

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا للعلوم البحر وتهيئة الساحل

École Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



**Mémoire De Fin d'Étude En Vue De L'Obtention Du Diplôme d'Ingénieur**

**Domaine : Sciences De La Nature Et De La Vie**

**Option : Biodiversité Et Gestion Des Ecosystèmes.**

**THEME**

**Impact de la STEP de Chanoua (Tipaza) sur l'écosystème  
ripirole côtier de l'Oued Nador.**

Présenté par :

LAKARI Mounia Zaghda

SAHNOUN Yassamine

Soutenu le 25/09/2023 devant le jury suivant :

Mme Mokhbi D.,	Maître de conférences B	Présidente	ENSSMAL
Mr Grimes S.,	Professeur	Examineur	ENSSMAL
Mme Ouadah N.,	Maître de conférences B	Promotrice	ENSSMAL

2022/2023

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
المدرسة الوطنية العليا للعلوم البحر وتهيئة الساحل  
École Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



**Mémoire De Fin d'Étude En Vue De L'Obtention Du Diplôme De Master**  
**Filière :** Hydrobiologie Marine Et Continentale  
**Option :** Biodiversité Et Gestion Des Ecosystèmes

**THEME**  
**Impact de la STEP de Chanoua (Tipaza) sur l'écosystème  
ripirole côtier de l'Oued Nador.**

Présenté par :

LAKARI Mounia Zaghda

SAHNOUN Yassamine

Soutenu le 25/09/2023 devant le jury suivant :

Mme Mokhbi D.,	Maître de conférences B	Présidente	ENSSMAL
Mr Grimes S.,	Professeur	Examineur	ENSSMAL
Mme Ouadah N.,	Maître de conférences B	Promotrice	ENSSMAL

2022/2023

# Remerciements

La thèse est un voyage, un simple mot qui peut décrire ces cinq années de travail où nous avons emprunté un chemin mystérieux qui cachait des surprises dans chaque petit coin.

Tout d'abord nous remercions, « Allah » tout-puissant de nous avoir donné le courage, la santé et la volonté pour la détermination de ce modeste travail.

Nous offrons premièrement de sincères et chaleureux remerciements à notre présidente du jury madame MOKHBI Dahbia qui a acceptée d'évaluer ce travail

Nous exprimons mes profonds remerciements à Monsieur GRIMES Samir, pour avoir exprimé son entière disponibilité à participer à ce jury et examiner ce mémoire.

Les remerciements vont également à Madame OUADAH Nadia, qui nous a fait l'honneur d'accepter de diriger ce travail, pour sa patience, sa disponibilité et surtout pour ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter nos réflexions.

Nous remercions vivement tous les enseignants de l'ENSSMAL.

Nous remercions également, sans oublier, les responsables et les ingénieurs des laboratoires pédagogiques Madame IDALIA, RAFES, GASMI,

Monsieur YOUSEF et Monsieur AROUA.

*Nous tenons à exprimer notre sincère gratitude envers*

*Madame Mekati, Madame Assia et Monsieur Medjiah*

*de la STEP Chenoua à Tipaza*

*pour leur précieuse assistance et leur soutien inestimable dans la réalisation de notre  
projet de fin d'études.*

*Leur expertise et leur dévouement ont grandement contribué à notre réussite, et nous  
les remercions chaleureusement pour leur engagement envers notre réussite  
académique.*

## Dédicaces

*Je dédie ce Modest travail A ma chère mère et mes chères tantes Ghania, Nacéra et Malika et mes chères sœurs, qui m'ont soutenu et encouragé tout au long de ma vie.*

*A mes amis collègues Ibtissem et Houda*

*Pendant ces cinq dernières années.*

*Mounia Zaghda*

## **Résumé (FR)**

Cette étude a pour objectif d'évaluer l'impact de la station d'épuration des eaux usées (STEP) de Chenoua sur l'écosystème ripicole côtier de l'Oued Nador (wilaya de Tipaza), dans le but de fournir des données essentielles pour sa gestion durable.

L'approche méthodologique suivie est basée sur l'analyse de paramètres physico-chimiques, reflétant la qualité de l'eau de l'Oued (pH, température, salinité, MES, oxygène dissous, DCO, DBO<sub>5</sub>, sels nutritifs) mesurés sur des échantillons collectés au niveau de plusieurs points du segment côtier de l'Oued et sur des indicateurs biologiques, à savoir : l'inventaire de l'avifaune, de la végétation et du phytoplancton.

Les résultats de l'analyse des paramètres physico-chimiques montrent que la qualité de l'eau collectée en aval de la STEP est nettement supérieure à celle collectée en amont ; et est conforme aux normes en vigueur sur les eaux superficielles.

L'inventaire de la biodiversité a permis de mettre en évidence une richesse spécifique remarquable, constituée par l'avifaune : 39 espèces d'oiseaux réparties sur 20 familles dont une espèce protégée et signalée pour la première fois sur le site (le fuligule nyroca : *Aythya nyroca*), la végétation : 37 espèces appartenant à 28 familles et le phytoplancton : 27 taxons appartenant à 05 classes dont plus de 70% indiquent une bonne qualité de l'eau.

Ces résultats révèlent une gestion efficace de la STEP, maintenue en stricte conformité avec les normes de traitement des eaux usées, contribuant ainsi à la préservation de la qualité de l'eau et de l'environnement.

Cette étude se termine par la proposition d'un plan d'aménagement intégré, visant à préserver cette richesse tout en favorisant un développement économique responsable.

### **Mots-clés :**

STEP, écosystème ripicole, Oued Nador, paramètres physico-chimiques, biodiversité, avifaune, phytoplancton.

## LISTE DES ABREVIATIONS

**CNPF** : Centre National de la Propriété Forestière.

**CW** : Chemin Wilaya.

**DBO5** : Demande Biochimique en Oxygène Pendent 5 jours.

**DCE** : Directive Cadre d'Eau.

**DCO** : Demande Chimique en Oxygène.

**DMS** : Degré Minute Seconde.

**FAO** : Food and Agriculture Organization of the United Nations.

**ISO** : International Organisation for Standardisation (Organisation Internationale de Normalisation).

**LC** : Préoccupation mineure.

**MES** : Matières En Suspension.

**NT** : Quasi menacée.

**OMS** : Organisation Mondiale de la Santé.

**ONA**: Office National de l'Assainissement.

**ONU**: Organisation des Nations Unies.

**UNEP**: Plan d'action pour la Méditerranée.

**PSU** : Pratical Salinity Unit.

**SEAAL**: Société de l'Eau et de l'Assainissement D'Alger.

**SEACO**: Société de l'Eau et de l'Assainissement De Constantine.

**SEOR**: Société de l'Eau et de l'Assainissement d'Oran.

**STEP**: Station d'épuration des eaux usées.

**UICN** : Union internationale pour la conservation de la nature et de ses ressources.

**VU** : Vulnérable.

**WTW**: Wissenschaftliche Technische Workstätten.

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 01</b> : Schéma d'un corridor ripicole ( <a href="http://www.aquaportail.com">www.aquaportail.com</a> ).....	6
<b>Figure 02</b> : Fonctions écologiques et économiques des ripisylves (CNPf, 2023).....	6
<b>Figure 03</b> : Principales fonctions écologiques soutenues par les écosystèmes riverains et leurs effets sur les écosystèmes terrestres et aquatiques. (Capon et Pettit, 2018).....	8
<b>Figure 04</b> : La localisation géographique de la zone d'étude (Google Earth, 2023).....	24
<b>Figure 05</b> : Le poste de relevage .....	27
<b>Figure 06</b> : Le déssableur/ déshuileur .....	27
<b>Figure 07</b> : le bassin biologique (originale, 2023).....	28
<b>Figure 08</b> : Décanteur secondaire.....	28
<b>Figure 09</b> : Photo de quelques points de prélèvements .....	30
<b>Figure 10</b> : Emplacement des points de prélèvement (Google Earth, 2023).....	30
<b>Figure 11</b> : Opération de prélèvement des échantillons d'eau et de mesure in situ.....	33
<b>Figure 12</b> : Contact visuel direct et prise de photos pour l'identification.....	37
<b>Figure 13</b> : Action de la STEP sur le débit de l'Oued Nador, avant (en haut) et après (en bas) le déversement des eaux épurées. Noter le changement manifeste sur la largeur du plan d'eau.....	42
<b>Figure 14</b> : Variation des volumes des eaux usées traitées au niveau de la STEP de Chenoua...43	
<b>Figure 15</b> : La variation de potentiel d'hydrogène (pH).....	44
<b>Figure 16</b> : La variation de température (T°C).....	45
<b>Figure 17</b> : Variation de la Salinité.....	46
<b>Figure 18</b> : Variation de l'oxygène dissous.....	46
<b>Figure 19</b> : Variation de la matière en suspensions .....	47
<b>Figure 20</b> : Variation de la demande chimique en Oxygène (DCO).....	48
<b>Figure 21</b> : Variation de la demande biochimique en oxygène (DBO5).....	49
<b>Figure 22</b> : Variation de l'Azote total.....	50
<b>Figure 23</b> : Variation des nitrites (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ).....	51
<b>Figure 24</b> : Variation des nitrates (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ).....	52
<b>Figure 25</b> : Variation de l'azote ammoniacal (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ).....	53
<b>Figure 26</b> : Variation de silicate (SiO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ).....	54
<b>Figure 27</b> : Variation de l'Ortho phosphate (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ).....	55
<b>Figure 28</b> : Variation de Phosphore Total.....	56

<b>Figure 29</b> : Vue d'ensemble de l'Oued Nador (à gauche la ripisylve, à droit le point de contact avec les eaux marines. ....	58
<b>Figure 30</b> : Aspect général de la ripisylve à peuplier blanc de l'Oued Nador (Noter les épiphytes à gauche). ....	75
<b>Figure 31</b> : Une roselière avec des phragmites. ....	75
<b>Figure 32</b> : Végétation herbacée éphémère (en premier plan le chrysanthème couronné). ....	76
<b>Figure 33</b> : tapis d'herbacées dominée par l'Anthémis maritime. ....	76
<b>Figure 34</b> : Répartition des espèces de phytoplancton par classes. ....	86
<b>Figure 35</b> : Création de nichoirs pour les oiseaux et de petits étangs pour les canards ( <b>Bing créateur d'image, 2023</b> ). ....	88
<b>Figure 36</b> : Reboisement et restauration de la végétation et la phytoepuration par l'aquaponie ( <b>Bing créateur d'image, 2023</b> ). ....	89
<b>Figure 37</b> : Création des aménagements nécessaire pour un Développement Touristique Durable ( <b>Bing créateur d'image, 2023</b> ). ....	89
<b>Figure 38</b> : Participation communautaire et de l'éducation et sensibilisation ( <b>Bing créateur d'image, 2023</b> ). ....	90
<b>Figure 39</b> : Proposition pour la gestion des ressources naturelles ( <b>Bing créateur d'image, 2023</b> ). ....	90
<b>Figure 40</b> : Carte des actions recommandées pour le plan d'aménagement (réalisée en utilisant <b>framacarte.org</b> ). ....	91

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 01</b> : les principaux descripteurs d'hydrologie et les liens qui les unissent. ....	17
<b>Tableau 02</b> : Désignation et coordonnées géographiques des points d'échantillonnage.....	31
<b>Tableau 03</b> : Matériel utilisé pour l'analyse des paramètres physico-chimiques et du phytoplancton. ....	32
<b>Tableau 04</b> : Résultats du rapport DCO/DBO5. ....	50
<b>Tableau 05</b> : Liste détaillée de l'avifaune résidant dans l'écosystème ripicole de l'Oued Nador, classée en fonction de la systématique et du statut des espèces observées. ....	60
<b>Tableau 06</b> : Liste de l'avifaune de l'écosystème ripicole de l'oued Nador basé sur la Systématique et statut des espèces rencontrés .....	61
<b>Tableau 07</b> : Résultats de la relecture des bagues .....	73
<b>Tableau 08</b> : Liste des espèces de faune observées, appartenant aux autres groupes taxinomiques. ....	73
<b>Tableau 09</b> : présente les résultats de l'inventaire de la flore par formations végétales.....	77
<b>Tableau 10</b> : Résultats de l'inventaire et l'identification des taxons phytoplanctoniques répertoriés dans les eaux de « Oued Nador ». ....	79

## TABLE DES MATIERES

**Remerciements**

**Résumé**

**Listes des abréviations**

**Liste des figures**

**Liste des tableaux**

INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I GÉNÉRALITES .....	5
1.CONCEPTS ET CARACTERISTIQUES FONDAMENTALES .....	5
2.L'IMPORTANCE VITALE DES ECOSYSTEMES RIPICOLES DANS NOTRE ENVIRONNEMENT .....	7
3.L'INFLUENCE DES ECOSYSTEMES RIPICOLES SUR LES ECOSYSTEMES MARINS ..	9
4.LES ELEMENTS QUI CONTRIBUENT A LA DETERIORATION DES OUEDS ET DES ECOSYSTEMES RIPICOLES .....	10
5.LES TRAITEMENTS DES EAUX ET LEUR IMPACT SUR LES ÉCOSYSTEMES RIPICOLES.....	11
5.1 Origine et composition des eaux usées .....	11
5.2 Les déversements des eaux usées dans le milieu naturel .....	12
5.3 L'épuration .....	12
5.3.1 La nécessité de l'épuration.....	12
5.3.2 Technique d'épuration des eaux usées .....	12
5.4 Objectif principal du traitement .....	13
5.4.1 Procédés de traitement des eaux usées .....	13
5.5 Caractéristiques majeures physiques, chimiques et de qualité générale de l'eau ...	13
5.6 Définition des éléments nutritifs .....	15
5.6.1 Origine des sels nutritifs.....	15
5.6.2 Les sels nutritifs .....	15
5.7 Liens entre les principaux descripteurs .....	16
6.LES DESCRIPTEURS BIOLOGIQUES OU BIO-INDICATEURS .....	17
6.1 Les oiseaux aquatiques des bio-indicateurs de valeur.....	18
6.2 Ripisylve.....	18
6.3 Le phytoplancton.....	19
7.CADRE JURIDIQUE .....	20
7.1 Les normes algériennes en matière de rejet d'effluents .....	20
7.2 Les principales lois et réglementations relatives à la protection des oueds .....	21
CHAPITRE II : MATÉRIEL ET MÉTHODES.....	24

1.PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE .....	24
1.1 Choix de la zone d'étude .....	24
1.2 Sources de pollution du milieu marin .....	25
1.3 Le réseau hydrographique .....	25
2.PRESENTATION DE LA STATION D'EPURATION DES EAUX USEE STEP TIPASA ..	25
2.1 Objectifs de la STEP .....	26
2.2 Principe de traitement de la STEP de Tipaza .....	26
2.3 Etapes de traitement .....	26
2.4 Traitement des eaux .....	27
2.5 Traitement biologique .....	28
2.6 Traitement des boues.....	29
3.MATERIELS ET METHODES .....	29
3.1 Période de la campagne de prélèvement .....	29
3.2 Localisation des points de prélèvement .....	29
3.3 Matériel utilisé : .....	32
3.4 Prélèvement, et conservation des échantiloons .....	32
3.5 Analyse physico-chimiques.....	33
3.5.1 Mesure « in-situ » des paramètres physico-chimiques.....	33
3.6 Analyse au laboratoire.....	34
3.6.1 Détermination de la matière en suspension (MES).....	34
3.6.2 Détermination de la demande chimique en oxygène (DCO) : .....	34
3.6.3 Détermination de la demande biologique en oxygène (DBO5) : .....	35
3.7 Analyser des paramètres chimiques .....	35
3.7.1 Méthode d'analyse .....	35
3.7.2 Principe des dosages des sels nutritifs dans d'eau .....	36
3.8 Méthode d'inventaire de la biodiversité.....	36
3.8.1 La faune.....	36
3.8.2 Inventaire de la végétation et la flore .....	39
3.8.3 Identification du phytoplancton .....	39
III RÉSULTATS ET DISCUSSION .....	42
1.L'IMPACT DE LA STEP SUR L'ECOSYSTEME DE L'OUED NADOR.....	42
1.1 LE DEBIT .....	42
1.2 VARIATION DES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES .....	44
1.2.1 Le potentiel d'hydrogéné .....	44
1.2.2 La température (°C).....	45
1.2.3 La salinité .....	46

1.2.4	L'oxygène dissous (O <sub>2</sub> ) .....	46
1.2.5	La matière en suspension (MES) .....	47
1.2.6	La Demande chimique en oxygène (DCO) .....	48
1.2.7	La Demande biochimique en Oxygène (DBO5) .....	49
1.2.8	La biodégradabilité (k) .....	49
1.3	LES SELS NUTRITIFS .....	50
1.3.1	Les composés azotés .....	50
1.3.2	Le silicate (SiO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ) : .....	54
1.3.3	Phosphore .....	55
2.	INVENTAIRE DE LA BIODIVERSITE .....	58
2.1	L'avifaune .....	58
2.2	Mammifères, Amphibiens, et Invertébrés .....	73
2.3	Les Poissons .....	74
2.4	La loutre d'Europe, une espèce emblématique disparue de nos cours d'eau .....	74
2.5	Végétation .....	74
2.6	Phytoplancton .....	79
3.	PLAN D'AMENAGEMENT .....	87
3.1	Objectifs du Plan d'Aménagement .....	87
3.2	Actions préconisées pour la mise en place du plan d'aménagement .....	88
3.2.1	Conservation de la Biodiversité .....	88
3.2.2	Restauration écologique .....	88
3.2.3	Développement touristique durable .....	89
3.2.4	Participation Communautaire .....	89
3.2.5	Éducation et Sensibilisation .....	90
3.2.6	Gestion Responsable des Ressources Naturelles .....	90
	CONCLUSION .....	93

# **INTRODUCTION**

## INTRODUCTION

Les zones côtières, caractérisées par une extraordinaire diversité, abritent une multitude d'écosystèmes marins, aquatiques et terrestres. Ces environnements jouent un rôle capital en tant que berceaux essentiels pour un grand nombre d'espèces marines. Parmi les joyaux des zones côtières, les milieux estuariens et les zones ripicoles se démarquent en tant qu'écosystèmes parmi les plus riches et variés de la planète, Cette diversité exceptionnelle souligne l'importance de la préservation et de la gestion durable des zones côtières pour maintenir l'équilibre écologique mondial. **(Ducrotoy, J.-P, 2018).**

