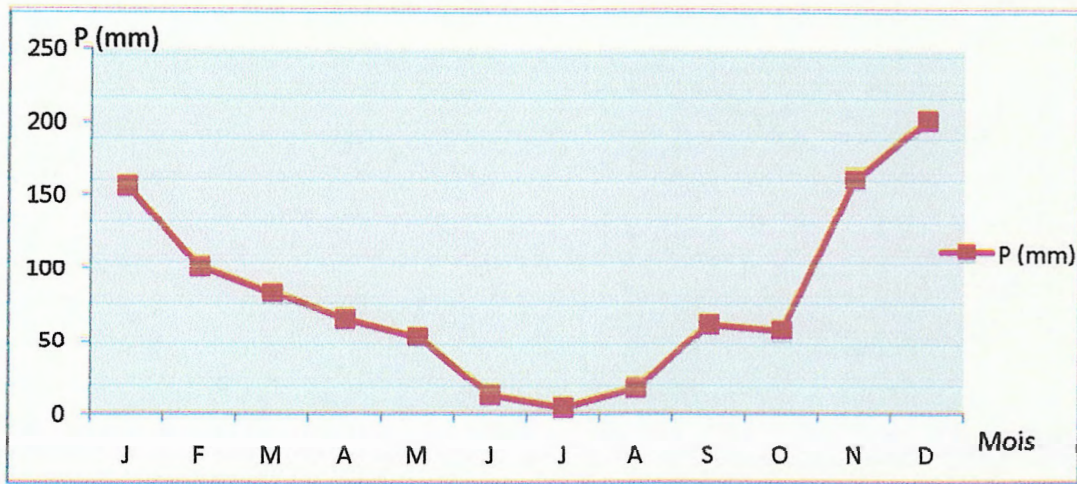


Figure n° 2. Précipitations moyennes mensuelles observées dans la région deTaher entre1999-2008 (Anonyme, 2008)

◆ **Température**

Le tableau IV, fait ressortir que la température moyenne mensuelle la plus basse est celle du mois de janvier, avec 11,1°C. Les mois les plus chauds sont juillet et août, avec des températures moyennes de l'air atteignant un maximum de 26,4°C.

Tableau IV. Moyennes mensuelles de températures de la région de Taher entre 1999 et 2008 (Anonyme, 2008)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
T(c)	11,1	11,6	13,4	15,9	19,1	23	25,6	26,4	23,6	21	15,5	12,4	18,2

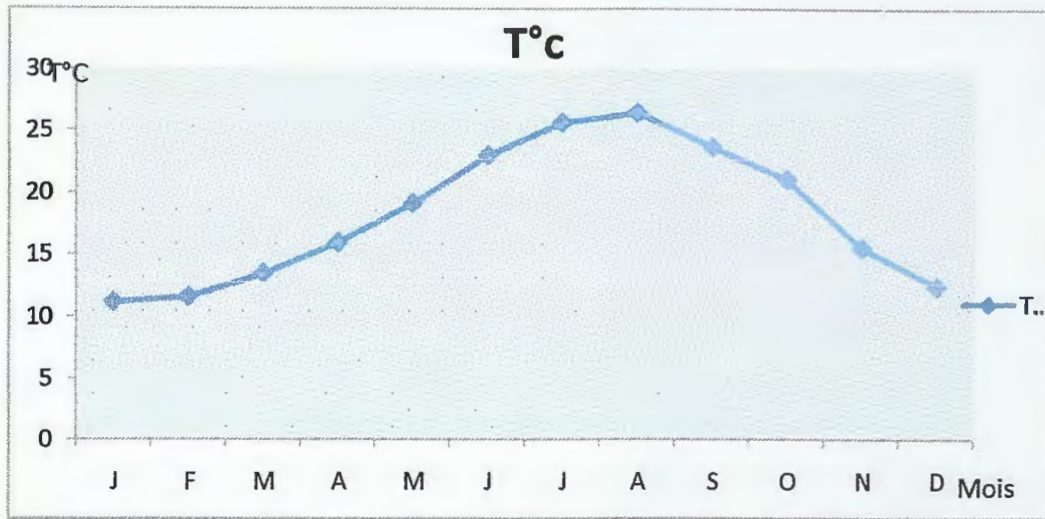


Figure n° 3. Températures moyennes mensuelles observées dans la région deTaher entre1999-2008 (Anonyme, 2008).

• Diagramme ombrothermique de Gausсен

Afin d’avoir une idée sur le caractère des saisons dans la région, nous avons établi le diagramme ombrothermique de Gausсен pour la station de Taher. L’intersection des deux courbes de précipitation et de température, montre une saison sèche relativement courte, s’étalant de mai à septembre et une saison humide qui s’étend sur le reste de l’année.

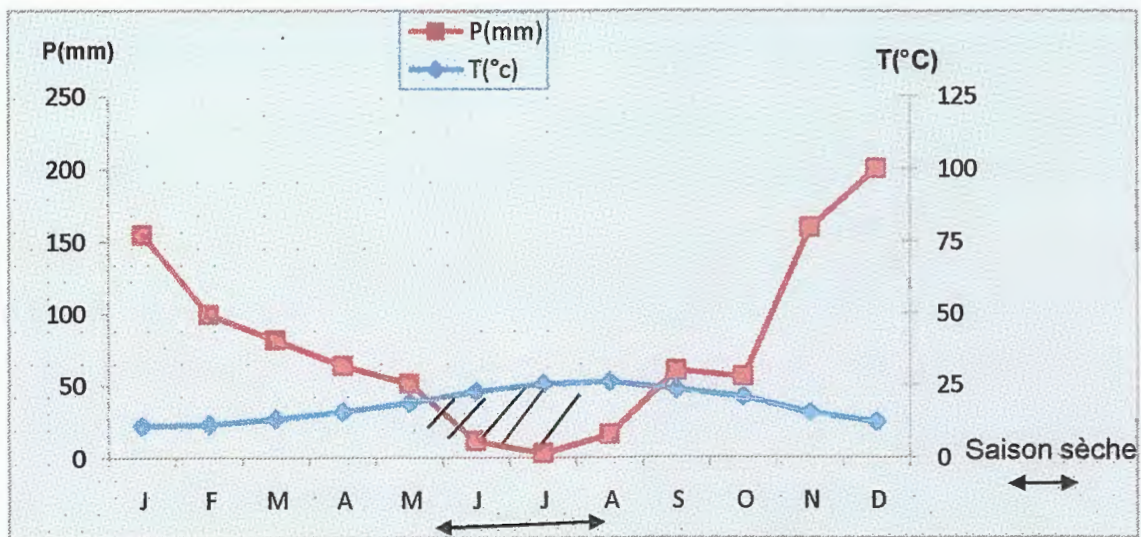


Figure n° 4. Diagramme ombrothermique de Gausсен pour la station de Taher entre 1999-2008.

2. Choix des stations

Au total, quatre (4) stations ont fait l'objet de notre étude (figure n° 5). Trois campagnes de prélèvement ont été effectuées le 06/04/2009, le 25/04/2009 et le 16/05/2009.

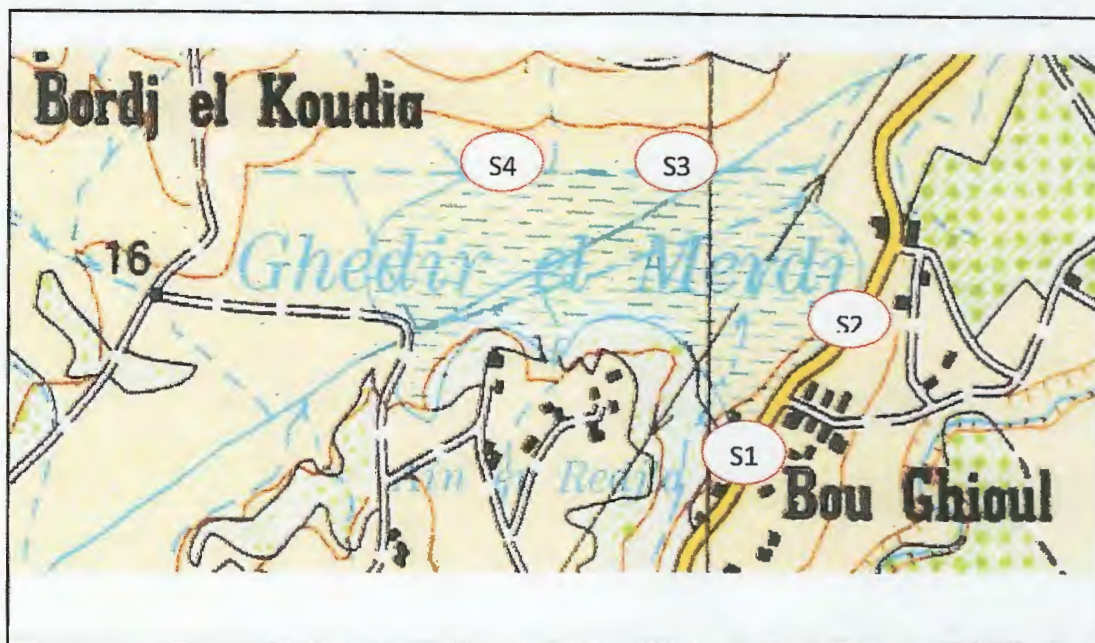


Figure n° 5. Situation des quatre (04) stations de prélèvement.

- Station 1

Cette station est située dans le secteur sud-oriental du marais. Elle reçoit des effluents domestiques des habitations au dessus et on y trouve une petite décharge.



Figure n° 6. Photos de la Station 1 du marais de Redja.

- **Station 2**

Cette station est localisée à environ 200 m au nord de la première, dans le secteur Est du marais. Elle reçoit des effluents domestiques des agglomérations avoisinantes.



Figure n° 7. Photos de la Station 2 du marais de Redjla.

- **Station 3**

Cette station est localisée dans le secteur nord du marais. Elle est caractérisée par une importante activité agricole et elle reçoit des eaux usées libérées par des petites fuites au niveau de réseau d'assainissement.



Figure 8. Photos de la Station 3 du marais de Redjla.

- **Station 4**

Elle se trouve à 200 m à l'ouest de la troisième station, dans le secteur nord du marais. Elle reçoit des eaux usées du réseau d'assainissement avec un faible débit.



Figure n° 9. Photos de la Station 4 du marais de Redjla.

3. Méthode de prélèvement

L'eau à analyser est prélevée dans des flacons en verre, préalablement lavés, rincés et étiquetés. Pour les analyses bactériologiques, les flacons sont stérilisés par la chaleur au four Pasteur à 180°C, pendant 90 minutes.

Les flacons destinés à analyser les éléments minéraux (NO_3^- , NO_2^- , PO_4^-) sont traités à l'acide sulfurique dilué à 10 %, puis rincés abondamment avec l'eau de robinet et l'eau distillée, égouttés puis fermés.

Au moment du prélèvement, ces flacons sont rincés trois fois avec l'eau à analyser, puis ils sont remplis jusqu'au bord, en les plongeant à une profondeur de 20 à 30 cm de la surface, et assez loin des berges du marais (Rodier, 1996).

4. Choix des paramètres

4.1 Température

La température de l'eau influence la coexistence des organismes aquatiques ainsi que les processus physiques, chimiques et biologiques qui s'y déroulent (**Pajor, 2007**).

