

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement
Scientifique

Supérieur et de la Recherche



N° Ref :.....

Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf-Mila

Institut des Sciences et de la Technologie
Département des Sciences de la Nature et de la Vie

**Mémoire préparé en vue de l'obtention du diplôme de
Master**

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Ecologie et Environnement

Spécialité : Protection des Ecosystèmes

Thème :

**Variabilité de quelques paramètres biotiques et
abiotiques dans les eaux du Kébir-Rhumel**

Présenté par :

- Kriot Nesrine
- Mezmaze Amira

Devant le jury:

Président : Mme Djeddi Hamssa

MCB C.U. Abelhafid Boussouf-Mila

Examineur : Mme Rammeche Ilhem

MAA C.U. Abelhafid Boussouf-Mila

Promoteur : Melle Kherief Nacereddine Saliha

MCB C.U. Abelhafid Boussouf-Mila

Année Universitaire : 2020/2021

REMERCIEMENT

Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à dieu tout puissant pour la volonté, la santé et la patience qu'il nous a donné durant toutes des longues années d'étude afin que, nous puissions en arriver là. Nous tenons à remercier, notre encadreur, Mme. Kherief Nacereddine Saliha pour sa précieuse et honorable aide. Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury, Mme. Djeddi Hamssa et Mme. Rammeche Ilhem, pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.

Nous présentons nos remerciements à tous l'ensemble du personnel de l'Institut de Science et de Technologie. Ainsi, à l'ensemble des enseignants et du personnel du département de Science de la Nature et de la Vie du Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf-Mila. Et en fin à tous qui ont contribués de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail soit par leur aide, leur sympathie et leur soutien moral.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à:

Mes chers parents

Mon cher père Ahmed (Ali), qui m'a toujours encouragé,

Conseillé

et soutenu dans mon travail.

*Ma chère mère Naima qui m'a toujours Apporté son Amour et
son affection.*

*A mes adorables frères : Ayoub, Haroun et Sabre
pour leurs soutiens et présence permanentes*

A mon fiancé Ayoub pour encouragements ce travail.

A ma grande famille Mezmaz et la famille Hettab

*A mes très chères amies : Youssra, Inasse, Souaada, Fairouz,
Khadidja et Nessrine*

A mes chers collègues Nessrine, Feriyal et Sara

AMIRA

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à:

Mes chers parents

*Mon cher père Saleh (que Dieu ait pitié de lui),
qui m'a encouragé et aidé dans ma vie.*

*Ma chère mère Rahima, qui m'a toujours apporté
son amour, conseillé
et soutenu dans mon travail.*

*A mes adorables frères : Marwan, Amer, Rafid et
le prince Aoïame*

A ma petite princesse ma sœur Ghouzlane.

A mon fiancé Amine.

A ma grande famille Kriouet et la famille Aboud

*A tous mes amies Noussa, Aida, Mimi, Rania,
Kholoude, Ilhem, Fairoza et Aïcha*

A mes chers collègues Feriyal, Sara et Amira.

NASRINE



Résumés

ملخص

من أجل تقييم بيئي لنوعية مياه واد كبير الرمال، رصدنا نوعية مياه الوادين التي تغذي هذه الأخيرة. يهدف عملنا إلى تقييم الجودة الفيزيائية والكيميائية واستخدام اللافقاريات المائية والعوالق النباتية كمؤشرات بيولوجية لجودة مياه واد الرمال وواد النجاء. وللقيام بهذا العمل، أجريت متابعة تستند إلى جمع مجموعة من البيانات، من دراسات سابقة (2012 و2014 و2015 و2018).

التحليل الفيزيائي الكيميائي للمياه السطحية لهذين الوادين يظهر متوسط درجات الحرارة موالية للحياة المائية، وانخفاض درجة الحموضة القلوية يكشف عن نوعية جيدة متوافقة مع بقاء الكائنات الحية. أما قيم الأكسجين فتدل على نوعية جيدة جدا للحياة المائية. تشير قيم الناقلية إلى الإفراط في التمعدن. كما سجلت قيم NO_3^- خلال هذه السنوات للوادين تظهر تلوث تدريجي لهذه المواد.

كشفت دراسة مخزون العوالق النباتية عن ثراء كبير في عام 2015 في كلا الوادين. ويظهر المخزون الحيواني لللافقاريات المائية ثراءً تصنيفياً كبيراً في عام 2012. يظهر المؤشر الحيوي حالة تطور جودة المياه في واد الرمال.

الكلمات المفتاحية: الحالة الإيكولوجية، واد كبير الرمال، العوامل اللاحيوية، اللافقاريات المائية، العوالق النباتية.

Résumé

Dans le but d'une évaluation écologique de la qualité des eaux d'oued Kébir-Rhumel, nous avons suivis, la qualité des eaux des deux grands oueds qui alimentent ce dernier. Notre travail a comme objectif l'évaluation de la qualité physico-chimique et l'utilisation des macroinvertébrés benthiques et du phytoplancton comme bio indicateurs de la qualité des eaux d'oued Rhumel et celles d'oued Endja. Afin de réaliser ce travail, un suivi basé sur la collecte d'un ensemble de données, issus des études précédentes (2012, 2014, 2015 et 2018) a été réalisé. L'analyse physico-chimique des eaux superficielles de deux oueds, montre des températures moyennes favorables à la vie aquatique, un pH faiblement alcalin révèle une bonne qualité compatible avec la survie des organismes. Les valeurs de l'oxygène, indiquant une qualité bonne à très bonne pour la vie aquatique. Les valeurs de la conductivité indiquent une minéralisation excessive. Les teneurs des NO_3^- relevées durant ces années pour les deux oueds, montrent une pollution progressive pour cet élément nutritif.

L'étude de l'inventaire phytoplanctonique a révélé une richesse importante en 2015 dans les deux oueds. L'inventaire faunistique des macroinvertébrés benthique montre une richesse taxonomique importante en 2012. L'indice Biotique montre un état de progression de la qualité des eaux à oued Rhumel.

Les mots clés : Etat écologique, oued Kébir-Rhumel, paramètres abiotique, macroinvertébrés, phytoplancton.

Abstract

In order to an ecological assessment of the quality of the waters of oued Kebir-Rhumel, we monitored the quality of the waters of the two large wads that feed the latter. Our work aims to evaluate the physico-chemical quality and use of benthic macro invertebrates and phytoplankton as bio indicators of the quality of the waters of oued Rhumel and oued Endja. In order to carry out this work, a follow-up based on the collection of a set of data, from previous studies (2012, 2014, 2015 and 2018) was carried out.

The physico-chemical analysis of the surface waters of two wads shows average temperatures favorable to aquatic life, a low alkaline pH reveals a good quality compatible with the survival of organisms. Oxygen values, indicating good to very good quality for aquatic life. Conductivity values indicate excessive mineralization. The levels of NO_3^- recorded during these years for the two wads, show a progressive pollution for this nutrient.

The study of the phytoplankton inventory revealed a significant richness in 2015 in both wads. The faunal inventory of benthic macro invertebrates shows a significant taxonomic richness in 2012. The Biotic Index shows a state of progression of water quality in Oued Rhumel.

Key words: Ecological status, Kebir-Rhumel oued, abiotic parameters, macroinvertebrates, phytoplankton.

Liste des abréviations

ABH	Agence du Bassin Hydrographique.
AEE	Agence Européenne Pour l'Environnement.
ANRH	Agence Nationale des Ressources Hydriques.
ASEF	Association Santé Environnement France.
°C	Degrés celsius.
CE	Conductivité électrique.
CO₂	Dioxyde de carbone.
DBO₅	La demande biochimique en oxygène en 5 jours.
DCO	La demande chimique en oxygène.
EN	Oued Endja.
H₂O	L'eau.
IB	Indice biotique.
IBD	Indice biologique diatomées.
IBGN	Indice biologique global normalisé.
IBMR	Indice biologique macrophyte en rivière.
IOBS	Indice oligochète de bio indication des sédiments.
IPR	Indice de poissons rivière.
mg/l	Milligramme par litre.
OD	Oxygène dissous.
O₂	Oxygène.
OMS	Organisation Mondiale de la Santé.
PH	Potentiel hydrogène.
RH	Oued Rhumel.
SEQ-eau	Système d'évaluation de la qualité des eaux.
T°	Température.
Tab	Tableau
µS/cm	Micro-siémens par centimètre.
%	Pourcentage.

Liste des figures

Figure 01 : Cycle de l'eau.....	3
Figure 02 : Les différents changements d'état de l'eau.....	4
Figure 03 : Un marécage.....	6
Figure 04 : Un ruisseau.....	6
Figure 05 : La pollution de l'eau (l'autoépuration d'eau).....	7
Figure 06 : La pollution des cours d'eau.....	8
Figure 07 : Les différentes origines de pollution.....	9
Figure 08 : Principales sources et formes majoritaires de N et P en rivière.....	19
Figure 09 : Les grands domaines géologiques du bassin Kébir-Rhumel.....	28
Figure 10 : Profil en long de l'oued Kébir-Rhumel.....	29
Figure 11 : Localisation des oueds Endja et Rhumel par rapport au barrage Béni Harou....	30
Figure 12 : Principales groupes des populations dans le bassin du Kébir-Rhumel.....	32
Figure 13 : Carte des rejets industriels dans le bassin versant Kébir-Rhumel.....	33
Figure 14 : Variations spatio-temporelles de la température.....	40
Figure 15 : Variations spatio-temporelles du pH.....	41
Figure 16 : Variation spatio-temporelle de la conductivité électrique (CE).....	43
Figure 17 : Variation spatio-temporelle de l'oxygène dissous (O ₂ d).....	45
Figure 18 : Variation spatio-temporelle des nitrates (NO ₃ ⁻).....	46
Figure 19 : Variation spatio-temporelle des nitrites (NO ₂ ⁻).....	47
Figure 20 : Variation spatio-temporelle de l'indice biotique des eaux d'oued Kébir Rummel.....	49
Figure 21 : Variation spatio-temporelle des macros invertébrées.....	51
Figure 22 : Variation spatio-temporelle du phytoplancton des deux oueds.....	53

Liste des tableaux

Tableau 01 : Les effets de quelque Polluants (ASEF , 2010).	14
Tableau 02 : Teneur en oxygène dissous dans l'eau en fonction de la température de l'eau.	18
Tableau 03 : Les classes de qualité en fonction des notes d'IPR.....	20
Tableau 04 : Les classes de qualité en fonction des notes d'IBGN.....	21
Tableau 05 : Les classes de qualité en fonction des notes d'IBD.....	21
Tableau 06 : Les classes de qualité en fonction des notes d'IOBS.....	21
Tableau 07 : Les classes de qualité en fonction des notes d'IBMR.....	22
Tableau 08 : Tableau de déterminer les pollutions en fonction des indices biotiques.....	24
Tableau 09 : Les principales unités industrielles dans le bassin Rhumel	33
Tableau 10 : Paramètres physico-chimiques de oued Endja et oued Rhumel sur une période de trois année.....	34
Tableau 11 : Classification des macros invertébrées selon les stations pour les années (2012/2014/2015 et 2018).	35
Tableau 12 : Inventaire phytoplanctonique des eaux des stations d'étude (Rhumel et Endja) pour les années 2014 et 2015.	37
Tableau 13 : Grille d'appréciation de la qualité de l'eau en fonction de la température	41
Tableau 14 : Le pH et la vie aquatique	42
Tableau 15 : Qualité d'eau en fonction du pH.	42
Tableau 16 : Rapport entre la conductivité et la minéralisation	44
Tableau 17 : Qualité des eaux en fonction de la conductivité électrique.....	44
Tableau 18 : Aptitude à la biologie en fonction d'oxygène dissous	45
Tableau 19 : Grille de qualité des eaux en nitrates	47
Tableau 20 : Grille de la qualité des eaux en nitrite.	48
Tableau 21 : Nombre d'unités systématiques des macros invertébrées pour chaque année et chaque oued.	48
Tableau 22 : Classification de la qualité biologique d'un site	50

Tableau 23 : Nombre d'unités systématiques des macros invertébrées pour chaque année et chaque oued.	52
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Tables des matières

Remerciements

Dédicaces

ملخص

Résumé

Abstract

Liste des abréviations	9
Liste des figures	10
Liste des tableaux	11
Introduction	1

Chapitre I : Généralité sur l'eau

I.1. Définition de l'eau	3
I.2. Cycle de l'eau	3
I.3. Les changements d'états de l'eau	4
I.4. Les type des eaux	5
I.4.1. Les eaux profondes.....	5
I.4.2. Les eaux stagnantes.....	5
I.4.3. Les eaux courantes	6
I.5. La pollution des eaux	7
I.5.1. Définition de la pollution de l'eau	7
I.5.2. La pollution des cours d'eau	7
I.5.3. Origine des pollutions des eaux	8
I.5.3.1. La Pollution d'origine domestique et urbaine	8
I.5.3.2. La pollution d'origine agricole.....	9
I.5.3.3. La pollution d'origine industrielle.....	9
I.6. Les types de pollution	10
I.6.1. La pollution biologique	10
I.6.2. La pollution physique.....	11

I.6.3. La pollution chimique	12
I.7. Les conséquences de la pollution des eaux.....	12
I.7.1. Sur les êtres vivants.....	12
I.7.2. Sur la santé humaine	13

Chapitre II : La qualité de l'eau

II.1. Les paramètres abiotiques (physico-chimiques).....	16
II.1.1. La température (°C)	16
II.1.2. Le potentiel d'hydrogène (pH).....	17
II.1.3. La conductivité électrique (CE)	17
II.1.4. L'oxygène dissous (O ₂ d).....	17
II.1.5. Les éléments nutritifs.....	18
II.1.6. Les matières organiques.....	19
II.2. Les paramètres biotiques (indicateurs biologiques de la qualité des eaux).....	19
II.2.1. Indice IPR	20
II.2.2. Indice IBGN.....	20
II.2.3. Indice IBD.....	21
II.2.4. Indice IOBS	21
II.2.5. Indice IBMR	22
II.2.6. Les macros invertébrées.....	22
II.2.7. Le phytoplancton	25

Chapitre III : Etude de cas : oued Kébir-Rhumel (Endja et Rhumel)

III.1 Présentation de la zone d'étude	27
III.1.1. Localisation et description du bassin versant d'oued Kébir-Rhumel.....	27
III.2. Caractéristique géologique et lithologique.....	27
III.3. Réseau hydrographique	28
III.3.1. Oued Rhumel.....	29
III.3.2. Oued Endja	29

III.4. Climat	30
III.4.1. Pluviométrie	30
III.4.2. Vent	31
III.4.3. Température.....	31
III.5. Agriculture	31
III.6. Population.....	31
III.7. Les sources de contamination d'oueds Kébir-Rhumel.....	32
III.8. Etat des connaissances sur oued Kébir-Rhumel.....	34
III.8.1. Les paramètres physico-chimiques.....	34
III.8.2. Les paramètres biologiques	35
III.8.2.1. Les macros invertébrées	35
III.8.2.2. Le phytoplancton	36

Chapitre IV : Résultat et discussions

IV.1. La caractérisation physico-chimique	40
IV.1.1. Température (T)	40
IV.1.2. Potentiel d'hydrogène (pH).....	41
IV.1.3. Conductivité électrique (CE).....	43
IV.1.4. Oxygène dissous(O ₂ d).....	44
IV.1.5. Nitrate (NO ₃ ⁻).....	45
IV.1.6. Nitrite (NO ₂ ⁻)	47
IV.2. La caractérisation biologique	48
IV.2.1. Les macros invertébrées	48
IV.2.2. Le phytoplancton	52
Conclusion.....	55
Références bibliographiques	57



Introduction

Introduction

L'eau est nécessaire à la vie. Elle constitue aussi le patrimoine d'une nation. L'eau est une préoccupation constante de toutes les époques et de tous les lieux. Jadis on s'interrogeait sur la pureté microbiologique des eaux, de nos jours on s'inquiète non seulement de sa qualité biotique mais aussi de ses caractéristiques abiotiques. Au cours des dernières décennies, les problèmes relatifs à la protection et à l'utilisation des ressources en eau se sont accentués dans le monde. Les problèmes d'eau affectent aussi bien les pays en voie de développement, aux ressources économiques limités, que les pays développés (**Aissaoui, 2013**).

La pollution des cours d'eau est actuellement l'un des plus grands problèmes du siècle, auxquels s'attachent de nombreux pays dans le monde afin de le résoudre, c'est un vrai défi (**Melghit, 2010**). Pour aborder ce sujet nous avons choisi de suivre deux oueds Endja et Rhumel. Ces oueds ont fait l'objet de nombreuses précédentes études relatives à la pollution par les éléments nutritifs.

Oued-Rhumel c'est l'oued le plus important du Kébir-Rhumel traversant la ville de Constantine et oued-Endja est situé à l'Est Algérien, dont il occupe la partie occidentale du grand bassin versant Kébir-Rhumel traversant la ville de Mila. La partie amont de ces stations est située dans une région montagneuse, où la densité de population est faible et les industries pratiquement inexistantes. Par contre la partie aval est située dans une région où la population est dense, l'agriculture développée et les industries plus ou moins nombreuses, les eaux y sont donc habituellement de moins bonne qualité et plus difficiles à traiter qu'en amont (**Mebarki, 2005**).

L'objectif de notre travail est d'évaluer la qualité écologique des eaux, alimentant le bassin versant Kébir-Rhumel.

Notre travail est consigné dans un document articulé en quatre grands chapitres :

- le premier chapitre est consacré à une synthèse bibliographique sur l'eau, sa pollution ;
- le deuxième chapitre est consacré à l'évaluation de la qualité de l'eau ;
- le troisième chapitre est consacré à une étude de cas : oueds Kébir-Rhumel (Rhumel et Endja) ;
- le quatrième chapitre aborde, les résultats et discussions.

En fin la conclusion à tirer et les recommandations à proposer seront en fonction des résultats obtenus.



Chapitre I :
Généralité sur l'eau

I.1. Définition de l'eau

L'eau est une substance chimique constituée de molécule d' H_2O est l'une des ressources la plus abondante sur la terre, mais il faut signaler également que seulement moins de 1% de cette ressource sont utilisables de façon fiable pour les besoins humain. L'eau se présente en majeure partie à l'état liquide, elle est présente aussi à l'état solide et à l'état de vapeur ; essentiel pour tout existence et fondamentale pour l'économie de l'humanité. 99 % de la masse totale de l'eau est soit salée (97% de l'eau est contenue dans les océans), soit à l'état solide (2% dans les calottes glaciaires et les glaciers). La majeure partie de l'eau restante (1%) est souterraine (Belhadj, 2017).

I.2. Cycle de l'eau

L'eau source de la vie sur terre, est aussi le vecteur principal du déplacement de tous les éléments minéraux ou organique de l'océan à la terre. Le cycle de l'eau est principalement lié à l'évaporation (Olivier, 2015). Sous l'action du soleil, l'eau des océans, rivières, lacs s'évapore et gagne l'atmosphère. Au contact des couches d'air froid, la vapeur d'eau se condense en gouttelettes et forme des nuages. L'eau retombe ensuite lors des précipitations (sous forme de pluie, de neige ou grêle) directement dans les océans ou sur les continents. Sur terre, l'eau ruisselle alors jusqu'aux rivières ou s'infiltrate dans les sols pour alimenter les nappes souterraines (Chouteau, 2004).

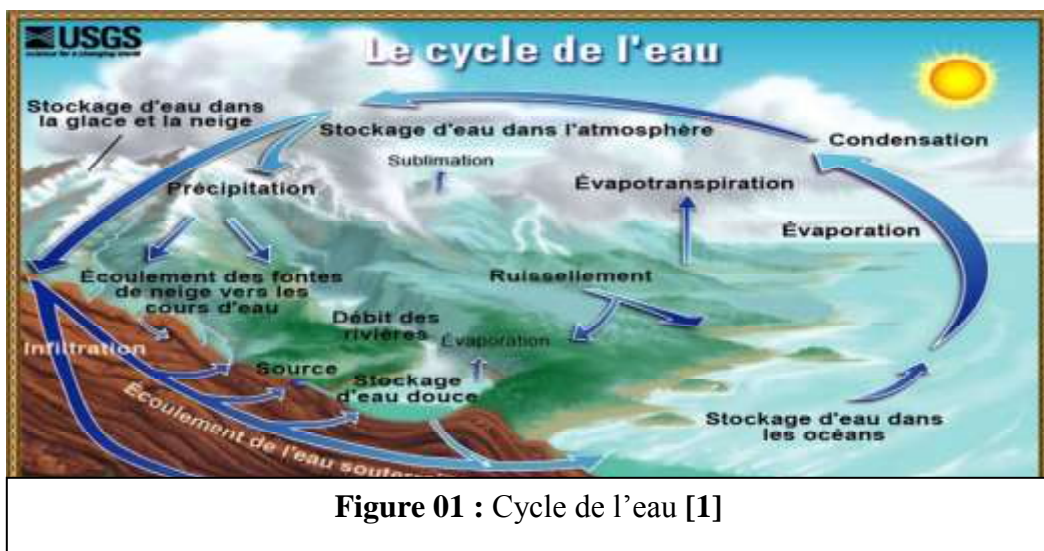


Figure 01 : Cycle de l'eau [1]

L'eau, sous l'action conjuguée de la chaleur et de la pression atmosphérique, change d'état, passant de celui de vapeur à l'état solide ou liquide d'après (Marsily, 1995) :

- **L'état de vapeur (état gazeux)** : Caractérisé par une absence de forme et de limite physique, il n'y a pas de liaisons entre les molécules, et son indépendantes les unes des autres ;
- **L'état solide** : A basse température, l'eau est appelée glace et possède des structures cristallines régulières ;
- **L'état liquide** : Caractérisé par une forme non définie, les molécules peuvent se déplacer les unes par rapport aux autres mais elles restent proches car elles sont liées par des forces intermoléculaires.