Les écosystèmes ripicoles jouent un rôle crucial dans l'interaction entre les écosystèmes terrestres et les écosystèmes côtiers. En raison de leur emplacement le long des cours d'eau et des rivières qui se jettent dans la mer, ils fournissent une transition écologique entre les écosystèmes d'eau douce et les écosystèmes marins. Cette transition est essentielle pour maintenir la santé et la résilience des écosystèmes côtiers **(Stanley Vet al, 2010).**

Aussi, les écosystèmes ripicoles jouent un rôle clé dans la fourniture de nutriments et de matière organique aux écosystèmes côtiers. Les plantes ripicoles capturent les sédiments et les nutriments transportés par les cours d'eau, les retenant le long des berges. Lorsque ces nutriments sont libérés dans les écosystèmes côtiers, ils soutiennent la productivité biologique, alimentant la croissance des algues et des plantes marines, ainsi que la chaîne alimentaire côtière **(Heuner et al, 2018).**

De plus, les écosystèmes ripicoles contribuent à la régulation du débit d'eau vers les écosystèmes côtiers, la végétation ripicole agit comme une barrière naturelle, ralentissant l'écoulement de l'eau et permettant une meilleure infiltration dans les sols. Cela aide à atténuer les crues soudaines et à maintenir un écoulement régulier d'eau douce vers les écosystèmes côtiers. Cette régulation est importante pour maintenir l'équilibre hydrique des écosystèmes côtiers sensibles, tels que les marais salés et les mangroves **(Ferreira et al, 2016).**

En outre, les écosystèmes ripicoles fournissent des habitats vitaux pour de nombreuses espèces qui dépendent des écosystèmes côtiers, les zones ripicoles abritent une biodiversité élevée, y compris des espèces d'oiseaux, de poissons, de crustacés et de mammifères marins. Ces espèces utilisent les écosystèmes ripicoles comme des zones de reproduction, d'alimentation et de migration, reliant ainsi les écosystèmes terrestres et côtiers **(Ibelli et al, 2017).**

Les zones côtières sont confrontées à une menace persistante de pollution, affectant pratiquement tous les écosystèmes, y compris les milieux aquatiques et ripicoles. La croissance démographique

rapide, l'urbanisation accrue, l'eutrophisation, la gestion des déchets, l'industrialisation et l'exploitation incontrôlée des ressources naturelles ont entraîné une augmentation des activités agricoles à proximité des cours d'eau et des zones côtières, générant ainsi une source de pollution et contribuant à la dégradation des mers, des fleuves, des lacs et des oueds (**ONU, 2010**).

Cette dégradation est un problème mondial, Les eaux continentales et les écosystèmes d'eau douce présentent des taux de dégradation parmi les plus élevés. La gestion intégrée des zones côtières et des oueds est donc essentielle pour assurer la protection de l'environnement, la durabilité économique et la résilience sociale (**FAO, 2020**).

Selon les statistiques officielles, L'Algérie dispose de 200 systèmes épuratoires constitués de stations d'épuration (STEP), dont la gestion de 159 relève de l'Office national de l'assainissement (ONA) avec une capacité globale installée près de 1,6 million de m<sup>3</sup>/j. 31 stations sont gérées par les Assemblées populaires et 10 autres font partie de la gestion délégataire des services publics de l'eau d'Alger (SEAAL), Oran (SEOR) et Constantine (SEACO) (**Messahel Mekki, 2022**).

La station d'épuration de Chenoua à Tipaza est l'une des stations les plus récentes en Algérie, construite en 2008, avec une capacité de traitement de 11 200 mètres cubes d'eaux usées par jour. Cette station est chargée de traiter les eaux usées qui sont déversées dans l'Oued Nador, un cours d'eau qui traverse plusieurs communes et qui aboutit à la plage de Chenoua, elle est certifiée selon ISO 14001/2004 (**UNEP(DEPI)/MED, 2011**).

Avant la construction de la station d'épuration de Chenoua, les eaux usées de cette région étaient directement rejetées dans l'Oued Nador sans aucun traitement, ce qui avait un impact négatif sur l'environnement et la santé publique. Les eaux usées contiennent des contaminants et des micro-organismes pathogènes qui peuvent causer des maladies chez l'homme et affecter la faune et la flore de la région.

La présente recherche, vise à répondre à la problématique suivante : Quel est l'impact de la station d'épuration de Chenoua sur l'écosystème ripicole de l'Oued Nador ?

Le but est de comprendre comment la station d'épuration de Chenoua affecte l'écosystème ripicole de l'Oued Nador. Cela implique d'analyser les effets de la pollution générée par la station d'épuration sur la qualité de l'eau, la biodiversité, les habitats naturels et les interactions écologiques dans la zone.

Notre mémoire suit une structure comprenant une introduction, trois chapitres et une conclusion :

L'introduction établit l'importance des écosystèmes aquatiques côtiers et leur interaction avec les écosystèmes ripicoles, ainsi que les facteurs de dégradation de ces milieux naturels. Elle met également en lumière le rôle des stations d'épuration dans la réduction de ces dégradations.

Le premier chapitre aborde les notions fondamentales, mettant en avant l'importance vitale des écosystèmes ripicoles dans notre environnement. Il examine également leur influence sur les écosystèmes marins, ainsi que les différentes méthodes de traitement des eaux. En outre, il offre un aperçu des indicateurs biologiques ou bio-indicateurs pertinents.

Le deuxième chapitre détaille la méthodologie utilisée pour mener l'étude. Cela englobe la délimitation de la zone d'étude par le biais de sorties pédagogiques, les techniques d'échantillonnage pour l'analyse des paramètres physico-chimiques de l'eau, ainsi que les méthodes d'identification de la flore, de la faune et du phytoplancton.

Le troisième chapitre présente les résultats obtenus et les discute en relation avec les normes algériennes sur la pollution de l'eau. Il dresse un inventaire de la biodiversité, ce qui permet de mieux comprendre l'impact de la station d'épuration sur l'écosystème ripicole. Il offre également des perspectives en matière de restauration et d'amélioration des techniques actuelles.

Enfin, la conclusion générale résume les principales conclusions de l'étude et propose des pistes pour la poursuite de ce travail.

# **CHAPITRE I**

# **GÉNÉRALITES**

## CHAPITRE I GÉNÉRALITES

### 1. CONCEPTS ET CARACTERISTIQUES FONDAMENTALES

Les zones riveraines sont définies plus simplement comme des zones de terre adjacentes à des cours d'eau ou à des plans d'eau (**Naiman et al. 2008**). Par conséquent, les zones riveraines peuvent être considérées comme des interfaces, des zones de transition ou des « écotones » entre des écosystèmes terrestres et aquatiques voisins (**Naiman et al. 1998**).

#### Définition de l'écosystème ripicole

**Ripicole** signifie « Qui vit, qui croît sur les rives des eaux courantes, certains auteurs étendant d'ailleurs la définition aux espèces fréquentant les berges d'eaux stagnantes ». Le terme ripicole renvoie à celui de forêt riveraine, rivulaire ou ripisylve (étymologiquement du latin ripa, « rive » et silva, « forêt ») qui est l'ensemble des formations boisées, buissonnantes et herbacées présentes sur les rives d'un cours d'eau, d'une rivière ou d'un fleuve, la notion de rive désignant le bord du lit mineur (ou encore lit ordinaire), dont les fonctions sont très importantes.

Un écosystème ripicole est "un écosystème de transition entre les habitats terrestres et aquatiques, situé le long des rives des cours d'eau, des lacs ou des étangs, où la végétation et la faune sont influencées par la présence d'eau et de sols saturés d'eau". (**UICN ,2014**)

Une zone riveraine peut également être définie d'un point de vue fonctionnel comme une zone de terre qui jouxte et influence directement, et est directement influencée par, une masse d'eau, même si celle-ci ne coule qu'occasionnellement (**Price & Tubman 2007**). Les écosystèmes riverains sont donc ceux qui à la fois exercent une influence directe sur les cours d'eau ou masses d'eau adjacents et sont eux-mêmes influencés par l'hydrologie et la géomorphologie de ces systèmes aquatiques.

Par conséquent, les écosystèmes riverains peuvent comprendre :

- berges ;
- lits de rivières et ruisseaux asséchés ;
- lits de lacs asséchés ;
- plaines inondables ;
- zones humides de plaine inondable.



Figure 01 : Schéma d'un corridor ripicole ([www.aquaportail.com](http://www.aquaportail.com)).

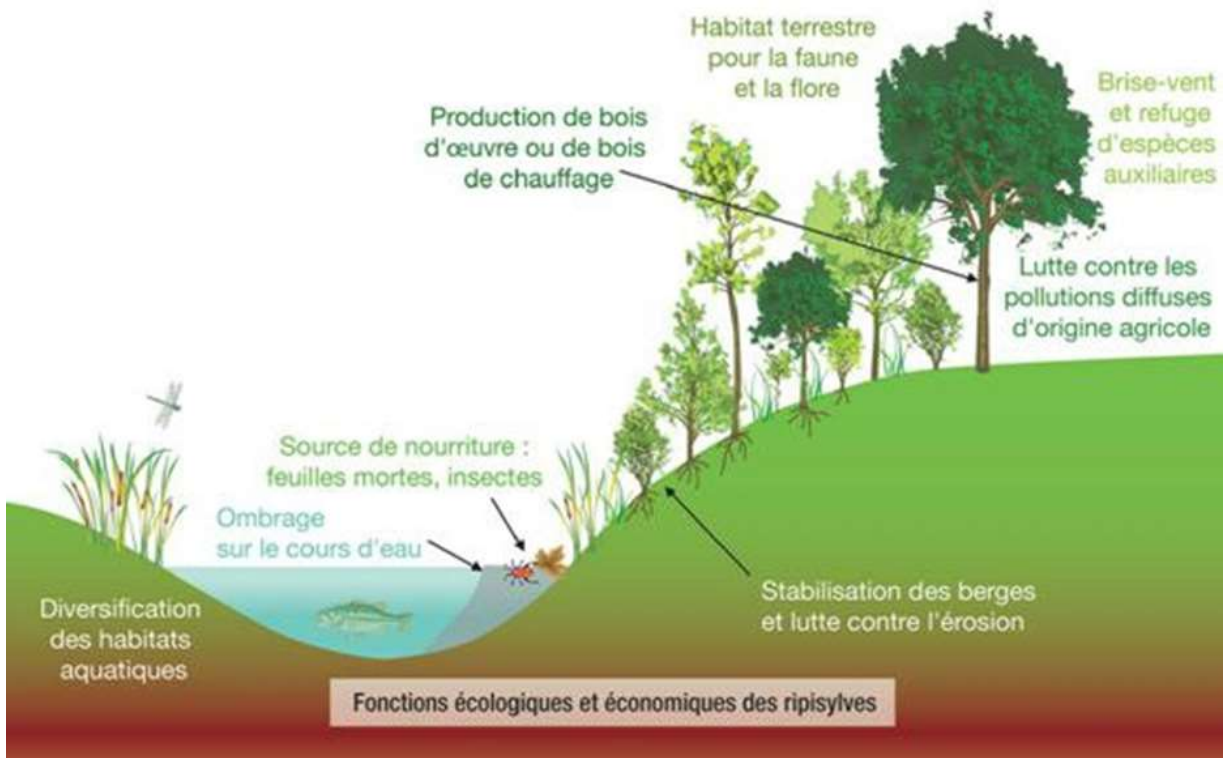


Figure 02 : Fonctions écologiques et économiques des ripisylves (CNPF, 2023).

## 2. L'IMPORTANCE VITALE DES ECOSYSTEMES RIPICOLES DANS NOTRE ENVIRONNEMENT

Les écosystèmes riverains soutiennent de nombreuses fonctions écologiques critiques (Figure 03) qui se répartissent globalement en sept grandes catégories (**Capon et Pettit 2018**) :

**Régulation microclimatique** : Les plantes poussant en bordure des cours d'eau, en particulier les arbres et les arbustes, ombragent les écosystèmes aquatiques, réduisant ainsi la lumière et la température de l'eau (**Bayly et Williams, 1981; Bunn, 1993, Davies et al., 2008**). L'ombrage des plantes riveraines est particulièrement important pour limiter la croissance des algues dans les cours d'eau, en particulier là où les apports de nutriments provenant des eaux de surface et souterraines sont importants (**Peterjohn&Correll 1984; Chauvet & Decamps 1989**).

**Filtration et recyclage des nutriments** : La végétation riveraine peut limiter la quantité de nutriments entrant dans les cours d'eau via les écoulements d'eau de surface et souterrains (**Peterjohn et Correll 1984, Weaver & Reed 1998**).

**Subventions au réseau alimentaire** : D'importants flux d'énergie et de matériaux se produisent entre les zones riveraines et les écosystèmes aquatiques adjacents (**Polis et al. 1997**). Les apports de matière organique (par exemple, les feuilles mortes) sont essentiels pour les réseaux alimentaires aquatiques.

**Habitat aquatique** : La végétation riveraine joue un rôle important dans la génération d'une diversité d'habitats pour les organismes vivant dans les cours d'eau, ce qui peut avoir une influence importante sur le maintien de la biodiversité aquatique.

**Habitat terrestre** : La diversité et la dynamique de la végétation riveraine contribuent à une plus grande diversité d'espèces et à une plus grande abondance de plantes dans les écosystèmes riverains ainsi que dans le bassin versant environnant. Les zones riveraines sont généralement considérées comme des points chauds de diversité car elle zone de transition entre les différents liens végétaux des systèmes terrestres et aquatiques (**Swanson 1990 ; Nilsson et coll. 1993 ; & Decamps 1997**).

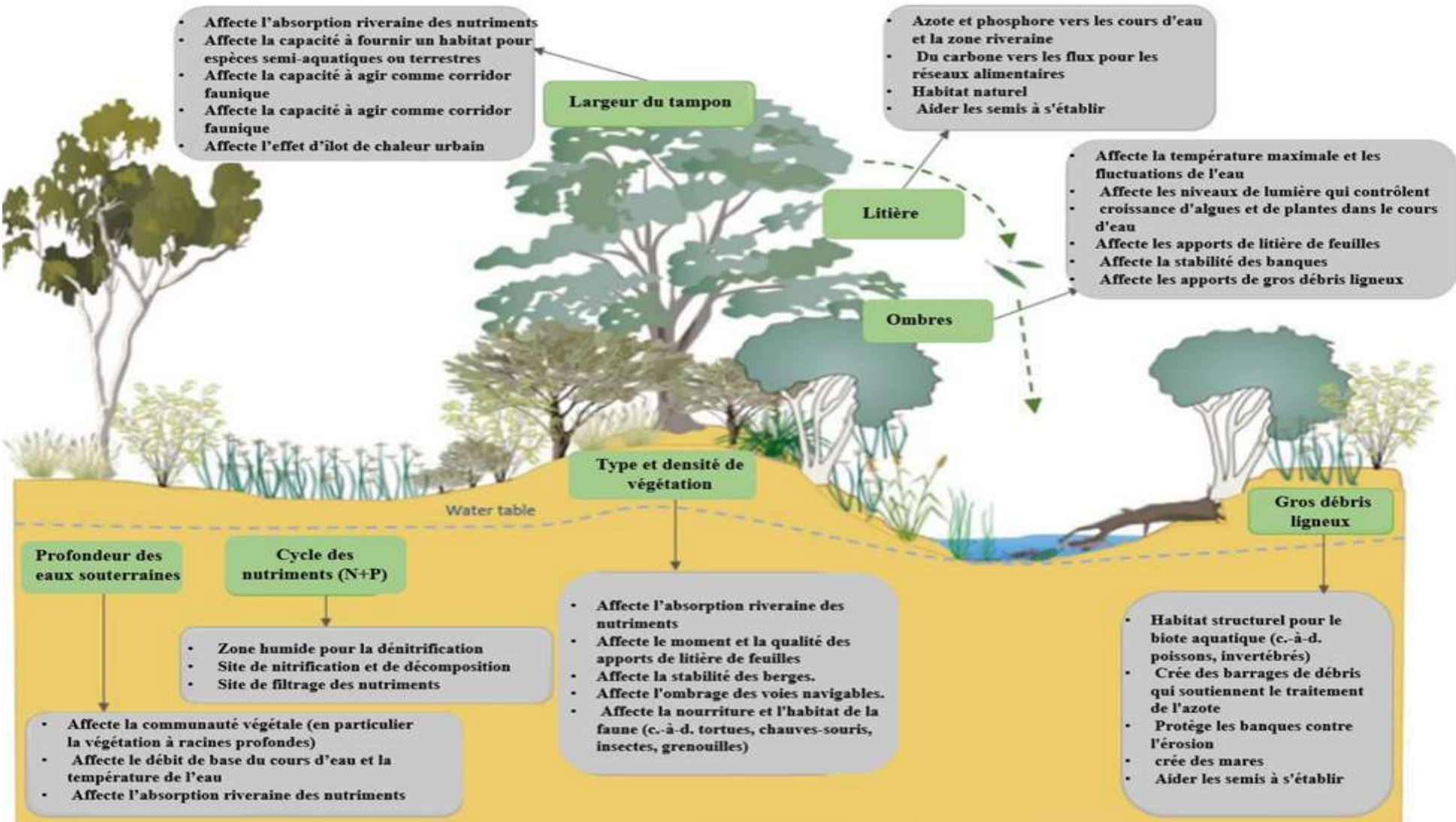


Figure 03 : Principales fonctions écologiques soutenues par les écosystèmes riverains et leurs effets sur les écosystèmes terrestres et aquatiques. (Capon et Pettit, 2018).