4.2 pH

Le pH représente le degré d'acidité ou d'alcalinité du milieu aquatique. Un pH compris entre 6 et 9 permet un bon développement de la faune et de la flore aquatique. Les organismes vivants sont très sensibles aux variations brutales même limitées du pH (**Gaujous, 1995**).

4.3 Conductivité électrique

La conductivité est à propriété que possède une eau de favoriser le passage d'un courant électrique. Elle est due à la présence dans le milieu d'ions qui sont mobiles dans un champ électrique. Elle dépend de la nature de ces ions dissous et de leurs concentrations (**Rejsek, 2002**).

4.4 O₂ dissous

L'eau contient toujours de l'oxygène dissous dont les concentrations varient avec la température et la pression partielle dans l'atmosphère. Du fait de l'équilibre entre l'oxygène de l'air et de l'eau, plus les eaux sont superficielles et plus elles sont chargées en oxygène (**Zysman, 1993**).

4.5 DCO

Un des paramètres qui donne une indication sur les quantités de substances chimiques oxydables présentes dans l'eau. Il s'agit là de la quantité d'O₂ qui est nécessaire pour oxyder principalement des composés organiques. La valeur de la DCO est une indication importante, avec laquelle on peut caractériser la pollution globale d'une eau donnée (**Blifert et Perraud, 2003**).

4.6 DBO₅

Ce paramètre donne une indication sur l'activité microbiologique dans une eau. Il est utilisé pour les contrôles de pollution (**Guiraud, 2003**). Il est mesurée par la consommation d'oxygène à 20°C, à l'obscurité et pendant cinq jours d'incubation (**Berné et Cordonnier, 1996**).

4.7 MES

C'est une mesure globale de la pollution. Elle donne la concentration en particules organiques et minérales que l'on peut retenir par filtration au laboratoire (**Lacaze, 1996**). Dans les milieux aquatiques, les MES sont le vecteur privilégié de transport de nombreuses espèces chimiques notamment des micropolluants organiques et métalliques (**Tassin et thevenot, 1993**).

4.8 Nitrates

Les nitrates sont abondamment ré pondus dans le sol, dans la plupart des eaux et dans les plantes où ils sont nécessaires à la biosynthèse. Solubles dans l'eau, ils se retrouvent naturellement en faibles teneurs dans les eaux souterraines et superficielles (**Zysman, 1993**).

4.9 Nitrites

Les nitrites sont ré pondus dans le sol, dans les eaux et dans les plantes mais en quantités relativement faibles (**Zysman, 1993**).

4.10 Ortho-phosphates

Le phosphore peut exister dans les eaux en solutions ou en suspension, à l'état minéral ou organique. Les composés phosphorés qui, sans hydrolyse ou minéralisation, ré pondent au test spectrophotométrique sont considérés comme étant des ortho-phosphates (**Rodier, 1996**).

4.11 Paramètres microbiologiques

Les microorganismes pathogènes véhiculés par l'eau étant pour la plupart d'habitat fécal, il est donc pertinent de retenir comme principe de contrôle « la recherche de certaines espèces ou groupes de bactéries, comme témoins indicateurs de contamination ou de pollution fécale ». Ces germes tests sont des bactéries commensales qui sont naturellement présentes dans les intestins

des hommes et des animaux à sang chaud, et excrétés régulièrement en abondance dans les matières fécales (Larpent, 2005).

5. Méthodes de mesure et analyse de L'eau

Tableau V. Les méthodes utilisées pour les différents dosages.

Paramètres	Unité	Méthodes d'analyses
Température	°C	Utilisation d'un pH mètre (marque thermomètre) de type "HANNA"
pH.		Utilisation d'un pH mètre (marque pH mètre) de type "HANNA"
Oxygène dissous	mg.l ⁻¹	Utilisation d'un oxymètre de type "HANNA"
Conductivité électrique	µS.cm ⁻¹	Utilisation d'un conductimètre de type "HANNA"
MES	mg.l ⁻¹	Selon la méthode de Rodier 1996
DBO	mg.l ⁻¹	Selon la méthode citée in Habila 2008
DCO	mg.l ⁻¹	Selon la méthode de Rodier 1996
Nitrates	mg.l ⁻¹	Selon la méthode de Rodier 1996
Nitrites	mg.l ⁻¹	Selon la méthode de Rodier 1996
Ortho-phosphates	mg.l ⁻¹	Selon la méthode de Rodier 1996
Paramètres microbiologiques	NP/100ml	Technique de dénombrement sur milieu liquide Selon Dellaras 2003, Désjardins 2007 et Larpent 1997

6. Analyse statistique

Pour le calcul des statistiques élémentaires et pour mieux illustrer les résultats, nous avons procédé au calcul des moyennes, d'écart-type. L'analyse statistique proprement dite est effectuée en faisant appel à l'analyse de la variance (ANOVA), effectuée grâce au logiciel MINITAB (version.15). Pour illustrer nos données, nous avons réalisé des histogrammes. Afin de situer nos résultats, ils ont fait l'objet d'une comparaison avec la norme française relative à la qualité des eaux superficielles (citée in Zysman, 1993).

RESULTATS ET DISCUSSION



1. Résultats et discussion des paramètres physico-chimiques

1.1 Température

La température des eaux superficielles est très variable selon les saisons et peut passer de 2°C en hiver à 30°C en été (Zysman, 1993).

L'examen du tableau VI et l'observation de la figure n° 10 permettent de constater que les valeurs des températures de l'eau semblent être peu variables d'une station à l'autre. Les variations sont d'une manière générale temporelles ; l'eau se réchauffe entre avril et mai. Les valeurs extrêmes relevées pour le marais Redjla sont 27,8°C au mois de mai au niveau de la première et la deuxième station et 23,4°C au mois d'avril au niveau de la station 4.

D'après l'Analyse de la variance, Les variations temporelles sont très hautement significatives avec $p = 0,000$.

Tableau VI. Températures de l'eau du marais de Redjla (°C)

Stations Compagnes	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4	Moyenne	Ecart-type
Compagne 1	23.50	23.60	23.50	23.40	23.50	0.08
Compagne 2	25.40	25.40	25.20	25.20	25.30	0.12
Compagne 3	27.80	27.80	27.70	27.10	27.60	0.34

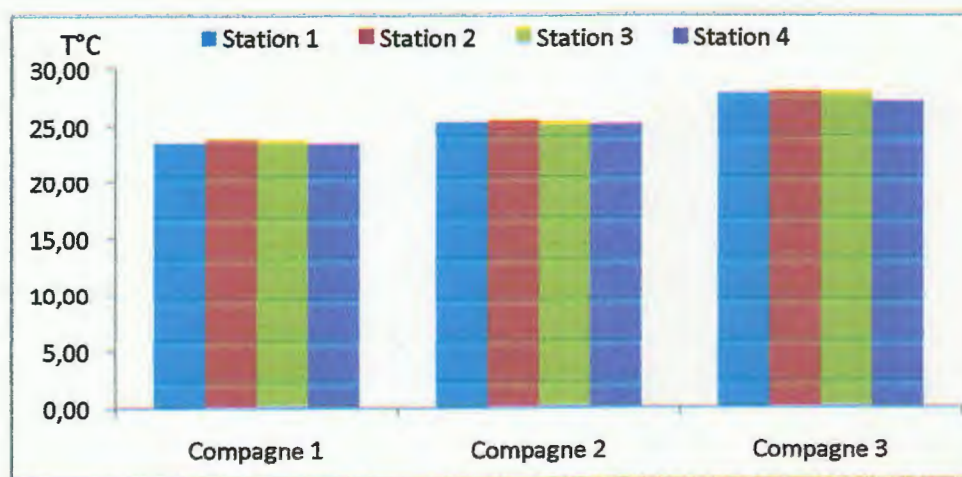


Figure n°10. Variations spatio-temporelles de la température des eaux du marais Redjla.

La température de l'eau influence la coexistence des organismes aquatiques ainsi que les processus physiques, chimiques et biologiques qui s'y déroulent (Pajor, 2007).

Les résultats obtenus pendant les trois (03) campagnes de prélèvement dans les quatre (04) stations nous permettent de constater que les valeurs de la température ont dépassées la norme (25°C) au cours de la deuxième et la troisième campagne.

Les faibles variations enregistrées dans l'espace sont relatives à la situation géographique, l'heure de prélèvement et au couvert végétal de chacune d'elles pendant chaque campagne. Lorsque la couverture végétale est parsemée ou présente des différences de hauteur, la température peut être modifiée localement (Guyot, 1999). En ce qui concerne les fluctuations considérables de la température dans le temps, cela pourrait être dû aux changements saisonniers (Guyot, 1999).

1.2pH

D'après le tableau VII, nous constatons que les valeurs du pH du marais Redjla sont diminuées dès la première campagne. Les valeurs maximales (8,34) et minimales (6,23) sont enregistrées au niveau de la troisième station durant la première et la dernière campagne.

D'après l'analyse de la variance, les valeurs du pH présentent une variation temporelle non significative ($p = 0,062$).

Tableau VII. pH de l'eau du marais de Redjla

Stations	Stations					
	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4	Moyenne	Ecart-type
Compagnes						
Compagne 1	8.17	8.24	8.34	8.33	8.27	0.08
Compagne 2	6.87	7.51	6.58	7.21	7.04	0.40
Compagne 3	6.42	6.85	6.23	6.98	6.62	0.35

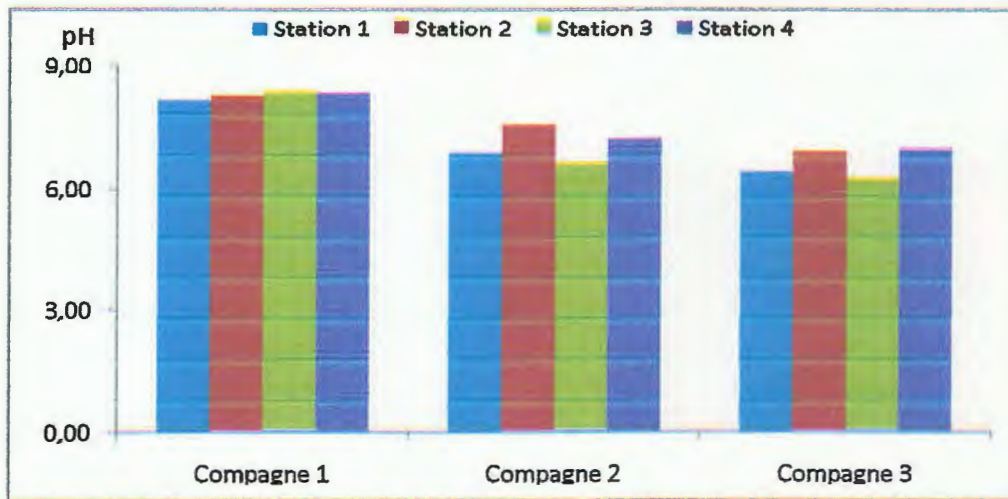


Figure n° 11. Variations spatio-temporelles du pH des eaux du marais Redjla.

Comparativement aux normes françaises (6,5 - 8,5), les eaux du marais Redjla sont caractérisées par un pH neutre entre 6,23 et 8,34.

D'après Savary (2003), le pH d'une eau naturelle dépend de l'origine de celle-ci, de la nature des terrains traversés et de la température élevée. L'augmentation de la température provoque une diminution du pH. C'est ce que nous observons durant les trois campagnes de prélèvements.