I.3. Les changements d'états de l'eau

L'eau peut changer d'état selon la température et sous l'action du soleil et du vent. Le schéma suivant résume les différents d'état possible :

- **Fusion** : passage de l'état solide à l'état liquide ;
- **Vaporisation** : passage de l'état liquide à l'état gazeux ;
- **Liquéfaction** : passage de l'état gazeux à l'état liquide ;
- **Solidification** : passage de l'état liquide à l'état solide ;
- **Sublimation** : passage de l'état solide à l'état gazeux ;
- **Condensation** : passage de l'état gazeux à l'état solide.

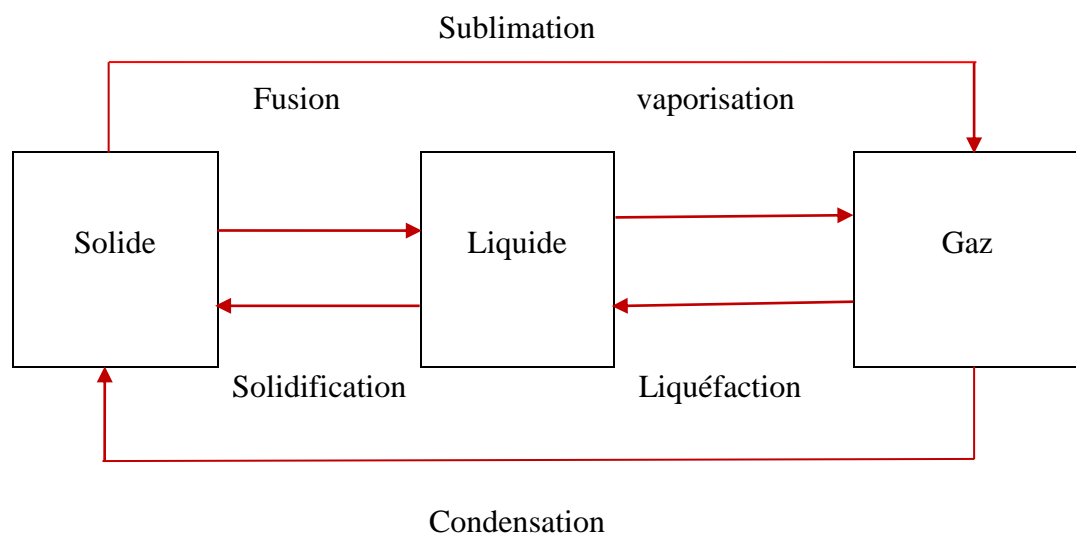


Figure 02 : Les différents changements d'état de l'eau (Bessalem et Hassani ; 2017).

- La vaporisation d'un liquide peut se faire soit de manière progressive et naturelle comme par exemple lors d'une exposition au soleil. On dit alors qu'il y a évaporation. Elle peut également s'obtenir par une élévation rapide de la température qui provoque l'apparition de bulles de gaz. On parle alors d'ébullition.
- La sublimation et la condensation restent assez rares sur terre mais elles peuvent se produire dans des conditions extrêmes.
- Le terme condensation peut porter à confusion car il est parfois utilisé aussi pour désigner le passage de l'état gazeux à l'état liquide, on précise alors s'il s'agit de condensation liquide ou de condensation solide (**Bessalem et Hassani ; 2017**).

I.4. Les type des eaux

I.4.1. Les eaux profondes

Ensemble des eaux d'infiltration, des cours d'eau souterraine, des aquifères fossiles..., présents dans les sols et/ou en profondeur (lithosphère), en opposition aux eaux superficielles ou de surface. Les eaux souterraines possèdent souvent une minéralisation plus importante en raison d'un contact prolongé avec la roche où les eaux ont le temps de se charger en minéraux (**Hoffmann et al., 2014**).

I.4.2. Les eaux stagnantes

Etendue d'eau, souvent douce, ayant une circulation très faible voire inexistante. Plus précisément, elle regroupe les mers, les étangs, les lacs, les marécages, les marais en zone littorale; ou en milieu aride ou semi-aride, on trouve également des plans d'eau saumâtre (lagune isolée, Sebka...) (**Hoffmann et al., 2014**).



Figure 03 : Un marécage [2]

I.4.3. Les eaux courantes

En hydrologie, un courant est le déplacement linéaire d'un volume d'eau dans un cours d'eau (fleuve, rivière...). Il est caractérisé, cependant, par un sens d'écoulement, une vitesse, une forme, une intensité de la turbidité de la masse d'eau..., le courant associé au débit est l'un des éléments essentiels à l'étude de la dynamique fluviale (**Hoffmann et al., 2014**).

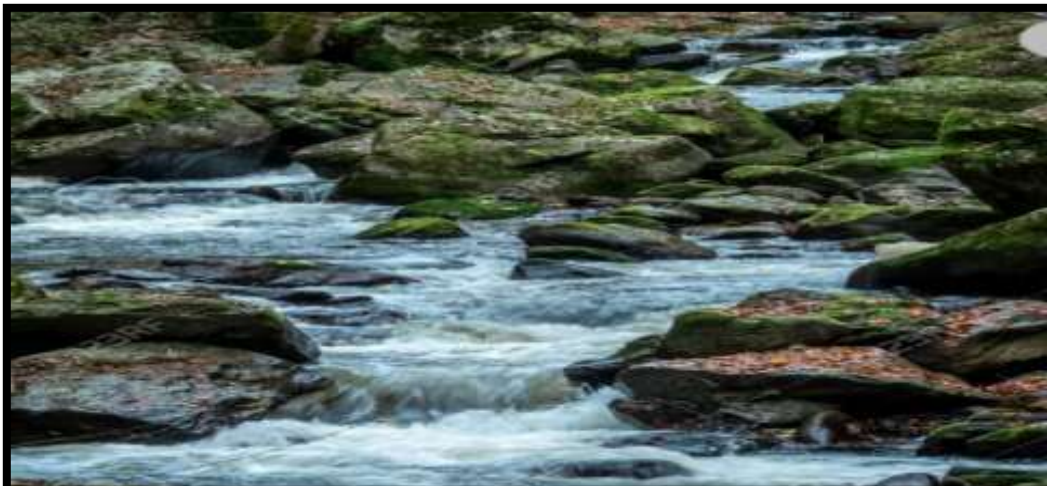


Figure 04 : Un ruisseau [3]

I.5. La pollution des eaux

I.5.1. Définition de la pollution de l'eau

La pollution de l'eau est l'introduction dans une rivière, un cours d'eau, un lac ou un océan, de n'importe quelle substance altérant les ressources naturelles de cet environnement. Il peut s'agir d'objets visibles : sacs en plastique, bouteilles, pneus, voitures... bien souvent, la pollution de l'eau est pourtant invisible : produits agricoles fertilisants, produits chimiques industriels, produits ménager (**Bouزيد et Boulkraa; 2008**). La pollution de l'eau est une dégradation physique, chimique ou biologique de ses qualités naturelles, provoquée par l'homme et par ses activités. Elle perturbe les conditions de vie et l'équilibre du milieu aquatique et compromet les utilisations de l'eau (**Facih et al., 2010**).

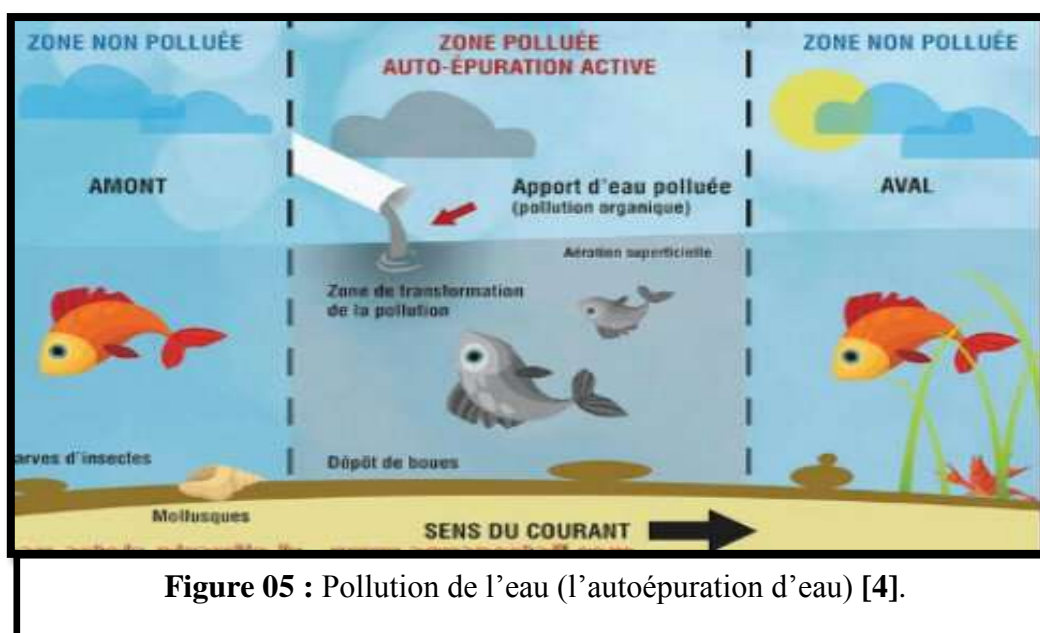


Figure 05 : Pollution de l'eau (l'autoépuration d'eau) [4].

L'autoépuration d'eau devient impossible en cas de présence de substance non biodégradables (certaines substances chimiques stables) ou de substances toxique inhibant le phénomène dépuration lui-même [4].

I.5.2. La pollution des cours d'eau

A tel point que 2 milliards de litres d'eaux usées, utilisées par l'humanité, sont rejetées chaque jour dans les rivières et les mers, soit plus de 23 000 litres chaque seconde.

A cause de fuites dans les canalisations, de déversements directs d'eaux sales dans la nature, du manque de stations d'épurations, chaque année ce sont 730 milliards de litres d'eaux usées qui sont rejetés. Une quantité bien supérieure à l'évaporation naturelle des océans dans l'atmosphère (1 milliards de litres d'évaporation / jour). Dans les pays en développement ou émergents, 90 % des eaux usées sont rejetées dans le milieu naturel sans aucun traitement. Autant de pollution en plus dans la nature ! On comprend mieux le risque de pollution que cela entraîne et l'importance des stations d'épuration. L'urbanisation, l'essor de l'industrie et de l'agriculture intensive ont accru, de manière chronique ou accidentelle, la pollution des cours d'eau. La moitié des fleuves et rivières de la planète sont pollués. Cette pollution chimique provient entre autres des engrais de synthèse et des pesticides utilisés par l'agriculture, et des rejets toxiques de l'activité industrielle et minière. Le ruissellement des pluies et les infiltrations dans le sol entraînent la pollution vers les cours d'eau et l'océan (**Benariba, 2015**).



Figure 06 : La pollution des cours d'eau [5].

I.5.3. Origine des pollutions des eaux

La pollution des eaux provient essentiellement des activités urbaines (activités domestiques, eaux d'égout, eaux de cuisine...), industrielles (chimie-pharmacie, pétrochimie, raffinage...) et agricoles (engrais, pesticides) (**Henaut, 2011**).

I.5.3.1. La Pollution d'origine domestique et urbaine

Elle provient des habitations et elle est en général véhiculée par le réseau d'assainissement jusqu'à la station d'épuration (**Benariba, 2015**). La pollution domestique se caractérise par la présence des germes fécaux, de fortes teneurs en matières organiques, des sels minéraux, et détergents.

Elle peut être responsable de l'altération des conditions de transparence et d'oxygénation de l'eau ainsi que du développement de l'eutrophisation dans les rivières (Aissaoui, 2013).

I.5.3.2. La pollution d'origine agricole

Au cours des cinquante dernières années, les surfaces irriguées ont plus que doublé, le cheptel total a plus que triplé, et l'aquaculture en eaux intérieures a été multipliée plus de vingt fois. La pollution hydrique en provenance de l'agriculture se produit quand les engrais (nutriments) et autres produits agrochimiques sont appliqués de façon plus abondante que ce que les cultures peuvent absorber, ou quand ils sont emportés par la pluie. L'agriculture peut être une source de nombreux autres types de polluants, et notamment la matière organique, les agents pathogènes, les métaux et des contaminants émergents. Au cours des 20 dernières années, de nouveaux polluants agricoles sont apparus, tels que les antibiotiques, les vaccins, les facteurs de croissance et les hormones, qui peuvent être émis par les élevages et les exploitations d'aquaculture (RNURE, 2017).

I.5.3.3. La pollution d'origine industrielle

Le domaine de l'industrie est lui aussi très nocif pour l'eau, des eaux résiduaires industrielles qui sont des eaux en principe rejetées par l'usine dans le milieu extérieur et qui sont responsables des plusieurs types de pollution : (pollution thermique, pollution chimique...) (Koller, 2004).

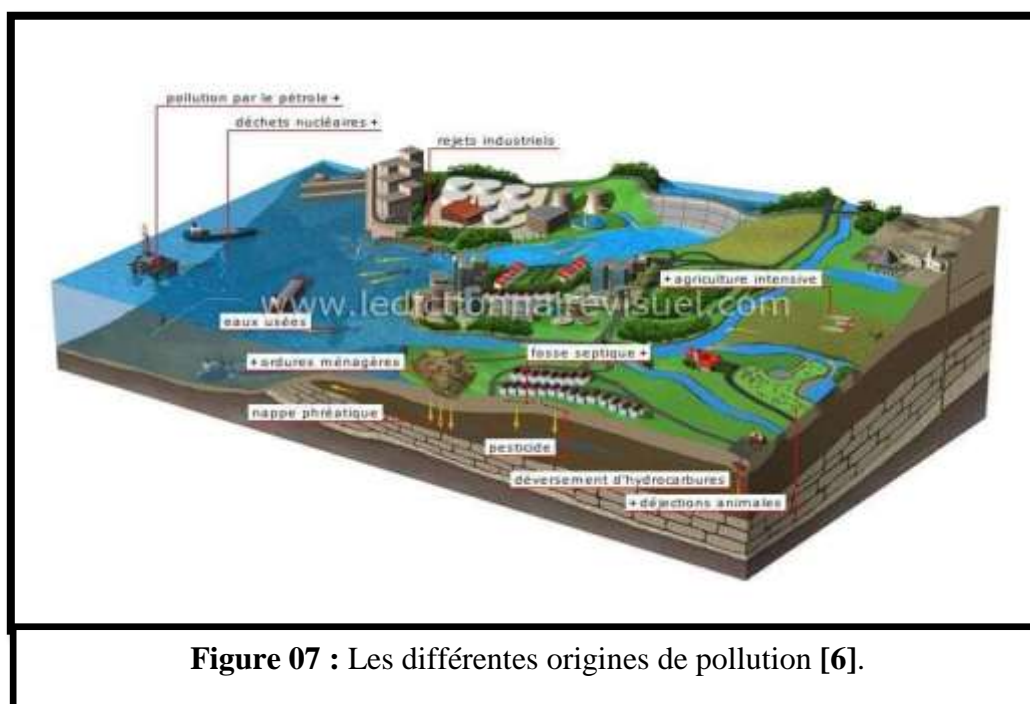


Figure 07 : Les différentes origines de pollution [6].

I.6. Les types de pollution

Les principaux polluants des eaux se divisent en quatre groupes : les polluants biologiques, les polluants chimiques, les polluants organiques toxiques et les polluants radioactifs (Aissaoui, 2013).

I.6.1. La pollution biologique

Un grand nombre des micro-organismes peuvent proliférer dans l'eau qui sert l'habitat naturel ou comme une simple moyenne de transport pour ces micro-organismes (Bennana, 2013). Ils sont peu nombreux dans les eaux de nappe du fait des conditions habituellement anaérobies et des faibles quantités de nutriments disponibles. Le transfert de matière organique dans la nappe favorise leur prolifération (Kankou, 2004).

On distingue deux catégories de pollution de nature biologique : les micro-organismes et la matière organique :

➤ Les micro-organismes

Les micro-organismes comprennent par ordre croissant de taille : les virus, les bactéries, les protozoaires. Ils proviennent dans leur immense majorité des matières fécales ; distingue alors la flore entérique normale et les micro-organismes pathogènes (Boutin et al., 2009). Cette pollution soulève dans la plupart des cas d'hygiène publique et d'épidémiologie car ces rejets non traités contiennent des micro-organismes pathogènes viables qui sont alors transportés par les eaux et disséminés sur leurs parcours) (Madoui et Sahraoui ; 2011).

Il existe trois grandes classes d'organismes pathogènes, soit :

- Les bactéries

Les eaux polluées peuvent contenir des très nombreuses bactéries pathogènes. La plupart de ces pathogènes sont d'origine fécale car ils sont plus connus et facile à rechercher et à dénombrer, et leur transmission dite oro-fécale (*Escherichia coli*, *Salmonella*, *Shigella*,...etc) (Bennana, 2013).

- Les virus

Les virus constituent l'entité biologique la plus abondante dans les écosystèmes aquatique (Schwartzbrod, 2003).

Leur présence dans l'eau est liée à une élimination humaine par les selles, plus rarement par les urines. On connaît plus de 100 types des virus pathogènes regroupés sous le nom des virus entériques, ils appartiennent à plusieurs familles et genres (*Hépatite A*, *Norovirus*, *Rotavirus*, ...etc) (Bouziati, 2000). Ces virus entériques sont retrouvés dans les eaux usées avant de contaminer le milieu naturel (Gantzer et al., 1998).

- **Les parasites**

Les parasites sont généralement véhiculés dans l'eau sous forme : des œufs, des kystes ou des vers. Ils ne sont pas détruits par la chloration et par les autres méthodes de désinfection chimique mais peuvent être éliminés mécaniquement à l'aide d'une bonne filtration de l'eau de boisson (*Giardia lamblia*, *Cryptosporidium*... etc) (Bouziati, 2000).

- **La matière organique**

La présence de matière organique naturelle est une caractéristique fondamentale. Les principaux composés organiques polluants sont : des lipides, des glucides, des savons, des détergents, des huiles minérales et des débris celluloses, auxquels s'ajoute leur produit de décomposition (Rabia et Djamaa ; 2014).

I.6.2. La pollution physique

La pollution physique est liée aux facteurs influents sur l'état physique de l'eau tels que la température, la présence des particules en suspension et le changement qui affecte l'effet réfractaire de l'eau. Même les rejets d'eau chaude des centrales nucléaires ou thermiques dans le milieu marin constituent aujourd'hui la préoccupation majeure des nombreux pays (Djilani, 2006). C'est une pollution due aux agents physiques (tout élément solide entraîné par l'eau), elle est d'origine domestique, essentiellement industrielle. On peut la répartir en trois classes : mécanique, thermique et radioactive (Mizi, 2006).

- **Pollution thermique**

Cette pollution est due à l'élévation de la température de l'eau. L'eau se chauffe, le taux de l'oxygène diminue ; par conséquent une asphyxie s'installe chez les organismes aquatiques (Babou et M'zyene; 2018).

➤ **Pollution radioactive**

La radioactivité libérée dans l'eau peut provenir d'une radioactivité naturelle (certaines eaux d'origine profonde) ou d'une contamination liée à des retombées atmosphérique (explosions nucléaires) ; des champs de rayonnement d'origine industrielle ou enfin des contaminations accidentelles de l'eau à partir des rejets d'installation des centrales nucléaires (**Kourchi, 2010**).

➤ **Pollution mécanique**

Elle provient du lessivage des sols par des pluies abondantes et des travaux et de revêtements qui rendent le sol imperméable provoquant une concentration des écoulements et des volumes entraînant de boues importants (**Kourchi, 2010**).