### 3. L'INFLUENCE DES ECOSYSTEMES RIPICOLES SUR LES ECOSYSTEMES MARINS

Les écosystèmes ripicoles exercent également une influence significative sur les environnements marins, en particulier les zones côtières et marines. Ces écosystèmes agissent comme des interfaces entre les environnements terrestres et marins, créant un lien vital entre ces deux mondes. Cette interconnexion revêt une importance fondamentale pour de nombreuses raisons :

**Cycle des nutriments :** Les écosystèmes ripicoles agissent comme des pièges à nutriments, capturant les éléments nutritifs transportés par les eaux de ruissellement depuis les terres agricoles et urbaines. Cela réduit la charge en nutriments qui atteint les zones marines, minimisant ainsi les problèmes de marées rouges et de zones mortes (**Gilles Pinay et al, 2018**).

**Protection contre les tempêtes :** Les zones ripicoles, en particulier les mangroves et les marais salés, agissent comme des barrières naturelles contre les tempêtes et les tsunamis. Ils absorbent une grande partie de l'énergie des vagues, protégeant ainsi les côtes et les écosystèmes marins côtiers (**Majumdar et Avishek, 2023**).

**Filtration des polluants :** Les racines des plantes ripicoles retiennent les polluants tels que les métaux lourds, les hydrocarbures et les pesticides. Cela améliore la qualité de l'eau dans les zones côtières, ce qui bénéficie à la faune marine et aux activités de pêche (**Vigiak et al, 2007**).

**Érosion et sédimentation :** Les écosystèmes ripicoles contribuent à stabiliser les sols côtiers en réduisant l'érosion. En conséquence, moins de sédiments sont transportés vers la mer, ce qui maintient la clarté de l'eau et préserve les habitats marins (**Ekka et al, 2020**).

**Équilibrage des cycles d'eau douce et salée :** Les écosystèmes ripicoles régulent les échanges d'eau douce et d'eau de mer, contribuant ainsi à maintenir des conditions adaptées aux espèces marines dans les estuaires et les zones côtières (**Capon et al, 2013**).

**Biodiversité marine :** La santé des écosystèmes ripicoles a un impact direct sur la biodiversité marine. Les habitats ripicoles abritent de nombreuses espèces d'oiseaux, de poissons et de crustacés, ce qui favorise une chaîne alimentaire riche en espèces dans les zones côtières (**Ward et al, 2022**).

**Récréation et économie :** Les écosystèmes ripicoles attractifs et bien conservés sont souvent des destinations prisées pour la pêche, l'observation des oiseaux et d'autres activités récréatives, contribuant ainsi à l'économie locale (**Mohan et al, 2022**).

#### 4. LES ELEMENTS QUI CONTRIBUENT A LA DETERIORATION DES OUEDS ET DES ECOSYSTEMES RIPICOLES

**La surexploitation des ressources en eau :** Cela se produit lorsque les prélèvements d'eau, qu'ils soient destinés à l'irrigation, à l'industrie ou à la consommation humaine, dépassent la capacité de renouvellement des sources d'eau souterraine et des cours d'eau. En conséquence, cela peut entraîner une diminution du niveau des nappes phréatiques, une réduction du débit des cours d'eau et un déséquilibre des écosystèmes aquatiques.

**L'érosion des sols :** L'érosion des sols résulte de la perte de la couche arable du sol due aux forces naturelles telles que l'eau et le vent. Elle conduit à une diminution de la fertilité du sol, à une moindre capacité de rétention d'eau, et à un accroissement du ruissellement des précipitations, entraînant ainsi une augmentation de l'apport de sédiments dans les cours d'eau.

**Le pompage excessif des eaux souterraines :** Le pompage excessif des eaux souterraines pour l'irrigation, l'industrie et la consommation peut provoquer une baisse du niveau de la nappe phréatique, ce qui peut réduire ou assécher les cours d'eau alimentés par les eaux souterraines.

**La salinisation des sols et des eaux :** Ce phénomène se produit lorsque la concentration en sels augmente dans les sols et les eaux, généralement en raison de processus tels que l'irrigation excessive ou la présence naturelle de sels dans le sol. La salinisation peut diminuer la productivité des terres agricoles, affecter la biodiversité des écosystèmes aquatiques et nuire aux cultures.

**La pollution des oueds par les rejets domestiques, industriels et agricoles :** Cette pollution survient lorsque des substances chimiques, des déchets solides ou des contaminants d'origine humaine sont déversés dans les oueds. Elle peut altérer la qualité de l'eau, nuire à la santé humaine et perturber l'équilibre écologique des écosystèmes aquatiques.

**La déforestation et les feux de brousse :** La déforestation consiste en la suppression des forêts et de la végétation riveraine, ce qui peut augmenter la vulnérabilité des sols à l'érosion et réduire la protection naturelle contre les inondations. Les feux de brousse, quant à eux, peuvent détruire la végétation riveraine et contribuer à la dégradation des écosystèmes riverains.

## 5. LES TRAITEMENTS DES EAUX ET LEUR IMPACT SUR LES ÉCOSYSTEMES RUPICOLES

Les eaux usées, appelées encore eaux résiduaires ou effluents, sont des eaux ayant subies une détérioration et une transformation de leurs propriétés naturelles après usage. On englobe, aussi, les eaux de pluie qui s'écoulent dans les canalisations d'eaux usées (**Bliffert et Perraud, 2001**).

### 5.1 Origine et composition des eaux usées

Suivant l'origine des substances polluantes, on distingue quatre catégories d'eaux usées :

#### a. Les eaux usées domestiques

- Elles proviennent des différents usages domestiques de l'eau.
- Elles sont essentiellement porteuses de pollution organique.
- Elles se répartissent en eaux ménagères, qui ont pour origine les salles de bains et les cuisines, et sont généralement chargées de détergents, de graisses, de solvants, de débris organiques... etc. et en eaux vannes ; il s'agit des rejets des toilettes chargés de diverses matières organiques azotées et de germes fécaux (**Gomella et Gerree, 1978**).

#### b. Les eaux usées industrielles

En plus de matières organiques, azotées ou phosphorées, elles peuvent également contenir :

- Des graisses (industries agroalimentaires, équarrissage).
- Des hydrocarbures (raffineries).
- Des métaux (traitements de surface, métallurgie).
- Des acides, des bases et divers produits chimiques (industries chimiques divers, tanneries).
- De l'eau chaude (circuit de refroidissement des centrales thermiques).
- Des matières radioactives (centrales nucléaires, traitement des déchets radioactifs).

#### c. Les eaux agricoles

L'agriculture est une source de pollution des eaux qui n'est pas du tout négligeable car elle apporte les engrais et les pesticides. Elle est la cause essentielle des pollutions diffuses (**Bontoux, 1993**). Les épandages d'engrais nitrés et phosphatés, sous une forme ou en quantité, telle qu'ils ne seraient pas finalement retenus par le sol et assimilés par les plantes, conduisent à un enrichissement en matières azotées ou phosphatées des nappes les plus superficielles et des eaux des cours d'eau ou des retenues (**Gomella et Gerree, 1978**).

#### d. Les eaux pluviales

Elles peuvent aussi, constituer une source de pollution importante des cours d'eau, notamment pendant les périodes orageuses. L'eau de pluie se charge d'impuretés au contact de l'air (fumées

industrielles), puis en ruisselant, des résidus déposés sur les toits et les chaussées des villes (huiles de vidange, carburants, résidus de pneus et métaux lourds...) (**Bontoux, 1993**).

## 5.2 Les déversements des eaux usées dans le milieu naturel

Le rejet direct des eaux usées domestiques dans le milieu naturel perturbe l'équilibre aquatique en transformant les rivières en égouts à ciel ouvert. Cette pollution peut aller jusqu'à la disparition de toute vie. Il faut retirer des eaux usées un maximum de déchets, avant de les rejeter dans l'environnement, pour que leur incidence sur la qualité de l'eau, en tant que milieu naturel aquatique, soit la plus faible possible.

Quand les eaux usées ou les eaux résiduaires industrielles ne sont pas épurées avant rejet dans le milieu naturel, l'altération de ce dernier et les déséquilibres qui s'y produisent ont non seulement des effets immédiats sur les utilisations de l'eau, mais aussi des effets à long terme, parfois irréversibles dans le domaine de la vie humaine (**Vaillant, 1974**).

## 5.3 L'épuration

C'est une installation destinée à purifier des eaux usées, d'origine urbaine ou industrielle avant de les rejeter dans le milieu récepteur, en général un cours d'eau, ou sur le littoral. (**Ramade, 2002**) L'épuration consiste à éliminer les matières minérales et organiques en suspension et en solution, aux normes de rejets. Une grande majorité de ces polluants est transférée de la phase liquide vers une phase concentrée boueuse.

### 5.3.1 La nécessité de l'épuration

Ce qui précède démontre la nécessité de l'épuration des eaux usées et des eaux résiduaires industrielles. Les caractéristiques d'une station d'épuration et le degré de traitement doivent être en fonction des caractéristiques des eaux usées, tels que l'effluent n'altère pas l'état du milieu récepteur dans une mesure incompatible avec les exigences de l'hygiène et de la salubrité publique et, d'une façon générale, avec les exigences des diverses utilisations ou activités. (**Xanthoulis, 1993**).

### 5.3.2 Technique d'épuration des eaux usées

Il existe deux techniques d'épuration des eaux usées : extensives et intensives.

- a. **Les techniques extensives** : La technique de traitement extensif utilise les processus de dégradation naturels pour éliminer les polluants. Elle imite l'autoépuration de l'environnement naturel et nécessite une grande surface pour être efficace.
- b. **Les techniques intensives** : La technique de traitement des eaux usées par boues activées utilise les bactéries aérobies pour éliminer les polluants. Elle offre d'excellentes performances

pour la dégradation des pollutions carbonées et phosphorées, nécessitant une exploitation adéquate. Le principe consiste en l'aération d'une biomasse pour favoriser le processus de dégradation.

#### 5.4 Objectif principal du traitement

L'objectif principal du traitement est de produire des effluents traités à un niveau approprié et acceptable du point de vue du risque pour la santé humaine et l'environnement. À cet égard, le traitement des eaux résiduaires le plus approprié est celui qui fournit, avec certitude, des effluents de qualité chimique et microbiologique exigée pour un certain usage spécifique, à bas prix et des besoins d'opération et d'entretien minimaux.

##### 5.4.1 Procédés de traitement des eaux usées

Pour assurer une épuration efficace, il est souvent nécessaire de combiner plusieurs traitements élémentaires qui peuvent être de nature physique, chimique ou biologique. Ces traitements ont pour objectif de supprimer les matières en suspension, les substances colloïdales, puis les substances dissoutes, qu'elles soient minérales ou organiques. **(Bechaux, 1978).**

#### 5.5 Caractéristiques majeures physiques, chimiques et de qualité générale de l'eau

Il faut effectuer plusieurs analyses pour évaluer la qualité de l'eau, qui impliquent la mesure de plusieurs paramètres physico-chimiques et des paramètres indicateurs de pollution, et ces analyses sont réalisées à l'aide de méthodes avec des protocoles clairement définis.

Ces paramètres sont souvent regroupés sous le terme de paramètres physico-chimiques. En tout premier lieu, il s'agit de la température et de la salinité qui sont les deux descripteurs de base des masses d'eaux. Et deux descripteurs usuels permettent de caractériser très globalement la qualité du milieu, l'oxygène dissous et le pH, ce dernier étant surtout important dans les milieux estuariens de faible salinité **(Aminot Et Kerouel, 2004).**

**La température :** C'est La température est, avec la salinité, un des descripteurs de base pour la connaissance du milieu. La température influe sur l'activité biologique dont dépend la production totale, et sur la répartition des espèces **(Aminot Et Kerouel, 2004).**

**Le potentiel d'hydrogène (pH) :** Le pH est relatif à la concentration en ions hydrogène (H) dans un milieu, donc à l'acidité de ce milieu **(Ramade, 2000).** Le pH est le reflet des équilibres entre les espèces chimiques majeures du milieu en l'absence d'influences externes, mais il est également l'indicateur de certaines pollutions directes ou indirectes **(Aminot et kérouel, 2004).**

**La salinité :** La salinité est la mesure de la quantité de sels dissouts dans un volume donnée d'eau. L'eau est dite douce lorsque sa salinité est inférieure à 1 g/l. Les applications de la mesure de la salinité diffèrent en milieu côtier par rapport au milieu océanique (**Aminot et Kérouel, 2004**).

La salinité superficielle, dans ses grandes lignes, suit la même évolution que la température : car est, aussi, soumise aux variations liées aux conditions atmosphériques et aux apports d'eau douce (**Touahria, 1999**).

**Oxygène dissous (O<sub>2</sub>) :** La teneur en oxygène moléculaire dissous est un paramètre important qui gouverne la majorité des processus biologiques des écosystèmes aquatiques. Les concentrations d'Oxygène dissous dans l'eau en mg/l résultent de processus physiques, chimiques et biologiques (**Aminot et Kérouel, 2004**).

**Les matières en suspension (MES) :** La définition ISO des matières en suspensions (**Afnor, 1999a**) indique qu'il s'agit des «matières éliminées par filtration ou centrifugation dans des conditions définies ». La charge en matières en suspension (MES) est mesurée par pesée après filtration de l'eau (**Aminot et Kérouel, 2004**).

**La demande chimique en oxygène (DCO) :** La DCO correspond à la teneur de l'ensemble des matières organiques oxydables. Elle s'exprime par la quantité d'oxygène fournie par le dichromate de potassium et nécessaire à l'oxydation des substances organiques présentes dans les eaux résiduaires. Les différences des résultats obtenus par la DCO constituent une indication de l'importance des matières polluantes peu ou pas biodégradables (**Rodier et al, 2009**).

**La demande biochimique en oxygène (DBO<sub>5</sub>) :** La demande biochimique en oxygène après 5 jours (DBO<sub>5</sub>) d'un échantillon est la quantité d'oxygène consommée par les microorganismes aérobies présents dans cet échantillon pour l'oxydation biochimique des composés organiques et/ou inorganiques.

**La biodégradabilité :** La biodégradabilité traduit l'aptitude d'un effluent à être décomposé ou oxydé par les micro-organismes qui interviennent dans le processus d'épuration biologique des eaux, la biodégradabilité est exprimée par un rapport DCO/DBO<sub>5</sub> (**Metahri, 2012**). Le rapport DCO/DBO<sub>5</sub> a une importance pour la définition de la chaîne d'épuration d'un effluent. En effet, une valeur faible du rapport DCO/DBO<sub>5</sub> implique la présence d'une grande proportion de matières biodégradables et permet d'envisager un traitement biologique. Inversement, une valeur importante de ce rapport indique qu'une grande partie de la matière organique n'est pas biodégradable et, dans ce cas, il est préférable d'envisager un traitement physico-chimique.

## 5.6 Définition des éléments nutritifs

Les sels nutritifs sont présents dans le milieu aquatique sous diverses formes organiques en solution ou dans le matériel particulaire (Aminot et Kérouel, 2004). Les teneurs en azote et en phosphore sont également des paramètres très importants. Les rejets excessifs de phosphore et d'azote contribuent à l'eutrophisation des lacs et des cours d'eau.

### 5.6.1 Origine des sels nutritifs

Les principales sources des sels nutritifs dans les oueds sont les suivantes :

**Les sols agricoles** : les terres agricoles sont souvent traitées avec des engins contenant des nutriments tels que l'azote, le phosphore et le potassium pour favoriser la croissance des cultures. Lorsque l'eau de pluie de d'irrigation traverse ces sols, elle peut dissoudre les nutriments et les transporter vers les oueds.

**Les déchets animaux** : les déjections animales, comme celles provenant des élevages, contiennent également des nutriments. Si ces déchets ne sont pas gérés correctement ils peuvent s'infiltrer dans les sols et se retrouver dans les oueds à travers les eaux souterraines ou les ruissellements de surface.

**Les eaux usées** : Les eaux usées domestiques et industrielles sont une source importante de nutriments. Si elles ne sont pas traitées correctement, elles peuvent être rejetées directement dans les oueds et transporter des nutriments avec elles.

**La décomposition des matières organiques** : Les feuilles, les branches et les autres matières organiques qui se trouvent dans les zones riveraines se décomposent naturellement et libèrent des nutriments dans les sols et les cours d'eau environnants.

**Les sources naturelles** : Les roches et les minéraux du sol peuvent également libérer des nutriments dans les cours d'eau. Les précipitations peuvent dissoudre les nutriments dans le sol et les transporter vers les oueds.

### 5.6.2 Les sels nutritifs

**L'Azote total (N<sub>2</sub>)** : Ce paramètre devient de plus en plus important lors de l'expression de l'azote total en mg/l. Sa valeur globale dans les eaux usées recouvre toutes les formes, c'est la total d'azote des formes réduites (organique et ammoniacal) est appelé azote de KJELDAL et l'azote des formes oxydées (Nitrites NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, Nitrates NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) (RODIER, 2005).

**L'azote ammoniacal** : L'azote ammoniacal est souvent désigné par le terme d'ammoniaque qui correspond à la forme ionisée (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) et non ionisée (NH<sub>3</sub>) de cette forme d'azote. L'ammoniaque constitue un des maillons du cycle de l'azote. Dans son état primitif, l'ammoniac

(NH<sub>3</sub>) est un gaz soluble dans l'eau, mais suivant les conditions du pH, il se transforme soit en un composé non combiné, soit sous forme ionisée (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) (**Tardat et Beaudry, 1999**).

**Les Nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)** : Les ions nitrites, composés intermédiaires du cycle de l'azote située entre l'azote ammoniacal et les ions nitrates ont des concentrations pouvant atteindre quelques micromoles. Les nitrites proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque, la nitrification n'étant pas conduite à son terme, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiant. Une eau qui renferme des nitrites est à considérer comme suspecte (**RODIER et al. 2009**).

**Le Nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)** : Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote organique dans l'eau. Les nitrobacters transformant les nitrites en nitrates. Les nitrates ne sont pas toxiques : mais des teneurs élevées en nitrates provoquent une prolifération algale qui contribue à l'eutrophisation du milieu. Leur potentiel danger reste néanmoins relatif à leur réduction en nitrate (**RODIER et al., 2009**).

**Le silicium (SiO<sub>4</sub><sup>-2</sup>)** : Le silicium, c'est le troisième élément nutritif important après l'azote et phosphore qui gouvernant le fonctionnement de la chaîne alimentaire des milieux marins. Les éléments nutritifs sont des descripteurs hydrologiques indispensables à l'étude ou la caractérisation d'un écosystème marin. Le silicate dissous n'a qu'une voie de transformation : l'assimilation par les diatomées pour constituer leur squelette en silice (SiO<sub>4</sub><sup>-2</sup>) (**Aminot et Kérouel, 2004**).