1.3 Conductivité électrique

Les valeurs de la conductivité électrique ont nettement une tendance à augmenter dans le temps. La valeur maximale est enregistrée au niveau de la première station pendant la troisième campagne ($1340 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) alors que la valeur minimale est enregistrée au niveau de la quatrième station de la première campagne ($401 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$).

L'analyse de la variance (ANOVA) montre l'existence un effet temporelle très hautement significatif ($p = 0,000$).

Tableau IIX. Conductivité électrique de l'eau du marais de Redjla ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)

Stations Compagnes	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4	Moyenne	Ecart-type
Compagne 1	512.00	511.00	509.00	401.00	483.25	54.85
Compagne 2	1 239.00	1 192.00	1 045.00	1 135.00	1 152.75	83.48
Compagne 3	1 340.00	1 310.00	1 240.00	1 210.00	1 275.00	60.28

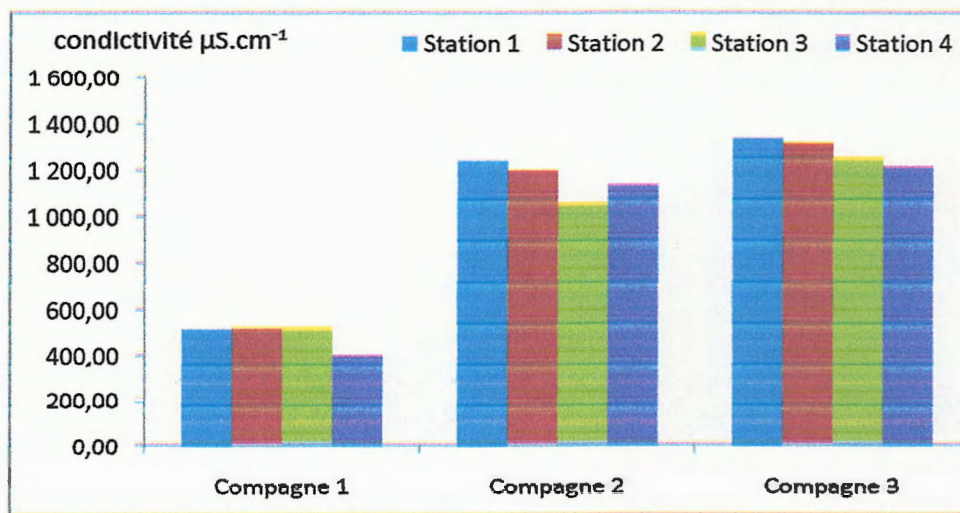


Figure n° 12. Variations spatio-temporelles de la conductivité électrique des eaux du marais Redjla.

Par rapport à la norme française des eaux superficielles ($1000 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), les résultats de la première campagne pour les quatre stations sont loin de dépasser cette valeur. Néanmoins, les deux autres campagnes révèlent des valeurs supérieures à $1000 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ pour les quatre stations (la valeur maximale est égale à $1340 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$). Selon Savary (2003), cette surcharge pourrait être imputée aux déversements d'eaux domestiques, aux activités agricoles ainsi qu'aux températures élevées.

Selon la matrice de corrélation, nous constatons une corrélation négative entre le pH et la conductivité électrique ($r = -0,647$, $p = 0.023$).

1.4 Oxygène dissous

D'après les résultats du tableau IX et la figure n° 13, nous pouvons constater des valeurs oscillant entre 1,04 mg.l⁻¹ pour la première station de la troisième compagne, et 7,57 mg.l⁻¹ pour la quatrième station de la première compagne.

L'étude de la figure n°13 révèle que la variation d'oxygène dissous de l'eau diffère d'une façon hautement significative d'une compagne à l'autre ($p = 0,004$).

Les concentrations en oxygène dissous varient d'une façon inversement proportionnelle à la température, ($r = - 0,767$, $p = 0,004$).

Tableau IX. Taux d'oxygène dissous dans l'eau du marais de Redjla (mg.l⁻¹)

Stations Compagnes	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4	Moyenne	Ecart-type
Compagne 1	7.21	6.95	6.98	7.57	7.18	0.29
Compagne 2	6.97	6.18	6.98	6.95	6.77	0.39
Compagne 3	1.04	4.18	4.70	3.81	3.43	1.64

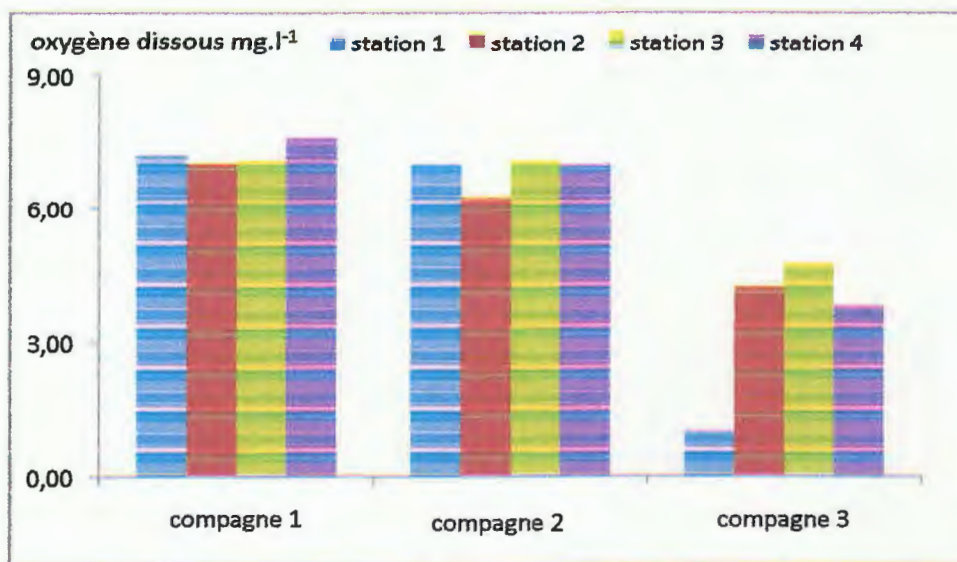


Figure n° 13. Variations spatio-temporelles de l'oxygène dissous des eaux du marais Redjla.



L'oxygène dissous est un composé essentiel de l'eau, car il permet la vie de la faune et il conditionne les réactions biologiques qui ont lieu dans les écosystèmes aquatiques (Rejsek, 2002). Du fait de l'équilibre entre l'oxygène de l'air et de l'eau, plus les eaux sont superficielles et plus elles sont chargées en oxygène (Zysman, 1993).

Pour ce paramètre la norme Française exige que la concentration de l'oxygène dissous soit supérieure à 7 mg.l⁻¹, cela nous permet de dire que les valeurs de l'oxygène dissous du marais étudié sont inférieures à la norme à l'exception de la première et la quatrième station de la première compagne.

Nous pensons que la diminution temporelle du taux d'oxygène dissous est due à l'augmentation de la température et à l'activité biologique des microorganismes qui utilisent l'oxygène dissous afin de dégrader la matière organique apportée par les rejets liquides (Rodier, 1996).

Relativement aux variations inter-stationnaires, nous remarquons que la teneur en oxygène dissous est peu importante pendant toutes les compagnes de prélèvement.

1.5 MES

D'après le tableau X28 et la figure n°14, la valeur la plus élevée de MES est relevée à la troisième compagne au niveau de la deuxième station (0,52 g.l⁻¹), soit une valeur de 520 mg.l⁻¹. La plus faible valeur est observée au niveau de la quatrième station de la première compagne (0,03 g.l⁻¹ soit 30 mg.l⁻¹).

L'analyse de la variance révèle un effet temporelle significatif pour la matière en suspension de l'eau du marais Redjla ($p = 0,01$).

Tableau X. Taux des MES dans l'eau du marais de Redjla (g.l⁻¹)

Stations Compagnes	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4	Moyenne	Ecart-type
Compagne 1	0.40	0.09	0.05	0.03	0.14	0.17
Compagne 2	0.31	0.32	0.06	0.10	0.20	0.14
Compagne 3	0.46	0.52	0.34	0.33	0.41	0.09

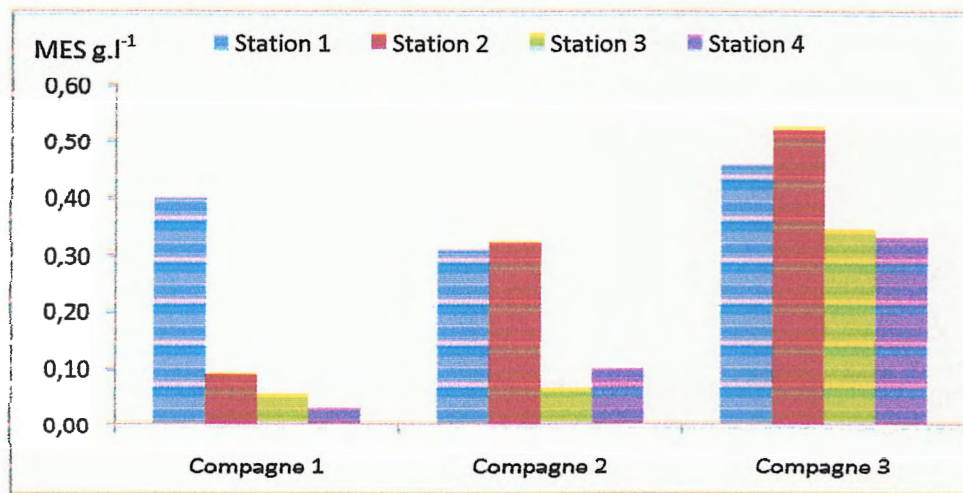


Figure n°14. Variations spatio-temporelles des MES des eaux du marais Redjla.

Les résultats obtenus nous permettent de constater que les variations spatio-temporelles des teneurs des eaux du marais Redjla en MES sont tributaires de la nature des terrains traversés, de la saison, de la pluviométrie et des rejets (Rodier, 1996).

D'après Zysman (1993), des teneurs élevées des matières en suspension dans les eaux limitent la pénétration de la lumière, diminuent l'oxygène dissous et agissent défavorablement sur le développement de la vie aquatique. Les dépôts dans les eaux calmes peuvent entraîner des développements bactériens anaérobies avec leurs conséquences habituelles (odeurs). Ceci est vérifié par la matrice de corrélation où il y a une corrélation négative entre la MES et l'oxygène dissous ($r = -0,687$, $p = 0,014$).

On observe des teneurs maximales au niveau de la première et la deuxième station comparativement à la troisième et à la quatrième station. Cette variation pourrait être due aux déversements des eaux usées au niveau des deux premières stations.

Les quatre stations du marais ont des teneurs plus élevées en MES que la norme française des eaux superficielles (25 mg.l^{-1}) durant les trois campagnes.

1.6 DCO

Concernant la DCO, nous avons fait une seule mesure à cause d'un manque de moyens. La seule mesure relative à la deuxième campagne s'est faite au niveau de la station d'épuration des eaux usées de Jijel.

L'examen du tableau XI et de la figure n°15, permet de constater que les valeurs de la DCO diffèrent d'une station à l'autre. La valeur maximale est enregistrée dans la première station (104 mg.l⁻¹), par contre la valeur minimale est enregistrée dans la quatrième station (33,7 mg.l⁻¹).