I.6.3. La pollution chimique

La pollution chimique est due à l'introduction d'un (ou plusieurs) élément indésirable dans la composition chimique de l'eau initialement destinée à un usage bien précis. Cette pollution chimique affecte tout le cycle de l'eau, depuis la pluie jusqu'aux eaux souterraines par exemple : 7,8 % des eaux souterraines dépassent 40 mg de nitrates contre 1,6% pour les eaux de surface...

Selon, **Babou et M'zyene (2018)**, on distingue selon la nature de la pollution chimique, les éléments chimiques minéraux... et les métaux lourds.

I.7. Les conséquences de la pollution des eaux

I.7.1. Sur les êtres vivants

Le déversement des eaux usées directement dans l'environnement cause de nombreux dangers pour la survie des organismes vivants et l'équilibre écologique. Par exemple la présence de quantités excessives d'azote et de phosphore engendre un phénomène appelé eutrophisation, qui favorise la prolifération de végétaux et diminue la quantité d'oxygène dissous, ce qui provoque à long terme la mort de nombreux organismes vivants au sein du milieu aquatique (poissons, crustacés, etc...). La présence des éléments traces métalliques comme le mercure et l'arsenic dans ces eaux peut avoir un impact négatif sur les organismes vivants les plus fragiles en raison de leur toxicité même à faibles doses, provoquant des dysfonctionnements et des

troubles dans leurs fonctions physiologiques (nutrition, respiration et reproduction (**Ivanowsky, 2016**).

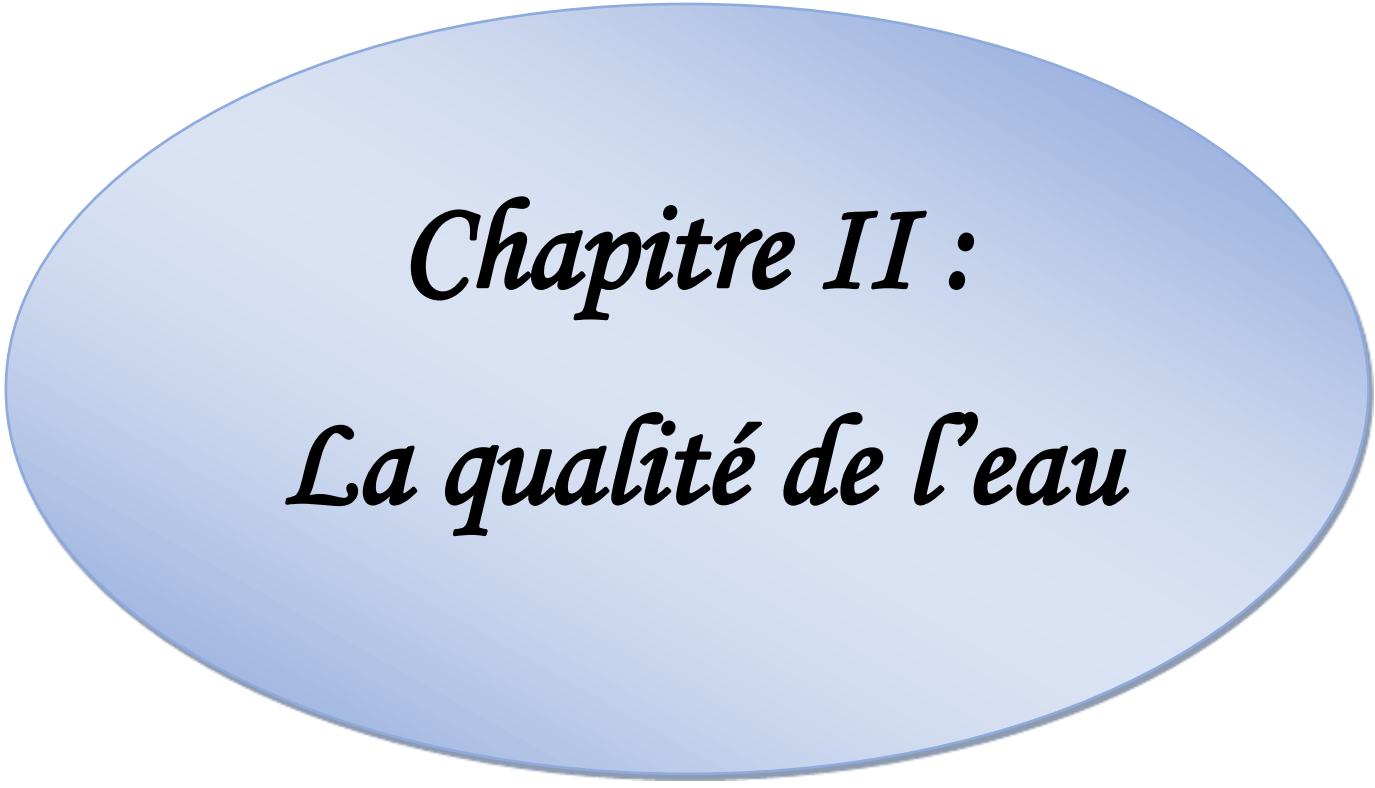
La qualité de l'eau des nappes phréatiques peut être également dégradée par l'infiltration des eaux usées à travers le sol, qui permet la migration des polluants présents dans ces eaux usées vers les eaux souterraines (**Metahri, 2012**).

I.7.2. Sur la santé humaine

L'eau est un élément indispensable à la vie humaine. L'insuffisance ou la mauvaise qualité de l'eau est à l'origine de nombreuses maladies dans le monde, notamment dans les pays en développement où 80% des maladies sont dues à l'eau (**Adjagodo et al., 2017**). Les maladies hydriques peuvent être classées selon six catégories différentes : Maladies transmises par l'eau (parasites, bactéries, virus) ; Infections de la peau et des yeux, dues au manque d'eau ; Maladies causées par un organisme aquatique invertébré ; Maladies causées par un insecte fourmillant à proximité de l'eau. Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), chaque année 4 milliards de cas de diarrhée, en plus des millions d'autres cas de maladies, sont liés à un manque d'accès à l'eau propre pour la consommation humaine. Chaque année, il y a 1,7 million de personnes qui meurent à la suite de diarrhées, la plupart étant des enfants âgés de moins de cinq ans. La santé humaine est gravement touchée par les maladies liées à l'eau, de même que par la pollution due à des rejets de produits chimiques dans l'eau issus des différentes activités humaines. D'après l'UNICEF 60% de la mortalité infantile dans le monde est due à des maladies infectieuses ou parasitaires, majoritairement liées à la pollution de l'eau (**Rouamba et al., 2016**).

Tableau 01 : Les effets de quelque Polluants (ASEF, 2010).

Polluants	Effets environnementaux	Effets sanitaires
Les matières en Suspension	Eaux plus troubles : perturbe la photosynthèse, la respiration des poissons et colmate les milieux aquatiques.	- Transportent des polluants ; ce qui augmente les risques d'absorption de substances toxiques par l'organisme.
Pollution Organique	- Asphyxie du milieu par consommation de l'oxygène dissous, mort des poissons. - Stimulation de la production végétale (eutrophisation) et accumulation de boues. - Faiblement biodégradable.	- Favorise le développement d'organismes pathogènes pour l'Homme.
Azote (nitrates, nitrites), Phosphore	Eutrophisation des milieux aquatiques par excès de matières nutritives pour les végétaux (algues) et conduisant à l'asphyxie des milieux. - Toxicité de l'ammoniaque et des nitrites pour la faune aquatique.	- Nitrates : empoisonnement. du sang chez les nourrissons par blocage de l'hémoglobine interdisant le transport de l'oxygène (maladie bleue). - Nitrites : cancers à long terme chez les adultes (même à faible concentration) si associés à certains pesticides.
Métaux	Non biodégradables, bio-accumulables.	- Troubles respiratoires, digestifs, nerveux ou cutanés. - Arsenic, Nickel et Chrome sont également considérés comme cancérogènes.
Pesticides	Substances très dangereuses pour les milieux aquatiques. - Polluants organiques persistants. - S'adsorbent sur les matières en suspension et s'accumulent dans certains compartiments (sédiments, matières organiques, chaîne alimentaire).	Les plus toxiques : les insecticides. - Effets reprotoxiques (malformations, stérilité, troubles de la reproduction), mutagènes et cancérogènes.



Chapitre II :
La qualité de l'eau

L'évaluation de la qualité de l'eau est une mesure essentielle de la surveillance environnementale. Lorsque la qualité de l'eau est mauvaise, elle affecte non seulement la vie aquatique, mais aussi les écosystèmes environnants (**Barbosa-Vasconcelos et al., 2018**). Loin d'être antagonistes, les approches chimiques et biologiques sont très complémentaires via l'information qu'elles dispensent quant à l'état du milieu aquatique suite à une contamination. Globalement, les approches biologiques favorisent l'intégration de l'ensemble des perturbations opérant dans le milieu et leurs variations, les approches chimiques étant indispensables pour identifier et mesurer précisément le niveau de contamination du milieu par certaines substances particulières (**Forbes et Forbes, 1997**).

II.1. Les paramètres abiotiques (physico-chimiques)

La mesure de certaines variables de qualité de l'eau peut fournir des informations concernant les types de polluants et leurs impacts sur les eaux de surface (**Moisan et al., 2008**), donc l'appréciation de leurs qualités se base sur la mesure de paramètres physicochimiques, y compris la température, la conductivité, le pH, l'oxygène dissous, le total des solides en suspension, état de valence et l'adsorption-désorption sur la matière en suspension dont dépendent en partie les cinétiques d'accumulation et d'excrétion des métaux et la présence ou l'absence d'organismes et de micro-organismes aquatiques, indicateurs d'une plus ou moins bonne qualité de l'eau (**Karayucel et karayucel, 2000**). Ces données peuvent être complétées par l'analyse des sédiments (boues), qui constituent une « mémoire » de la vie de la rivière, notamment des épisodes de pollution par les métaux lourds, les polychlorobiphényles (PCB), les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) ou d'autres matières organiques non biodégradables (**Devillers et al., 2005**).

II.1.1. La température (°C)

La température est un facteur écologique important pour les milieux aqueux. Elle est liée d'une part, aux variations saisonnières et journalières de la température ambiante et d'autre part, aux rejets des activités anthropiques (eaux de refroidissement). Sa perturbation peut influencer la vie aquatique (pollution thermique). Elle joue un rôle important dans les processus bactériens comme la nitrification et la dénitrification (**Leynaud, 1968**).

II.1.2. Le potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH : c'est une mesure de la concentration de protons (H^+) présents dans l'eau. On a $pH = -\log_e (H^+)$. donc à chaque changement d'une unité pH, le nombre de protons dans l'eau change d'un ordre de grandeur. Cette mesure est très importante car elle conditionne les équilibres physico-chimiques ; sachant que le pH de l'eau pure est de 7. Une eau ayant un pH inférieure à 6 est dite acide (elle contient plus d' H^+) alors qu'au-dessus de 8 l'eau est dite basique (**Olivier, 2015**).

II.1.3. La conductivité électrique (CE)

Dans une solution, la conductivité électrique est proportionnelle à la concentration en équivalent-gramme du sel dans la solution, multipliée par le coefficient de dissociation ionique de ce sel. Elle constitue une bonne appréciation des matières en solution (**Afri- Mehennaoui, 1998**). Dans les eaux naturelles c'est un paramètre permettant d'évaluer la charge totale en électrolytes. En eau de surface, la conductivité est généralement inférieure à 1500 $\mu S/cm$ et la minéralisation de type bicarbonaté calcique (**Gaujous, 1995**). Une conductivité élevée traduit, soit des pH anormaux, soit le plus souvent une salinité élevée et elle varie en fonction de la température. La salinité d'une eau a une influence sur la vie aquatique. En effet les organismes vivants dans les eaux subissent une pression osmotique exercée par des sels dissous (**Afrimehannaoui, 1998**).

II.1.4. L'oxygène dissous (O_2d)

C'est une grandeur importante de l'écologie des milieux étudiés. Elle est essentielle pour la respiration des organismes vivants hétérotrophes. La concentration d'oxygène gazeux qui se trouve à l'état dissous dans l'eau est exprimée en mg/l. Le dioxygène dissous provient essentiellement de l'atmosphère et de l'activité photosynthétique des algues et des plantes aquatiques. L'oxygène dissous disponible est limité par la solubilité de l'oxygène (maximum 9 mg /l à 20°C). Il dépend de nombreux facteurs comme la température de l'eau, le taux des éléments dissous dans le milieu, ainsi que la pression partielle en oxygène dans l'atmosphère. De plus, la présence des quantités importantes de matières organiques dans les eaux souvent d'origine anthropique, peut provoquer un déficit d'oxygène dissous dans le milieu aquatique. Cela est lié à la consommation de l'oxygène du milieu par les microorganismes qui dégradent des matières organiques (**Benkaddour, 2018**).

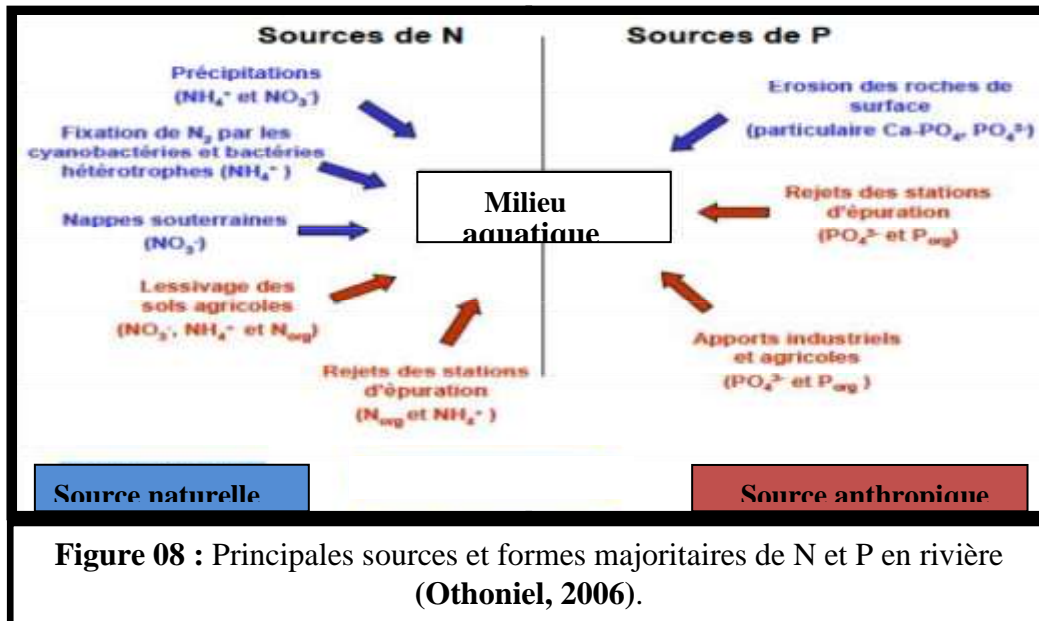
Tableau 02 : Teneur en oxygène dissous dans l'eau en fonction de la température de l'eau (Diadovski, 1993).

T (°C)	0	5	10	15	20	25	30
Oxygène dissous (mg/l)	14.26	12.37	10.92	9.76	8.84	8.11	7.53

II.1.5. Les éléments nutritifs

Les concentrations en nitrites (NO_2^-), nitrates (NO_3^-), ammoniac (NH_3^+), et ammonium (NH_4^+), phosphates (PO_3^-), azote (N) et phosphore (P) sont des paramètres importants pour le suivi de la qualité des eaux de surface. L'azote (N) et le phosphore (P) sont habituellement les éléments qui limitent la croissance des algues et des plantes enracinées, ainsi que celle de tous les autres organismes de l'écosystème, qui dépendent directement ou indirectement de la production végétale (Barry *et al.*, 1998). La principale forme azotée retrouvée dans les eaux naturelles est le nitrate et il est principalement attribuable aux activités humaines. Dans l'eau, les phosphates peuvent se retrouver sous formes dissoutes et/ou particulières associés aux particules en suspension, de sédiment, ou de sol (Banas et Lata; 2007). L'augmentation des éléments nutritifs (azote et phosphore) dans un écosystème accroît la production primaire et peut conduire à l'eutrophisation de la masse d'eau. D'après (AEE, 2006), ce phénomène présente les effets secondaires suivants :

- Prolifération de la biomasse planctonique ;
- Coloration de l'eau, diminution de la transparence de l'eau ;
- Diminution d'oxygène dissous dans les eaux plus profondes ;
- Dans des cas extrêmes, apparition d'espèces d'algues toxiques.



II.1.6. Les matières organiques

- **La Demande Biochimique en Oxygène (DBO₅)**

La demande biochimique en oxygène après 5 jours d'un échantillon est la quantité d'oxygène consommée par les micro-organismes aérobies présent dans cet échantillon pour l'oxydation biochimique des composés organiques et/ou inorganiques (**Rejsek, 2002**).

- **La Demande Chimique en Oxygène (DCO)**

La DCO est la concentration, exprimé en mg/l, d'oxygène équivalente à la quantité de dichromate consommés par les matières dissoutes et en suspension lorsqu'on traite un échantillon d'eau avec cet oxydant dans des conditions définies par la norme (**Rejsek, 2002**).

II.2. Les paramètres biotiques (indicateurs biologiques de la qualité des eaux)

Un organisme ou d'un ensemble d'organismes à tous les niveaux d'organisation biologique, moléculaire, biochimique, cellulaire, physiologique tissulaire, morphologique et écologique (**Daphné., 2008**). Ainsi que le succès reproductif, l'abondance et la mortalité des espèces animales et végétales constituent des variables observables et mesurables reflétant l'état de leur habitat (**Kerckhove., 2012**). La bio-indication réfère donc à un processus d'analyse de divers indicateurs biologiques (**Véronique., 2014**). Parmi ces indicateurs animales, les macro-invertébrés qui sont à la base de différents indices biotiques (**Ben moussa et al., 2014**).

II.2.1. Indice IPR

L'indice poisson rivière, désigne un indice calculé à partir d'inventaires de poissons réalisés par pêche électrique. La mise en œuvre de l'IPR consiste globalement à mesurer l'écart entre la composition du peuplement sur une station donnée, et la composition du peuplement attendue en situation de référence, c'est-à-dire dans des conditions pas ou très peu modifiées par l'homme. Ces indices consistent à évaluer le niveau d'altération des peuplements de poissons à partir de différentes caractéristiques des peuplements (ou métriques) sensibles à l'intensité des perturbations anthropiques et qui rendent compte notamment de la composition taxonomique, de la structure trophique et de l'abondance des espèces. La méthode employée est une pêche à pied à une ou deux anodes selon la largeur du cours d'eau, une ou quatre épuisettes avec un seul passage. Chaque pêche fait l'objet d'un compte-rendu en annexe où il est notamment calculé l'IPR (Pollabauer et Alliod ; 2010).

Tableau 03 : Les classes de qualité en fonction des notes d'IPR (Belliard et Roset ; 2006).

IPR	IPR < 7	7 < IPR ≤ 16	16 < IPR ≤ 25	25 < IPR ≤ 36	IPR > 36
Classe de qualité	Excellent	Bonne	Médiocre	Mauvaise	Très mauvaise

II.2.2. Indice IBGN

L'indice Biologique Générale Normalisé (I, B, N, G) est la méthode d'évaluation de la qualité biologique des cours. Elle Permet d'attribuer une note de qualité biologique du milieu, qui intègre à la fois l'influence de la qualité physicochimique de l'eau et l'influence des caractéristiques morphologiques et hydrauliques de cours d'eau. Cette méthode évalue l'aptitude globale d'un milieu à héberger des êtres vivants en prenant en compte, à la fois la variété des macro-invertébrés benthiques et la représentativité des habitats présents sur la station (Afnor, 1992).

Le calcul de l'indice en lui-même est obtenu par la formule suivante :

$$\text{IBGN} = \text{N du groupe faunistique indicateur} + (\text{N de classe de variété} - 1)$$

Tableau 04 : Les classes de qualité en fonction des notes d'IBGN (Afnor, 1992).

IBGN	17-20	13-16	9-12	8-5	≤ 4
Qualité Biologique	Très Bon	Bon	Moyenne	Médiocre	Mauvaise

II.2.3. Indice IBD

L'indice Biologique Diatomées (IBD), utilise 209 taxons repères dont 57 appariés (diatomées morphologiquement très proches, regroupées au sein d'unités taxonomiques) et le barycentre de leurs profils de distribution établis en probabilités de présence à partir d'un jeu de données volumineux. Notons que l'IBD est un indice de qualité générale de l'eau basé en particulier sur les matières oxydables et la salinité qui ne prend pas en compte tous les taxons d'un relevé. Il est calculé en fonction de l'abondance des espèces récoltées et de leur sensibilité à la pollution (Coste, 2006).