**Le Phosphate** : Dans les eaux résiduaires le phosphore peut se rencontrer sous forme de sels minéraux (Ortho phosphates, poly phosphate) mais aussi sous forme de composés organoleptique. Ces différents composés sont soit solubilisés soit fixés sur les matières en suspension (**RODIER et al., 2009**).

**L'Ortho Phosphates (PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>)** : La pollution causée par les phosphates est due en partie à des rejets d'eaux domestiques et industrielles (détergents et industries chimiques) et en partie à l'utilisation des fertilisants et des engrais considérés comme des éléments favorisant l'eutrophisation des masses d'eau stagnantes (**Cardot et Gilles, 2013**).

## 5.7 Liens entre les principaux descripteurs

Il y a tellement de descripteurs d'hydrologie marine côtière qui sont liés les uns aux autres que certaines mesures peuvent être inutiles si les mesures complémentaires nécessaires à leur interprétation ne sont pas également acquises. En outre, les apports continentaux et anthropiques

ont un impact direct sur plusieurs paramètres, ce qui rend la situation encore plus compliquée. En raison de cette complexité, il est impossible de créer un programme-type d'hydrologie qui fonctionnerait pour toutes les études.

Le tableau ci-dessous présente de manière synthétique les principaux descripteurs d'hydrologie et les liens plus ou moins forts qui les unissent (AMINOT et KEROUEL, 2004).

**Tableau 01** : les principaux descripteurs d'hydrologie et les liens qui les unissent.

Mesure à effectuer	Descripteurs d'interprétation*
Salinité(S)	T (+)
Température(T)	S (++)
pH	S (+) T (++) chlorophylle (+)
Oxygène (O 2)	S (+++) T (+++) chlorophylle (++)
Nitrate (NO 3)	S (+++) O 2 (+) PO 4 (++) Si (++) chlorophylle (++)
Nitrite (NO 2)	S (++) O 2 (+) NH 4 (++)
Ammonium(NH 4 )	S (+++) T (+) pH (+) O 2 (++) NO 3 (+) NO 2 (+) PO 4 (++) Si (+) chlorophylle (++)
Silicate(Si)	S (+++) O 2 (+) NO 3 (++) NH 4 (+) PO 4 (++) chlorophylle (++)
MES (et/ou turbidité)	S (+) chlorophylle (+)
Chlorophylle	S (+) T (+) NO 3 (++) NH 4 (++) PO 4 (++) Si (++) MES (+)

Source : (AMINOT et KEROUEL, 2004).

\* *Indispensable (+++)* : dont on ne peut pas se passer pour interpréter le descripteur à étudier.  
*Souhaitable (++)* : dont la mesure permet une interprétation plus poussée, si nécessaire.  
*Eventuel (+)* : non indépendant du descripteur étudié, peut aider à l'interprétation

## 6. LES DESCRIPTEURS BIOLOGIQUES OU BIO-INDICATEURS

Les êtres vivants d'un écosystème spécifique ont naturellement développé des adaptations physiques, chimiques et biotiques pour répondre aux conditions environnementales qui les entourent. De ce fait, les exigences écologiques de chaque espèce sont généralement comblées par les caractéristiques du milieu.

**Un bioindicateur** : peut se définir comme une espèce ou un groupe d'espèces végétales ou animales dont les caractéristiques observées (occurrence, abondance, biomasse, caractéristiques

ou « traits » biologiques) fournissent une indication sur le niveau de dégradation du milieu (**Reyjol et al. 2012**).

La bio-indication est un complément au diagnostic physico-chimique et reflète de manière efficace l'état de santé d'un écosystème.

La littérature décrit plusieurs indicateurs biologiques spécifiques aux milieux aquatiques, on peut citer celle utilisée par la DCE/CE (Directive Cadre Eau) (**EC, 2000**) qui est basée sur l'évaluation de communautés biologiques (appelées éléments de qualité biologiques) dont les caractéristiques observées sont comparées à un état de référence (non perturbé ou faiblement perturbé). Les éléments de qualité biologiques sont : le phytoplancton, le phytobenthos, macrolgues et angiospermes, Invertébrés benthiques et poissons.

### **6.1 Les oiseaux aquatiques des bio-indicateurs de valeur**

L'utilisation des oiseaux aquatiques comme bio-indicateurs de l'état de l'environnement n'est pas nouvelle. Cette caractéristique découlerait de leur mobilité, de leur facilité d'observation de leur réponse rapide aux changements physiques et biologiques du milieu d'accueil et de leur situation à un niveau élevé des chaînes trophiques (**Blondel, 1975 ; Kushlan, 1993**), même s'il est difficile d'établir clairement les liens de causalité entre les modifications du milieu et les réponses des oiseaux, puisque différents paramètres physiques et biologiques sont interreliés et peuvent avoir des effets complémentaires ou opposés (**Hamel, 2011**).

Cependant, la valeur bio-indicatrice des oiseaux aquatiques est considérée de plus en plus pertinente et constitue une bonne approche pour un diagnostic rapide de la qualité du milieu en se basant sur la bio-éthologie des espèces présentes, d'autres paramètres démographique tels que la nidification, la taille des pontes et la survie des jeunes (**Larsen et al., 2010**).

### **6.2 Ripisylve**

Les ripisylves sont des formations végétales qui se développent le long des cours d'eau, des rivières et des lacs, principalement dans les zones riveraines. Elles sont caractérisées par une végétation adaptée à des conditions périodiquement humides et sont essentiellement composées d'arbres, d'arbustes, de plantes herbacées et de buissons (**Gregory et al, 1991**).

Les ripisylves, également connues sous le nom de zones riveraines végétalisées, se révèlent être des indicateurs environnementaux essentiels grâce à leur relation étroite avec la qualité de l'eau et la santé des écosystèmes aquatiques, La présence et l'abondance de certaines espèces de plantes

ripariennes étaient étroitement liées aux niveaux de nutriments et de pollution dans les cours d'eau, faisant des ripisylves des indicateurs fiables de la contamination de l'eau (**Haury & Trémolières, 2007**).

Ces bandes de végétation le long des cours d'eau abritent une diversité d'espèces végétales qui sont sensibles aux variations des conditions hydrologiques et aux niveaux de pollution dans les écosystèmes fluviaux.

Le rôle des ripisylves en tant que filtres naturels pour les polluants provenant des activités humaines. Formations végétales étaient capables de réduire efficacement la quantité de sédiments, de nutriments et de contaminants chimiques atteignant les cours d'eau, soulignant ainsi leur importance en tant que bioindicateurs protecteurs des écosystèmes aquatiques contre les effets néfastes de la pollution (**Roger & Armand, 2004**).

### **6.3 Le phytoplancton**

Le plancton du grec « planktos » signifiant « errant » a été pour la première fois utilisé par le Zoologiste allemand Victor Hensen en 1887. Il désigne l'ensemble des organismes aquatique vivant librement dans la colonne d'eau, et dont les mouvements propre ne leurs permettent pas de lutter contre ceux des masses d'eau les portants (**Trombetta, 2019**).

Le phytoplancton joue un rôle majeur dans les écosystèmes de la Terre. Il constitue le point de départ de la plupart des activités biologiques dans les eaux (**Kroeck, 2019**). Non seulement le phytoplancton représente le premier maillon de la chaîne alimentaire aquatique, mais, il est aussi considéré comme le « poumon » de notre planète (**Bordji et El Saadi, 2018**).

Le phytoplancton est un indicateur écologique précieux pour évaluer la santé des écosystèmes aquatiques, la qualité de l'eau, les changements environnementaux et les menaces potentielles pour l'environnement et la santé humaine.

#### **Importance des phytoplanctons**

**Acteur de la photosynthèse :** Les phytoplanctons eucaryotes et procaryotes ont en commun la photosynthèse oxygénique. Cette réaction assure la transformation du carbone inorganique en énergie chimique en captant l'énergie lumineuse (**Sialve et Steyer, 2013**) grâce à la chlorophylle contenue dans leur cellule. La photosynthèse constitue une pompe biologique qui sert à réguler la quantité du CO<sub>2</sub> atmosphérique (dissous à la surface des eaux) qui le transforme en carbone organique particulaire ou dissous puis son transport de la couche euphotique vers les eaux profondes (**Bonato, 2015**).

### **Application des phytoplanctons**

Les microalgues sont une source prometteuse de biomasse pour des applications aussi variées que l'alimentation animale et humaine, la production énergétique, ou la décontamination environnementale (**Przybyla et al., 2017**).

**Traitement et épuration d'eau :** Les phytoplanctons ont un rôle important dans le traitement des eaux. Ce rôle se traduit par :

- La production d'oxygène lors de la photosynthèse ce qui permet la survie des bactéries épuratrices ;
- L'assimilation et conversion des nutriments des eaux usées notamment l'azote et du phosphore ;
- l'élévation du pH lié aux processus de photosynthèse qui rend les eaux basiques. Cette augmentation du pH entraîne une croissance du taux de mortalité pour les coliformes thermotolerants (**Baya, 2012**) ;
- Ils agissent comme bio absorbants contribuant à l'élimination des métaux lourds et autres produits toxiques véhiculés par ces eaux ;
- Ils favorisent l'oxydation de la matière organique en s'associant sous forme symbiotique aux bactéries (**Boulefa, 2020**). Ils participent aussi d'une façon directe à l'élimination de certains dérivés organiques ;
- L'assimilation de la matière organique et une influence sur les conditions qui affectent la mort des pathogènes (**Pearson et al., 1987**).

## **7. CADRE JURIDIQUE**

### **7.1 Les normes algériennes en matière de rejet d'effluents**

Il est obligatoire de respecter des normes réglementaires pour le rejet des eaux usées collectées dans les réseaux urbains ou les eaux usées directement émises par les industries dans les milieux récepteurs naturels tels que les rivières, les lacs, les littoraux marins ou les terrains d'épandage. Le rejet n'est autorisé que si les normes sont satisfaites.

**La loi n° 83-17 du 16 juillet 1983 portant code des eaux :** L'article 100 stipule que le déversement ou l'immersion dans les fonds du domaine public hydraulique de matières ne présentant pas les risques, est soumis à une concession d'utilisation du domaine public hydraulique, appelée autorisation de déversement.

**La loi n° 03-10 du 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable :** L'article 50 exige aux installations de déversement dès leur mise en service de fournir des effluents conformes aux conditions fixées par voie réglementaire.

**Le Décret Exécutif n° 06-141 du 19 Avril 2006, section 1, article 3.** Les valeurs limites maximales de rejet d'effluents fixées par ce décret est regroupée dans le tableau des valeurs limites des paramètres de rejet dans un milieu récepteur (**annexe I.1**).

**Le Décret Exécutif n° 11-219 du 12 Juin 2011, article 3.** Ce décrets précise les objectifs de qualité des eaux superficielles et souterraines destinées à l'alimentation en eau potable des populations correspondent à des valeurs maximales fixées dans l'annexe du présent décret pour les paramètres organoleptiques ; physico-chimiques, chimiques et microbiologiques (**annexe I.2**).

**La loi n° 05-12 du 4 août 2005 relative à l'eau :** L'article 45 spécifie que l'autorisation prévue à l'article 44 est refusée, notamment lorsque les effluents ou les matières sont de nature à nuire :

- à la capacité de régénération naturelle des eaux.
- aux exigences de l'utilisation des eaux.
- à la santé et la salubrité publiques.
- à la protection des écosystèmes aquatiques.
- à l'écoulement normal des eaux aux activités de loisirs nautiques.

## **7.2 Les principales lois et réglementations relatives à la protection des oueds**

Liste des principales lois et réglementations algériennes relatives à la protection des oueds :

**La loi n° 02-02 du 5 février 2002 relative à la protection et à la mise en valeur de l'environnement :** Cette loi définit le cadre général pour la protection de l'environnement en Algérie, y compris la protection des oueds. Elle prévoit la création de comités de gestion des oueds, la création de zones de protection des oueds, la réglementation des activités économiques le long des cours d'eau et la participation du public dans la gestion et la protection des oueds.

**La loi n° 04-05 du 14 août 2004 relative à l'eau :** Cette loi définit les principes généraux de la gestion de l'eau en Algérie, y compris la protection des ressources en eau et des cours d'eau. Elle prévoit la création d'agences de bassin et de comités de gestion des ressources en eau, ainsi que des mesures de contrôle et de surveillance de la qualité de l'eau.

**Le décret n° 07-71 du 25 février 2007 portant création du comité national de coordination et de suivi de la gestion des oueds :** Ce décret prévoit la création d'un comité national pour mettre en œuvre et suivre les actions de gestion et de protection des oueds à l'échelle nationale.

**Le décret n° 07-262 du 24 juillet 2007 fixant les modalités d'application de la loi n° 02-02 relative à la protection et à la mise en valeur de l'environnement :** Ce décret précise les modalités d'application de la loi n° 02-02, y compris les mesures de protection et de gestion des oueds.

**Le décret n° 10-156 du 11 mai 2010 relatif à la protection des zones humides :** Ce décret prévoit des mesures de protection et de gestion des zones humides en Algérie, y compris les zones humides liées aux oueds.

**Le décret n° 14-126 du 29 avril 2014 portant création de la commission nationale de gestion des ressources en eau :** Ce décret prévoit la création d'une commission nationale pour gérer les ressources en eau en Algérie, y compris les cours d'eau et les oueds.

En résumé, ces lois et réglementations algériennes visent à protéger les oueds contre la pollution et la dégradation de l'environnement, en mettant en place des mesures de protection et de gestion, ainsi que des structures de coordination et de suivi à l'échelle nationale.

**CHAPITRE II**  
**MATÉRIEL**  
**ET MÉTHODES**

## CHAPITRE II : MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 1. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

La wilaya de Tipaza fait partie de la région nord de l'Algérie fortement urbanisée. Son territoire couvre une superficie d'environ 1707 Km<sup>2</sup>, et se partage entre 10 daïras et 28 communes.

La station d'épuration de Chenoua à Tipaza construite en 2008, Cette station est chargée de traiter les eaux usées qui sont déversées dans l'Oued Nador, un cours d'eau qui traverse plusieurs communes et qui aboutit à la plage de Chenoua.

La plaine de l'oued Nador, fait partie de la daïra Sidi Amar, située à proximité de la localité Bouma'chouk et Douar Mansour. La plage de Chenoua est insérée entre le mont du Chenoua à l'Ouest et la plage Matares à l'Est. C'est une plage sablonneuse avec quelques roches dans sa partie occidentale. C'est la plage où se jette l'Oued Nador (**Abdelhak et Chabou, 2001**).



**Figure 04** : La localisation géographique de la zone d'étude (**Google Earth, 2023**).

#### 1.1 Choix de la zone d'étude

La zone d'étude a été sélectionnée pour une meilleure compréhension des répercussions de la station d'épuration sur cet écosystème de grande valeur. Elle couvre un segment de 1.2 km de longueur, qui va du pont traversant le CW 109 jusqu'à l'embouchure de l'Oued Nador, au niveau de la plage Chenoua, en passant par la sortie des eaux traitées par la STEP de Tipasa. Ce choix méthodique découle de la nécessité d'obtenir une vision globale des interactions entre les eaux, drainées par le cours d'eau, depuis sa source et les effluents épurés provenant de la station

d'épuration. Cette zone d'étude offre l'opportunité d'explorer minutieusement les possibles variations de la qualité de l'eau, les habitats riverains, ainsi que la biodiversité locale.

Les coordonnées géographiques de la zone d'étude sont, respectivement, du pont vers l'embouchure : 36°35'44" N et 2°25'16" E vers 36°35'52.00"N et 2°25'14.00"E

### 1.2 Sources de pollution du milieu marin

En déversant ses eaux dans la mer, l'Oued Nador charrie des matières qui pourraient être une source de contamination des eaux côtières.

### 1.3 Le réseau hydrographique

L'Oued Nador c'est le seul réseau hydrographique qui se déverse dans la baie du Chenoua, Son bassin versant est drainé par un réseau d'affluents : l'oued Bou Yeghsen, oued Bouhardoun, oued Merad et oued Bourkika. La surface de son bassin versant est de l'ordre de 230 km<sup>2</sup> avec un débit de 890 l/s, son écoulement moyen annuel est de l'ordre de 36.3 km<sup>3</sup> /année. Son débit liquide est de 28. 106 m<sup>3</sup>/an.

De point de vue géologique et hydrogéologique, l'aquifère de l'Oued Nador est constitué par les terrains astiens et les niveaux alluviaux (gréso-conglomératiques) du Quaternaire basal, appelé l'aquifère plio-quaternaire. Le substratum de cet aquifère est fortement plissé, constituant un synclinal penté vers la mer. L'alimentation de la nappe plio-quaternaire se fait exclusivement par l'infiltration des eaux pluviales au niveau des affleurements des terrains aquifères (**Bouderbala et Remini 2014**).

L'aquifère côtier de Nador à Tipaza a fait l'objet d'un pompage excessif durant la période 1980-2000, à des fins d'irrigation des terres agricoles et de l'alimentation en eau potable des populations. Cette surexploitation s'est, fortement, répercutée sur la qualité de ses eaux qui ont connu une forte minéralisation en raison de l'intrusion des eaux marines. Cependant, l'abandon de la majorité des puits ces dernières années a réduit ce phénomène de contamination par les eaux marines de l'aquifère (**Bouderbala, 2015**).

## 2. PRESENTATION DE LA STATION D'EPURATION DES EAUX USEE STEP

### TIPASA

La station d'épuration de Tipaza a obtenu la certification ISO 14001 version 2004, ce qui en fait la première distinction de ce genre à l'échelle nationale et africaine en matière de gestion et d'exploitation des systèmes d'assainissement.

Elle a été mise en service en 2008 pour traiter les eaux usées reçues des 03 communes Sidi amer, Nador, Tipaza. En l'absence d'activité industrielle importante dans les communes concernées qui sont plutôt à vocation touristique et agricole, les eaux usées traitées sont principalement d'origine domestique.