Tableau XI. DCO de l'eau du marais de Redjla (mg.l⁻¹)

stations	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4	Moyenne	Ecart-type
Compagne 2	104.00	57.50	46.40	33.70	60.40	30.65

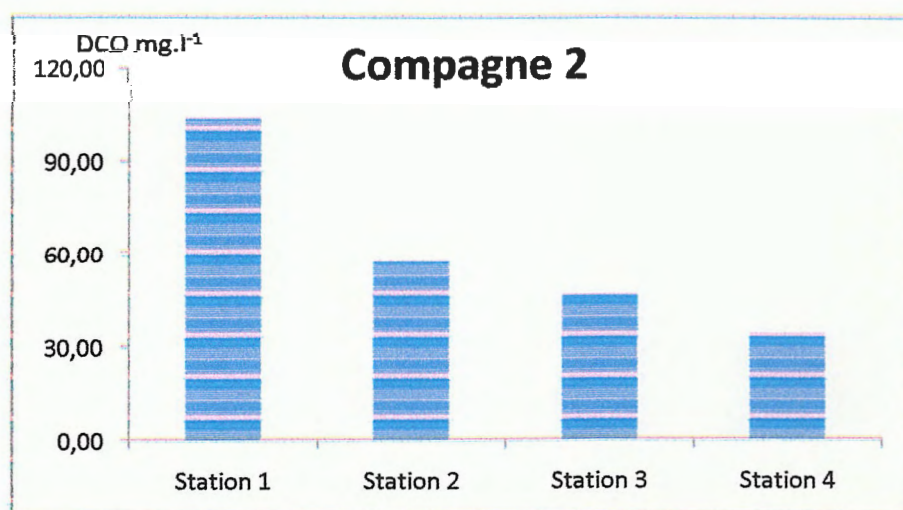


Figure n°15. Variations spatiales de la DCO des eaux du marais de Redjla.

La demande chimique en oxygène représente tout ce qui est susceptible de consommer l'oxygène pour être oxydé: à savoir les sels minéraux oxydables et majeures parties des composés organiques (Larpen, 1997).

Pour la norme Française des eaux superficielles (<20 mg.l⁻¹), nous constatons que les valeurs obtenues dans les quatre stations ne répondent pas à la norme. La grande valeur observée au niveau de la première et la deuxième station pourrait être due aux grands déversements d'eaux usées, alors que les deux autres stations reçoivent des quantités moins importantes de ces rejets. Les eaux d'égouts, les eaux résiduaires et les eaux polluées en générale consomment de l'oxygène par des réactions réductrices sans interventions des microorganismes (Laib, 2004).

1.7 DBO₅

La DBO₅ des eaux du Marais Redjla oscille entre 5mg.l⁻¹ pour la troisième station de la première campagne et 41 mg.l⁻¹ pour la deuxième station de la dernière campagne. L'étude de la figure n° 16 montre un effet temporelle hautement significatif, ceci était vérifié par le test de l'analyse de la variance ($p = 0,005$).

Tableau XII. DBO₅ dans l'eau du marais de Redjla (mg.l⁻¹)

Stations campagnes	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4	Moyenne	Ecart-type
Compagne 1	7.00	11.00	5.00	6.00	7.25	2.63
Compagne 2	19.00	36.00	10.00	11.00	19.00	12.03
Compagne 3	24.00	41.00	20.00	21.00	26.50	9.81

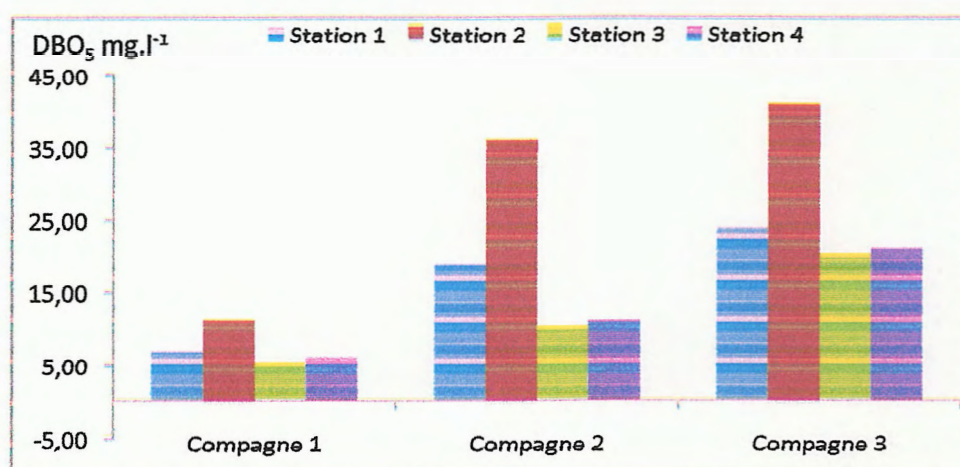


Figure n° 16. Variations spatio-temporelles de la DBO₅ des eaux du marais Redjla.

D'après Rodier (1996) et en se référant aux normes françaises pour les eaux superficielles (3 mg.l⁻¹), nous pouvons constater que les valeurs de la DBO₅ dépassent la norme, et ce, pour les quatre stations et pour les trois campagnes.

Les valeurs maximales enregistrées au niveau de la première et la deuxième station pourraient être dues aux grands déversements des eaux domestiques, contrairement aux deux autres stations qui semblent recevoir des quantités moindres de ces rejets.

D'après les résultats obtenus et en se basant sur les travaux de Rodier (1996) nous pouvons dire que les variations temporelles de la DBO₅ sont essentiellement le résultat de la température élevée et de la dégradation des charges organiques polluantes sous l'action des microorganismes. Les matières polluantes qui ont rejoint le marais suite aux rejets domestiques nettement apparents durant la deuxième et la troisième campagne, seraient oxydées par les micro-organismes dont la consommation en oxygène augmente faisant de la sorte diminuer la concentration de l'oxygène dans l'eau ($r = - 0,569$, $p = 0,053$) (Ramade, 2002).

Les variations inter-stationnaires sont dues essentiellement à la différence des quantités des eaux usées rejetées.

1.8 Nitrates

L'examen du tableau XIII, nous permet de constater que les concentrations sont légèrement variables dans l'espace et sont considérables dans le temps.

D'après la figure n°17, les valeurs sont maximales dans la deuxième campagne, puis rechutent pendant la troisième campagne dans les stations 2, 3 et 4. Pour la première station, la concentration en nitrate ne cesse d'augmenter dès la première campagne jusqu'à la troisième campagne. La valeur maximale est enregistrée au niveau de la première station au cours de la troisième campagne (2,43 mg.l⁻¹), alors que la valeur minimale est observée au niveau de la deuxième station durant la troisième campagne.

L'analyse de la variance montre qu'il n'y a aucun effet temporel significatif ($p = 0,473$).

Tableau XIII. Concentrations en nitrates dans l'eau du marais de Redjla (mg.l⁻¹)

Stations Compagnes	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4	Moyenne	Ecart-type
Compagne 1	0.85	0.84	0.81	0.93	0.86	0.05
Compagne 2	1.81	1.22	1.22	1.01	1.31	0.34
Compagne 3	2.43	0.33	0.42	0.69	0.97	0.98

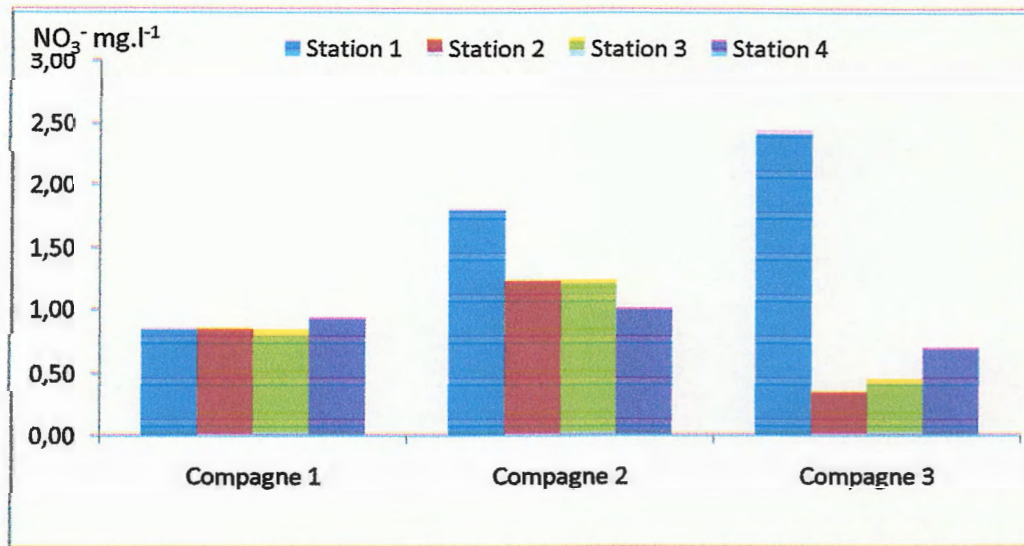


Figure n° 17. Variations spatio-temporelles des concentrations en nitrates dans les eaux du marais Redjla.

D'après la figure n°17, les teneurs des eaux du marais en nitrates augmentent pendant la deuxième campagne, les effluents urbains, agricoles, et les déjections humaines ou animales élèvent les teneurs en nitrates des eaux de surface (Zysman, 1993). Ces teneurs rechutent durant la troisième campagne, ceci pourrait être lié à l'assimilation des nitrates par les plantes où ils sont nécessaires aux processus métaboliques, d'autant plus que la dernière campagne a été faite durant une période de forte activité végétative, donc une forte demande en nitrates (Barbault, 2000).

Les nitrates en excès contribuent, avec d'autres éléments nutritifs (phosphates), à l'eutrophisation des eaux superficielles et donc à la dégradation de la qualité des ressources en eau de surface (Genin, Chauvin et Ménard, 2003).

Les valeurs obtenues durant les trois campagnes ne dépassent plus la norme fixée (50mg.l^{-1}) pour les eaux superficielles.

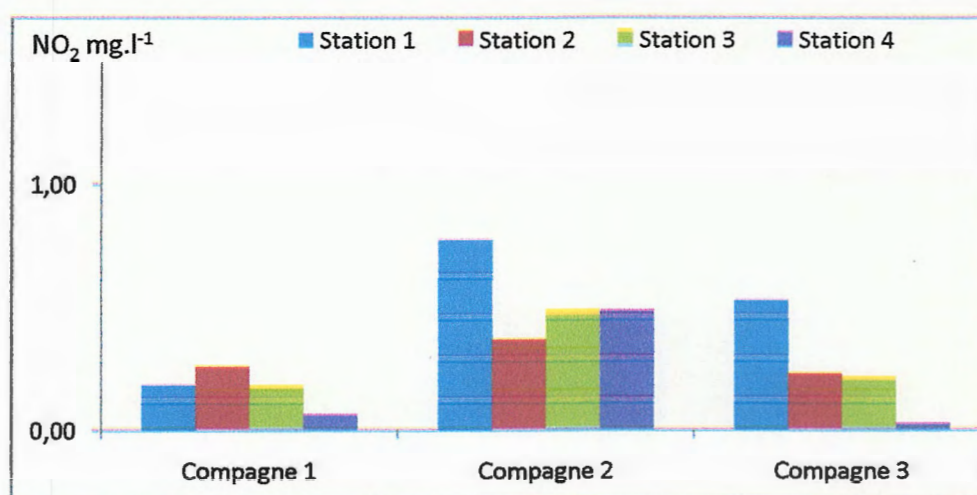
1.9 Nitrites

L'examen du tableau XIV permet de constater que la valeur la plus basse a été signalée dans la quatrième station de la troisième campagne ($0,03\text{ mg.l}^{-1}$), la plus élevée était de l'ordre de $0,77\text{ mg/l}$ au niveau de la première station de la deuxième campagne.