Tableau 05 : Les classes de qualité en fonction des notes d'IBD (Rodier et al., 2009).

IBD	$IBD \geq 17$	$17 > IBD \geq 13$	$13 > IBD \geq 9$	$9 > IBD \geq 5$	$IBD < 5$
Qualité Biologique	Excellente	Bonne	Passable	Médiocre	Mauvaise

II.2.4. Indice IOBS

L'IOBS décrit la qualité biologique des sédiments fins ou sableux permanents et stables de cours d'eau ou canaux et indique des tendances fortes sur l'incidence écologique des rejets polluants (charge organique ; micropolluants organiques et métalliques). L'IOBS peut en outre être utilisé comme indice de qualité biologique générale dans les milieux où prédominent les sédiments fins ou sableux (canaux, rivières canalisées...). Il est basé sur la description et le comptage de taxons d'oligochètes à développement strictement aquatique et généralement peu mobiles, recensés dans toutes les eaux continentales et ne présentant ni zonation ni distribution régionale dans les eaux courantes (Lafont, 1983).

Tableau 06 : Les classes de qualité en fonction des notes d'IOBS (Lafont, 1983).

IOBS	$> \text{ou} = 6$	$3 \leq IOBS < 6$	$2 \leq IOBS < 3$	$1 \leq IOBS < 2$	$IOBS < 1$
Qualité Biologique	Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais

II.2.5. Indice IBMR

L'IBMR L'indice biologique Macrophytique en Rivière est fondé sur l'examen des macro-végétaux aquatiques pour évaluer le statut trophique des rivières. Cet indice traduit le degré de trophées des rivières lié à leur teneur en ammonium (forme réduite des nitrates) et ortho phosphate, ainsi qu'aux pollutions organiques majeures. La note obtenue peut varier également selon certaines caractéristiques physiques du milieu comme l'intensité de l'éclairement et des écoulements. L'IBMR est établi en effectuant un relevé de tous les végétaux aquatiques, en les identifiants, et en estimant leur taux de recouvrement en pourcentage sur la station de prélèvement. Les prélèvements sont à réaliser à l'étiage. La note varie de 0 à 20. Elle met en évidence le niveau trophique du cours d'eau et n'exprime pas à proprement parler une "qualité" d'eau altérée (Afnor, 2003).

Tableau 07 : Les classes de qualité en fonction des notes d'IBMR (Afnor, 2003).

IBMR	IBMR > 14	12 < IBMR ≤ 14	10 < IBMR ≤ 12	8 < IBMR ≤ 10	IBMR < 8
Niveau trophique de l'eau	Très faible	Faible	Moyen	Fort	Très élevé

II.2.6. Les macros invertébrées

Parmi les communautés biologiques, les communautés de macro invertébrée benthique sont les plus utilisées pour évaluer l'état de santé global des écosystèmes aquatiques. Ce sont des organismes visibles à l'œil nu, tels que les insectes, les mollusques, les crustacés et les vers, qui habitent le fond des cours d'eau et des lacs. Ces organismes constituent un important maillon de la chaîne alimentaire des milieux aquatiques, puisqu'ils sont une source de nourriture primaire pour plusieurs espèces de poissons, d'amphibiens et d'oiseaux. Ils sont reconnus pour être de bons indicateurs de la santé des écosystèmes aquatiques en raison de leur sédentarité, de leur cycle de vie varié, de leur grande diversité et de leur tolérance variable à la pollution et à la dégradation de l'habitat. Ils intègrent les effets cumulatifs et synergiques à court terme (allant jusqu'à quelques années) des multiples perturbations physiques (modifications de l'habitat), biologiques et chimiques dans les cours d'eau. Ils sont abondants dans la plupart des rivières et faciles à récolter. De plus, leur prélèvement a peu d'effets nuisibles sur le biote résident.

Selon **Benmebarek et al. (2012)**, le suivi des macros invertébrés benthiques est utile pour :

- évaluer l'état de santé global des écosystèmes aquatiques.
- suivre l'évolution de l'état de santé d'un cours d'eau au fil du temps.
- évaluer et vérifier l'effet d'une source de pollution connue sur l'intégrité de l'écosystème.
- évaluer les impacts des efforts de restauration (habitat et qualité de l'eau).
- apporter un complément biologique au programme de surveillance de la qualité bactériologique et physicochimique des cours d'eau.
- documenter la biodiversité des macros invertébrés benthiques dans les cours d'eau.

➤ **L'indice biotique (IB) selon Verneaux et Tuffery (1967)**

La détermination de l'indice biotique se base sur le tableau standard de tuffery et verueaux (1978) tableau (08) avec double entrée, les lignes faunistiques rencontrés (classées en 7 catégories) ceux-ci sont repris, de haut en bas, dans un ordre croissant de résistance à la pollution. Les groupés ne supportant qu'une faible altération de l'eau sont en tableau : ce sont les plécoptères, les éphéméroptères et les trichoptères. Les plus résistants à la pollution sont en bas du tableau, ce sont les Tubificidae et certaines familles de diptères, les Chironomidae, les Syrphidae, les cirque colonnes verticales correspondent au nombre total d'unités systématiques, rangées en classes, les indices biotiques sont définis par le croisement de la ligne correspondant au groupe faunistique le plus sensible représenté dans l'échantillon et de colonne correspondant au nombre total d'unités systématiques observées dans le même échantillon. L'indice biotique varie de 10 à 0 il est d'autant plus élevé que l'on observée la présence d'un grand nombre d'unité systématiques dans l'eau étudiée. L'indice biotique minimal 0 (pollution maximale) est atteint lors de la présence d'crustacés, lorsque tous les autres groupes sont absents (seulement 1 unité systématique, ou lors de l'absence de tous les groupes. On considère généralement qu'il y a pollution lorsque la valeur de l'indice est inférieure ou égale à 6. Remarquons cependant que si, sur un tronçon quelconque de rivière, l'indice chute de 10 à 6 Cela montre une pollution certaine du cours d'eau même si en valeur absolue, la pollution reste faible.

Tableau 08 : Pollutions en fonction des indices biotiques (Bouhanneche et Hammada, 2014).

groupes faunistiques	nombre d'unités systématiques du groupe	nombre total d'unités systématiques dans le prélèvement				
		1	2 à 5	6 à 10	11 à 15	≥ 16
1 PLÉCOPTÈRES 	>1	—	7	8	9	10
	1	5	6	7	8	9
2 EPHÉMÉROPTÈRES Ecdyonuridés 	>1	—	6	7	8	9
	1	5	5	6	7	8
3 ANCYLIDES (Mollusques) 	>2	—	5	6	7	8
	<2	3	4	5	6	7
4 APHÉLOCHEIRUS (HEMPTÈRES)  ODONATES  GAMMARIDES (Crustacés)  PHYSES (Mollusques) 	3	4	5	6	7	
	5 ASELLES (Crustacés)  SPHAERIDES (Mollusques)  SANGSUES  HÉMPTÈRES (sauf APHELOCHEIRUS) 	2	3	4	5	—
6 TUBIFEX (Annelides)  CHIRONOMES (Diptères) 	1	2	3	—	—	
	7 ÉRISTALES (Diptères) 	0	1	1	—	—

 limite de pollution
  eaux non polluées
  eaux polluées

II.2.7. Le phytoplancton

C'est l'ensemble du plancton végétal photosynthétique qui dérive dans les systèmes aquatiques (**Person, 2010**). Le phytoplancton est constitué de l'ensemble des micro-organismes végétaux en suspension dans l'eau, capables d'élaborer par photosynthèse leur propre substance organique, à partir de l'énergie solaire, de l'eau, d'oxygène et des sels nutritifs. Le rôle joué par le phytoplancton dans le fonctionnement des écosystèmes lacustres. De ce fait, les variations de la production biologique ont des conséquences majeures sur les flux de matières à l'intérieur de l'écosystème. Le plancton forme un ensemble d'organismes aquatiques qui se déplacent avec les mouvements de l'eau (généralement sans organe locomoteur) (**Drira, 2009**). Le phytoplancton ou le plancton végétal ; composé de diatomées, dinoflagellés et d'autres algues microscopiques forment la base de la chaîne alimentaire aquatique (**Odbmb, 2008**).

Chapitre III :

*Etude de cas : oued Kébir-
Rhumel (Endja et Rhumel)*

III.1 Présentation de la zone d'étude

III.1.1. Localisation et description du bassin versant d'oued Kébir-Rhumel

Un bassin est défini comme une entité topographique et hydrographique dans laquelle se produisent des entrées d'eau (sous forme de précipitations essentiellement, sans oublier les apports souterrains issus d'autres bassins) et où l'écoulement et le transport de matériaux mobilisés par l'érosion s'effectue suivant un système de pentes et de drains naturels en direction de l'exutoire ou embouchure du cours d'eau collecteur (**Sebihi, 2015**). Le bassin du Kébir-Rhumel qui s'étend sur une superficie totale d'environ 88000 km², est drainé par deux cours d'eau importants : dans la partie sud, l'Oued Rhumel et dans la partie ouest, l'Oued Enndja. Leur confluence à l'aval de Grarem donne l'Oued El Kébir, lequel rejoint plus au nord la Méditerranée (**Mebarki et Thomas ; 1988**).

III.2. Caractéristique géologique et lithologique

Le bassin versant de Kébir-Rhumel est limité au Nord par l'arête montagneuse du M'cid Aicha et du Sidi Driss au Sud par les massifs du Djebel Osmane et Djebel Grouz à l'est par les massifs du Djebel Akhal de Chettaba et de Khneg, et à l'ouest par Djebel Boucheref et Oukissane. Le bassin est une vaste dépression d'une quarantaine de kilomètres de largeur et de 120km de longueur constitue principalement des domaines géologiques très différents.

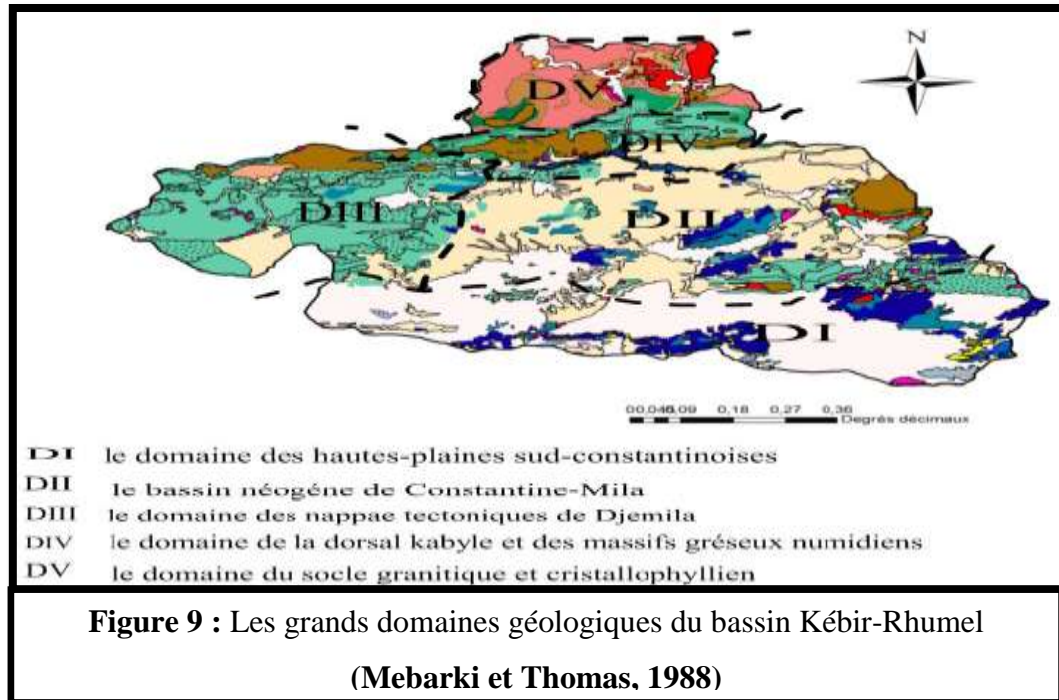
Le domaine des Hautes-Plaines sud-constantinoises (DI) : constitué de deux grandes unités lithologiques : les massifs carbonatés du Néritique constantinois et les plaines Plioquaternaires d'une part et d'autre part les massifs de calcaires jurassiques et crétacés.

Le bassin Néogène de Constantine-Mila (DII) : d'âge Mio-pliocène et à dominance argileuse, à l'exception de quelques affleurements de calcaires lacustres.

Le domaine des nappes tectoniques de Djemila (DIII) : à l'ouest de Ferjioua, en position occidentale par rapport au domaine (DII). Elles sont formées d'une alternance de marnes et de calcaires marneux (Jurassique-Crétacé-Eocène).

Le domaine de la dorsale kabyle et des massifs gréseux numidiens (DIV) : au nord de Grarem il est constitué essentiellement de grès numidiens sous lesquels apparaissent des calcaires jurassiques très tectonisés de la dorsale kabyle.

Le domaine du socle granitique et cristallophyllien de la petite Kabyle d'El Milia(DV) : au sud d'El Milia, la vallée du Kébir s'encaisse dans les formations du socle. Large de 1 à 2 km, cette vallée renferme des graviers et sables alluviaux abondants. Le secteur étudié se trouve dans la partie nord du bassin de Mila –Constantine (DII) au pied du massif de M'cid Aicha (**Chebli et Djamai ; 2016**).



III.3. Réseau hydrographique

Le bassin Kébir-Rhumel présente un chevelu hydrographique très dense, totalisant un réseau de plus de 4200 km. Quarante oueds ont une longueur supérieure à 10 km (Fig. 10). Ce bassin résulte principalement de la jonction de deux cours d'eau importants : l'oued Rhumel et l'oued Endja, drainant respectivement une superficie de 5315 km² et 2160 km² et dont la confluence donne naissance à l'Oued-Kébir (**Mebarki, 1982**).

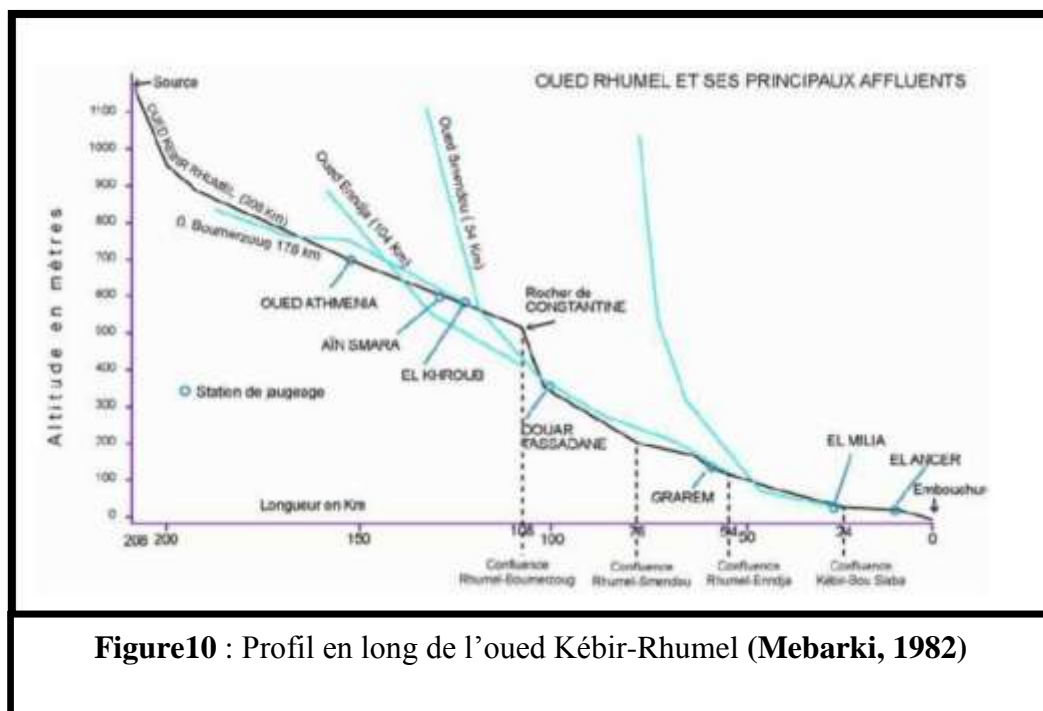


Figure10 : Profil en long de l'oued Kébir-Rhumel (Mebarki, 1982)

III.3.1. Oued Rhumel

D'un linéaire de plus de 123 Km, c'est l'oued le plus important du Kébir Rhumel. Il prend naissance dans les hautes plaines Sétifiennes, entaille les gorges de Constantine jusqu'à la confluence de l'Oued Endja et prend ensuite le nom d'El Kébir. Il draine, suivant une orientation SO-NE, les sous-bassins semi-arides des Hautes Plaines (Tadjenanet, Chelghoum Laid) puis franchissent le rocher de Constantine en s'encaissant profondément (200 m de dénivellation) dans des gorges calcaires. Ensuite, il s'écoule en direction Nord-Ouest et plus au Nord, aux environs de Sidi Merouane, il conflue avec l'Oued Endja qui draine la partie occidentale du bassin. Durant tout ce parcours, l'oued Rhumel reçoit quelques affluents importants, entre autres les oueds Dekri, Athmania, Seguen, Boumerzoug, Smendou et Ktone (Mebarki, 1982).

III.3.2. Oued Endja

D'un linéaire de 15km, il est formé à l'amont par la confluence de l'oued Dehamcha et de l'Oued Menaâ. Le premier prend sa source au seuil des hautes plaines au nord d'El Eulma alors que le second prend sa source aux environs d'Ain El Kebira dans les massifs de la petite Kabylie. Durant son parcours, l'Oued Endja ne reçoit pas d'affluents importants sur sa rive gauche, mais sur sa rive droite, il collecte les eaux des Oueds Rarama (ou Djemila) ainsi que ceux de Bou Selah, de Redjas et d'El Melah (Mebarki, 1982).

Ces deux cours d'eau alimentent le barrage Béni Haroun.

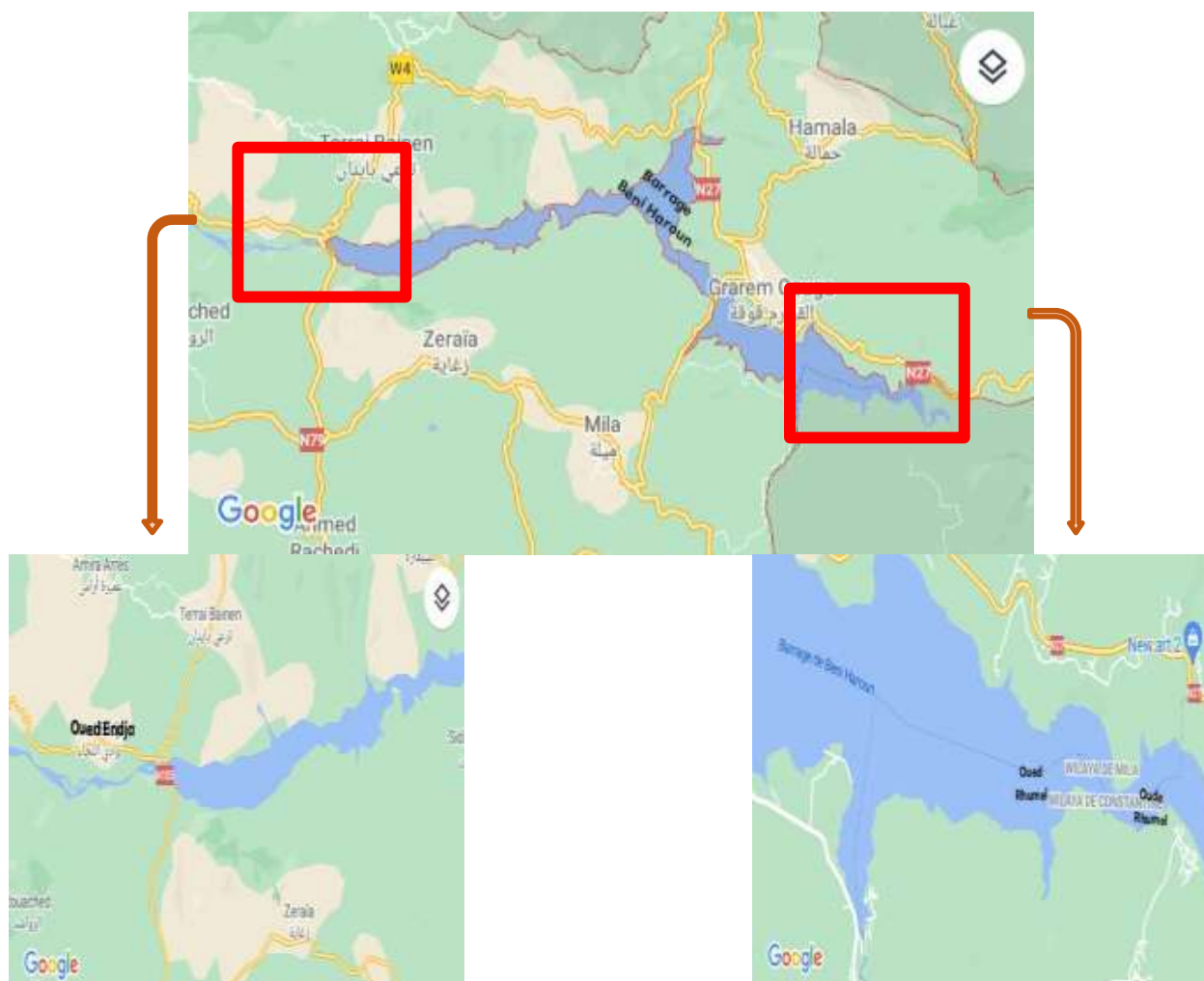


Figure 11 : Localisation des oueds Endja et Rhumel par rapport au Barrage Béni Haroun.