A une capacité de traitement de 11 200 m<sup>3</sup>/jour pour une population équivalente de 70 000 habitants. Elle fonctionne selon le principe des boues activées à faible charge, et utilise l'Oued Nador comme milieu récepteur (**STEP, 2023**).

### 2.1 Objectifs de la STEP

- Sauvegarder des ressources en eau.
- Protéger l'environnement.
- Protéger la santé publique.
- Elimination des nuisances olfactives.
- Récupérer et bénéficier de l'eau propre et des boues.
- Réduction des émissions des gaz à effets de serre.

### 2.2 Principe de traitement de la STEP de Tipaza

La station d'épuration de Tipaza repose sur un système de traitement des eaux usées utilisant une station à boues activées et à faible charge. Le traitement se compose de deux phases pour la filière "Eau" et d'un traitement pour la filière "Boue".

### 2.3 Etapes de traitement

L'épuration des eaux usées dans la STEP de la ville de Chenoua consiste à un prétraitement, des traitements biologiques secondaires et clarification

#### Phase 1: prétraitement ou traitement préliminaire

- Arrivée des eaux, avec un by-pass vers l'oued en cas d'orage, à partir d'un regard en amont du poste de relevage.
- Un dégrillage grossier, un relevage et un dégrillage fin pour éliminer les impuretés.
- un dessablage et un déshuilage

#### Phase 2: traitement secondaire ou traitement biologique

- Traitement biologique.
- Décantation et clarification.

## 2.4 Traitement des eaux

**Poste de relevage et dégrillage grossier :** Les eaux usées brute arrivent en tête de station dans un poste de relevage constitué d'un puisard de 45m<sup>3</sup>.



**Figure 05 :** Le poste de relevage

**Dégrillage fin :** En amont du déssableur-déshuileur est installée une grille fine, à nettoyage mécanisé sur le canal d'amenée. Parallèlement, un chenal by-pass est équipé d'une grille fine à nettoyage manuel. Pour assurer la continuité du fonctionnement de la station en cas d'arrêt de la grille mécanique, deux vannes murales permettent d'isoler cette grille mécanique et l'eau sera dirigée vers le canal by-pass par surverse.

**Convoyeur à bande :** Les refus ou rejets du dégrilleur sont convoyés par un transporteur à bande vers un conteneur de stockage de 8 m<sup>3</sup>.

Pour éviter la décantation des sables dans le bassin biologique, et pour éliminer les huiles et graisses contenues dans l'eau brute, un déssableur-déshuileur (**figure 06**) en béton armé est installé en aval du dégrilleur fin. Il est dimensionné pour un débit de 1167 m<sup>3</sup>/h.



**Figure 06 :** Le déssableur/ déshuileur

## 2.5 Traitement biologique

**Bassin biologique :** Le traitement biologique est du type à boues activées à faible charge, fonctionnant en aération prolongée.

Le traitement biologique est effectué à l'aide du processus aérobic par lequel les bactéries provoquent une oxydation directe des matières organiques des eaux usées à partir de l'oxygène dissous dans l'eau. La liqueur mixte est maintenue dans un régime turbulent par les six aérateurs de surface.



LAKARI & SAHNOUN, 2023

**Figure 07 :** le bassin biologique (originale, 2023).

**Décanteurs secondaires :** Chaque décanteur est équipé d'un pont racleur tournant constitué d'une passerelle équipée de racleurs de fond et de racleurs de surface. Les racleurs de fond ramènent les boues déposées au fond de l'ouvrage vers la poche centrale, ces dernières sont récupérées par



LAKARI & SAHNOUN, 2023

**Figure 08:** Décanteur secondaire.

gravité vers le poste de pompage des boues. Les racleurs de surface récupèrent et dirigent les écumes flottantes vers la bêche de reprise.

**Pompes de recirculation des boues :** Le poste de reprise des boues en aval des décanteurs dans la filière (boue) permet la recirculation des boues activées et le pompage des boues en excès vers l'épaississeur. La recirculation est assurée par deux pompes de 200 m<sup>3</sup>/h chacune, dont une de réserve. L'évacuation des boues en excès vers l'épaississeur est assurée par deux pompes immergées de 30 m<sup>3</sup>/h chacune.

## 2.6 Traitement des boues

**Épaississeur de boues :** Les boues en excès seront épaissies par gravité dans cet ouvrage, un mécanisme de rotation lent, augmente l'efficacité du processus d'épaississement et augmente le contenu des matières solides.

**Déshydratation par filtres à bandes :** Les boues épaissies sont déshydratées par filtres à bandes pour garantir une opération continue, même pendant les périodes de maintenance, deux filtres complètement indépendants sont installés en parallèle. Chaque filtre est équipé de sa propre pompe à polymères et de sa propre pompe d'alimentation en boues.

Un polymère est ajouté à la boue pour améliorer ses caractéristiques de déshydratation, il permet d'obtenir de plus hautes concentrations en matière sèche. Le dosage moyen du polymère est normalement de 4 à 6 kg par tonne de boue sèche.

## 3. MATÉRIELS ET MÉTHODES

### 3.1 Période de la campagne de prélèvement

Deux campagnes de prélèvement ont été réalisées, la première le 23 mars 2023 et la deuxième, le 09 mai 2023. Des échantillons d'eau ont été collectés à des points différents du segment choisi (1.5 km) de façon à disposer d'échantillons représentatifs de la qualité de l'eau avant et après le déversement des eaux traitées par la STEP.

Il est à noter que c'est lors de la deuxième campagne que nous avons pu réaliser un échantillonnage plus complet en collectant des échantillons supplémentaires, notamment en amont de la STEP (point de référence), au niveau du déversement et dans le bassin final.

### 3.2 Localisation des points de prélèvement

Neufs points de prélèvements ont été sélectionnés pour l'analyse des paramètres physico-chimiques indicateurs de pollution : DCO, DBO<sub>5</sub>, MES, sels nutritifs, azote total et phosphore total. L'échantillonnage a été concentré au niveau du segment côtier du cours d'eau, c'est à dire le plus proche de l'embouchure (**Figure 09, 10**).

Le tableau suivant montre détaillé les points de prélèvement et les paramètres mesurés.



Figure 09 : Photo de quelques points de prélèvements



Figure 10 : Emplacement des points de prélèvement (Google Earth, 2023).

**Tableau 02** : Désignation et coordonnées géographiques des points d'échantillonnage.

	Les points de prélèvements	Abréviation	Coordonnées géographiques	Paramètres mesurés
<b>1<sup>ere</sup> Sortie 23-03-2023</b>	Plan d'eau	A1	36°35'47.00"N 2°25'8.00"E	<ul style="list-style-type: none"> <li>- pH</li> <li>- Température</li> <li>- Salinité</li> <li>- Oxygène dissous</li> <li>- Nitrite</li> <li>- Nitrate</li> <li>- Azote ammoniacal</li> <li>- L'ortho-phosphate</li> <li>- Silicium</li> <li>- Azote total</li> <li>- Phosphore totale</li> </ul>
	Plan d'eau	A2	36°35'50.09"N 2°25'11.39"E	
	Embouchure (point de contact avec la mer)	A3	36°35'52.00"N 2°25'14.00"E	
<b>2<sup>eme</sup> Sortie 09-05-2023</b>	Plan d'eau avant STEP	B1	36°35'25.99"N 2°25'9.99"E	<ul style="list-style-type: none"> <li>- pH</li> <li>- Température</li> <li>- Salinité</li> <li>- Oxygène dissous</li> <li>- MES</li> <li>- DCO</li> <li>- DBO5</li> <li>- Nitrite</li> <li>- Nitrate</li> <li>- Azote ammoniacal</li> <li>- L'ortho-Phosphate</li> <li>- Silicium</li> <li>- Azote total</li> <li>- Phosphore totale</li> </ul>
	Bassin terminal (eaux traitées)	B2	36°35'31.00"N 2°25'8.00"E	
	Point de sortie dans l'Oued	B3	36°35'30.84"N 2°25'10.06"E	
	Plan d'eau	B4	36°35'46.34"N 2°25'6.81"E	
	Plan d'eau	B5	36°35'48.57"N 2°25'9.48"E	
	Embouchure	B6	36°35'50.84"N 2°25'12.22"E	

3.3 Matériel utilisé :

**Tableau 03 :** Matériel utilisé pour l'analyse des paramètres physico-chimiques et du phytoplancton.

PARAMETRE	MATERIEL UTILISE
<b>Le potentiel hydrogène (pH)</b>	Un pH-mètre de terrain de marque « WTW » type pH 315 i/Set.
<b>La salinité / La température</b>	Un conductimètre de terrain de marque « WTW » type Cond 197i.
<b>L'oxygène dissous</b>	Un Oxymètre de terrain de marque « WTW » type Oxi 197i.
<b>Matière en suspension (MES)</b>	la capsule en aluminium - un filtre 0,45µm- d'une balance analytique - un entonnoir - une fiole - éprouvette 100ml- une pompe d'aspiration - une pince à extrémité plate- une étuve 105± 2°C - un dessiccateur.
<b>Demande chimique en oxygène (DCO)</b>	DCO mètre – les fioles (1000ml, 250ml) les pipettes à jaugée (20 ml, 5ml) - erlenmeyer.
<b>Demande biologique en oxygène (DBO5)</b>	Flacon de BOD (Bottle-on-Demand) - Agitateur magnétique - KOH (hydroxyde de potassium)- incubateur- DBO SENSOR Velp.
<b>Sels nutritifs</b>	Des flacons de 250ml – entonnoir – Les filtrés - Auto-Analyser San Plus Système de marque SKALAR, 1998 - Bi-distillateur MILLI-Q Reagent Water System, balance, spatules, béchers et étuve - Deux micropipettes Fortuna avec éjecteur d'embouts de type DIGITAL, une de 200 à 1000 µl et l'autre de 20 à 250 µl. des fioles de 100 et 500 µl
<b>Phytoplancton</b>	Filet à plancton – des flacons 1L- lugol - pipette – microscope optique – lame – lamelle- Les clés d'identification.

3.4 Prélèvement, et conservation des échantillons

Les caractères hydromorphologique de l'oued Nador (largeur du plan d'eau et profondeur) a nécessité l'utilisation d'un bateau gonflable (Intex Challenger 2) afin d'accéder aux points de prélèvement disposer, ainsi d'échantillons représentatifs à même de garantir des mesures faibles des paramètres physico-chimiques (**figure 11**).

**Préparation de l'embarcation :** L'embarcation gonflable Intex Challenger 2 a été préparée en suivant scrupuleusement les directives du fabricant pour l'assemblage et le gonflage.

**Collecte des échantillons d'eau :** L'embarcation a été utilisée pour accéder à divers secteurs de l'Oued Nador. Les prélèvements d'eau ont été effectués à différentes profondeurs en utilisant un

dispositif de collecte approprié, en veillant à éviter toute contamination des échantillons par des substances extérieures.

**Stockage des échantillons :** Les échantillons d'eau prélevés ont été rapidement transférés dans des récipients étanches et propres, notamment des bouteilles en plastique stériles. Chaque récipient a été étiqueté avec des informations précises sur et l'emplacement du prélèvement.

**Mesure des paramètres physico-chimiques in-situ :** L'appareil de mesure WTW a été utilisé pour réaliser des mesures des paramètres physico-chimiques de l'eau, tels que la température, le pH, la salinité, la concentration en oxygène dissous (DO).



**Figure 11 :** Opération de prélèvement des échantillons d'eau et de mesure *in situ*.

Afin d'assurer la qualité de l'échantillon et d'optimiser les résultats, les échantillons prélevés ont été conservés dans une glacière à une température de 4°C et transportés directement au laboratoire de la STEP de Tipaza pour conserver les échantillons, et mesurer la matière en suspension sur place.

### 3.5 Analyse physico-chimiques

#### 3.5.1 Mesure « in-situ » des paramètres physico-chimiques

Au niveau de chaque station de prélèvement, les paramètres physico-chimiques (pH, température, oxygène dissous et salinité) ont été mesurés directement sur le terrain. Afin d'éviter une modification significative due aux échanges éventuelles que pourraient avoir les échantillons avec l'extérieur (activités des micro-organismes, les réactions d'oxydoréductions) (N'guessanet *al.*, 2017; Arouya, 2011). Les mesures sont effectuées, soit directement dans la colonne d'eau avec des sondes multiparamétriques, soit sur des échantillons prélevés en surface par remplissage manuel de flacons.

**Le potentiel hydrogène (pH) :** Le pH conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques et dépend des facteurs multiples, dont la température et l'origine de l'eau (Aissaoui et al., 2017). La mesure a été réalisée grâce à un pH-mètre de terrain de marque « WTW » type pH 315 i/Set (Annexe II 1.a)

**La température :** La température de l'eau régit presque sur la totalité des réactions physiques, chimiques et biologiques. Elle joue un rôle important dans la solubilité des sels et surtout des gaz et conditionne les équilibres de dissociation. La mesure a été réalisée grâce à un conductimètre de terrain de marque « WTW » type Cond 197i (Annexe II 1.b)

**La conductivité, La salinité :** C'est en fait la conductibilité de l'eau, de laquelle dépend la quantité de sels dissous. La mesure a été réalisée grâce à un conductimètre de terrain de type « WTW » type Cond 197i (Annexe II 1.b). Cette mesure permet de déterminer la quantité totale de sels minéraux dissous dans l'eau. Ce conductimètre, affiche aussi la valeur de la salinité.

**L'oxygène dissous :** L'oxygène constitue un excellent indicateur de la qualité de l'eau. Sa valeur nous renseigne sur le degré de pollution et par conséquent sur le degré de l'auto-épuration d'un cours d'eau. La concentration a été mesurée grâce à un Oxymètre de terrain de marque « WTW » type Oxi 197i (Annexe II 1.c).

### 3.6 Analyse au laboratoire

#### 3.6.1 Détermination de la matière en suspension (MES)

Au niveau de la station d'épuration de Tipaza (STEP).

**Principe :** Le principe de la méthode consiste à filtrer l'eau à travers une membrane filtrante pour retenir les particules de taille supérieure à 0,45µm.

**Mode opératoire :** (Annexe III. a)

- Peser la capsule en aluminium contenant un filtre à l'aide d'une balance analytique.
- Mettre la membrane sur la rampe à filtration sous vide et ajouter 100 ml d'eau à analyser.
- Après la filtration, sécher la membrane à 105 C° pendant 20 minutes, laisser refroidir au dessiccateur puis peser une deuxième fois.
- Calculer la matière en suspension (Annexe III. b)

#### 3.6.2 Détermination de la demande chimique en oxygène (DCO) :

Au niveau de laboratoire de chimie (LCP1) de l'Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral (ENSSMAL).

**Principe :** Les matières oxydables présentes dans l'eau sont oxydées par le dichromate de potassium en milieu acide sulfurique à chaud en présence de catalyseur (**Tortora et al., 2012**).

### **Mode opératoire (annexe IV)**

La méthode appliquée consiste à introduire 10 ml d'échantillon dans un milieu acide contenant les réactifs déjà préparé (R1 : 5ml de la solution de dichromate de potassium – R2 : 15 ml de la solution d'acide sulfurique contenant le sulfate d'argent). L'ensemble est chauffé dans un four à DCO à 150°C pendant deux heures, après refroidissement transvaser le contenu du tube dans un erlenmeyer de 250 ml, rincer et diluer avec environ 75 ml d'eau. Ajoute 2 à 3 goutte de ferroïne et faire le titrage avec la solution de fer d'ammonium. Après calculer la concentration en DCO (**Annexe IV. b**).

### **3.6.3 Détermination de la demande biologique en oxygène (DBO5) :**

Au niveau de laboratoire de microbiologie (LBM2) de l'Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral (ENSSMAL).

**Principe :** Un échantillon de volume mesuré d'eau, est placé dans chacun des six flacons embrés du DBO mètre, connectés par leurs bouchons aux capteurs de pression de l'appareil. L'échantillon est continuellement agité par un barreau d'agitation magnétique pour transférer de l'oxygène de l'air à l'échantillon.

Cet oxygène est consommé par les bactéries, pendant la période de mesure, pour oxyder les matières organiques.

Les capteurs de pressions contrôlent la pression d'air dans les flacons d'échantillons.

La variation de pression est convertie en mg/l de DBO lorsque la pression diminue dans les flacons.

Le gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) qui est produit par les micro-organismes est absorbé par l'Hydroxyde de Lithium placé dans la cupule (une cupule par flacon).

### **Mode opératoire (Annexe V)**

## **3.7 Analyser des paramètres chimiques**

Au niveau de laboratoire de recherche à Sidi Fredj (Station marine et laboratoire de recherche).

### **3.7.1 Méthode d'analyse**

L'analyse automatique consiste à réaliser automatiquement les différentes manipulations nécessaires à un dosage manuel : prélèvements, analyse et lecture (**Rodier et al. 2005**).

Dans notre étude, le dosage des sels nutritifs s'est fait par colorimétrie à flux continu sur chaîne automatisée « Auto-Analyzer SAN PLUS » selon les protocoles définis par le fabricant (**Skalar, 1998**).

Le fonctionnement de l'appareil repose sur un principe dynamique simple, celui de l'analyse liquide en flux continu : Une veine liquide progresse, par l'intermédiaire d'une pompe péristaltique, en continu, ce qui autorise une polyvalence et une grande souplesse. Les réactions chimiques s'effectuent dans cette veine en progression.

Le mode opératoire détaillé pour le dosage de chaque sel ainsi que les réactifs utilisés sont consignés en (**Annexe VI**).

### 3.7.2 Principe des dosages des sels nutritifs dans d'eau

La méthode utilisée pour le dosage des sels nutritifs (azote ammoniacal, nitrites, nitrates, ortho phosphates, silicate) est basée sur une réaction de coloration. En effet, ces sels réagissent dans certaines conditions (température, pH, présence de catalyseurs,...) avec des réactifs spécifiques pour donner une coloration absorbant la lumière à une certaine longueur d'onde ( $\lambda$ ).

L'absorption de l'énergie lumineuse dépend de l'intensité de la coloration, de même, ce dernier est d'autant plus importante que la solution est concentrée en sel dosé.