L'analyse de La variance montre l'absence d'un effet temporelle significatif ($p = 0,077$).

Tableau XIV 34. Concentrations en nitrites dans l'eau du marais de Redjla (mg.l^{-1})

Stations Compagnes	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4	Moyenne	Ecart-type
Compagne 1	0.19	0.25	0.17	0.06	0.17	0.08
Compagne 2	0.77	0.36	0.47	0.48	0.52	0.18
Compagne 3	0.53	0.22	0.20	0.03	0.24	0.21

**Figure n° 18.** Variations spatio-temporelles des concentrations en nitrites dans les eaux du marais Redjla.

Les nitrites proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiante (Savary, 2003).

Comparativement aux normes françaises ($0,1 \text{ mg.l}^{-1}$), toutes les stations au cours des trois campagnes ont dépassé la norme à l'exception de la quatrième station de la première et la troisième campagne qui affichent des valeurs de l'ordre de $0,06 \text{ mg.l}^{-1}$ et $0,03 \text{ mg.l}^{-1}$ respectivement.

Nous pensons que la pollution des eaux du marais par les différentes formes de rejets aura pour conséquence une augmentation de la concentration en nitrites notamment pour la deuxième campagne, dans la mesure où la pollution stimule le métabolisme aérobie des micro-organismes, donc la consommation de l'oxygène et l'installation de conditions anaérobies dont résulte la formation de nitrites (Ramade, 2000). L'explosion végétative durant la troisième

compagne correspondant à une importante assimilation de nitrites (Savary, 2003), serait à l'origine de résultats enregistrés durant cette compagne.

1.10 Ortho-phosphates

D'après le tableau XV, les concentrations en ortho-phosphates dans les eaux du marais Redjla affichent une augmentation durant la deuxième compagne, puis rechutent durant la troisième compagne (station 1 et 2), les deux autres stations enregistrent des valeurs régressives. La valeur maximale est enregistrée au niveau de la quatrième station (0,0046 mg.l⁻¹) de la deuxième compagne, tandis que la valeur minimale est enregistrée au niveau des stations (1) et (2) de la troisième compagne.

D'après la figure n°19 et l'analyse de la variance, nous pouvons constater que l'effet temporelle n'est pas significatif ($p = 0,115$).

Tableau XV. Concentrations en ortho-phosphates dans l'eau du marais Redjla (mg.l⁻¹)

Stations Compagnes	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4	Moyenne	Ecart-type
Compagne 1	0.0017	0.0021	0.0031	0.0016	0.0021	0.000697
Compagne 2	0.0019	0.0017	0.0030	0.0046	0.0028	0.0013166
Compagne 3	0.0007	0.0007	0.0021	0.0021	0.0014	0.0008128

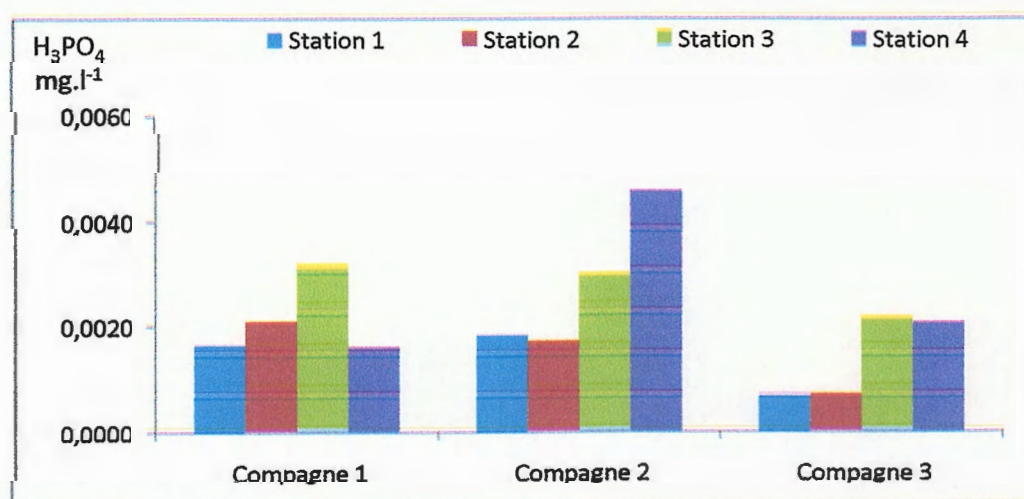


Figure n° 19. Variations spatio-temporelles des concentrations en ortho-phosphates dans les eaux du marais Redjla.

Le phosphore peut se trouver sous différentes formes oxydées, dans les milieux aqueux, les acides méta- (HPO_4) et pyro- ($\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$) tendant vers une forme plus stable: l'ortho-phosphates (Rodier, 1996).

Comparativement à la norme française ($0,4 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$), les résultats obtenus sont loin de dépasser cette valeur. La teneur élevée au niveau de la quatrième station comparativement aux autres stations, peut être due aux activités agricoles (Zysman, 1993).

La chute de la concentration des ortho-phosphates au cours de la troisième campagne, est due à l'utilisation d'ortho-phosphate par les algues et la végétation aquatique (activité photosynthétiques élevée pendant le printemps) (Barbault, 2000).

2. Résultats et discussion des paramètres microbiologiques

Pour l'analyse microbiologique, nous avons fait notre étude sur les deux premières stations seulement (1 et 2) où le déversement des rejets est très important. Ceci est dû à un manque des moyens (milieux de culture).

2.1 Dénombrement des coliformes totaux

L'analyse des résultats du tableau XVI montre que le nombre le plus important des coliformes totaux est noté dans la deuxième station au cours de la deuxième et la troisième campagne (1100 N/100 ml), alors que la valeur minimale est observée dans la première station au cours de la deuxième et la première campagne (93 N/100 ml).

Tableau XVI . Valeurs du nombre le plus probable des coliformes totaux

Stations campagnes	STATION 1		STATION 2	
	NC	NPP/100 ml	NC	NPP/100 ml
1 ^{ère} campagne	320	93	331	460
2 ^{ème} campagne	320	93	332	1100
3 ^{ème} campagne	321	150	332	1100

NC : nombre caractéristique.

NPP : nombre le plus probable.

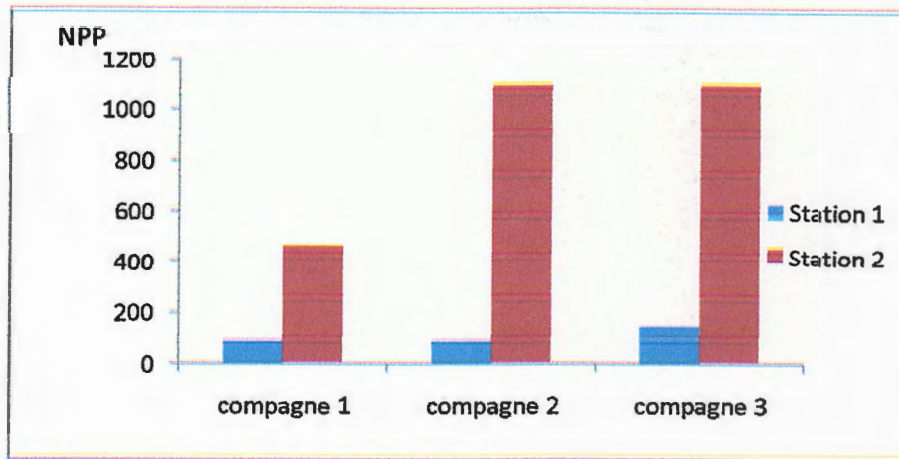


Figure n° 20. Variations spatio-temporelles du nombre des coliformes totaux dans les eaux du marais Redja.

Les bactéries coliformes existent dans les matières fécales mais se développent également dans les milieux naturels (sols, végétation, eaux naturelles). Les coliformes constituent un indicateur de contamination fécale de l'eau de première importance (Rejsek, 2002).

Nous avons obtenus un nombre plus élevé de coliformes dans la deuxième station que dans la première durant les trois campagnes de prélèvements. Nous pensons que cette différence est due à la variation de la quantité des effluents rejetés (Rejsek, 2002). L'augmentation temporelle du nombre de coliformes au niveau des deux stations peut être due aux conditions favorables de culture comme la turbidité élevée qui permet aux microorganismes d'avoir un support de culture et surtout la température qui est relativement ambiante (Zysman, 1993). L'élévation de la température enregistrée dans le temps peut également expliquer le nombre de plus en plus élevé de coliformes durant la deuxième et troisième campagne. (Zysman, 1993).

D'après les normes françaises pour les eaux superficielles (20 N/100 ml), tous les résultats obtenus sont supérieurs à la norme.

2.2 Dénombrement des coliformes fécaux (thermotolérants)

Le même schéma est également noté pour l'étude de la variation du nombre de coliformes thermorésistants (coliformes fécaux) où les minimums sont observés au niveau de la première station (93 N/100ml). Les valeurs maximales sont enregistrées dans la deuxième station surtout durant les dernières campagnes de prélèvement (figure n° 21).

Tableau XVII. Valeurs du nombre le plus probable des coliformes fécaux

Stations Compagnes	STATION 1		STATION 2	
	NC	NPP/100 ml	NC	NPP/100 ml
Compagne 1	320	93	322	150
Compagne2	320	93	332	1100
Compagne 3	320	93	332	1100

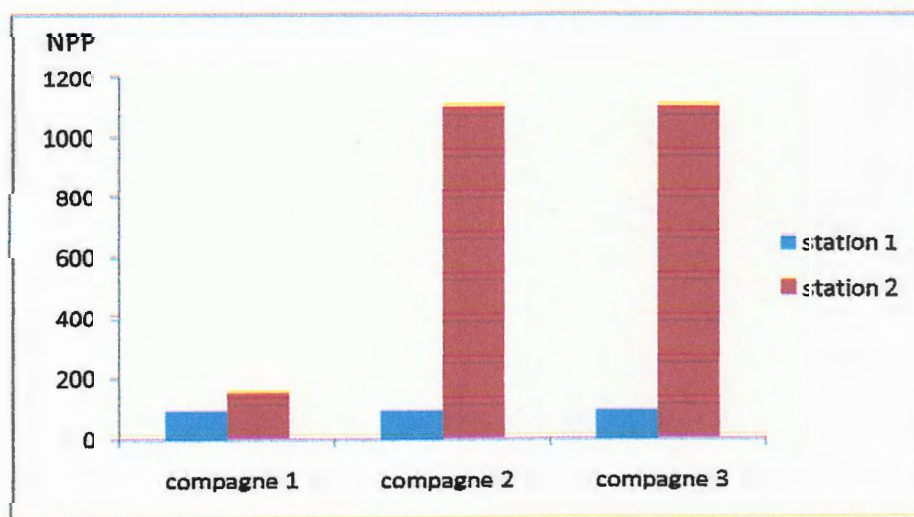


Figure n° 21. Variations spatio-temporelles du nombre des coliformes fécaux dans les eaux du marais Redjla.

Les coliformes fécaux ou thermotolérants sont capables de se développer à 44°C alors qu’aucune croissance n’est observée à cette température pour les souches non fécales (Zysman, 1993).

D’après les normes françaises pour les eaux superficielles (20 N/ml), tous les résultats obtenus sont supérieurs à la référence.

La pollution microbiologique est maximale dans la deuxième station à cause de sa proximité aux écoulements des eaux usées. Les variations temporelles sont dues aux mêmes causes de variations des coliformes totaux.