III.4. Climat

Les facteurs climatiques jouent un rôle très important dans les variations hydrologiques de la région. Le climat de type méditerranéen semi-aride au sud et sub-humide au nord de Constantine est caractérisé par une forte chute de la pluie est décroissance du Nord (450 mm/an) au Sud (320 mm/an) (ABHCSM, 1999).

III.4.1. Pluviométrie

La moyenne pluviométrique varie de 500mm à 700mm durant 20 jours par année les vicissitudes du climat semi-aride font que la wilaya reçoit bon an mal an entre 300 et 560 mm de pluie contrebalancée par une forte évaporation. Ceci fait que l'eau vient souvent à manquer et que. Les besoins pour irriguer les 6500 ha demeurent la plupart du temps insuffisants (Fercha et Debchi; 2018).

III.4.2. Vent

Les vents qui prédominent à Constantine sont de direction Nord-ouest avec des vitesses moyennes qui varient entre 2.2 et 2.9 m/s avec une moyenne annuelle de en ce qui concerne la direction du vent il se diffère suivant la saison : En hiver le vent est dominant du Nord et Nord-ouest (vents froids). En été, elles proviennent du Nord et Nord-ouest (vents chauds et secs) 2.4 m/s et une fréquence moyenne de 45% (**Meridga, 2002**).

III.4.3. Température

Le bassin du Kébir-Rhumel doit à sa position un climat méditerranéen avec des hivers doux, des étés chauds et secs mais loin d'être désertique (**Djader et Saadouni ; 2017**).

III.5. Agriculture

Le bassin du Kébir-Rhumel se caractérise par une agriculture mixte, traditionnelle (irrigation gravitaire) et moderne (irrigation par canaux d'aspersion), tout dépend du type de culture. La superficie actuellement irriguée dans le bassin est de 2679 hectares consommant un volume annuel de 27,65 hm³. Les principales activités des périmètres irrigués sont essentiellement les cultures maraichères et l'arboriculture. Afin d'atteindre la production nécessaire, il était important de développer des techniques et des stratégies de culture et d'autoriser l'usage de certains produits chimiques et organiques tel que les engrais et les pesticides pour améliorer les rendements et lutter contre les parasites et les maladies (**Melghit, 2010**).

III.6. Population

Plus de 2.500.000 habitants selon l'estimation de 2002, répartis en 90 communes et 6 wilayas. 57 communes sont entièrement incluses dans le bassin et 33 partiellement. L'agglomération de Constantine avec 921.893 habitants selon l'estimation de 2008, regroupe 22.5% de la population totale du bassin (**Melghit, 2010**).



III.7. Les sources de contamination d'oueds Kébir-Rhumel

Au niveau de la zone d'étude, les différentes agglomérations ont connu ces dernières décennies une extension difficilement contrôlée pour les secteurs suivants : urbain, industriel et trafic routier. Ces différents secteurs sont à l'origine des divers rejets liquides, solides ainsi atmosphériques. Cette situation s'étend sur un rayon de 20 km autour de la ville de Constantine. Il s'agit donc des différents rejets (en partie traités) des industries et des agglomérations d'Aïn Smara, d'El Khroub, de Hamma Bouziane, de Didouche Mourad et enfin de Constantine qui se caractérise par le plus important apport. Par ailleurs, la décharge publique, située dans la commune d'Aïn Smara à 11 km de Constantine, reste une menace permanente pour la santé et le bien-être de la population et l'environnement. D'une part, les fumées nauséabondes qui se dégagent de cette décharge dérangent les habitations aux alentours, les automobilistes et même la partie ouest de la ville de Constantine. D'autre part, les eaux de lixiviation concentrées terminent leur parcours dans les eaux de l'oued en aval de cette décharge (Krika, 2014). Les principales sources de contamination de l'oued Kébir-Rhumel sont les suivantes :

➤ Les industries

Il s'agit des industries de constructions mécaniques de l'Oued Hamimine, de Aïn Smara, les unités de textiles et de produits laitiers de Constantine, des complexes d'hydrocarbures d'ElKhroub, de la cimenterie de Hamma Bouziane, de l'unité de production de détergents de Chelghoum Laïd, la tannerie et l'unité de céramique d'El Milia. Les industries localisées autour des autres agglomérations génèrent également des rejets non négligeables (Krika, 2014).

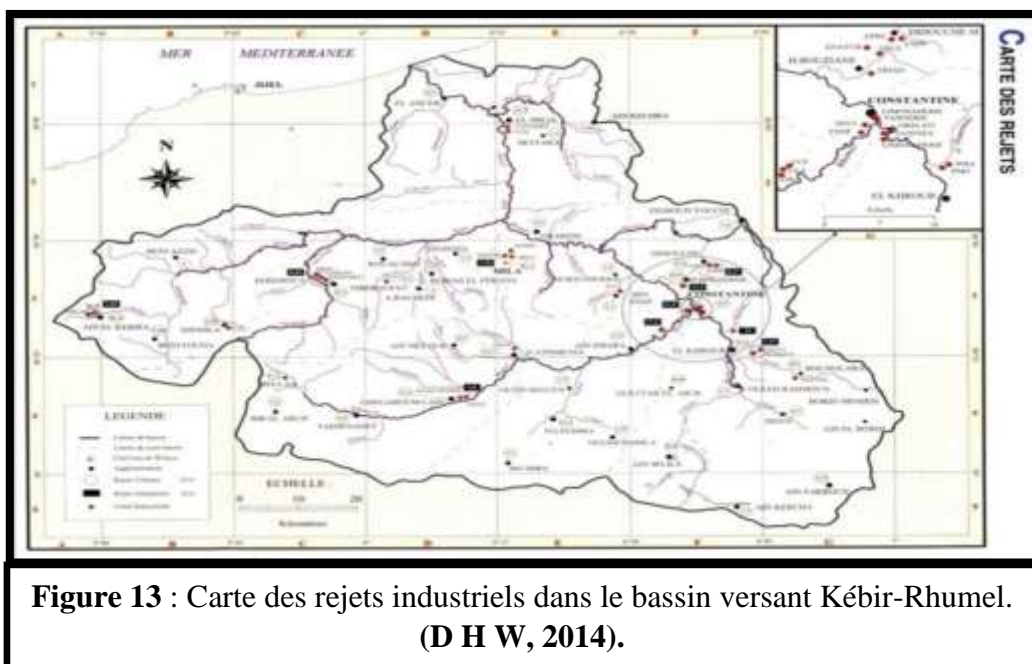


Tableau 09 : Les principales unités industrielles dans le bassin Rhumel (A.B.H.1999-2004).

Nature/type	Lieu d'implantation
Détergents	Chelghoum Laid
Pelle, grues, compacteur	Ain Smara
Chariots élévateurs	Ain Smara
Céramique	Oued Athmania
Céramique	Hamma Bouziane
Tuyaux d'assainissement	Hamma Bouziane
Minoterie	Hamma Bouziane
Briques	ZI.Didouche Mourad
Boisson gazeuses	ZI.Didouche Mourad
Céramique	ZI.Didouche Mourad
Céramique	Ibn Ziad
Céramique	Mila
Briques	Mila
Céramique	Mila

➤ **Le trafic routier**

Il est important au niveau des routes nationales et secondaires longeant l'Oued Kébir-Rhumel et ses effluents. Ce réseau est à l'origine de plusieurs retombées atmosphériques qui peuvent gagner directement ou après ruissellement les cours d'eau et par conséquent l'Oued-Kébir-Rhumel qui constitue l'exutoire du réseau hydrologique dans la région d'étude (**Krika, 2014**).

III.8. Etat des connaissances sur oued Kébir-Rhumel

Ce travail est basé sur la collecte d'un ensemble des données issus des travaux précédents caractérisant les eaux des deux grands oueds (Endja et Rhumel), situés en amont de oued Kébir-Rhumel. De ce fait, nous présentons et nous discutons les résultats recueillis pour mieux connaître et expliquer la variabilité spatio-temporelle d'un ensemble de paramètres abiotiques et biotiques caractérisant l'état écologique des eaux d'oued Kébir-Rhumel. En outre, le résultat obtenu peut être utile pour des travaux ultérieurs.

III.8.1. Les paramètres physico-chimiques

Les diverses études réalisées sur les deux oueds ont montré une variation spatio-temporelle pour l'ensemble des paramètres caractéristiques de l'état physico-chimiques des eaux. Les données recueillies sur une période de trois ans, définissant la physico-chimie des eaux des deux oueds sont celles de Boukezzoula (2014), Azizi et Benrdjem (2015) et Leknouche et Mesbah (2016). L'ensemble des données sont portées dans le tableau 10.

Tableau 10 : Paramètres physico-chimiques de oued Endja et oued Rhumel sur une période de trois années.

	2014		2015		2016	
	EN	RH	EN	RH	EN	RH
T (°C)	19.2	23.35	13.35	12.7	15.02	17.05
PH	8.74	6.51	7.54	7.92	7.45	7.84
O₂ mg/l	31.75	8.9	12.55	7.24	8.94	7.60
CE mg/l	1071	1620	1903	1753	1306	1948.5
NO₃⁻ mg/l	5.94	10.18	39.05	34.05	33.41	18.11
NO₂⁻ mg/l	0.28	2.06	1.60	2.02	1.05	1.85

III.8.2. Les paramètres biologiques

III.8.2.1. Les macros invertébrés

Pour ce compartiment biologique nous avons pu bénéficier de l'existence de relevés faunistiques effectués par Amira, Bouzraieb et Hemici (2012), Djeddi (2014 et 2015) et Ghouila et Amiour (2018). Nous avons établi la comparaison des listes taxonomiques élaborées dans le cadre de cette étude pour une durée de quatre ans. Ces données nous serviront de base d'interprétation. L'ensemble des données collectées sont portées dans le tab11.

Tableau 11 : Classification des macros invertébrés selon les stations pour les années (2012/2014/2015 et 2018).

Unités systématiques		2012		2014		2015		2018
		En	Rh	En	Rh	En	Rh	En
Plécoptères	Periidae			+				
	Leuctridae		+					
Ephéméroptère	Baetidae	+	+	+		+	+	+
	Ephemerelellidae		+	+	+	+		+
	Heptagenidae		+	+				+
	Leptophlebiidae							+
	Isonychiidae					+		+
	Ameletidae							+
	Caenidae					+		+
Odonate	Calopterygidae		+					
	Libellulidae							+
	Cordulegastridae		+					
	Conagrionidae		+					
	Aeschnidae					+		
Diptères	Chironomidae	+	+		+	+	+	+
	Culicidae	+						+
	Cerophidae		+					
	Dixidae		+					+
	Psychodidae		+					+
	Simulidae				+			+

	Ceratopogonidae							+
	Syrphidae		+					
	Plychopteraidae		+					
	Coenagrionidae		+					
	Sciomyzidae							+
Mollusque	Planorbidae	+					+	
	Physidae	+	+		+	+	+	
	Goniobasis	+						
	Ferrissidae							+
	Nertidae						+	
Coléoptères	Psychodae	+						
	Dyticidae		+					+
	Dryopidae		+					
	Hydrophilidae							+
	Haliplidae		+					
Heteropteres	Veliidae		+					+
Hémiptères	Corixidae					+	+	
	Sigara			+			+	
Trichoptères	Polycentropodidae							+
	Hydropsychida		+	+				
	Goeridae				+			
Crustacées	Gammaridae		+					
Hirudines	Glossiphonidae				+		+	
	Salifidae						+	
Annélides	Oligochètes		+				+	

III.8.2.2. Le phytoplancton

Concernant cette partie du phytoplancton, nous avons bénéficié des données réalisées par Boukezzoula en 2014 et Azizi et Benrdjem en 2015. Leur résultats, concernant les deux années de travail sont synthétisées dans le tableau 12.

Tableau 12 : Inventaire phytoplanctonique des eaux des stations d'étude (Rhumel et Endja) pour les années 2014 et 2015.

Unite systématiques	2014		2015	
	EN	RH	EN	RH
<i>Caloneis</i>	+			
<i>Fragilaria</i>	+	+	+	+
<i>Cyclotella</i>			+	+
<i>Stephanodiscus</i>			+	+
<i>Melosira</i>				+
<i>Cymbopleura</i>				+
<i>Cymbella</i>	+			+
<i>Encyonema</i>				+
<i>Placoneis</i>			+	+
<i>Ulnaria</i>			+	+
<i>Pseudostaurosira</i>			+	+
<i>Punctastriata</i>			+	
<i>Gomphonema</i>	+	+	+	+
<i>Navicula</i>	+	+	+	+
<i>Mayamaea</i>				+
<i>Geissleria</i>				+
<i>Goyrosigma</i>			+	
<i>Craticula</i>	+	+	+	
<i>Fistulifera</i>			+	+
<i>Cavinula</i>			+	+
<i>Nitzschia</i>	+	+	+	+
<i>Tryblionella</i>			+	+
<i>Stenopterobia</i>			+	
<i>Bacillaria</i>	+			+
<i>Achnanthes</i>			+	
<i>Achantidium</i>			+	+
<i>Psammothidium</i>			+	+
<i>Eucoconies</i>			+	
<i>Kolbesia</i>			+	+

<i>Cocconeis</i>	+	+		+
<i>Cymatopleura</i>				+
<i>Surirella</i>			+	
<i>Stenopterobia</i>			+	+
<i>Amphora</i>	+			+
<i>Euglena</i>			+	+
<i>Phacus</i>			+	+
<i>Oscillatoria</i>	+	+		+
<i>Closterum</i>				+
<i>Gloeocapsa</i>			+	+
<i>Chlorella</i>				+
<i>Spirulina</i>			+	+
<i>Chroococcus</i>			+	+
<i>Cryptomona</i>				+
<i>Cosmarium</i>			+	
<i>Staurastrum</i>			+	
<i>Diatoma</i>	+			
<i>Staurosira</i>		+		
<i>Stauroneis</i>	+	+		
<i>Frustulia</i>		+		
<i>Mastogloia</i>	+			
<i>Surirella</i>	+			
<i>Diploneis</i>	+			
<i>Escyonema</i>	+			
<i>Microspora</i>	+	+		



Chapitre IV :

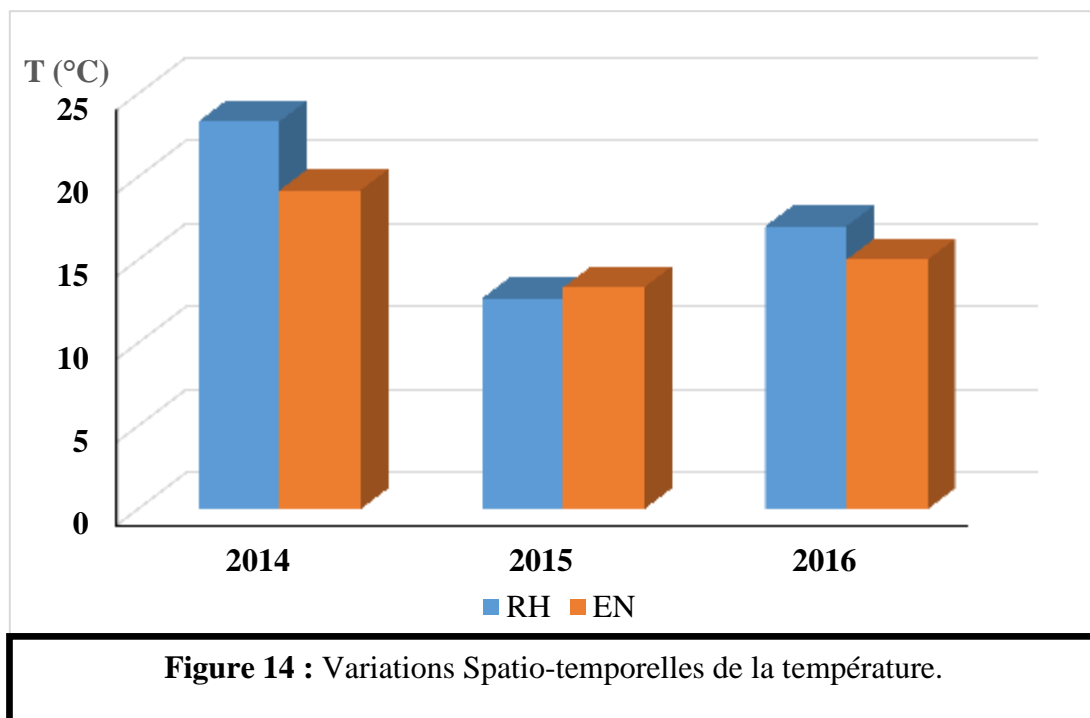
Résultat et discussions

Dans ce chapitre, nous présentons et nous discutons les résultats des données collectées des travaux précédents. Nous allons, commencé au premier par les paramètres physico-chimiques de l'eau (T° , pH, CE, O_2 , NO_3^- NO_2^-). Puis, nous présentons, les paramètres biotiques (macroinvertébrés et phytoplancton) dans une deuxième partie.

IV.1. La caractérisation physico-chimique

IV.1.1. Température (T)

La température de l'eau joue un rôle important dans la modification des propriétés chimiques, physiques et les réactions biologiques (**Benaabidate. 2000**). Selon la figure 14 présentant la variation spatio-temporelle, de la température de l'eau au cours des trois ans, nous constatons, qu'il existe une variation irrégulière d'une année à une autre et d'une station à l'autre ; cette variation est liée forcément avec celle de l'air et ce qui donne un impact direct sur l'activité photosynthétique (**Kherief Nacereddine et al., 2018**).



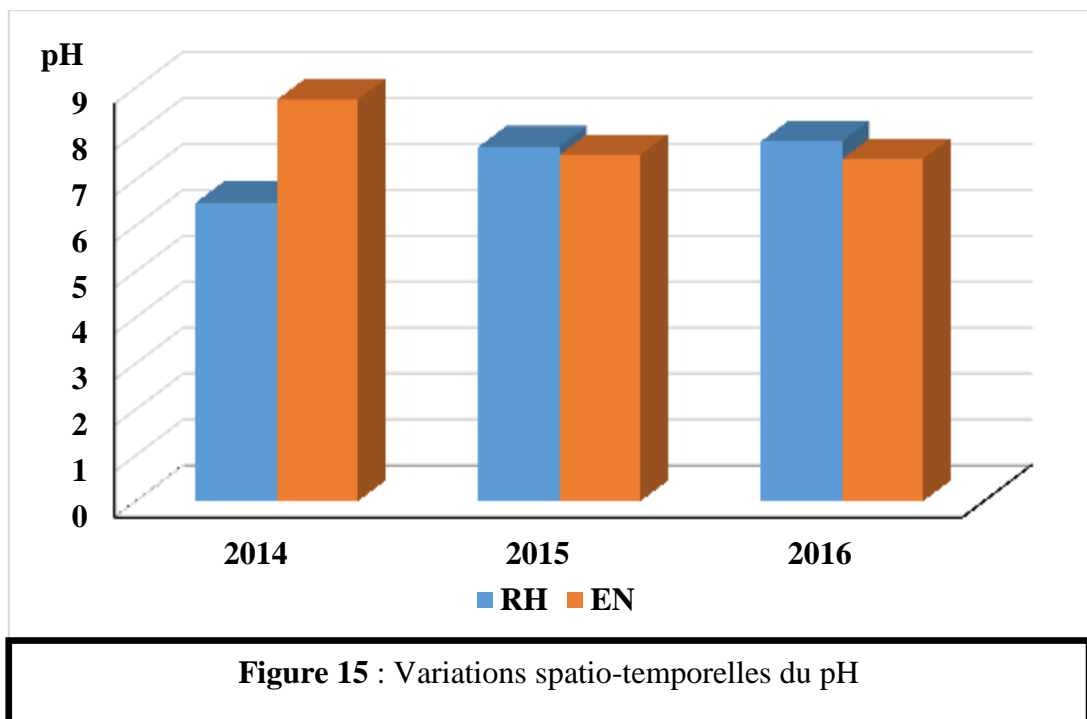
Du point de vue station, nous remarquons, que les valeurs les plus élevées sont enregistrées dans les eaux du Rhumel à l'exception de l'année 2015, où les valeurs sont très proches de celles enregistrées à oued Endja. Dans l'ensemble, les valeurs des températures ne dépassent pas le 25°C dans les eaux des deux oueds. Selon la grille d'appréciation de la qualité de l'eau en fonction de la température (**Masson, 1988**) (tab.13). La qualité des deux oueds varie entre moyenne à normale.