La quantité de lumière absorbée par la solution, appelée absorbance (A) ou densité optique (D.O), obéit à la loi de Beer-Lambert qui est exprimée par la relation suivante :

$$A = D.O = \log (I_0/I) = \epsilon.L.C$$

Où :

**I<sub>0</sub>** et **I** : sont respectivement intensité lumineuse incidente et émergente.

$\epsilon$  : le coefficient d'extinction molaire variant en fonction de la température et la longueur d'onde.

**L** : la longueur du milieu traversé exprimé en cm.

**C** : concentration de la solution absorbante exprimée en mol/l.

**A** : absorbance de la solution.

**D.O** : densité optique de la solution.

## 3.8 Méthode d'inventaire de la biodiversité

### 3.8.1 La faune

Bien que tous les groupes taxonomiques soient importants dans un inventaire de la faune, le principal groupe visé dans le cadre de cette étude est l'avifaune, en raison de sa valeur bio-indicatrice dans les écosystèmes aquatiques et du fait qu'il est plus facilement observable que les

autres groupes (mammifères, reptiles, amphibiens, poissons et invertébrés), qui nécessitent des protocoles adaptés.

Toutefois, des observations concernant ces derniers groupes ont été relevées au gré des rencontres.

### 3.8.1.1 Inventaire de l'avifaune

La méthode d'inventaire est un inventaire par contact visuel direct et des photos sont prises pour l'identification ultérieure (**figure 12**).



**Figure 12** : Contact visuel direct et prise de photos pour l'identification.

La section du cours d'eau concernée par l'inventaire est de 1,2 km environ et s'étend du pont traversant le CW 109. Jusqu'au point de déversement des eaux de la rivière dans l'eau de mer au niveau de la plage Chenoua.

L'emplacement des points de contact ont été choisis de façon à satisfaire au critère de représentativité du site et s'étalent sur 03 segments allant de l'amont vers l'aval :

Segment 1 : Au-dessous du pont jusqu'au point de déversement de la STEP

Segment 2 : le long des berges (principalement la rive gauche)

Segment 3 : embouchure ou point de contact des eaux douces avec l'eau de mer au niveau de la plage Chenoua.

Le site a été visité plusieurs fois entre la période allant d'octobre 2022 à avril 2023, couvrant ainsi différentes saisons (début automne, hiver et printemps), qui sont les périodes clé pour les migrations des oiseaux (migration hivernale et printanière), et ce afin d'y inclure les sédentaires et les migrateurs. Les observations se sont faites tôt le matin et par temps calme et non pluvieux.

Il s'agit d'un inventaire qualitatif des oiseaux présents sur le territoire objet de l'étude en nous basant sur la richesse spécifique, c'est-à-dire le recensement des espèces présentes au moment des visites. Des photos sont systématiquement prises pour confirmer l'identification des espèces.

Il est complété par des observations libres au gré des visites du site. A chaque fois que le site est visité, une écoute et une observation attentive est effectuée pour recenser la présence d'individus cachés, d'autant plus que les dérangements multiples et constants rendent la faune très effarouchée. Ce sont des observations opportunistes pouvant enrichir l'inventaire standardisé et toucher des espèces à enjeux (**Corvelert et al., 2013**).

L'inventaire a été complété par des informations recueillies auprès de personnes fréquentant régulièrement le site (pêcheurs, riverains).

### **Observation des oiseaux bagués**

Il est important de signaler que lors de notre inventaire nous avons observé trois individus bagués (goélands bruns).

La relecture des bagues et la transmission des informations aux centres bagueurs est une opération très importante qui nous permet de connaître la provenance de l'oiseau bagué rencontré sur le site, de suivre les déplacements des individus marqués et reconstituer leurs itinéraires et donc avoir des informations de valeur sur le comportement des oiseaux migrants.

Dans notre cas, une fois les codes clairement identifiés, nous avons eu recours à la base de données EURING (*European Union for Bird Ringing*) afin d'obtenir des informations sur l'origine des oiseaux bagués ainsi que d'autres informations sur les caractères biologiques de l'oiseau (âge, sexe, etc.). Cette opération nous a permis de connaître la provenance de 2 d'entre eux, nous n'avons pas reçu de réponse concernant le 3ème individu.

#### **3.8.1.2 Les odonates**

Les odonates sont reconnus comme étant de bons indicateurs de la qualité des zones humides et du réseau hydrographique (**Corvelert et al., 2013**).

Les berges des cours d'eau et des zones humides sont fréquentées par les odonates, principalement, les libellules qui sont facilement repérables grâce à leurs formes typiques.

L'inventaire est basé sur l'observation directe avec prise de photos. L'avantage pour cette catégorie d'insectes est leur vol stationnaire au-dessus du plan d'eau. Elles se posent, quelquefois sur la végétation ou sur d'autres supports (pierre, sable) et restent immobiles suffisamment de temps pour être photographiées.

#### **3.8.1.3 Amphibiens et Poissons**

Au cours des différentes visites sur le terrain, cette catégorie a fait l'objet d'observations directes avec prises de photos pour identification ultérieure.

### Matériel utilisé

- Photos numériques prises à l'aide d'un appareil photo numérique : Nikon Coolpix P1000 et transformées en format images (.jpeg).
- Un Ordinateur pour l'exploitation des photos.
- Le site d'identification des bagues (<https://euring.org/data-and-codes/euring-databank>)
- Des guides des pour l'identification de la faune:
  - Guide Des oiseaux de mer (**Tuck et Heinzl, 1985**).
  - Oiseaux d'Algérie (**Birds of Algeria**), (**Isenmann et Moali, 2000**).
  - Le site (<https://www.oiseaux.net/oiseaux/algerie.html>.)
  - Guide photo des libellules d'Europe (**Smallshire et Swash, 2022**)
  - Mammals of Algeria (**Kowalski et Kowalska, 1991**)

Des fiches descriptives des principales espèces d'avifaune rencontrées ont été élaborées en se basant sur les informations contenues dans les sites suivants :

- <https://www.oiseaux.net/oiseaux/algerie.html>
- <https://www.birdlife.org/>
- <https://avibase.bsc-eoc.org/>

### 3.8.2 Inventaire de la végétation et la flore

Les ripisylves sont des formations typiques dont la structure est linéaire, l'inventaire s'est fait en suivant un transect longitudinal bordant le cours d'eau de l'amont vers l'aval. La totalité de l'inventaire s'est fait au niveau de la rive gauche qui est la plus accessible.

La végétation a été décrite sur la base de la physionomie générale, la flore a fait l'objet d'un inventaire systématique le long du transect, les espèces sont répertoriées au fur et à mesure de leur identification, certains échantillons ont été prélevés pour une identification ultérieure.

Les documents utilisés sont :

- La flore de Quezel et Santa (1962-1963)
- Le site telabotanica (<https://www.tela-botanica.org/>)
- Guide de la flore méditerranéenne (**Bayer et al., 1990**)

### 3.8.3 Identification du phytoplancton

Au niveau de laboratoire microbiologie (LBM1) de l'Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral (ENSSMAL).

Pour réaliser les analyses phytoplanctoniques nous avons réalisé les étapes suivantes :

- a. Préparation du bateau gonflable Intex Challenger 2 selon les instructions du fabricant pour l'assemblage et le gonflage du bateau.

- b. Utilisation du bateau pour accéder à différentes zones de l'Oued Nador et collecte d'échantillons d'eau à diverses profondeurs à l'aide d'un filet à plancton adapté à la collecte de phytoplancton, en veillant à éviter toute contamination.
- c. Fixation du phytoplancton en ajoutant une solution de lugol (iodure de potassium iodé) aux échantillons collectés pour préserver les organismes dans leur état naturel en vue d'une observation ultérieure.
- d. Stockage sécurisé des échantillons fixés pour les protéger contre les mouvements pendant le transport vers le laboratoire.
- e. Retour au laboratoire et préparation de lames de microscope en plaçant de petites quantités d'échantillon fixé sur les lames, en les répartissant uniformément.
- f. Observation du phytoplancton à l'aide d'un microscope approprié, en commençant par de faibles grossissements pour localiser les organismes et en augmentant le grossissement pour examiner les détails.
- g. Identification des espèces de phytoplancton en fonction de leurs caractéristiques morphologiques telles que la taille, la forme, et la présence de flagelles ou d'autres organes caractéristiques, en utilisant des clés de détermination et des références au besoin.

Les clés de détermination utilisées sont :

- [researchgate.net](https://www.researchgate.net)
- [algaebase.org](https://www.algaebase.org)
- [diatoms.org](https://www.diatoms.org)

### **Guides d'identification :**

- *The Freshwater Phytoplankton and Phytobenthos of the British Isles* (**Edward et Leach, 1978**).
  - *The Freshwater Algal Flora of the British Isles: An Identification Guide to Freshwater and Terrestrial Algae* (**David et Whitton, 2011**).
  - *Freshwater Phytoplankton Identification Manual* (**Herbst et Robert, 1979**).
- h. Prise de photographies des observations.

**CHAPITRE III**  
**RÉSULTATS ET**  
**DISCUSSION**

### III RÉSULTATS ET DISCUSSION

#### 1. L'IMPACT DE LA STEP SUR L'ECOSYSTEME DE L'OUED NADOR

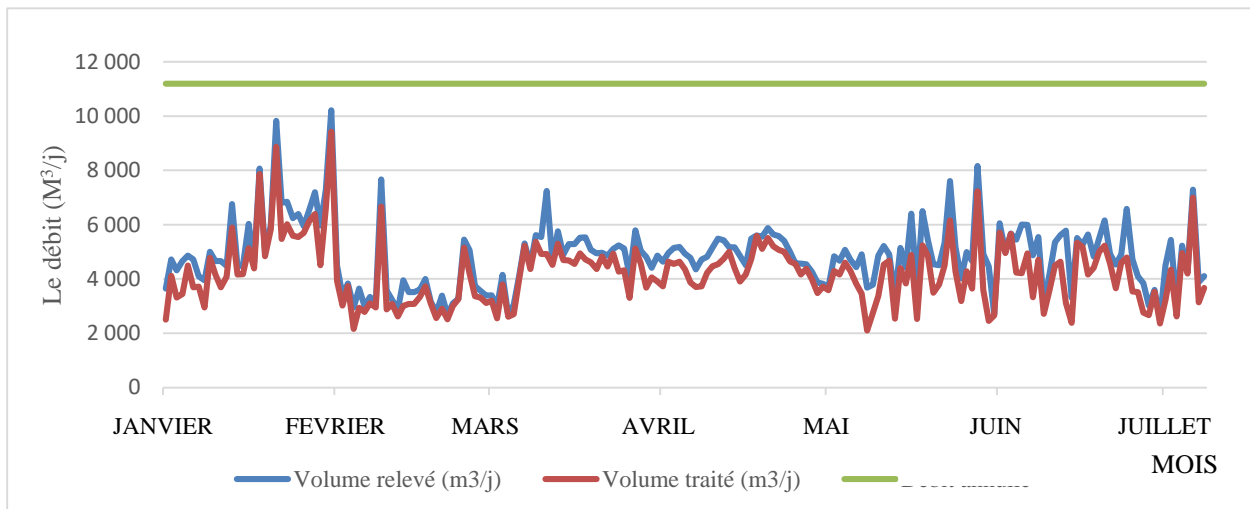
##### 1.1 LE DEBIT

Les rejets de la STEP Chenoua, en introduisant de l'eau traitée dans l'oued Nador, modifient significativement le paysage hydrique en aval de la canalisation de la station, en augmentant considérablement le débit de la rivière.

La figure (13) représente la différence de débit entre deux points de mesure : le premier point avant le rejet de la STEP Chenoua et le second point après le rejet de la station. Il est aisé d'observer visuellement comment le débit de l'oued Nador change en réponse aux rejets de la STEP. Une variation significative entre les deux points indiquerait une augmentation notable du débit causée par l'introduction des eaux traitées.



**Figure 13 :** Action de la STEP sur le débit de l'Oued Nador, avant (en haut) et après (en bas) le déversement des eaux épurées. Noter le changement manifeste sur la largeur du plan d'eau.



**Figure 14 :** Variation des volumes des eaux usées traitées au niveau de la STEP de Chenoua.

La (**Figure 14**) montre que le volume d'eau relevé (entrant dans la station) est étroitement aligné avec le volume effectivement traité (sortant de la station) tout au long de l'année 2023. Cette cohérence indique une gestion bien maîtrisée de la STEP, où le processus de traitement est efficace et capable de répondre de manière constante à la demande épuration des eaux usées. De plus, il est intéressant de noter que le débit annuel reste en dessous de la limite de 11 200 mètres cubes par jour ( $m^3/J$ ), ce qui suggère que la STEP fonctionne dans le respect des normes réglementaires en termes de volume de traitement.

Enfin, bien que les mois hivernaux aient des débits légèrement plus élevés, cela n'entraîne pas de variation significative entre le volume relevé et le volume traité, ce qui témoigne de la capacité de la STEP à gérer ces fluctuations saisonnières de manière efficace.

Dans l'ensemble, ces données indiquent une gestion stable et cohérente de la STEP de Chenoua, ce qui est essentiel pour le :

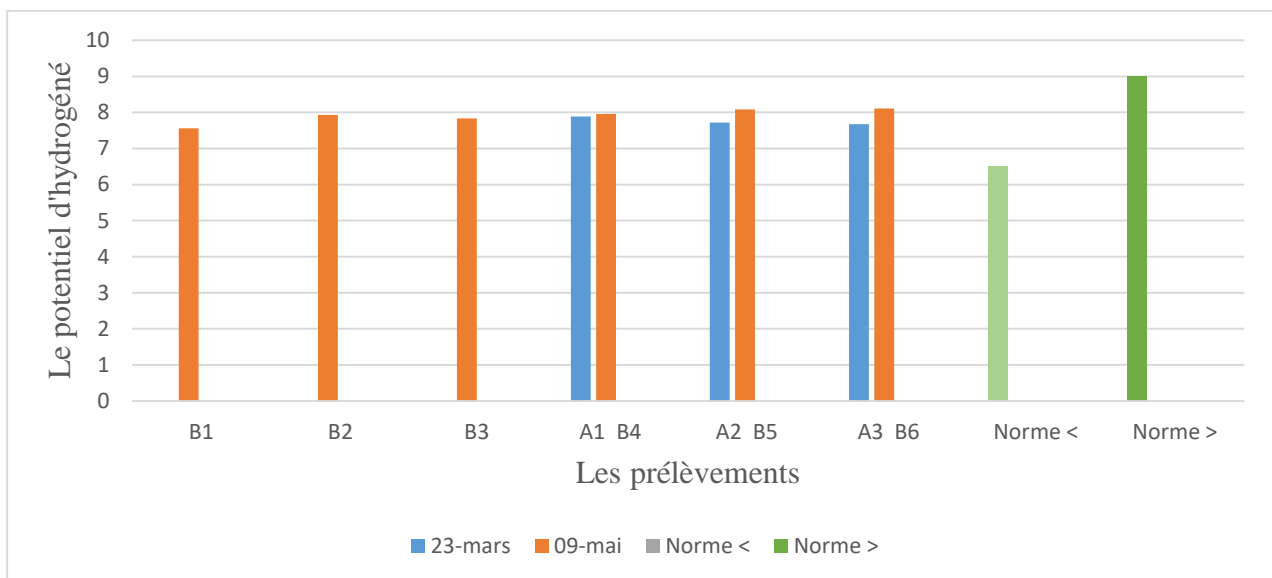
- **Maintien de la végétation ripicole :** La stabilité du débit garantit que la végétation ripicole a un accès constant à l'eau. Cela favorise la croissance et la santé de la végétation, qui à son tour stabilise les berges de la rivière et offre des habitats essentiels pour la faune.
- **Habitats cohérents:** Un débit stable contribue à maintenir des habitats cohérents pour la faune qui dépendent des zones ripicoles. Les espèces animales peuvent ainsi compter sur ces habitats pour la nidification, l'alimentation et l'abri tout au long de l'année.
- **Réduction des stress écologiques:** Les fluctuations extrêmes du débit peuvent créer des stress écologiques pour la végétation et la faune ripicoles. Un débit stable réduit ces stress et permet aux organismes de mieux s'adapter à leur environnement.

- Soutien à la biodiversité : En maintenant des conditions favorables tout au long de l'année, un débit stable peut soutenir une plus grande biodiversité dans l'écosystème ripicole, favorisant la coexistence de diverses espèces.

## 1.2 VARIATION DES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES

Les résultats présentés ci-après sont comparés aux normes nationales, notamment les normes de rejets des effluents (**DE 06-141, 2006**) et les normes de la qualité des eaux superficielle (**DE 11-219, 2011**) et internationale (**OMS, 2006**), lorsque le paramétré ne figure dans la législation algérienne. Les valeurs seuils sont consignées en **annexe I**.

### 1.2.1 Le potentiel d'hydrogéné



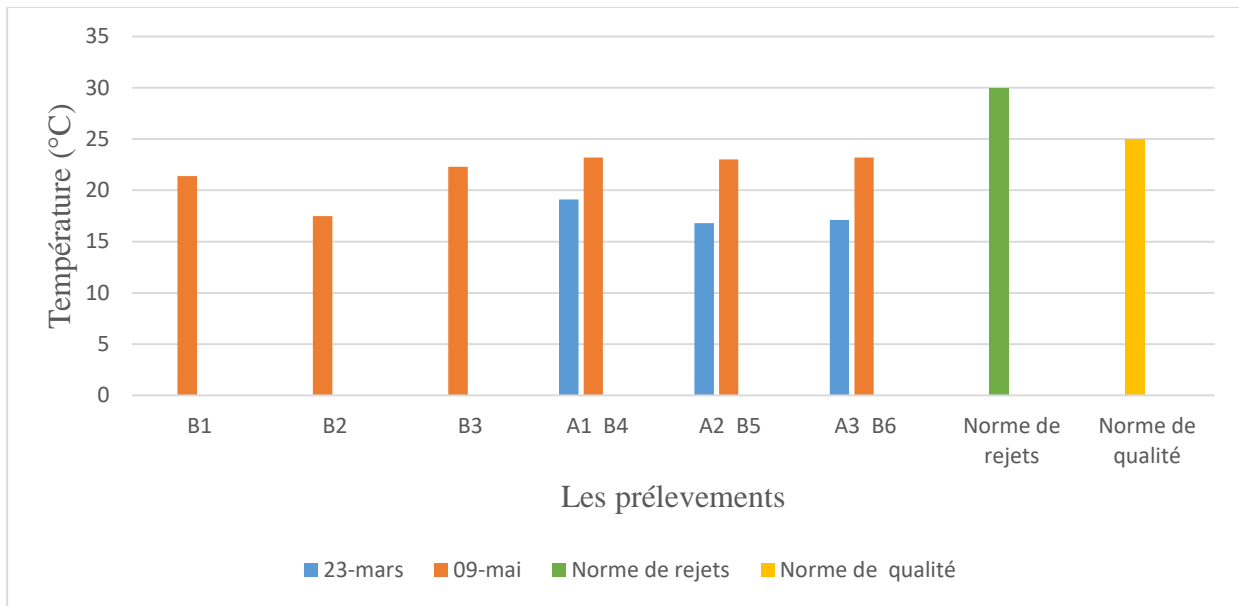
**Figure 15** : La variation de potentiel d'hydrogène (pH).