2.3 Dénombrement des streptocoques fécaux

Le dénombrement de ce groupe de bactéries n'a pu être fait par manque de réactifs mais leur présence dans une eau, indique certainement sa contamination fécale du fait que les streptocoques D sont originaires des tractus intestinaux. Les troubles enregistrés dans les milieux Rothe et Litsky nous ont confirmé leurs présences. Pour les streptocoques fécaux, la diminution de l'oxygène dissous dans les deux dernières campagnes permet leur développement puisque ce sont des germes anaérobies (Rejsek, 2002).

La recherche des streptocoques associée à celle des coliformes fécaux constitue un bon indice de contamination fécale (Zysman, 1993). Ces résultats viennent confirmer ceux des paramètres physico-chimiques qui indiquent que le marais en question est sujet à un phénomène de pollution par les eaux usées qui, a permis entre autres, un accroissement de la biomasse microbienne notamment celle des streptocoques et des coliformes fécaux.

CONCLUSION

Conclusion

A la lumière des résultats obtenus au cours de ce travail, nous pouvons situer le niveau de pollution et le degré de contamination des eaux de la zone étudiée par rapport aux différents éléments chimiques en particulier les nitrates, les nitrites, les ortho-phosphates. Par ailleurs, les germes étudiés permettent d'évaluer le degré de contamination microbiologique du marais de Redjla.

Nous pouvons dire d'une manière générale que les eaux du marais Redjla sont polluées. Les paramètres qui reflètent cette réalité sont les suivants:

- ◆ La conductivité électrique: les résultats relatifs à ce paramètre sont tous au dessus de la norme, sauf les valeurs de la première compagne.
- ◆ L'oxygène dissous: qui présente des valeurs qui ne répondent pas à la norme, sauf pour la première et la quatrième station de la première compagne.
- ◆ La MES: les valeurs moyennes obtenues sont supérieures à la valeur limite.
- ◆ La DBO₅: toutes les valeurs dépassent la norme.
- ◆ La DCO: les résultats d'une seule compagne où nous avons étudiés ce paramètre présentent des valeurs supérieure à la norme.
- ◆ Les paramètres microbiologiques: les résultats montrent un dépassement considérable à la norme.
- ◆ Les nitrites: affichent également des valeurs supérieures à la norme, à l'exception de la quatrième station au cours de la première et la troisième compagne.

Les concentrations de la majorité des éléments mesurés présentent une grande variabilité spatio-temporelle. Elles sont importantes durant la période estivale.

D'après nos résultats, nous pouvons constater que la première et la deuxième station sont les plus polluées. Ceci se traduit par les teneurs élevées en éléments chimiques notamment les

nitrate, les nitrites, les ortho-phosphates et par le taux important des bactéries indicatrices d'une contamination fécale (coliformes totaux et fécaux). Les deux autres stations semblent être moins polluées que les deux premières.

En conclusion, nous pouvons dire que le rejet direct et sans traitement préalable des eaux ménagères très chargées en éléments minéraux et microbiens constitue une source de pollution majeure du marais de Redjla qui est de plus en plus contaminé par différents polluants qui provoquent la dégradation des eaux du marais de Redjla et altèrent la faune et la flore.

En perspective il serait important d'élargir les études d'une façon ^{qui} permet la détermination de la pollution organique dans le sol, l'eau et les plantes afin de surveiller l'environnement. Il est de toute évidence urgent et vital de mettre fin aux différentes pratiques qui sont l'origine de cette pollution, aussi bien celles qui concernent le secteur urbanistique qu'agricole.

REFERENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

- Anonyme, 2007.** Rapport de la cité administrative. Jijel.
- Anonyme, 2009.** Rapport de la conservation des forets. Jijel.
- Anonyme, 1991.** Institut National de Cartographie.
- Anonyme, 2008.** Office National de la météorologie. Jijel.
- Amira W., 2008.** Degrés de contamination des eaux de la mare Redjla (Taher) par les nitrates. Thèse de magister. Université de Jijel. P: 16.
- Anctil F., 2008.** L'eau et ses enjeux. Edition d'université Laval. Canada. P: 75.
- Barbault R., 2000.** Ecologie générale: structure et fonctionnement de la biosphère. 5^{ième} édition Dunod. Paris. PP: 30-174.
- Berné F., et Cordonnier J., 1996.** Traitement des eaux. Edition technique. France. P: 18.
- Blifert C., et Perraud, R., 2003.** Chimie de l'environnement : air, eau, sols, Déchets. Edition Boeck diffusion. Espagne. P: 289, 322.
- Boumezbeur A., 2002.** Atlas des zones humides Algériennes d'importance internationale. P: 2, 6, 98.
- Boumezbeur A., 2001.** Atlas des zones humides Algériennes d'importance internationale. P: 5.
- Bousseboua H., 2002.** Elément de microbiologie générale. Edition de l'université Mentouri. Constantine. P: 183, 184, 185.
- Dajoz R., 2006.** Précis d'écologie. Edition Dunod. Paris. P: 90.
- Defranceschi M., 1996.** L'eau dans tous ses états. Edition Marketing. Paris. P: 101.
- Dellaras C., et Trébool B., 2003.** Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux. Edition Europ Media Duplication S.A. Paris. PP: 72-208.
- Désjardins R., 2007.** Traitement des eaux. 2^{ième} édition, revue de l'école polytechnique de Montréal. Canada. P: 8.

- El Amrani K., 2007.** La pollution de l'eau et ses impacts. ALMAE-formation. S.L. P: 11.
- Faurie C., Ferra C., Médori P., et Déveau J., 1999.** Ecologie approche scientifique et pratique. 4^{ième} édition MAME. France. P: 163 ,165.
- Fustec E., Claude J., Lefeuvre, et Coll, 2002.** Fonctions et valeurs des zones humides. Edition Dunod. Paris. PP: 18-205.
- Gaid A., 1984.** Epuration biologique des eaux usées urbaines. Tome⇒ office de publication universitaire. Alger. P : 8.
- Gaujous D., 1995.** La pollution des milieux aquatiques. 2^{ième} édition Technique et documentation. Paris. PP: 40-57.
- Genin B., Chauvin C., et Ménard F., 2003.** Cours d'eau et indices biologiques de pollutions. 2^{ième} édition EDUCAGRI, Dijon. France. P: 37,38, 41.
- Grosclaude G., 1999.** L'eau, usage et polluants, Tome⇒⇒. INRA édition. Paris. P: 143, 144.
- Guillemot L., 2003.** Les zones humides, un patrimoine à sauvegarder. Direction régionale de l'environnement. Paris. P: 2.
- Guiraud J.P., 2003.** Microbiologie alimentaire. Edition Dunod. Paris. P: 379.
- Guyot G., 1999.** Climatologie de l'environnement. Edition Dunod. Paris. P: 28, 253, 272.
- Habila S., 2008.** Etude de l'impact du barrage Beni Haroun sur l'environnement, effets écotoxicologiques. Thèse de magister. Université de Jijel. P: 58.
- Lacaze J.C., 1996.** L'eutrophisation des eaux marines et continentales, causes, manifestations, conséquences et moyens de lutte. Edition Marketing. Paris. P: 175.
- Laib E., 2004.** Evaluation de la contamination de l'eau, des sédiments et des plantes par les effluents résiduels de la tannerie de Jijel. Thèse de magister. Université de Jijel. P:159.
- Larpent J.P., 2005.** Mémento technique de l'eau, Tome ⇒. Edition Dégriment. France. P: 508.
- Larpent J.P., 1997.** Microbiologie alimentaire, technique de laboratoire. Edition Technique et documentation Lavoisier. Paris. P: 665,754.

Pajor G., 2007. Tests de pollution de l'eau. Traduction française Reuillon K. S.L. P: 1.

Ramade F., 2005. Elément d'écologie appliquée. 6^{ième} édition Dunod. Paris. P: 361, 364, 370.

Ramade F., 2002. Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement. 2^{ième} édition Dunod. Paris. P: 245.

Ramade F., 2000. Dictionnaire encyclopédique des pollutions. Edition Dunod. Paris. P: 431,604.

Ramade F., 1981. Ecologie des ressources naturelles. Edition Masson. Paris. P: 153.

Rejsek F., 2002. Analyse des eaux: aspects réglementaires et techniques. Edition CRDP d'Aquitaine. Paris. P: 71, 136, 147, 195.

Rodier J., 2005. L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 8^{ième} édition Dunod. Paris. P: 1046.

Rodier J., 1996. L'analyse de l'eau: eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. Edition Dunod. Paris. PP: 162-1027.

Savary P., 2003. Guide des analyses de la qualité de l'eau. Edition Technicités. Paris. PP: 109-142.

Tassin B., et Thevenot D., 1993. Rejets urbains par temps de pluie. Edition chaussées. Paris. P: 165.

Thomas O., 1995. Métrologie des eaux résiduaires. Edition Lavoisier. Paris. P: 11, 13, 17.

Zysman K., 1993. Guide des analyses d'eau potable. Edition la lettre de cadre territorial. Paris. PP: 81-205.

ANNEXES

Annexe 1 : Analyse physico-chimique de l'eau

Pour chaque prélèvement, les paramètres physico-chimiques ont été mesurés sur les lieux de l'échantillonnage.

A. Mesure du pH

La mesure du pH est effectuée sur place à l'aide d'un pH-mètre étalonné de type « HANNA ».

B. Mesure de la température

La température est mesurée directement et simultanément avec le pH. Sa valeur est lue sur l'afficheur du pH-mètre (marque thermomètre). Elle est exprimée en degré Celsius (°C).

C. Mesure de la conductivité électrique

La conductivité est mesurée *in situ* avec un conductimètre de type «HANNA ». L'électrode à conductivité est rincée avec l'eau distillée et plongée dans un récipient contenant l'eau à analyser. Après stabilisation de l'appareil, les valeurs sont notées en fonction de la température et exprimées en $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$.

D. Mesure de l'oxygène dissous

Nous avons déterminés la teneur en oxygène dissous directement à l'aide d'un oxymètre portable de type « HANNA », la valeur de l'oxygène dissous est affichée sur l'afficheur après immersion de l'électrode dans le flacon contenant.

Les analyses chimiques de l'eau ont été réalisées au niveau de laboratoire d'écologie de l'université de Jijel.

E. La demande chimique en oxygène (DCO)

♦ Principe

Dans des conditions définies, certaines matières contenues dans l'eau sont oxydées par un excès de dichromate de potassium, en milieu acide et en présence de sulfate d'argent et de sulfate de mercure. L'excès de dichromate de potassium est dosé par le sulfate de fer et d'ammonium.

♦ Réactifs

- 1g environ de sulfate de mercure II.
- 25 ml exactement mesurés de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 0,25N.
- Environ 75ml de H_2SO_4 .
- quelques billes de verre.

◆ Dosage de l'échantillon

La prise d'essai est variable selon la nature de l'échantillon de 1 à 50 ml si l'échantillon est trop concentré (couleur verte après l'addition de tous les réactifs) on procède à sa dilution avant de répéter le dosage.