Tableau 13 : Grille d’appréciation de la qualité de l’eau en fonction de la température (Masson, 1988).

Température (°C)	Qualité	Classe
≤ 20	Normale	1A
20 - 22	Bonne	1B
22 - 25	Moyenne	2
25 - 30	Médiocre	3
≥ 30	Mauvaise	4

IV.1.2. Potentiel d’hydrogène (pH)

La valeur du pH caractérise un grand nombre d’équilibre physicochimique. Sa valeur altère la croissance des microorganismes existant dans l’eau (leur gamme de croissance est comprise entre 5 et 9) (Mizi, 2006).



Les valeurs du pH révélées, présentent une légère variation de 6.51 à 8.74 comme valeur maximale enregistrée à oued Endja pendant l’année 2014. Le Rhumel, présente, des valeurs de 6.51, comme valeur minimale, ce qui indique une légère acidité des eaux de ce dernier. Pour les teneurs du pH enregistrées à oued Endja, demeurent alcalins durant les trois années. Ce résultat, donne aux eaux la particularité d’une zone optimale pour le plancton.

Ainsi et selon les résultats obtenus par Djeddi, (2019), relative à deux ans (2015-2016). L'oued Rhumel présente des valeurs moyennes du pH variant de $7,66 \pm 0,42$ en amont à $7,80 \pm 0,35$ qui restent au voisinage de la neutralité. Alors que les eaux de l'oued Endja montrent un pH faiblement alcalin diminuant d'amont en aval avec des valeurs moyennes de $8,52 \pm 0,26$ à $8,09 \pm 0,60$ respectivement. Ces résultats confirment la présence de formations calcaires sur le bassin versant kébir-Rhumel.

Selon la grille d'appréciation de la vie aquatique en fonction du pH (tab 15), les eaux sont optimales pour la vie aquatique. Un pH compris entre 6 et 9 permet un développement à peu près correct de la faune et de la flore aquatique (Sahli, 2012).

Tableau 14 : Le pH et la vie aquatique (Arrignon, 1989 in Frank, 2002).

pH <5	l'unité inférieure à la survie des espèces
5 < pH < 6	tolérance pour la plupart des espèces
6 < pH < 7,5	zone optimale pour la reproduction de la plupart des espèces
7,5 < pH < 8,5	zone optimale pour le plancton
pH > 8,5	destruction de certaines algues et prolifération des autres
pH > 9	l'état de nombreuses espèces

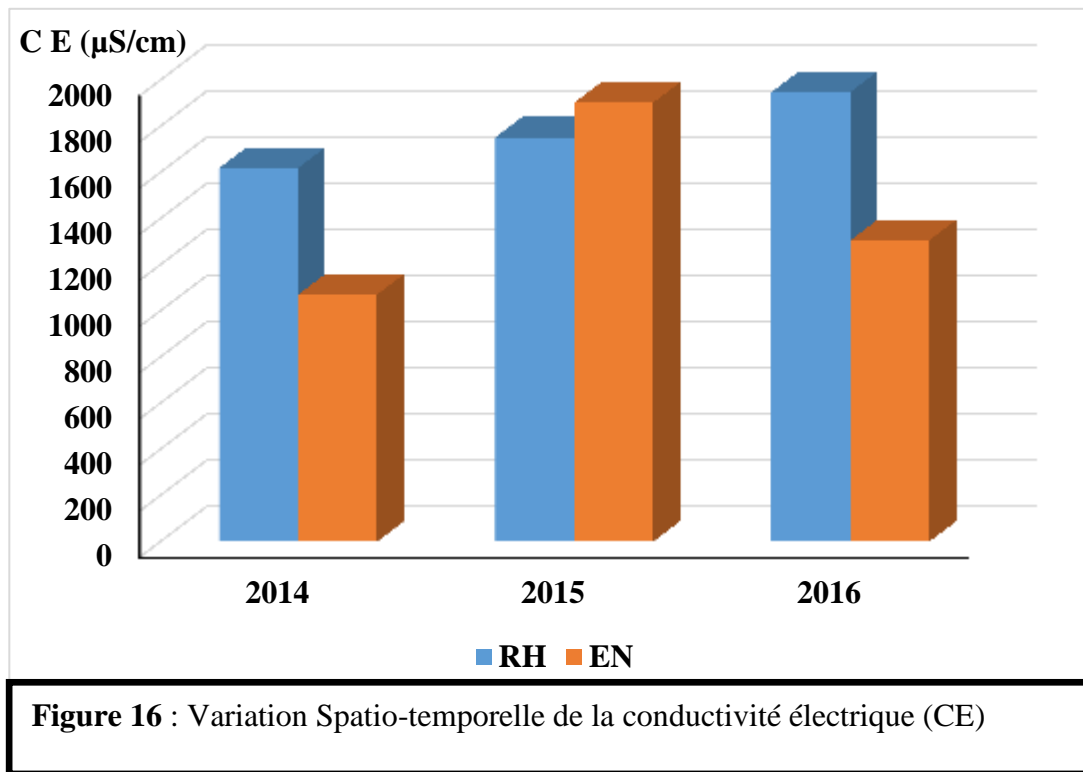
Des pH élevés augmentent les concentrations d'ammoniac, toxique pour les poissons. Tandis que, des pH faibles augmentent le risque de présence de métaux sous une forme ionique plus toxique. Donc et d'après, la grille de qualité des eaux en fonction du pH (tab.14), les eaux des deux oueds sont de qualité bonne à très bonne.

Tableau 15 : Qualité d'eau en fonction du pH (Laurent, 2011).

PH	Classification
8	Très bonne
8,5	Bonne
9	Passable
9,5	Mauvaise
-	Très Mauvaise

IV.1.3. Conductivité électrique (CE)

La conductivité représente l'un des moyens de valider les analyses physicochimiques de l'eau. En effet, des mesures contrastées sur un milieu permettent de mettre en évidence l'existence de pollution, des zones de mélange ou d'infiltration (Ghazali et Zaid; 2013).



Les valeurs de la conductivité électrique enregistrées durant les trois années dans les eaux des deux oueds, varient entre 1071-1948.5μS /cm. Ces valeurs sont supérieures à 1000μS/cm.

D'après le tableau ci-dessous (tab 16), indiquant la relation entre la conductivité électrique et le degré de minéralisation, Nous pouvons dire que nous sommes devant des eaux à minéralisation élevée déjà confirmé aussi par les travaux de Djeddi, (2019) pour la même période de travail. Ceci permet d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau (Pescod, 1985).

Tableau 16 : Rapport entre la conductivité et la minéralisation (Diallo, 1996).

Conductivité	Minéralisation
0-100 $\mu\text{S/cm}$	Minéralisation très faible
100-200 $\mu\text{S/cm}$	Minéralisation faible
200-333 $\mu\text{S/cm}$	Minéralisation Moyenne accentuée
333-666 $\mu\text{S/cm}$	Minéralisation accentuée
666-1000 $\mu\text{S/cm}$	Minéralisation importante
> 1000 $\mu\text{S/cm}$	Minéralisation élevées

Si, nous comparons, les valeurs spatio-temporelles de la CE enregistrées avec celles de la grille de la qualité des eaux de Masson (1988) (tab 17), nous pouvons dire que, les eaux des deux oueds sont de qualité passable à médiocre.

Tableau 17 : Qualité des eaux en fonction de la conductivité électrique (Masson, 1988).

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

IV.1.4. Oxygène dissous(O_2d)

Les teneurs en oxygène dissous sont variables et irrégulières dans l'espace et dans le temps pour les deux oueds (fig17). Les valeurs, les plus élevées sont enregistrés à oued Endja, avec une valeur maximale égale à 31,75 mg/l. Alors, que les plus faibles sont obtenues à oued Rhumel, atteignant la valeur minimale de 7,24 mg/l. Ce résultat, peut être expliqué par leurs relations avec celles des conductivités électriques élevées et celles des températures, ainsi que le mouvement des eaux de l'amont vers l'aval. Plus il y a un brassage des eaux, plus la solubilité de l'oxygène est relativement élevée. De ce fait, oued Endja, présente une bonne oxygénation par à port à oued el Rhumel.

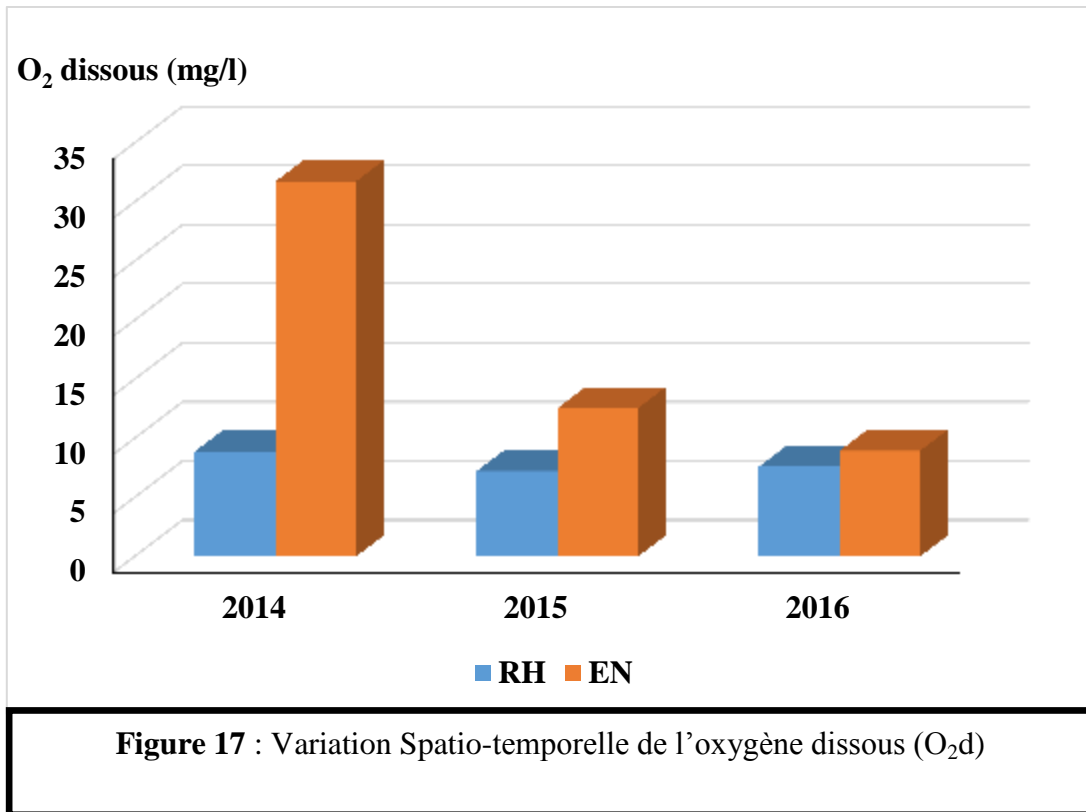


Figure 17 : Variation Spatio-temporelle de l'oxygène dissous (O₂d)

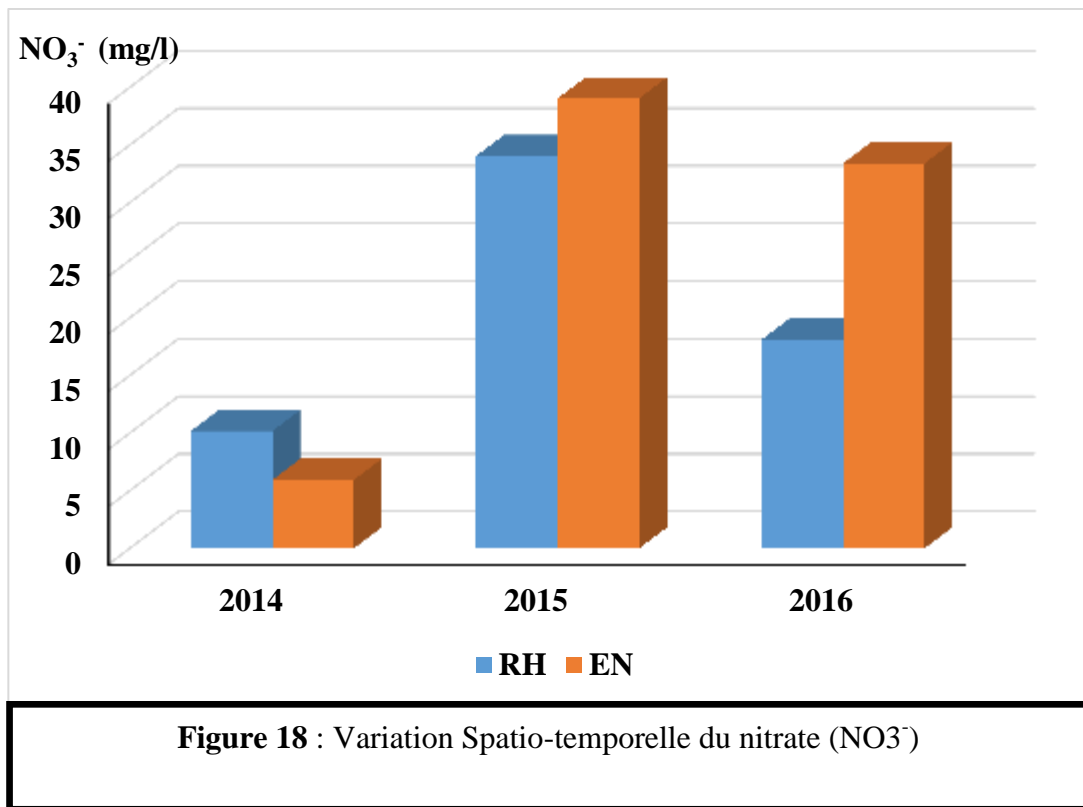
Les concentrations en oxygène dissous doivent être supérieures à 5 mg/l pour une température d'eau se situant entre 20 et 25°C afin d'assurer la protection de la vie aquatique (Duchemin, et Hébert, 2014). Dans, l'ensemble les valeurs de l'oxygène sont supérieures à 6 mg/l, donc selon le SEQ-Eau, 1999 (tab 18), la qualité des eaux des deux oueds est bonne à très bonne pour la vie aquatique.

Tableau 18 : Aptitude à la biologie en fonction d'oxygène dissous (SEQ-Eau, 1999).

Qualité	Très bonne	Bonne	Passable	Mauvaise	Très Mauvaise
O ₂ d mg/L	8	6	4	3	3>

IV.1.5. Nitrate (NO₃⁻)

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote, et représentent la forme d'azote au degré d'oxydation le plus élevé dans l'eau (Chapman et Kimstach; 1996). Elles sont liées aussi à la minéralisation de la matière organique, les engrais azotés, résidus animaux, fumier, etc (Abboudi, 2014).



La concentration en NO₃⁻ des deux oueds varie de 5,94 mg/l à 39,05 mg/l. Au niveau d'oued Rhumel, Nous avons enregistré un seul pic pour l'année 2015 avec une valeur de 34,05 mg/l. Alors qu'oued Endja, a enregistré deux pics avec 39,05 mg/l et 33,41 mg/l respectivement pour les années 2015 et 2016. L'enrichissement des eaux des deux oueds et en particulier Oued Endja en nitrates, suggère que ces ions, proviennent du lessivage des sols par ruissellement, des apports de déchets d'origine végétale et animale riche en composés organiques azotés et des apports d'origine urbaine surtout pendant les périodes pluvieuses (**Kherief Nacreddine, 2019**).

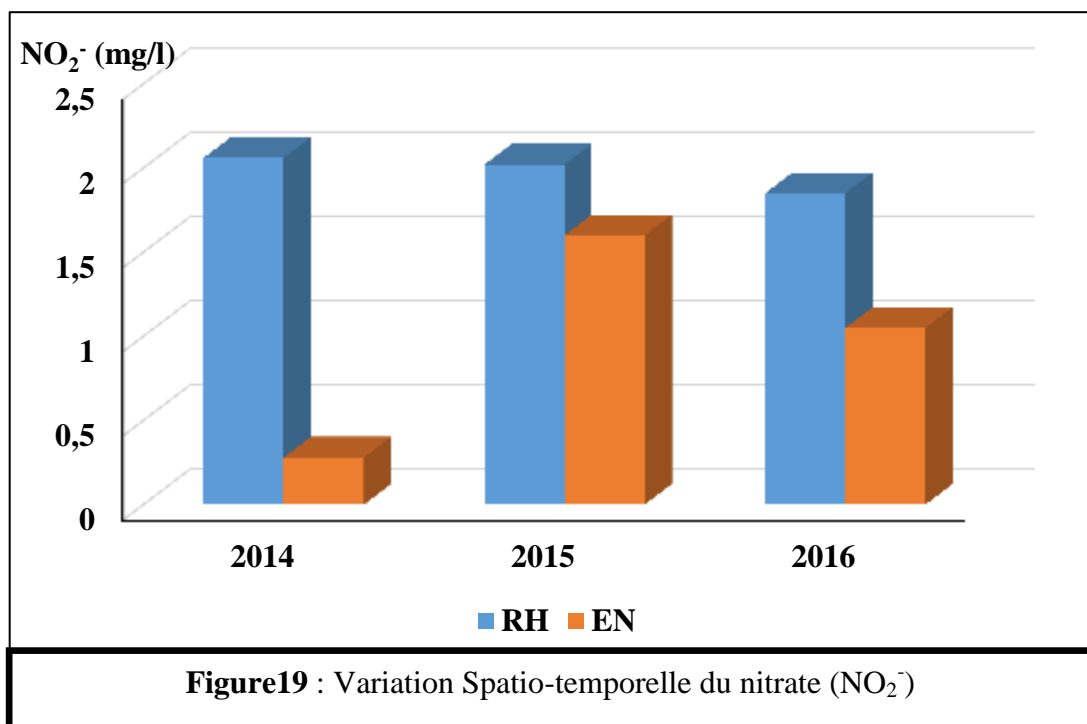
Cependant et selon la grille de qualité des eaux en fonction des nitrates ; les teneurs des NO₃⁻ relevées durant ces années pour les deux oueds oscillent entre 5,94 et 39,05mg/l, confèrent aux eaux, une qualité bonne pour l'année 2014, alors que pour les années 2015 et 2016, la qualité des eaux s'échelonne entre une qualité moyenne avec signe de pollution à polluée avec pollution nette (tab 19).

Tableau 19 : Grille de qualité des eaux en nitrates (ANRH, 2001).

Teneurs en nitrate NO_3^- (mg/l)	Qualité des eaux
<10	Bonne
$10 < \text{NO}_3^- < 20$	Moyenne avec signe de pollution
$20 < \text{NO}_3^- < 40$	Polluée avec une pollution nette
>40	Pollution important

IV.1.6. Nitrite (NO_2^-)

Les nitrites sont considérés comme étant des ions intermédiaires entre les nitrates et l'azote amoniacal, ce qui explique les faibles quantités rencontrées en milieu aquatique (Abboudi, 2014). Les valeurs relevées des nitrites au niveau du Rhumel, sont les plus élevés, comparativement de celles enregistrés à Oued Endja. Ces valeurs généralement supérieures à 1 mg/l, sont dues probablement à l'effet de la température. En fait, la température joue un rôle important dans la nitrification et la dénitrification biologique (oxydation de la forme ammonium). La nitrification est optimale pour des températures variantes de 25 à 37°C et peut même avoir lieu à 42 °C par contre, elle est fortement diminuée pour des températures de 12 à 15°C et elle s'arrête pour des températures inférieures à 5°C (Rodier et al., 2005 ; citer par Kherief Nacereddine, 2019).



Selon la grille de la qualité des eaux en fonction des nitrites (tab 20), la qualité des eaux des deux oueds à l'exception de oued Endja en 2014 qui a présenté une valeur inférieure à 1mg/l, sont de qualité médiocre à excessive.

Tableau 20 : Grille de la qualité des eaux en nitrite (ANRH, 2001).