La figure (15) montre que l'ensemble des échantillons présentent des valeurs de pH conformes aux normes de la qualité des eaux superficielles ( $6,5 < \text{pH} < 9$ ), et ce quel que soit le mois considéré.

Nous avons noté, au mois de mai une augmentation croissante du pH à mesure que l'on s'approche de la mer. Cette augmentation peut être expliquée par l'intrusion des eaux salées au niveau de l'embouchure et son mélange avec les eaux drainées par le cours d'eau. Une tendance inverse mais modérée est constatée pour le mois de mars.

A noter que l'eau traitée par le STEP et déversée dans l'Oued (point B2), est conforme aux normes de rejet des effluents (**DE 06-141, 2006**).

### 1.2.2 La température (°C)

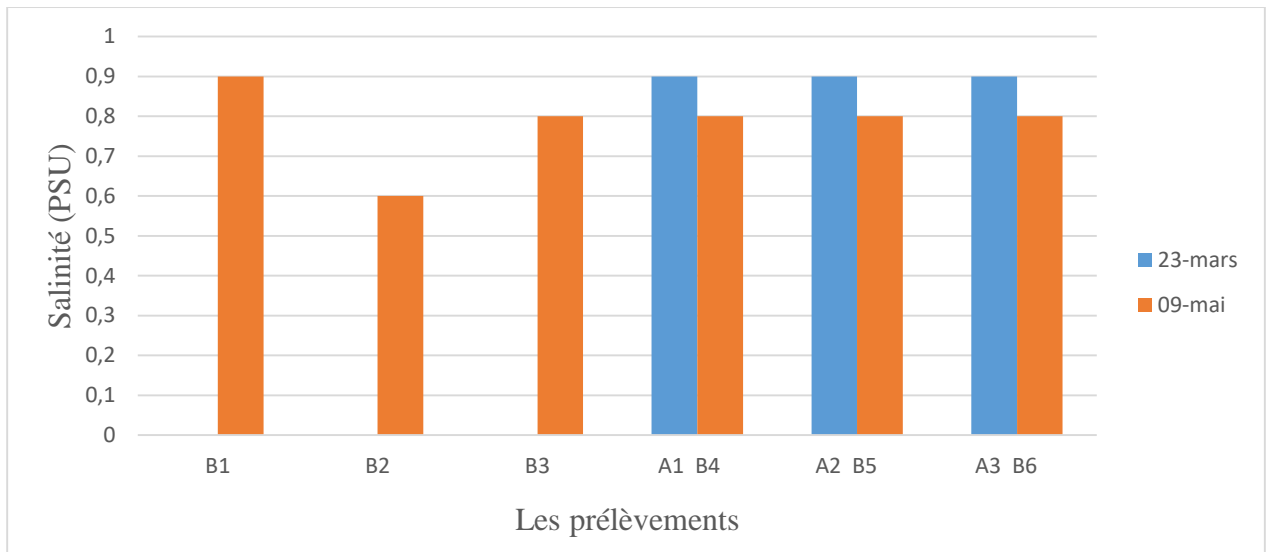


**Figure 16 :** La variation de température (T°C).

Les valeurs de la température de l'eau de superficielle varient entre 21,4°C et 23,2°C, avec une légère baisse au niveau de l'eau traitée de la STEP (B2), ceci peut être expliqué par le fait que les eaux superficielles sont plus exposées au soleil que les eaux traitées dans le bassin.

Le point B2 de l'eau traitée de la station rentre dans les normes de rejet algérien (30°C) **T(DE 06-141, 2006)**. D'après la grille d'appréciation de la qualité de l'eau (**ANNEXE I.3**). Les points (A1, A2, A3) présentent une bonne qualité et les points (B1, B2, B3, B4, B5, B6) une qualité passable.

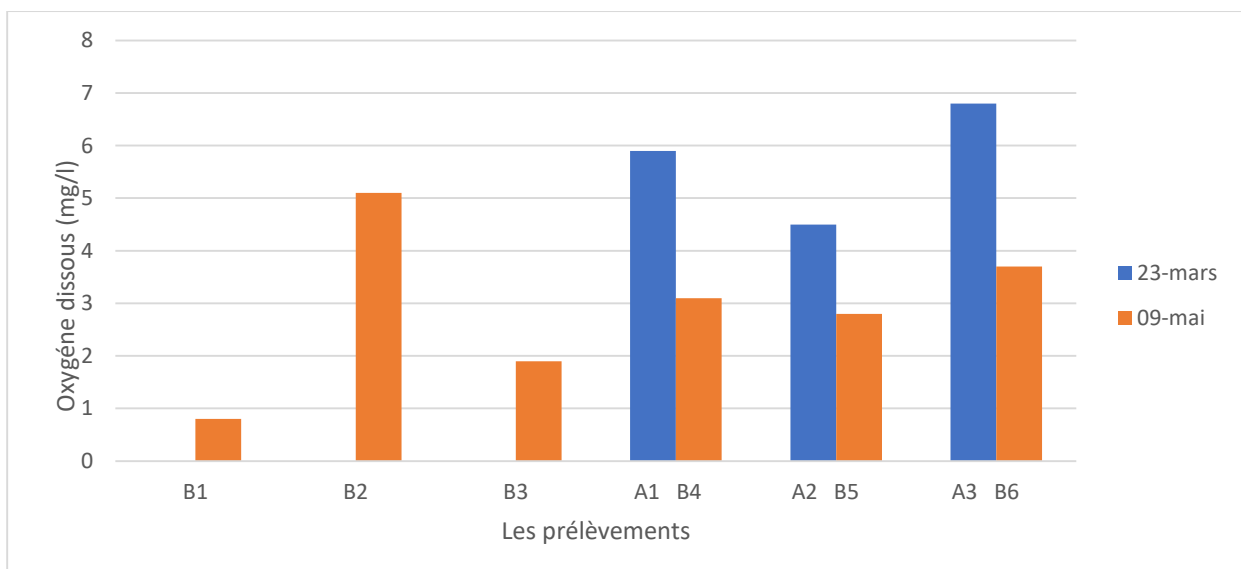
### 1.2.3 La salinité



**Figure 17 :** Variation de la Salinité.

Selon les résultats contenus dans la figure (17), On constate que la salinité de l'eau mesurée avant le rejet par la STEP est sensiblement supérieure à la salinité après le rejet. La valeur la plus basse étant celle mesurée au niveau du bassin terminal, ce qui dénote de l'effet atténuateur de l'épuration sur la charge en sels. On constate également, que les valeurs du mois de mai sont légèrement inférieures à celles du mois de mars. On peut lier cette diminution avec l'augmentation de la température dans les saisons estivales.

### 1.2.4 L'oxygène dissous (O<sub>2</sub>)



**Figure 18 :** Variation de l'oxygène dissous.

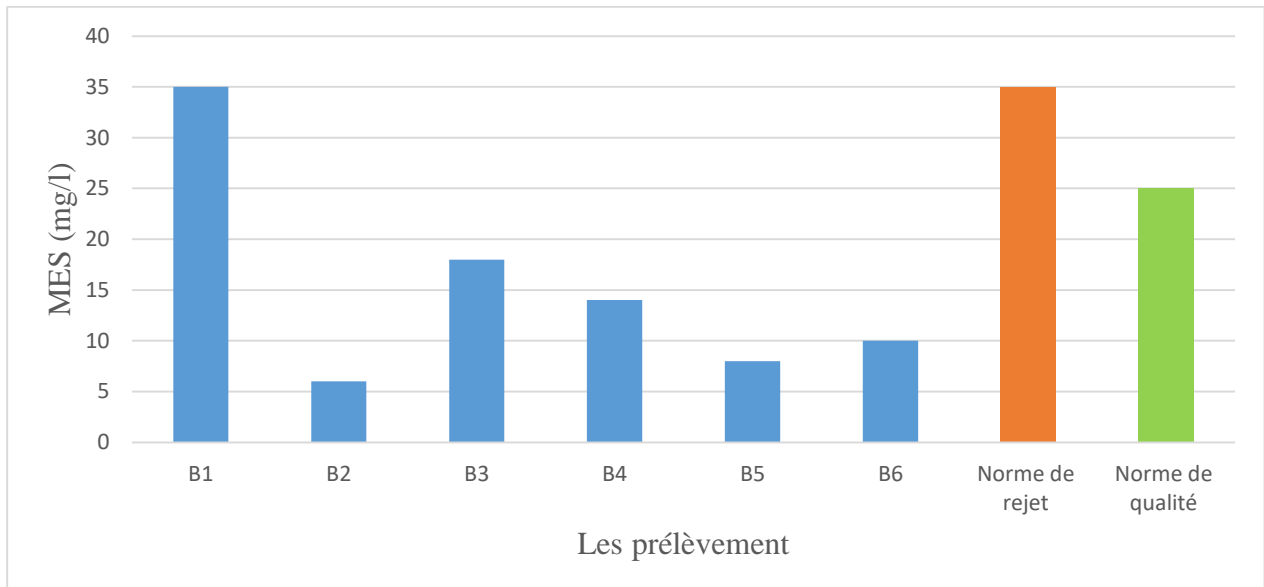
Les variations des concentrations en oxygène dissous du mois de mai, montrent que les eaux de l'oued avant la STEP présentent une valeur très faible. Cette teneur augmente sensiblement dans

les eaux épurées qui présente la valeur la plus élevée pour ce mois. Cette augmentation pourrait être attribuée au traitement biologique.

Concernant les points de prélèvement situés en aval de la STEP, l'oxygène dissous est nettement plus élevé au mois de mars par rapport au mois de mai, cette différence est probablement due à l'augmentation de la température de l'eau, en fonction de la saison, et qui ralentit la dissolution de cet élément.

Selon la grille d'appréciation de la qualité de l'eau (Rodier, 2009) (ANNEXE I.3), les points (B1, B3, B4, B5) présentent une médiocre qualité, les points (A2, B6) une qualité passable et les points (B2, A3, A1) pressentent une bonne qualité d'eau.

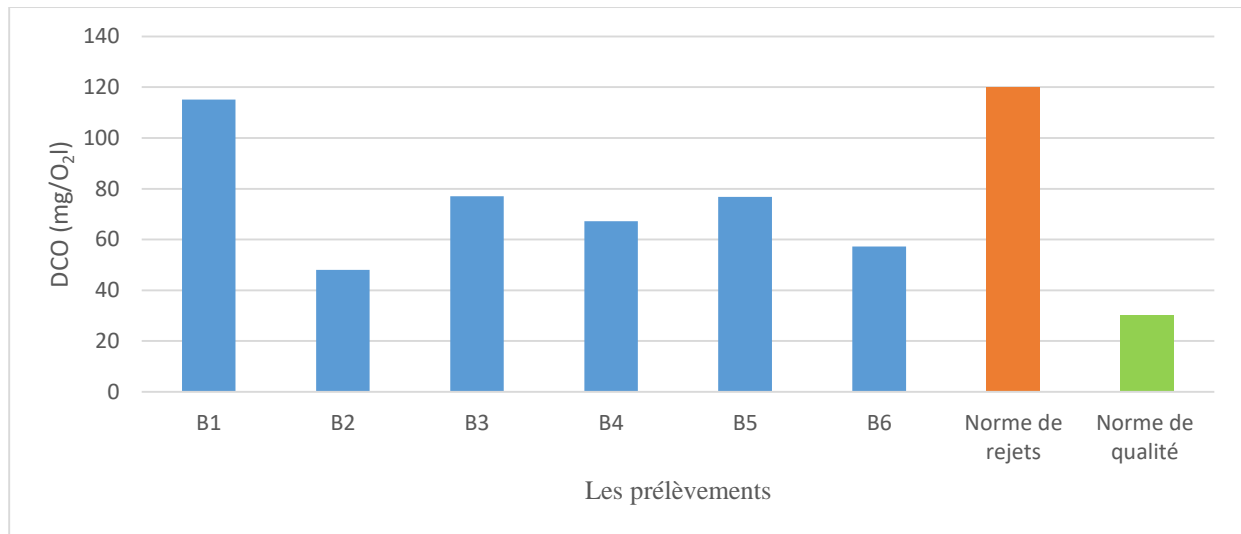
### 1.2.5 La matière en suspension (MES)



**Figure 19** : Variation de la matière en suspensions

Selon les résultats obtenus dans la figure (19), La quantité de MES est maximale pour les eaux situés en amont de la STEP avec une valeur de 35 mg/l, puis l'eau après traitement a nettement diminué et reste variable entre 8 mg/l et 18 mg/l, soit des valeurs conformes aux normes de qualité des eaux superficielle, établie à 25 mg/l (DE 11-219, 2011), ce qui montre l'efficacité du traitement au niveau de la STEP, notamment les opérations de dégrillage fin et de désablage.

### 1.2.6 La Demande chimique en oxygène (DCO)



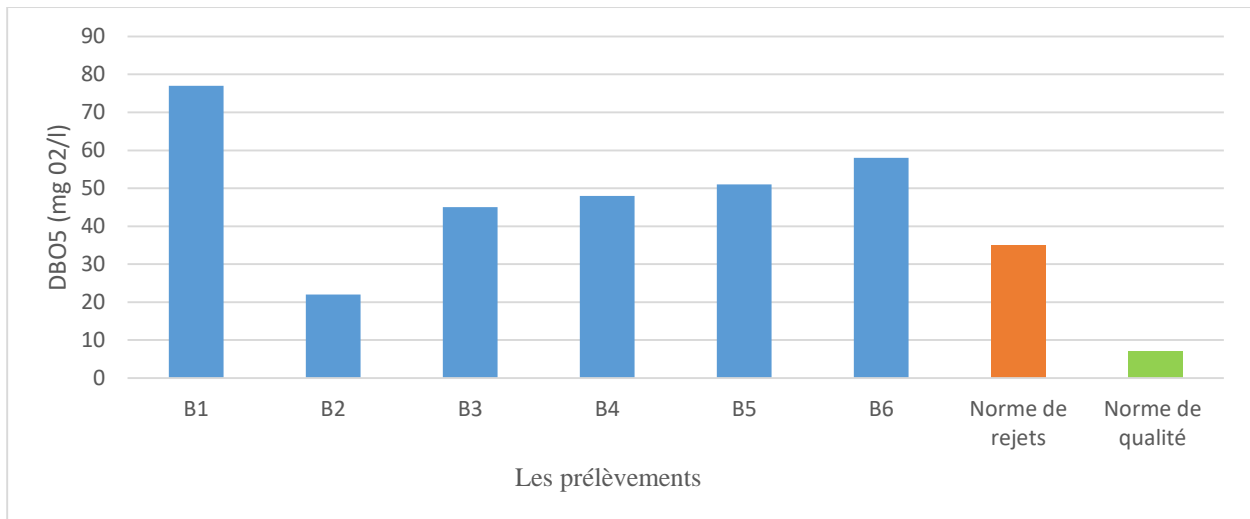
**Figure 20 :** Variation de la demande chimique en Oxygène (DCO).

Selon les résultats obtenus dans la figure (20), La quantité de DCO est maximale pour les eaux situées en amont de la STEP avec une valeur de 115,2mg/O<sub>2</sub>l, puis l'eau après traitement a nettement diminué et reste variable entre 76,8mg/O<sub>2</sub>l et 57,2 mg/O<sub>2</sub>l, ce qui montre l'efficacité du traitement au niveau de la STEP.

Concernant les points de prélèvement situés en aval de la STEP, la DCO est nettement plus élevé à la norme de qualité des eaux superficielles, établie à 30 mg/O<sub>2</sub>l (**DE 11-219, 2011**), qu'on peut exprimer cette augmentation par des processus naturels comme la décomposition de la matière organique dans les eaux superficielles ou par l'écoulement des eaux de pluie qui peuvent collecter des polluants et des contaminants.

Le point B2 de l'eau traitée de la station rentre dans les normes de rejet algérien 120 mg/O<sub>2</sub>l, (**DE 06-141, 2006**).

### 1.2.7 La Demande biochimique en Oxygène (DBO5)



**Figure 21** : Variation d la demande biochimique en oxygène (DBO5).

Selon les résultats obtenus dans la figure (21), La quantité de DBO5 est maximale pour les eaux situées en amont de la STEP avec une valeur de 77 mg/O<sub>2</sub>l, puis l'eau après traitement a nettement diminué et reste variable entre 58 mg O<sub>2</sub>/L et 45 mg O<sub>2</sub>/L, ce qui montre l'efficacité du traitement au niveau de la STEP.

Concernant les points de prélèvement situés en aval de la STEP, la DBO5 est nettement plus élevé à la norme de qualité des eaux superficielles, établie à 7 mg/O<sub>2</sub>l (**DE n°11-219, 2011**), qu'on peut exprimer cette augmentation par les effluents agricoles qui peuvent contenir des matières organique dégradables, comme des résidus de culture et des déjections animales.

Le point B2 de l'eau traitée de la station rentre dans les normes de rejet algérien 35 mg/O<sub>2</sub>l, (**DE 06-141, 2006**). Aussi les données de DBO<sub>5</sub> des points (B1, B3, B4, B5, B6) dépassant les normes de la qualité des eaux superficelle (7 mg/l) (**DE 11-219, 2011**).