On introduit la prise d'essai dans un ballon de 500 cm³ on complète le volume à 50 cm³ avec de l'eau distillée. Parallèlement, on fait un essai à blanc en remplaçant l'eau à doser par de l'eau distillée (50 cm³) on ajoute dans chaque ballon les réactifs précédents. Adapter le réfrigérant au ballon. Porter à ébullition pendant deux heures. Laisser refroidir puis ajouter quelques gouttes de feroïne. Doser par le sel de MOHR. La coloration de l'orange passe au vert intense puis au rouge brun indiquant la fin du virage.

$$DCO = 8000 (V_0 - V_1) / V \quad \text{mg.l}^{-1}$$

V_0 = volume de sel MOHR utilisé pour l'essai à blanc (ml)

V_1 = volume de sel MOHR utilisé pour l'échantillon (ml)

V = volume de la prise d'essai (ml)

F. La demande biochimique en oxygène (DBO₅)

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 DBO₅, ce qui donne des précisions intéressantes sur les cinétiques des réactions.

◆ Mode opératoire

Le dosage de la DBO₅ est effectué en incubant un échantillon d'eau enfermée à l'abri de la lumière et maintenu pendant 5 jours à 25°C. Lors de la biodégradation des matières organiques, les microorganismes consomment l'oxygène de l'air contenu dans le flacon, et libèrent le CO₂. Ce dernier est absorbé sur l'hydroxyde de sodium. La mesure est effectuée à l'aide d'un appareil manométrique de DBO de type OXI TOP (Habla, 2008).

G. La matière en suspension (MES)

◆ Principe

L'eau est filtrée et le poids de matières retenues par le filtre est déterminé par pesées différentielles.

◆ Mode opératoire

On pèse le papier filtre soit (M_1) mettre le dispositif de filtration en marche, le volume de la prise d'essai 100 ml d'eau brute et en verse le tout sur le papier filtre, mettre le papier filtre dans une étuve à (105 0,5) °C jusqu'à évaporation totale de l'eau, refroidi dans le dessiccateur puis on pèse la 2^{ème} fois le papier filtre (M_2).

◆ Expression des résultats

$$\text{MES} = (M_2 - M_1) 1000/100 \text{ (g.l}^{-1}\text{)}$$

H. Dosage des nitrates

◆ Principe

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrolicylate de sodium coloré en jaune et susceptible d'un dosage spectrophotométrique à une longueur d'onde de 415nm.

◆ Mode opératoire

◆ Etablissement de la courbe d'étalonnage :

Numéro des capsules	T	1	2	3	4
Solution étalon de nitrique 5 mg.l ⁻¹ (ml)	0	1	2	5	10
Eau permuté (ml)	10	9	8	5	0
Correspondance en mg.l ⁻¹ d'azote nitrique	0	0,5	1	2,5	5
Solution d'azoture de sodium (ml)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Acide acétique	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

- Attendre 5 minutes puis évaporer à sec au bain-marie ou dans une étuve portée à 75-80°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.
- Attendre 10 minutes, ajouter 15 ml d'eau distillée puis 10 ml de solution de NaOH.
- Effectuer les lectures au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 415 nm.

♦ Dosage de l'échantillon

- Introduire 10 ml d'eau à analyser dans une capsule de 60 ml.
- Alcaliniser faiblement avec le NaOH.
- Poursuivre le dosage comme pour la courbe d'étalonnage.
- Effectuer la lecture au spectrophotomètre.

♦ L'expression des résultats

La teneur en azote nitrique (C_{N-NO_3}) est déduit directement de la courbe d'étalonnage exprimée en $mg.l^{-1}$ d'eau. Pour obtenir la teneur en nitrate (C_{NO_3}) la concentration de l'azote nitrique est multipliée par 4,43.

$$C_{NO_3} = C_{N-NO_3} \times 4,43$$

I. Dosage des nitrites

♦ Principe

Dans un milieu chlorhydrique, l'acide sulfanilique en présence d'ion ammonium et de phénol, forme avec les ions NO_2^- un complexe coloré en jaune dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en nitrites.

♦ Réactifs

- Solution mère étalon de NO_2^- à $0,23 g.l^{-1}$
- Solution fille étalon d'ion NO_2^- à $0,0023 g.l^{-1}$
- Réactif Zambelli
- Ammoniaque pure $d = 0,925$

♦ Mode opératoire

♦ Etablissement de la courbe d'étalonnage

Dans une série de fioles jaugées à 50 ml et numérotées, nous avons introduit successivement et en agitant après chaque addition :

N° des fioles	T	1	2	3	4	5
Solution fille étalon à 0,0023 g.l ⁻¹ (ml)	0	1	5	10	15	20
Eau distillée	50	49	45	40	35	30
Réactif de Zambelli (ml)	2	2	2	2	2	2

Ces fioles sont laissées au repos pendant 10 minutes, ensuite 2 ml d'ammoniaque pure sont ajoutés.

La lecture de la densité optique de chaque étalon est effectuée au spectrophotomètre UV visible à la longueur d'onde de 435 nm.

♦ Dosage de l'échantillon

Après filtration de l'échantillon, récupérer 50 ml d'eau à analyser est procédé de la même manière que pour la courbe d'étalonnage

♦ L'expression des résultats

Pour une prise d'essai de 50 ml, la courbe donne directement la teneur en NO₂⁻, exprimée en mg.l⁻¹ d'eau.

J. Dosage des ortho-phosphates

♦ Principe

En milieu acide (H₂SO₄) et en présence de molybdate d'ammonium, les ions ortho phosphates donnent un complexe phosphomolybdique qui après réduction par l'acide ascorbique développe une coloration bleue dont l'intensité est susceptible d'être doser spectrométriquement. Le développement de la coloration est accéléré par l'utilisation d'un catalyseur, le tartrate double d'antimoine et de potassium.

♦ Réactifs

- Solution mère étalon à 50 mg de phosphore
- Solution fille étalon à 1 mg.l⁻¹ de phosphore
- Solution d'acide ascorbique à 20g.l⁻¹
- Solution de tartrate double d'antimoine et de potassium à 2,8 g.l⁻¹
- Solution de molybdate d'ammonium à 40 g.l⁻¹
- Acide sulfurique (d = 1,54) à (15 environ de volume)

- ✦ **Mode opératoire**
- ✦ **Etablissement de la courbe d'étalonnage**

Dans une série de fioles de 25 ml nous avons introduit successivement :

N° des fioles	T	1	2	3	4	5
Solution fille étalon de (p) à 1 mg.l ⁻¹	0	1	5	10	25	20
Eau distillée	20	19	15	10	5	0

1 ml de solution d'acide ascorbique est ensuite introduit dans chaque fiole. Après agitation, 4 ml de réactif sont additionnés et mélangés soigneusement. Ces mélanges sont laissés au repos à température ambiante pendant 30 minutes pour favoriser la l'intensification de la couleur.

La lecture de l'absorbance de chaque solution étalon est effectuée au spectrophotomètre à une longueur d'onde de 800 nm.

- ✦ **Dosage de l'échantillon**

Après filtration et vérification du pH des échantillons qui doit être compris entre 2 et 7, nous avons poursuivi le dosage comme pour l'établissement de la courbe d'étalonnage.

- ✦ **L'expression des résultats**

La courbe d'étalonnage donne la teneur en phosphore des ortho phosphates, exprimée en mg/l. La conversion teneur en mg de phosphore par litre en mg de PO₄³⁻/l se fait comme suit :

$$1 \text{ mg de P/l} = 3,06 \text{ mg de PO}_4^{3-} / \text{l}$$

Annexe 2 : Analyse microbiologique

Le contrôle bactériologique d'une eau devrait logiquement consister à rechercher les germes pathogènes qu'elle pouvait contenir. C'est une opération très difficile à mettre en œuvre en raison du nombre d'analyse à réaliser et de leur coût. Mais il existe une alternative réaliste à cette situation : la recherche des indicateurs de contamination fécale (**Bousseboua, 2002**). Les indicateurs les plus couramment recherchés sont: le dénombrement des coliformes fécaux et les streptocoques fécaux (**Bousseboua, 2002**).

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

La technique que nous avons utilisée pour déterminer le nombre des microorganismes dans notre échantillon est celle de NPP (Nombre le Plus Probable) ou méthode en tubes multiples.

★ Principe

Le principe de cette méthode consiste à préparer des dilutions en milieu liquide à partir d'échantillons d'eaux prélevées. La présence d'un groupe de microorganismes se traduit par l'apparition d'un trouble du milieu après incubation. Pour chacune de dilution, on note le nombre de tubes positifs (**Delarras et Tribool, 2003**).

Pour évaluer le nombre de microorganismes, en se reportant aux tables de Mac Grady pour calculer l'indice NPP (**Guiraud, 2003**).

B. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux

Les deux groupes de micro-organismes les plus utilisés comme indicateurs de contamination bactérienne sont les coliformes totaux et les coliformes fécaux. Le groupe des coliformes totaux comprend toutes les bactéries aérobies et anaérobies facultatives, Gram négatives, non sporulées, cytochrome oxydase négative en forme de bâtonnets, qui font fermenter le lactose avec dégagement de gaz au moins de 48^h à 37°C. Le groupe des coliformes fécaux comprend des coliformes pouvant former des gaz en moins de 24^h à 44°C (**Désjardins, 2007**).

★ Test présomptif

On utilise le bouillon lactosé au pourpre de bromocrésol simple concentration (BCPL s/c). Trois séries sont utilisées, chacune comprenant trois tubes à ensemercer. On réalise des dilutions à partir de l'échantillon :

- Prélever 1 ml de l'échantillon avec une pipette stérile et mélanger à 9 ml de milieu pour dilution (tube n°1) pour obtenir une dilution au 1/10 ;
- Transférer 1 ml de la dilution au 1/10 dans 9 ml de milieu de dilution (tube n°2) ; agiter la dilution au 1/100 ;
- Transférer 1 ml de dilution au 1/100 dans 9 ml de milieu pour dilution (tube n°3) ; agiter la dilution au 1/1000 (Delarras, 2003).

◆ Lecture

Tous les tubes présentant un aspect trouble de couleur jaune et du gaz dans la cloche sont considérés comme positifs. On note les tubes positifs de chaque série et se reporter à la table NPP pour déterminer le nombre des coliformes.

◆ Test confirmatif pour les coliformes fécaux

A partir de chaque tube BCPL positif ensemencer 2 ou 3 gouttes dans un tube de milieu confirmatif (milieu Shubert avec cloche de Durham). Les tubes ensemencés sont à la suite incubés à 44°C pendant 24^h.

Après incubation, les tubes présentant une culture avec présence de gaz dans la cloche, sont soumis au test d'indole à l'aide des réactifs de Kovacs, on ajoutant 2 à 3 gouttes de ce dernier. S'il y a un anneau rouge en surface, le test est considéré comme positif.

C. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux

Nous avons utilisés seulement trois tubes au lieu de neuf

◆ Test présomptif

La recherche se fait en bouillon à l'azide de sodium (bouillon de Rothe) à simple concentration. On prépare une série de dilution successive à partir de notre échantillon, comme pour les coliformes. Après incubation à 37°C pendant 48^h, les tubes positifs (présentent un trouble) sont présumés contenir un streptocoque fécaux et sont soumis au test confirmatif (Delarras, Trébool, 2003, Larpent, 1997).

◆ Test confirmatif

A partir des tubes positifs de Rothe, on ensemence 2 à 3 gouttes dans un bouillon à l'éthyle violet et azide de sodium (EVA ou LITSKY). On incube à 37°C pendant 24^h, si les tubes présentent un trouble microbien, ils sont considérés comme positifs (Larpent, 1997).



Annexe 3 : Courbes d'étalonnage.