Teneurs en nitrites NO ₂ ⁻ (mg /l)	Qualité des eaux	Classe
<0,1	Excellente	1A
0,1 < NO ₂ ⁻ < 0,3	Bonne	1B
0.3 < NO ₂ ⁻ < 1	Passable	2
1 < NO ₂ ⁻ < 2	Médiocre	3
> 2	Excessive	4

IV.2. La caractérisation biologique

IV.2.1. Les macros invertébrés

A. Inventaire systématique

Les invertébrés offrent de nombreux avantages pour réaliser le suivi de la qualité des cours d'eau (Rosenberg et Resh, 1993). Des études sur la possibilité de les utiliser comme indicateurs de pollution des eaux des lacs et lagunes ont été effectuées surtout dans la région tempérées (Grall et Glémarec, 1997).

Tableau 21 : Nombre d'unités systématiques des macros invertébrés pour chaque année et chaque oued.

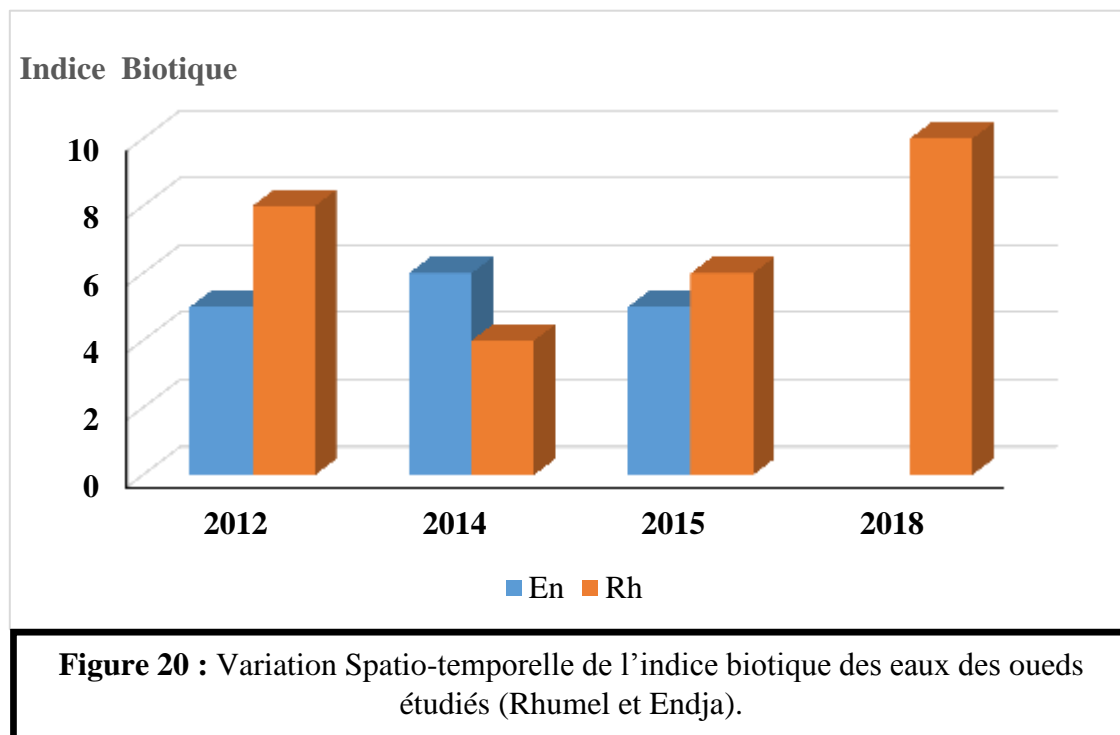
	2012		2014		2015		2018
	EN	RH	EN	RH	EN	RH	RH
Nombre d'unités systématiques	7	22	6	6	8	10	20

D'après les résultats présentés sur le tableau (21), sur l'ensemble des années étudiées, nous avons enregistré 79 unités systématiques au total répartissent comme suit :

- en 2012, dans les deux oueds étudiés (Rhumel et Endja), 29 unités systématiques ont été déterminées. 22 familles comptabilisées à oued Rhummel seul et 7 les familles restantes à oued Endja ;
- en 2014, nous avons compté 12 unités systématiques, représentées par 6 familles pour chaque oued ;
- en 2015, nous avons enregistré 10 familles pour oued Rhumel et 8 familles pour oued Endja ;
- et à la dernière année (2018), 20 unités systématiques enregistrées pour oued Rhumel et seulement 7 familles à oued Endja.

B. L'indice biotique

Les méthodes biologiques tentent d'apprécier les effets de la pollution sur les organismes aquatiques plutôt que d'en déterminer les causes. Les peuplements aquatiques intégrant de façon permanent les conditions du milieu, donnent une image synthétique de la qualité générale du cours d'eau. L'indice biotique (Ib), permet une bonne approche de la qualité des eaux. Pour cela l'utilisation de cet indice nous a permis de mettre en évidence et d'évaluer la qualité biologique des eaux des oueds étudiées. Afin de synthétiser les résultats du point de vue cartographique. Les 10 indices sont regroupés en 5 classes de qualité (tableau 22) correspondant chacune à une couleur.



La lecture de ce graphe nous permet de constater que :

Les valeurs obtenues de l'indice biotique (Ib) pour l'année 2012 révèlent une pollution moyenne de classe (III) pour oued Endja (Ib égale à 4), tandis qu'elle est faible de classe (II) pour le Rhumel (Ib de 5 à 6). Pour l'année 2014, l'indice biotique, révèle une pollution élevée de classe (IV) pour oued Rhumel (Ib =4). Pour l'année 2015, Ib, indique une pollution moyenne de classe (III), pour les deux oueds. A la fin, l'indice biotique enregistré en 2018 à oued Rhumel, révèle une pollution faible à nulle.

Donc, selon le tableau de la classification de la qualité biologique, nous pouvons classer les eaux des deux oueds comme moyennes à bonnes.

Tableau 22 : Classification de la qualité biologique d'un site (De Pauw et Vanhooren, 1983).

Indice	Classe de niveau de pollution	Couleur
10 – 9	I-pollution faible à nulle	
8 – 7	II-pollution faible	
6 – 5	III-pollution moyenne	
4 – 3	IV-pollution élevée	
2 – 0	V-pollution très élevé	

C. Diversité et abondance

La figure (21) visualise graphiquement l'abondance des taxons dans les quatre années (2012/2014/2015/2018). Les familles de macroinvertébrées les plus abondantes étaient les Ephéméroptère et les Diptères.

- Pour l'année 2012, les Diptères sont les plus abondants avec le plus grand pourcentage (31%). Les Ephéméroptères, les Mollusques et les Coléoptères avec un pourcentage de 13 % pour chaque groupe, suivis par les Odonates avec une participation de 10%. Et en fin, les Annélides, les Crustacées, les Trichoptères, les Plécoptères et les Hétéroptères bien que moins diversifiés avec une participation de 4 % ;
- En 2014, le groupe le plus abondant était les Ephéméroptères avec le plus grand pourcentage de 33%, suivis en deuxième position par les Trichoptères et les Diptères avec un pourcentage de 17% et à la dernière position, viens les Hirudines, les Plécoptères, les Mollusque avec des pourcentages similaires égale à 8 % ;

- Tandis que, l'année 2015 enregistre, un pourcentage de 28% pour les Ephéméroptères, suivis par les Mollusque avec un pourcentage de 22%. Les Hémiptères avec 17%, les Hirudines et les Diptères avec une participation de 11%. Alors que, les Annélides et les Odonates avec le plus faible pourcentage 6% ;
- Les Ephéméroptère et Diptères sont le groupe le plus abondant de l'année 2018 avec le plus grand pourcentage 35%, suivis par les Coléoptères (10 %) et avec le plus faible pourcentage, viennent les Trichoptères, les Odonate, les Mollusque et les Hétéroptères avec 5%.

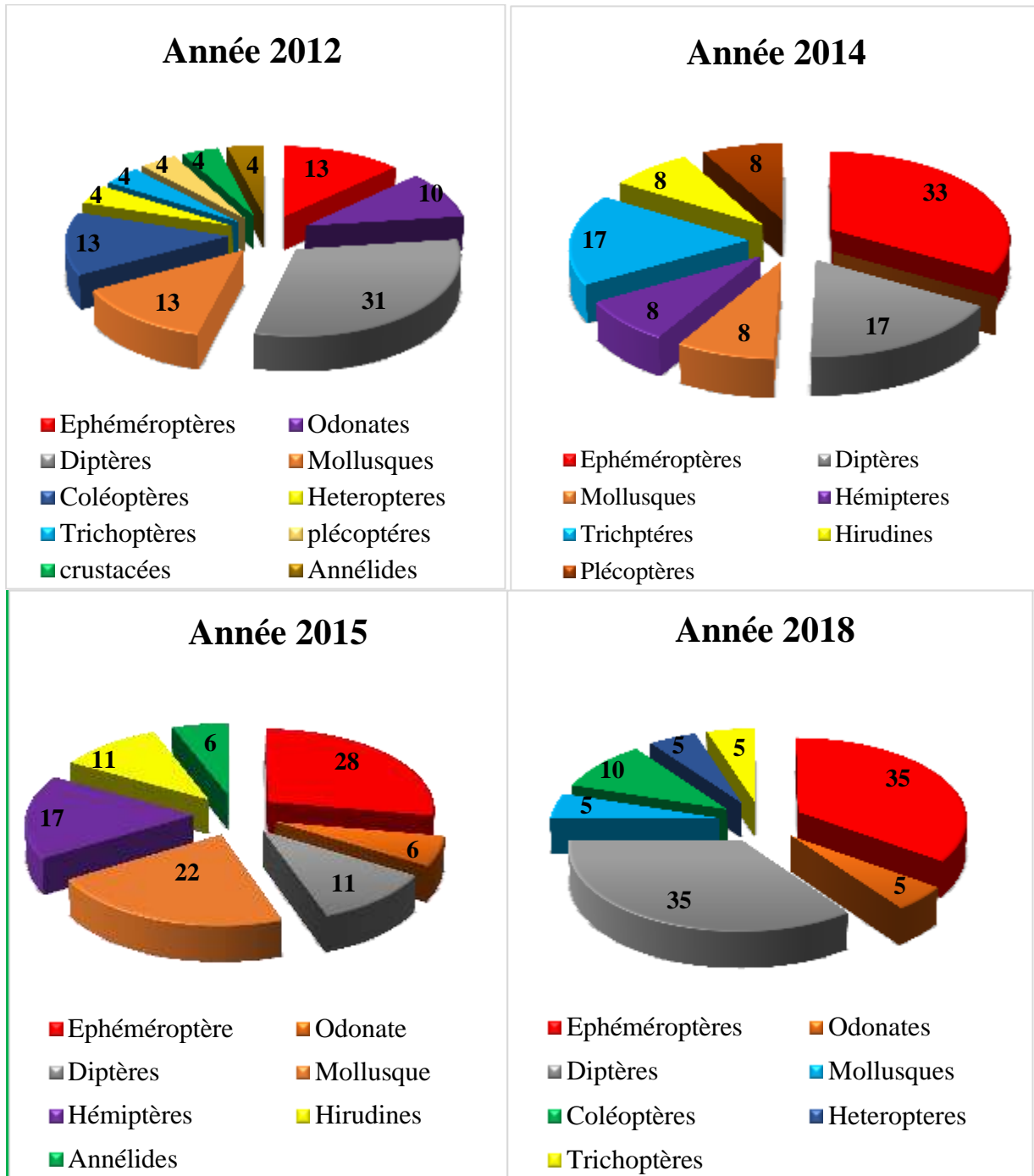


Figure 21 : Variation spatio-temporelle des macro-invertébrés

D'après les résultats obtenus, recensant, les différents groupements des macroinvertébrés au cours de ces années d'étude, nous remarquons, l'abondance de la famille la plus sensible à la pollution comme les Ephéméroptères avec l'apparition des Plécoptères et les Trichoptères. Bien que, nous avons enregistré une augmentation de la valeur de l'indice biotique d'une année à l'autre surtout à oued Rhumel.

Notre étude a montré que les eaux des deux oueds, présentent une structure faunistique très variée. Toutefois, la qualité des eaux des deux oueds, varie entre moyenne à bonne. Un déséquilibre de l'écosystème aquatique, provoque par la suite une disparition des espèces les plus sensibles.

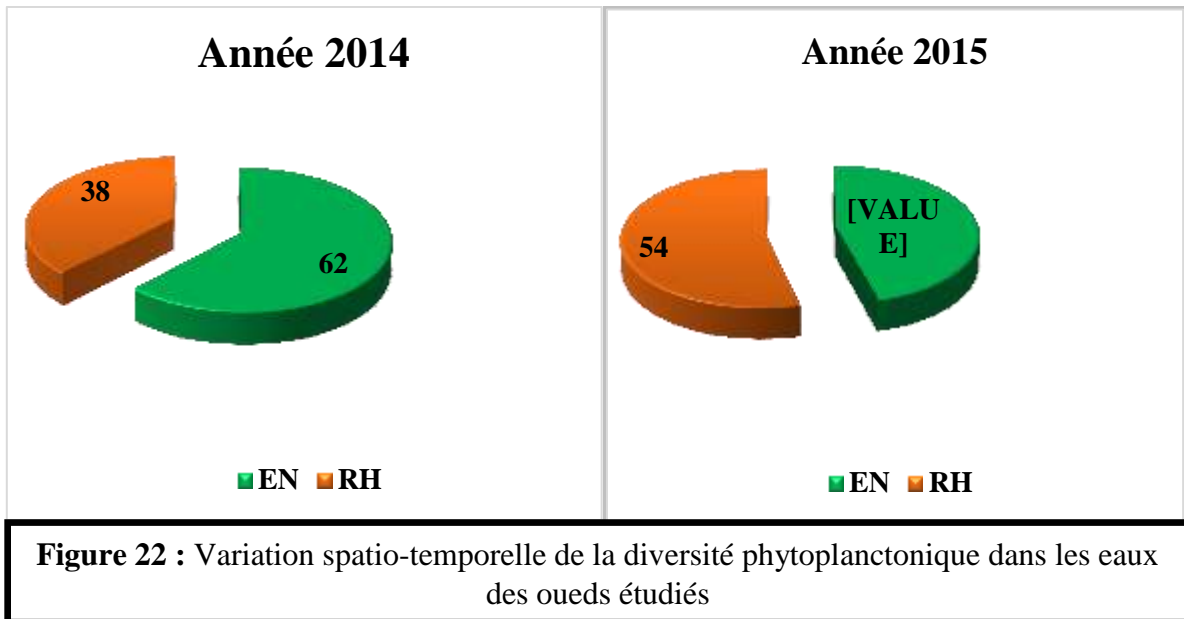
IV.2.2. Le phytoplancton

Le phytoplancton est considéré comme étant la première communauté biologique à répondre à l'eutrophisation, spécialement dans les lacs (Solheim et al., 2005). Ainsi, ce compartiment biologique a été proposé puis imposé par la (DCE, 2000), comme élément de qualité biologique pour les lacs et est identifié aujourd'hui comme un bio-indicateur potentiel puisque répondant aux changements trophiques des masses d'eau.

Tableau 23 : Nombre d'unités systématiques des macros invertébrées pour chaque année et chaque oued.

	2014		2015	
	EN	RH	EN	RH
Nombre d'unités systématiques Total	18	11	30	35

D'après les résultats présentés dans le tableau 23 et la figure 22, sur l'ensemble des stations, on remarque, la présence de 94 unités au total, les plus dominantes, sont les *Fragilaria*, *Gomphonema*, *Navicula* et *Nitzschia*. Oued Rhumel présente la richesse, la plus élevée avec 35 unités enregistrées en 2015, suivie par oued Endja avec 30 unités durant la même année. L'année 2014 a enregistré, les plus faibles richesses. Donc, il y a une tendance vers une augmentation de la richesse phytoplanctonique au cours du temps.



A la fin, nous pouvons conclure que, les deux oueds (Rhumel et Endja) sont caractérisés par une diversité phytoplanctonique importante. Cette diversité est en relation avec les conditions favorables à leur développement.



Conclusion

Conclusion

Pour conclure ce travail, il convient de rappeler que les oueds (Endja, Rhumel) sont des ressources en eau les plus importantes du réseau hydrique Kébir-Rhumel. Ces cours d'eau qui alimentent le barrage Béni Haroun sont l'ouvrage de la réserve en eau dans le Constantinois, constituent un grand réceptacle de tout type de rejets de diverses natures. L'évaluation de l'état des eaux accorde une importance primordiale à la qualité écologique des eaux mettant en exergue le bon fonctionnement de l'écosystème aquatique ; Alors que, l'appréciation de la qualité des eaux se base sur la mesure d'un ensemble de facteurs abiotique et biotique.

L'objectif principal de la présente étude est de mener un premier état des lieux de la flore et la faune aquatique, ainsi que les conditions physico-chimiques du milieu des deux grands oueds du Kébir-Rhumel. Dans cette étude, nous nous sommes appuyés sur les macroinvertébrés benthiques et le phytoplancton comme des bio- indicateurs de la pollution et d'un ensemble de paramètres abiotique, à savoir, la Température, le pH, l'oxygène dissous, la CE, les nitrates et les nitrites, bien sûr, en se basant sur des données collectées des différents travaux déjà effectués durant quelques années précédentes.

Après la détermination des unités systématiques, ils ont servi aux calculs des indices biotiques. Ce dernier, a montré au cours du temps une tendance progressive, sur tout à oued Rhumel, L'étude de l'inventaire phytoplanctonique a révélé une richesse importante en 2015 dans les deux oueds. L'analyse physico-chimique des eaux superficielles des eaux des deux oueds montre, des fluctuations thermiques variantes selon l'année, montrant une qualité moyenne à normale. Un pH faiblement alcalin révèle une bonne qualité compatible avec la survie des organismes. Dans, l'ensemble les valeurs de l'oxygène sont supérieures à 6 mg/l, indiquant une qualité bonne à très bonne pour la vie aquatique. Les valeurs de la conductivité indiquent une minéralisation excessive. Les teneurs des NO_3^- relevées durant ces années pour les deux oueds, montrent une pollution progressive pour cet élément nutritif.

Il devient donc nécessaire d'instaurer un programme de contrôle et de surveillance continu des différentes sources de pollution et de leur effet sur l'environnement, en obligeant les divers industriels existants à se doter de système de traitement de leurs eaux résiduelles, ainsi envisager des stations d'épuration plus adaptées.



Références

bibliographiques

A

- Abboudi A., 2014.** Etude de la qualité physico-chimique et contamination métallique des eaux de surface du bassin versant de Guigou, Maroc. Européen Scientific Journal August 2014 édition vol.10, No.23 ISSN: 1857 – 7881.
- ABH., 2004.** Les Cahiers de l'Agence N° 8. Le Bassin du Kébir-Rhumel. Agence de Bassin Hydrographique Constantinois-Seybouse- Mellegue, Ministère des Ressources en Eau, 44p.
- ABHCSM., 1999.** Cahiers de l'Agence des Bassins Hydrographiques Constantinois Seybouse Mellegue (Ministère algérien de l'Équipement et de l'Aménagement du Territoire).
- Adjagodo A., Kelomè Net Vissin E 2017.** Pollution Physique Et Bactériologique De L'eau Du Fleuve Dans La Basse Vallée De L'ouémé Pendant Les Périodes De Basses Et Hautes Eaux Au Bénin. Européen Scientific Journal, ESJ. 2017;13. 35.
- AEE., 2006.** Cahiers de l'Agence Européenne Pour l'Environnement. Problèmes prioritaires pour l'environnement méditerranéen. Rapport AEE n° 4/2006,56P
- Afnor., 1992.** Qualité écologique des milieux aquatiques. Qualité de l'eau. Détermination de l'indice biologique global normalisé (IBGN), Association française de normalisation, Norme homologuée T 90-350.
- Afnor 2003.** Qualité de l'eau – Détermination de l'indice biologique Macrophytique en rivières (IBMR). NF T90-395.Plain.28p
- Afri Mehennaoui., F.Z., 1998.** Contribution à l'étude physico-chimique et biologie de l'Oued Kébir-Rhumel et de ses principaux affluents. Thèse de Magister en Ecologie. Université de Constantine, 238 p.
- Aissaoui A., 2013.** Evaluation du niveau de contamination des eaux de barrage Hammam Grouz de la région Oued Athmania (wilaya de Mila) par les activités agricoles. Thèse de Magister Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Algérie. 302p.
- Amrouche C et Keziouh A., 2015.** Contamination des sédiments de l'oued Endja par le Cadmium. Mémoire de magistère. Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf Mila.
- ANRH., 2001.** Cahiers de l'Agence Nationale des Ressources Hydriques.
- Arrignon J., 1989 in Frank., 2002.** Arrignon J. Amenagement piscicole des eaux douces. Edition Tec et DOC. Analyse des eaux. 56 p.
- ASEF., 2010.** Association Santé Environnement France.