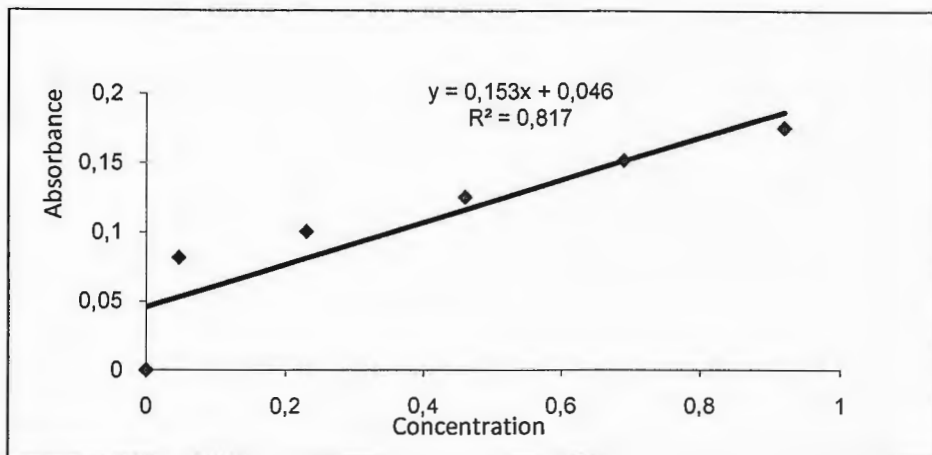


Figure. Courbe d'étalonnage des nitrites.

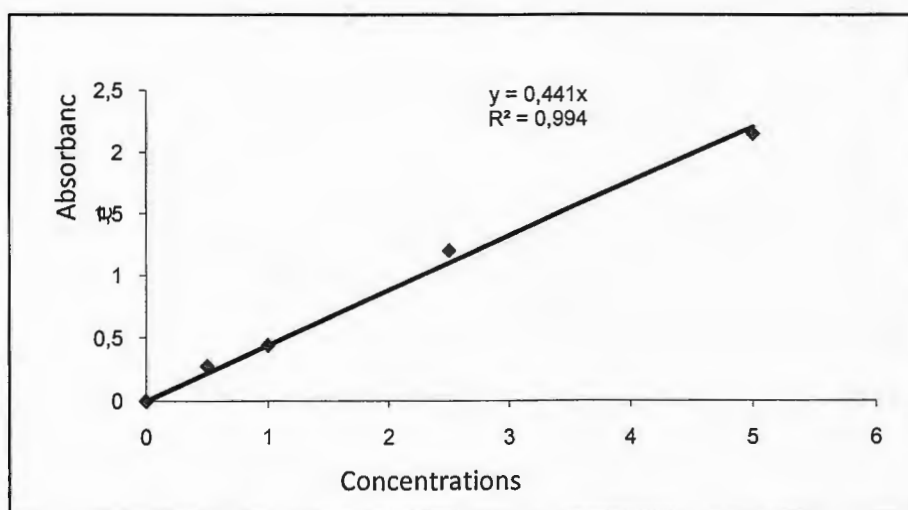


Figure. courbe d'étalonnage des nitrates

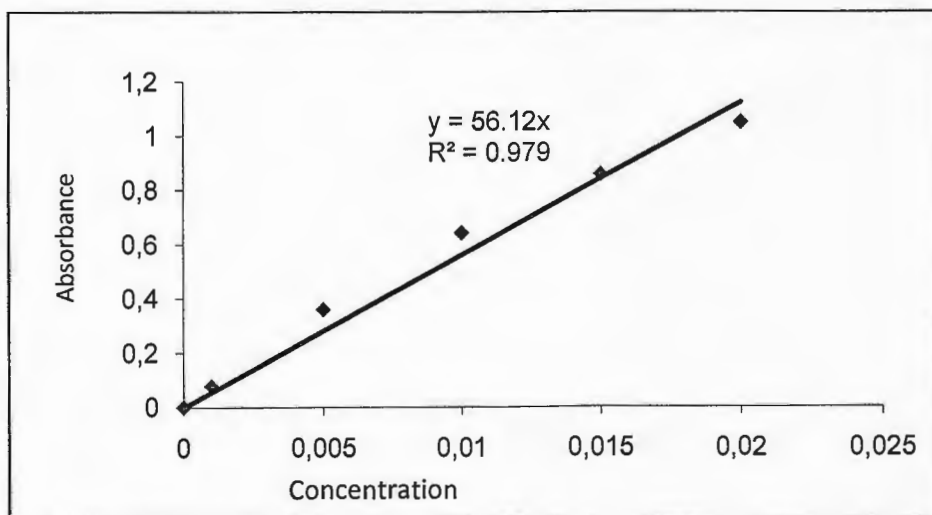


Figure. Courbe d'étalonnage des ortho-phosphates

Annexe 4 : Résultats de l'analyse de la variance (limites de confiance 95%) et matrice de corrélation entre les compagnes.

ANOVA à une seule entrée : Ortho-phosphates en fonction de compagne

Source	DL	Somme des carrés	CM	F	P
COMP	2	0.0000038	0.0000019	3.16	0.115

ANOVA à une seule entrée : Nitrites en fonction de compagne

Source	DL	Somme des carrés	CM	F	P
COMP	2	8.6075	4.30375	0.88	0.462

ANOVA à une seule entrée : Nitrates en fonction de compagne

Source	DL	Somme des carrés	CM	F	P
COMP	2	0.44698	0.223488	0.85	0.473

ANOVA à une seule entrée : Température en fonction de compagne

Source	DL	somme des carrés	CM	F	P
COMP	2	33.7867	16.8933	661.04	0.000

ANOVA à une seule entrée : pH en fonction de compagne

Source	DL	somme des carrés	CM	F	P
COMP	2	3.75462	1.87731	4.57	0.062

ANOVA à une seule entrée : Oxygène dissous en fonction de compagne

Source	DL	somme des carrés	CM	F	P
COMP	2	33.7733	16.8867	15.98	0.004

ANOVA à une seule entrée : Conductivité électrique en fonction de compagne

Source	DL	somme des carrés	CM	F	P
COMP	2	1453391	726696	337.38	

ANOVA à une seule entrée : MES en fonction de compagne

Source	DL	somme des carrés	CM	F	P
COMP	2	0.162867	0.0814333	10.96	0.010

ANOVA à une seule entrée : DBO en fonction de compagne

Source	DL	somme des carrés	CM	F	P
COMP	2	753.17	376.583	15.11	0.00

Corrélations : ORTHO, NITRI, NITRA, TEMP, pH, OXY, COND, MES, DBO

	ORTHO	NITRI	NITRA	TEMP	pH	OXY	COND	MES
NITRI	-0.116							
	0.720							
NITRA	-0.181	-0.037						
	0.574	0.909						
TEMP	-0.593	-0.057	-0.210					
	0.042	0.862	0.512					
pH	0.491	0.332	-0.232	-0.437				
	0.105	0.292	0.468	0.155				
OXY	0.528	0.228	-0.311	-0.767	0.591			
	0.078	0.476	0.326	0.004	0.043			
COND	-0.158	-0.351	0.263	0.218	-0.647	-0.644		
	0.623	0.263	0.409	0.497	0.023	0.024		
MES	-0.692	0.281	0.108	0.591	-0.442	-0.687	0.605	
	0.013	0.376	0.739	0.043	0.150	0.014	0.037	
DBO	-0.552	-0.277	0.005	0.352	-0.451	-0.569	0.738	0.736
	0.063	0.383	0.988	0.262	0.141	0.053	0.006	0.006

Contenu de la cellule : Corrélation de Pearson

Annexe 5 : Indice de NPP

Tableau. Indices NPP pour 100 ml d'échantillon et limites de confiance à 95% pour diverses combinaisons de résultats positifs avec trois prises d'essai de 10 ml, trois de 1 ml et trois de 0,1 ml (Table de Mac-Grady) (Rejsek, 2003).

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

Annexe 6 : Normes françaises pour les eaux superficielles

Tableau. Normes françaises relatives à la qualité des eaux superficielles (Zysman, 1993).

Paramètres	Normes
température	25°C
pH	6,5 – 8,5
Conductivité électrique	1000 $\mu\text{S.cm}^{-1}$
Oxygène dissous	7 mg.l^{-1}
MES	25 mg.l^{-1}
DCO	< 20 mg.l^{-1}
DBO ₅	3 mg.l^{-1}
Nitrates	50 mg.l^{-1}
Nitrites	0,1 mg.l^{-1}
Ortho-phosphates	0,4 mg.l^{-1}
Coliformes totaux et fécaux	20 N/100



Effets des rejets urbains liquides sur quelques paramètres physico-chimiques et microbiologiques des eaux d'une zone humide de la région de Taher

Cas du marais de Redjla

ملخص

أنجز هذا العمل في إطار تقييم النوعية الفيزيوكيميائية و الميكروبيولوجية لمياه المنطقة الرطبة للرجلة، المتواجدة ببلدية الطاهير، ولاية جيجل. تعتبر هذه المنطقة مكان تفرغ معتبر للمياه المستعملة، حيث تكون الآثار التي تنجم عنها مرتبطة بنشاط زراعي كثيف بالمناطق المجاورة لها. يتمحور هذا العمل حول دراسة بعض الخصائص الفيزيوكيميائية (الحموضة، الناقلية، النترات والنترت...) و الميكروبيولوجية (عد الجراثيم) لمياه المنطقة الرطبة للرجلة.

كشفت التحاليل المنجزة خلال شهري أبريل و ماي بأن المنطقة محل الدراسة كانت ضحية للتلوث الناجم عن السوائل المطروحة التي تصيب خاصة الجزء الشرقي لمستنقع الرجلة. هذا ما يستدعي تدخلا سريعا لحماية هذه المنطقة من هذه الفضلات أو أي نشاط ماوث آخر.

الكلمات الدلالية : المياه المستعملة، التلوث، المنطقة الرطبة، الخصائص الفيزيوكيميائية.

Summary

This study was undertaken in order to appreciate the physico-chemical (pH, Conductivity, Nitrates...etc.) as well as the microbiological (germ counting) quality of Redjla wet area, located in Taher district and belonging to the wilaya of Jijel. Considerable amounts of sewage water are being discharged every day in the lake; they are damaging the ecosystem, especially if one knows that their action is combined to an intensive agricultural activity nearby the Lake.

The obtained data of both April and May indicate undoubtedly that Redjla wet area is being seriously contaminated by a severe liquid pollution particularly in the eastern side. These results lead us to start a swift and conscious action in order to protect and valorize this particular ecosystem.

Key words: Sewage water, pollution, wet zone, physico-chemical parameters.

Résumé

Ce travail a été réalisé dans le cadre d'une appréciation de la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux de la zone humide de Redjla, située dans la commune de Taher, Wilaya de Jijel. Cette zone est le lieu de déversements assez importants d'eaux usées, dont les effets préjudiciables se combinent avec une activité agricole intense pratiquée au voisinage. Le travail s'est articulé sur l'étude de quelques paramètres physico-chimiques (pH, conductivité, nitrates et nitrites...etc.) et microbiologiques (dénombrement de germes) de l'eau.

Les analyses effectuées durant le mois d'avril et de mai révèlent que la zone étudiée est victime d'une pollution par les rejets liquides qui contaminent notamment la partie orientale du marais de Redjla. Ceci suscite une action rapide afin de protéger cette zone contre ces rejets et toute autre pratique polluante.

Mots clés: eaux usées, pollution, zone humide, paramètres physico-chimiques.