B

- Babou Lylia et M'zyene Nacera., 2018.** Suivi des paramètres physico-chimiques et biologiques des eaux brutes et traitées de la STEP Est de Tizi-Ouzou. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. Mémoire de Master p89.

- Banas D et Lata J., 2007.** Les phosphates. Université Paris-Sud ; Laboratoire d'Ecologie, Systématique et Evolution P3.
- Barbosa-Vasconcelos A., Mendes A., Lopes E., Machado A., Bordalo A., Vaz-Pires P., Vieira N., Martins da Costa P et Bessa L., 2018.** River water analysis using a multiparametric approach: Portuguese river as a case study. *Journal of Water and Health* 16(6), 991-1006.
- Barry R., Taylor., Sanderson J et Lafontaine C., 1998.** Programme de surveillance de la qualité de l'environnement de la rivière Liard. Rapport sommaire Division des ressources hydrauliques affaires Indiennes et du Nord Canada Yellowknife (T.N.-O.), P41.
- Belhadj M., 2017.** Qualité des eaux de surface et leur impact sur l'environnement dans la Wilaya de Skikda. Université Mohamed Khider Biskra Faculté des Sciences et de la technologie Thèse Doctorat). 172P.
- Belliard J., Roset N., 2006.** L'indice poissons rivière (IPR)-Notice de présentation et d'utilisation.24.
- Benaabidate L.,** Caractérisation hydrologique du bassin versant de Sebou : hydrogéologie, qualité des eaux et géochimie des eaux thermales. Thèse Doc.Es-sc. Faculté des Scinces et Techniques, Fès, 250p.
- Benariba N., 2015.** Etude de la pollution au niveau d'oued Hennaya (Diagnostic et solutions). Mémoire de projet de fin d'études pour l'obtention du Diplôme de Master En Hydraulique. Université Abou Bekr Belkaid.
- Benkaddour B., 2018.** Contribution à l'étude de la contamination des eaux et des sédiments de l'Oued Chélif (Algérie) Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem.
- Benmebarek., Boukezzoula et Chebbahpour., 2012.** Mini-projet, évaluation de la qualité biologique par l'indice biotique de l'oued Endja, pp : 46.
- Benmoussa A., Chahlaoui A., Rour E et Chahboune M., 2014.** Diversité taxonomique et structure de la macrofaune benthique des eaux superficielles de l'oued khoumane. Moulay idriss Zerhoun, Maroc (Taxonomic diversity and structure of benthic macrofauna of surface water of Khoumane River.Moulay idriss Zerhoun, Morocco). *J, Mater, Environ, Sci*, 5 (1). ISSN: 2028-2508. CODEN: JMESC. 183-198 p.
- Bennana M., 2013.** Étude de la pollution de l'eau et du littoral du lac de Hassi ben Abdellah, Master académique, Université Kasdi Marbah, Ouargla. 46p.
- Bessalem Z et Hassani S., 2017.** Contribution à l'étude des paramètres physico-chimiques et bactériologiques sur deux périodes d'échantillonnages de deux sources d'eau au niveau de deux communes « Ouacif et Ouadhias » Wilaya de Tizi Ouzou. Mémoire de Master. Université Mouloud Mammeride Tizi-Ouzou 95p.
- Bouhanneche F et Hammada L., 2014.** L'évaluation physico-chimique et biologique de la qualité des eaux de l'Oued Endja, Mémoire de Master. Centre Universitaire de Mila.41p.
- Boutin C., Héduit A et Michel J., 2009.** Technologie d'épuration en vue d'une réutilisation des eaux usées traitées. Office national de l'eau et des milieux aquatiques .16p.

Bouزيد et Boulkraa., 2008. Les types de pollutions de l'eau. *Norois*, 82 : p. 183-193.

Bouziani M., 2000. L'eau de la pénurie aux maladies .Ed Ibn-Khaldoun .Alger.

C

Chapman, D., Kimstach, V., 1996. Selection of water quality variables. *Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environment monitoring*, Chapman edition, 2nd ed. E & FN Spon.

Chebli S et Djamaikh ; 2016. Qualité physico-chimique des eaux du Barrage de Béni Haroun et ses affluents (wilaya de Mila, Ne Algérien).

Chouteau C., 2004. Développement d'un biocapteur conductimétrique bioenzymatique à cellules algales. *Chimie, Procédés, Environnement*. N° d'ordre : 04.

Coste M., 2006. Etude du peuplement diatomique DCE 45p.

D

Daphné T., 2008. Utilisation des macroinvertébrés benthiques pour évaluer la dégradation de la qualité de l'eau des rivières au Québec. *Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation, Université Laval*. 40p.

DCE., 2000. Surveillance la directive cadre européenne-Bilan des résultats par masse d'eau. Masse d'eau côtière FRGC16. Rade de Brest. Phytoplancton. Hydrologie.

De Pauw N., Vanhooren G., 1983. Méthode d'évaluation de la qualité biologique des cours d'eau en Belgique. *Hydrobiologia* Volume 100, Numéro 1: 153-168 p.

Devillers J., Squilbin M., Yourassowsky C., 2005. Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface: cadre général Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement / Observatoire des Données de l'Environnement 1 / 16. Les données de l'IBGE : "L'eau à Bruxelles" 16p

D H W., 2014. Cahiers de l'Agence Déréction Hydrolique de Willaya.

Diadovski I., 1993. « Un modèle d'écosystème pour les qualités des eaux des rivières larges », IAHR-AIRH, Tokyo, Japan, 600 pages.

Diallo B., 1996. Analyse et contrôle de la pollution des eaux du fleuve Niger par les rejets liquides urbains et industriels du district de Bamako. *Mémoire DEA de Biologie*. Ensup Bamako.

Djilani C., 2006. Analyse et traitement des eaux de rejets de l'unité VCM du complexe pétrochimique de Skikda, *Mémoire de Magister*. Université de Skikda. 20 p.

Djader M., Saadouni S., 2017. Evaluation des paramètres physico-chimique au niveau d'oued Rhumel et du barrage Beni Haroun. *Mémoire de Master Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf-Mila*. 103p.

Drira Z., 2009. Contribution à la compréhension du fonctionnement du golfe de Gabés : Etude des caractéristiques dynamiques et structurales des communautés phyto zooplanctoniques en relation avec la variabilité environnementale et les caractéristiques hydrographiques des zones côtières et océaniques. Thèse présentée à la faculté des sciences de Sfax pour obtenir le grade de Docteur de l'université de Sfax. Docteur de l'université de France comite. pp14, 15.

Duchemin M et Hébert S., 2014. Les métaux dans les rivières du sud-ouest du Québec (2008-2011), Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-71296-1 (PDF), 24 pages, 17 annexes.

F

Facih I., 2010. Etude de la qualité bactériologique des eaux de la station de traitement d'Ain Tin. Institut Ellaarbi Ben Mehidi. 12p.

Fassett D.W., 1975. Cadmium biological effects and occurrence in the environment. and. Toxicol., Maine. 425-435 pp.

Fercha Ch et Debchi M., 2018. L'évaluation de La qualité microbiologique d'Oued Rhumel (Willaya de Constantine) Mémoire de Master Université Larbi Ben Mhidi Oum El Bouaghi.

Forbes V.E et Forbes TL., 1997. Ecotoxicologie Théorie et applications. Ed. INRA (Paris). Presses des imprimeries Maury, Millau. 256p.

G

Grall J. et Glemarec M., 1997. Using biotic indices to estimate macrobenthic community perturbations in the Bay of Brest. Estuarine, Coastal et Shelf Science 44, Supplément A : 43-53.

Gantzer C., Lucena F., Schwartzbrod L et Jofre J., 1998. Indicateurs de contamination virale du milieu hydrique : mythe ou réalité, Virologie 2. 117-120p.

Gaujous D., 1995. La pollution des milieux aquatiques. Aide-mémoire. Ed. Technique et Documentation. Lavoisier, Paris, 220 p.

Ghazali D et Zaid., A 2013. Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de la source Ain Salama-Jerri (région de Meknès, Maroc). Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 12, pp. 25-36.

H

Henaut A., 2011. Pollution de l'air et de l'eau, Les dossiers de science et politiques publiques, université Pierre et Marie Curie, Paris. 02p.

Hoffmann F., Auly T et Meyer A., 2014. L'eau. Coll. les petits vocabulaires de la géographie. Edition confluences. 37-47p.

I

INERS., 2005. Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques. Chrome et ses dérivés. BLMDRC-05-456720-FFIK/JI-0548.

Ivanowsky A., 2016. Ouvrages d'assainissement des eaux et qualité du milieu récepteur en zone urbaine. Cas de rejets dans la Marque à Villeneuve d'Ascq. Thèse de Doctorat. Université de Lille 1 (France), 229 p.

J

Jérôme Belliard et Nicolas Roset., 2006. Edition L'indice poissons rivière (IPR).

K

Kadem, D., 2005. Evaluation et comportement des métaux lourds (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn et Mn) dans les sols à vocation agricole et à végétation naturelle soumise à une pollution atmosphérique. (El Hadjar – Annaba, Est Algérien). Influence de la végétation sur la dynamique des métaux. Thèse de Doctorat d'état en Ecologie. Université Mentouri. Constantine. 200p.

Karayucel S et Karayucel I., 2000. The effect of environment factors, depth and position on the growth and mortality of raft-cultured blue mussels (*Mytilus edulis* L.). *Aquaculture Research* 31, p. 893- 899.

Kankou M., 2004. Vulnérabilité des eaux et des sols de la rive droite du fleuve Sénégalien Mauritanie : étude en laboratoire du comportement de deux pesticides, Thèse de doctorat, Université de Limoges. 159p.

Kerckhove O., 2012. Espèces ou association d'espèces de poissons en tant que bio-indicateur de l'état de santé des récifs coralliens. Mémoire de maîtrise. Université de Sherbrooke, Québec. 96p.

Kherief Necereddine S., Djeddi H., Benayach N.Y et Mehennaoui F.Z., 2018. Dynamique des éléments nutritifs et du Phytoplancton dans le Barrage Béni Haroun dans l'Est Algérien. *European Scientific Journal* April 2018 edition Vol.14, No.12:111-129.

Kherief Necereddine S., 2019. Etude de l'évolution de la qualité écologique des eaux et inventaire de la microflore aquatique du barrage de Béni Haroun. Thèse de Doctorat en science. Université des Frères Mentouri Constantine1. 164p.

Kemmer F., 1984. Manuel de l'eau. Technique et documentation. Ed. Lavoisier, Paris, 930 pp.

Koller E., 2004. Traitement des pollutions industrielles : eau-air-déchets-sols-boues. Edité par DUNOD. Paris

Kourchi., 2010. Achèvement du système d'épuration de la ville de Draa El mizan. Mémoire fin d'étude UMMTO.

Krika A., 2014. Thèse Doctorat Etude de la distribution des métaux lourds dans les ripisylves de l'oued Rhumel. Université Constantine 1.p184.

L

Laurent., 2011. Ecologie des cours d'eau : l'I.B.G.N ou lorsque, par l'hydrobiologie, les macro-invertébrés aquatiques vous aident pour la détermination de la qualité des cours d'eau.

Leynaud G., 1968. Les pollutions thermique, influence de la température sur la vie aquatique. B.t.i Ministère de l'agriculture, 224-881

Lafont M., 1983. Introduction pratique à la systématique des organismes des eaux continentales françaises. 3 : Annelides Oligochètes. Bull. Mens. Soc. Linn. Lyon 52

M

Madoui F., Sahraoui M., 2011. Etude de l'impact des caractères physico-chimiques sur la communauté algale des cours d'eau de la région d'Oued Athmania. Mémoire d'ingénieur en Ecologie et Environnement. Université Mentouri- Constantine. 11-93p.

Marsily G., 1995. L'eau. Collection Dominos, Edition: Flammarion .128p.

Masson J. P., 1988. Suivi de la qualité des eaux superficielles : L'expérience française. In:la qualità d'ella acqua superficial, criteria per unem e to do log iaomogeneadivalutazione ,attide lconvegnointerazione. Palazzo dei Congressi. 99-100 p.

Mebarki A., 1982. Le bassin du Kébir-Rhumel Algérie. Hydrologie de surface et aménagement des ressources en eau, Thèse doctorat de 3ème cycle, Université de Nancy II, 304p.

Mebarki A et Thomas C 1988. Analyse des relations entre écoulements superficiels et souterrains à partir des hydrogrammes des cours d'eau 15p 47.

Mebarki A., 2005. Hydrologie des bassins de l'Est algérien : ressources en eau ; aménagement et environnement. Thèse d'état. Université Mentouri-Constantine, 306p.

Melghit M.2010. Qualité physico-chimique, pollution organique et métallique des compartiments Eau / Sédiments de l'Oued Rhumel, et des Barrages Hammam Grouz et Beni Haroun. Mémoire Magistère Université Mentouri de Constantine.

Meridga S., 2002. Villes nouvelles -Ali Mendjli- Constantine, production urbaine nouvelle, thèse de magistère Université de Constantine, p.32.

Metahri MS., 2012. Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes. Cas de la STEP est de la ville de Tizi-Ouzou. Thèse de Doctorat. Université de Tizi-Ouzou (Algérie) ,172 p.

Moisan J et Pelletier L., 2008. Guide de surveillance biologique basée sur les macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec, Cours d'eau peu profonds à substrat grossier, 2008. Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs. ISBN: 978-2-550-53590-4 (version PDF). 86p.

Mizi A., 2006. Traitement des eaux de rejets d'une raffinerie des corps gras région de Bejaia et valorisation des déchets oléicoles. Thèse de doctorat. Université de Badji Mokhtar. Annaba. 27p.

N

Nriagu J. O., 1990. Global métal pollution: Poisoning the biosphère, Environnement. 32, 7-11, 28- 33.

O

Odbmb., 2008. In The Oxford Dictionary of Biochemistry and Molecular Biology.

Olivier A., 2015. Chimie et pollution des eaux souterraines. Livre p429 ISAL-0066, 179 p.

Ontario., 2004. Revue scientifique (en ligne). Coup d'œil sur l'environnement et la santé. In Environnement Canada. [http://www. Ontario-canada.Envir.fr/santé.Env.htm](http://www.Ontario-canada.Envir.fr/santé.Env.htm).

Othoniel C., 2006. La croissance du bio film photosynthétique : Un indicateur du statut trophique des rivières. Université de Bordeaux, P140 et 180.

P

Person., Julie. 2010. Livre Turquoise Algues, filières du futur. s.l. Adebitech, Romainville, p. 182.

Pescod, M.B. Design., 1985. Operation and maintenance of wastewater stabilization ponds in treatment and use of sewage effluent for irrigation. Ed. Pescodand Arar, 93-114.

Pollabauer et Alliod., 2010. IIB. Indice d'intégrité biotique les boissons, indicateur d'état du milieu aquatique de Nouvelle-Calédonie 44P.

R

Rabia Y., Djamaa Y., (2014). Contribution à l'évaluation de la qualité des eaux du Barrage Beni Haroun dans la région de Mila. Mémoire Préparé En vue de l'Obtention du Diplôme de Master. Centre Universitaire de Mila. Institut des Sciences et de la Technologie. Département de Science de la Nature et de la Vie.05p.

Ramade F., 1998. Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'eau. Ed iscience internationale, Paris, 786p.

Ramade F., 2002. Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement. 2ème Ed. DUNOD. Paris. 1075 pp.

Rejsek F., 2002. Analyse des eaux : Aspects réglementaires et techniques. Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine (CRDP). Bordeaux. 358 p.

RNURE., 2017. Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau.

Rodier J., 1996. L'analyse de l'eau. Eaux Naturelles, Eaux Résiduelles, Eaux De Mer. 8ème ED. Dunod. 1383 p.

Rodier J., 2009. Analyse de l'eau ; Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. Ed. Dunod Paris, pour la 9re édition.1526p.

Rosenberg D.M et Resh V.H., 1993. Introduction to freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. Pp 3-9 in Rosenberg D. M et Resh V. H. (eds). Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. Chapman et Hall, New York, USA.

Rouamba J., Nikiema E., Rouamba S, et al 2016. Accès à l'eau potable et risques sanitaires en zone périphérique d'Ouagadougou, Burkina Faso. Revue d'Épidémiologie et de Santé Publique. 2016;64:S211.

S

Sahli L., 2012. Etude du comportement de quelques espèces floristiques et faunistiques des écosystèmes aquatiques vis-à-vis des éléments traces métalliques par des bioessais. Thèse de doctorat. Université Mentouri de Constantine. p30-36.

Schwartzbrod J., Capizzi-Banas S., 2003. Parasite contamination of liquid sludge from urban waste water treatment plants, Water Science and Technology 47. 163- 166p.

Sebihi Z. 2015. La qualité physico-chimique des eaux de l'Oued Rhumel. Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master. p 41.

SEQ-Eau., 1999. Les outils d'évaluation de la qualité des cours d'eau. Les études des Agences de l'Eau n°72.

Solheim A.L., 2005. Reference Conditions of European lakes. Indicators and methods for the Water Framework Directive Assessment of Reference conditions. Version 5. REBECCA Working Group. 105 pp.

T

Thomas., 2008. Thèse Présentée à l'Université Claude-Bernard- Lyon (Médecine - Pharmacie) et soutenue publiquement le 09 Janvier 2008 pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire par Aucouturier Thomas Né le 19 Août 1982 A Brioude (Haute-Loire) p 114.

Véronique B., 2014. Les facteurs de sélection des bio-indicateurs de la qualité des écosystèmes aquatiques : élaboration d'un outil d'aide à la décision. Maîtrise en environnement. Centre universitaire de formation en environnement et développement durable, Sherbrooke. 104p

Webographie

Site web 01: www.traitement-eau.ooreka.fr consulté le15/05/2021

Site web 02: <https://www.museumtextures.com/paysage-maregeux> consulté le20/05/2021

Site web 03: <https://fr.123rf.com/photo-53840957-un-ruisseau-avec-des-rouchs-et-l-eaucourante-l-expo/oC3o/oA9rience-du-paysage-dans-la-nature-html> consulté le 20/05/2021

Site web 04: <https://www.aquaportail.com/définition-18456-autoepuration.html> consulté le 28/05/2021

Site web 05: <https://www.google.fr/search?q=pollution+des+cours+d%27eau&biw=1366&bih=657&tbm=isch&tbo=u&source=univ&SA=X&ei=ZMy8VIWMO6GiyAOL9YCAAg&sqI=2&ved=0CFEQsAQ&dpr=1> consulté le 05/08/2021

Site web 06: <https://www.univ-chlef.dz/fsnv/wp-content/uploads/Cours:Pollution-de-lenvironnement:L3-Ecologie-et-environnement-résumé:Dr-Tebani-Mohamed> consulté le 05/08/2021

Thème

Variabilité de quelques paramètres biotiques et abiotiques dans les eaux du Kébir-Rhumel

Mémoire préparé en vue de l'obtention du diplôme de Master

Spécialité : Protection des Ecosystèmes

Préparé par :

- Kriot Nesrine
- Mezmaze Amira

Devant le jury :

Président : Mme Djeddi Hamssa MCB C.U. Abelhafid Boussouf-Mila
Examineur : Mme Rammeche Ilhem MAA C.U. Abelhafid Boussouf-Mila
Promoteur : Melle Kherief Nacereddine Saliha MCB C.U. Abelhafid Boussouf-Mila

Résumé

Dans le but d'une évaluation écologique de la qualité des eaux d'oued Kébir-Rhumel, nous avons suivis, la qualité des eaux des deux grands oueds qui alimentent ce dernier. Notre travail a comme objectif l'évaluation de la qualité physico-chimique et l'utilisation des macroinvertébrés benthiques et du phytoplancton comme bio indicateurs de la qualité des eaux d'oued Rhumel et celles d'oued Endja. Afin de réaliser ce travail, un suivi basé sur la collecte d'un ensemble de données, issus des études précédentes (2012, 2014, 2015 et 2018) a été réalisé. L'analyse physico-chimique des eaux superficielles de deux oueds, montre des températures moyennes favorables à la vie aquatique, un pH faiblement alcalin révèle une bonne qualité compatible avec la survie des organismes. Les valeurs de l'oxygène, indiquant une qualité bonne à très bonne pour la vie aquatique. Les valeurs de la conductivité indiquent une minéralisation excessive. Les teneurs des NO_3^- relevées durant ces années pour les deux oueds, montrent une pollution progressive pour cet élément nutritif.

L'étude de l'inventaire phytoplanctonique a révélé une richesse importante en 2015 dans les deux oueds. L'inventaire faunistique des macroinvertébrés benthique montre une richesse taxonomique importante en 2012. L'indice Biotique montre un état de progression de la qualité des eaux à oued Rhumel.

Mots clés : Etat écologique, oued Kébir- Rhumel, paramètres abiotique, macroinvertébrés, phytoplancton.

Année Universitaire : 2020/2021