### 1.2.8 La biodégradabilité (k)

Le rapport DCO/DBO5 est un indicateur de la biodégradabilité des composes présents dans une eau. Il permet d'évaluer la quantité de matière organique dégradable par les micro-organismes présents dans l'eau.

Les résultats du rapport DCO/DBO5 (**tableau 04**), montrent que les eaux de l'oued avant la STEP est de 1,50, cela indique qu'il y a une proportion relativement élevée de la matière organique dégradable par rapport à la matière organique biodégradable.

Le point B2 de l'eau traitée de la station, le rapport DCO/DBO5 augmenté à 2,18. Cela peut s'expliquer par le fait que le traitement à la STEP a éliminé une partie importante de la matière

organique facilement biodégradable, laissant une proportion plus élevée de matière organique plus difficile à dégrader.

Concernant les points de prélèvement situés en aval de la STEP, le rapport diminue entre 1,40 et 0,99. Cela indique que la matière organique restante après le traitement de la STEP est plus facilement biodégradable par les micro-organismes présents dans l'eau. Cela pourrait être dû à la présence de micro-organismes naturels dans l'oued qui contiennent à dégrader la matière organique résiduelle provenant de la STEP.

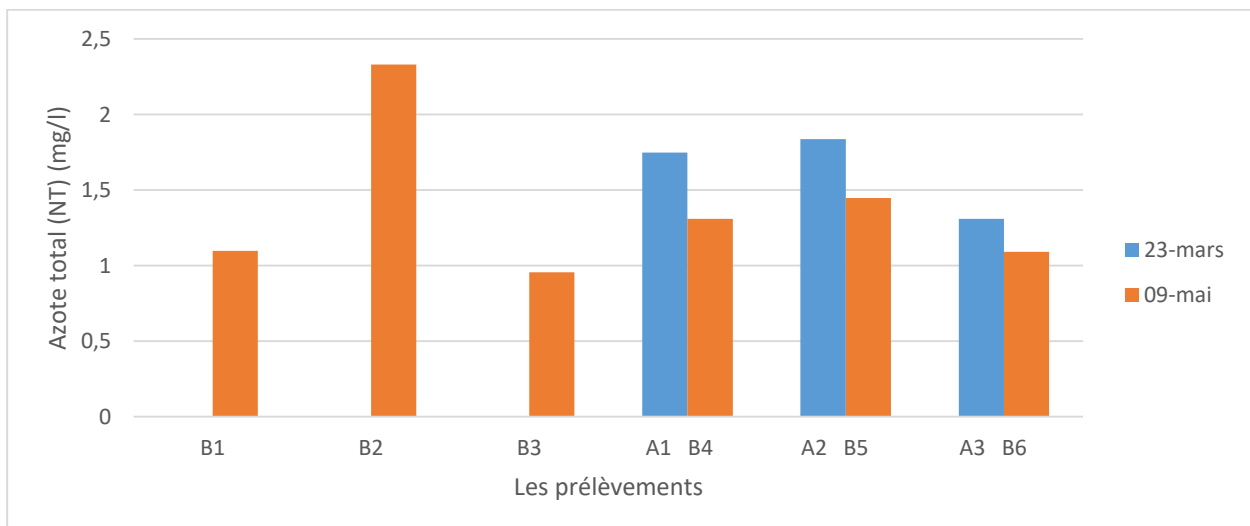
**Tableau 04 :** Résultats du rapport DCO/DBO<sub>5</sub>.

Prélèvements	Rapport DCO/DBO <sub>5</sub>
B1	1,50
B2	2,18
B3	1,17
B4	1,40
B5	1,51
B6	0,99

### 1.3 LES SELS NUTRITIFS

#### 1.3.1 Les composés azotés

##### L'azote total (NT)



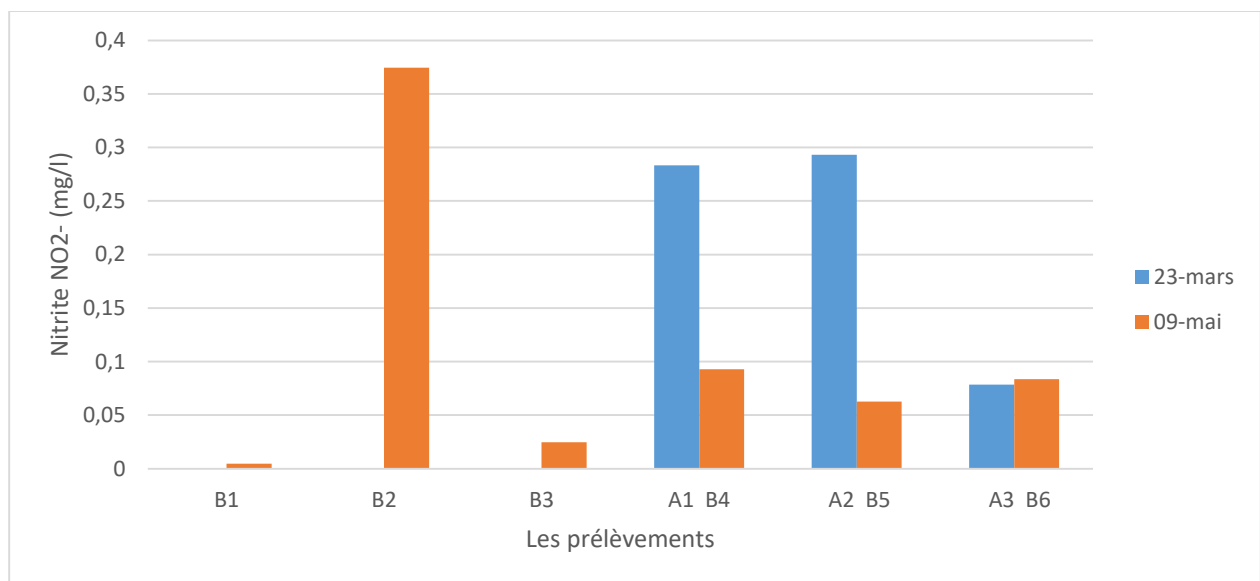
**Figure 22 :** Variation de l'Azote total.

Les variations des concentrations en azote total du mois de mai, montre que les eaux l'oued avant la STEP présentent une valeur de 1,10 mg/l, Cette teneur augmente sensiblement dans les eaux épurées qui présente la valeur la plus élevée pour ce mois. Cette augmentation pourrait être causée

par un dysfonctionnement ou une surcharge de la STEP, entraînant une capacité réduite d'élimination de l'azote.

Concernant le point B2 de l'eau traitée de la station rentre dans les normes de rejet algérien 50 mg/l, (DE 06-141, 2006). Aussi les points de prélèvement situés en aval de la STEP A1, A2, A3, B1, B3, B4, B5 et B6, des mois de mars et mai leur concentrations variaient entre 0,96 mg/l et 1,84 mg/l. Ces valeurs sont toutes en dessous de la norme de qualité des eaux superficielles de 3 mg/l (DE 11-219, 2011), indiquant que l'eau en aval de la STEP a des concentrations d'azote total acceptables.

### Les nitrites ( $\text{NO}_2^-$ )



**Figure 23 :** Variation des nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ).

Les variations des concentrations en nitrite du mois de mai, montre que les eaux l'oued avant la STEP présentent une valeur de 0.01 mg/l, Cette teneur augmente sensiblement dans les eaux épurées (0,37 mg/l) qui présente la valeur la plus élevée pour ce mois. Cette augmentation pourrait être due à des processus de traitement ou à des activités spécifiques à la STEP qui libèrent des nitrites dans l'eau. En aval de la STEP, aux points A1 et A2 à une forte concentration de nitrate au mois de mars, qui pourrait être à la dilution lors du mélange avec l'eau existante, les activités humaines en aval.

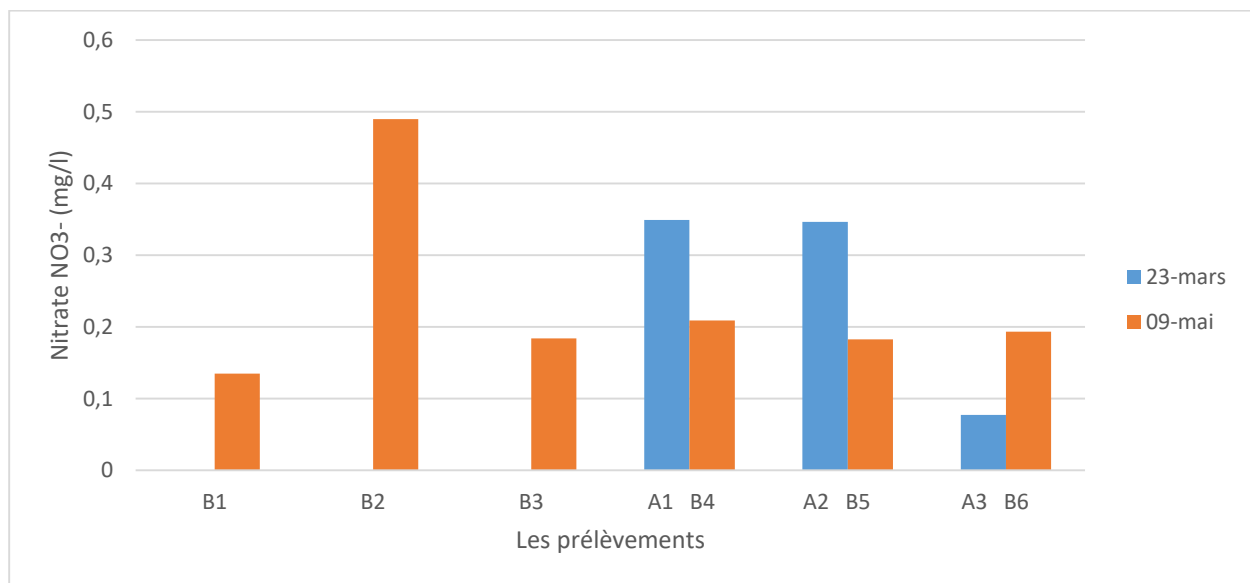
Le point B2 de l'eau traitée de la station rentre dans les normes de rejet algérien 1 mg/l, (DE 06-141, 2006).

Concernant les points de prélèvement situés en aval de la STEP A1, A2, A3, B1, B3, B4, B5 et B6, au mois de mars les concentrations de nitrites variaient entre 0.08 mg/l et 0.29 mg/l. Ces

valeurs sont toutes en dessous de la norme de qualité des eaux superficielles de 50 mg/l (**DE°11-219, 2011**), indiquant que l'eau en aval de la STEP a des niveaux de nitrites acceptables.

### Les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )

Les bactéries nitrifiantes (nitrobacters) transforment les nitrites en nitrates. Les nitrates ne sont pas toxiques : mais des teneurs élevées en nitrates provoquent une prolifération algale qui contribuent à l'eutrophisation du milieu. Leur potentiel reste néanmoins relatif à leur réduction en nitrates (**Metahri, 2012**).



**Figure 24 :** Variation des nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ).

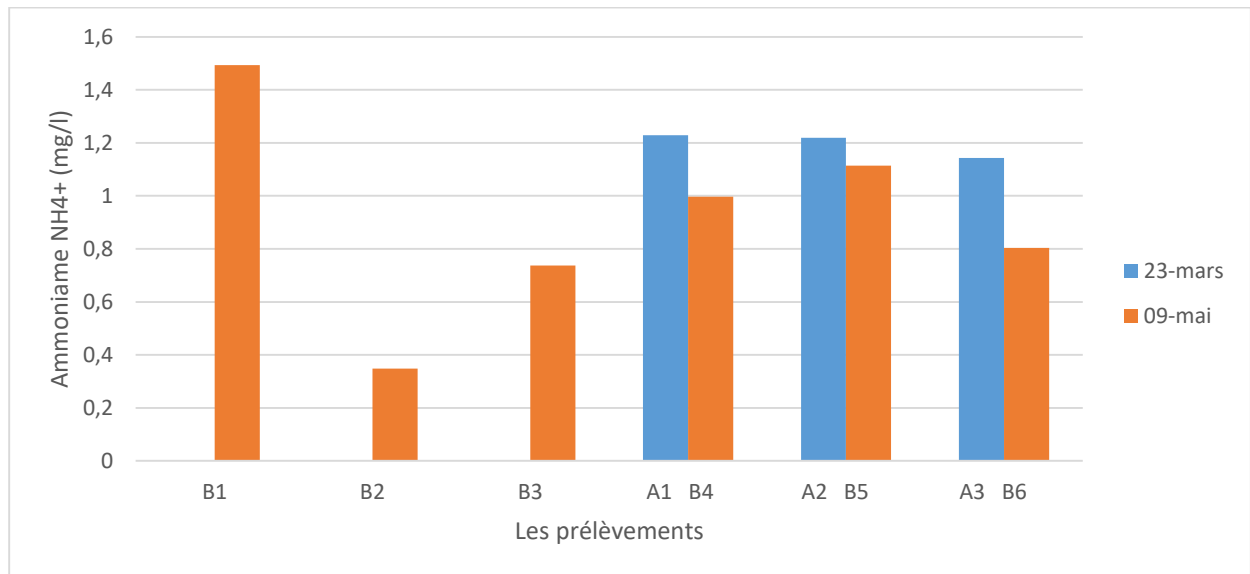
La concentration de nitrate est faible au niveau de point B1 (0,13 mg/l) et augmente au niveau des eaux traitées (B2). Cette hausse pourrait être due à diverses raisons telles que des déversements accidentels, des fuites dans les canalisations ou des problèmes liés au traitement des eaux usées.

En aval de la STEP, une forte concentration de nitrates dans l'eau aux points A1, A2 et A3 du mois de mars variaient entre 0,08 mg/l et 0,35mg/l. Cela pourrait indiquer qu'il y a un processus ou une source à sembler rester élevés même en aval de la STEP, ce qui indique que les processus à l'intérieur de la STEP peuvent influencer la qualité de l'eau en aval.

Le point B2 de l'eau traitée de la station rentre dans les normes de rejet international 1 mg/l, (**OMS, 2006**). Selon les résultats obtenus, elle représente une qualité excellente de l'eau traitée (B2) et de l'eau en aval (A1, A2, A3, B1, B3, B4, B5, B6) avec une valeur inférieure à 5 mg/l qui suivent la grille d'appréciation de la qualité de l'eau (**Rodier, 2009**) (**ANNEXE I.3**).

### L'azote ammoniacal ( $\text{NH}_4^+$ )

C'est la forme d'azote la plus toxique (Aissaoui et al, 2017). Il est présent dans les eaux habituellement par un processus de dégradation incomplète de la matière organique et il se transforme assez rapidement en nitrites et nitrates par oxydation (Diagne et al, 2017).



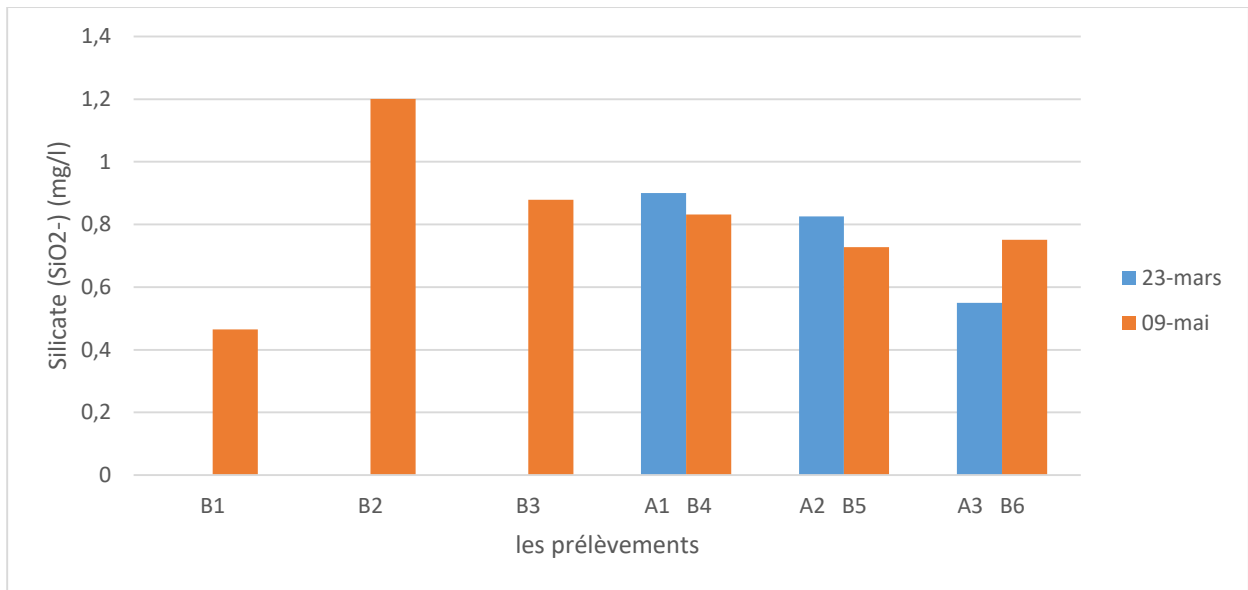
**Figure 25 :** Variation de l'azote ammoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ).

En amont de la STEP d'une valeur de 1,49 mg/l, la concentration la plus élevée au mois de mai. Cela indique une pollution par l'azote ammoniacal dans l'eau de l'oued Nador en amont de la STEP. Pourrait être due à plusieurs facteurs, tels que les rejets industriels, l'agriculture intensive ou les eaux usées non traitées provenant de zones habitées.

La concentration au niveau de la STEP est inférieure à la norme de rejet internationale <0,5 mg/l (OMS, 2006). Cela indique que le processus de traitement à la STEP a réussi à réduire efficacement la concentration d'azote ammoniacal dans l'eau.

En aval de la STEP les points (A1, A2, A3, B3, B4, B5, B6) sont conformes aux normes de la qualité des eaux superficielle (4 mg/l) (DE n°11-219, 2011).

### 1.3.2 Le silicate ( $\text{SiO}_2^-$ ) :



**Figure 26 :** Variation de silicate ( $\text{SiO}_2^-$ ).

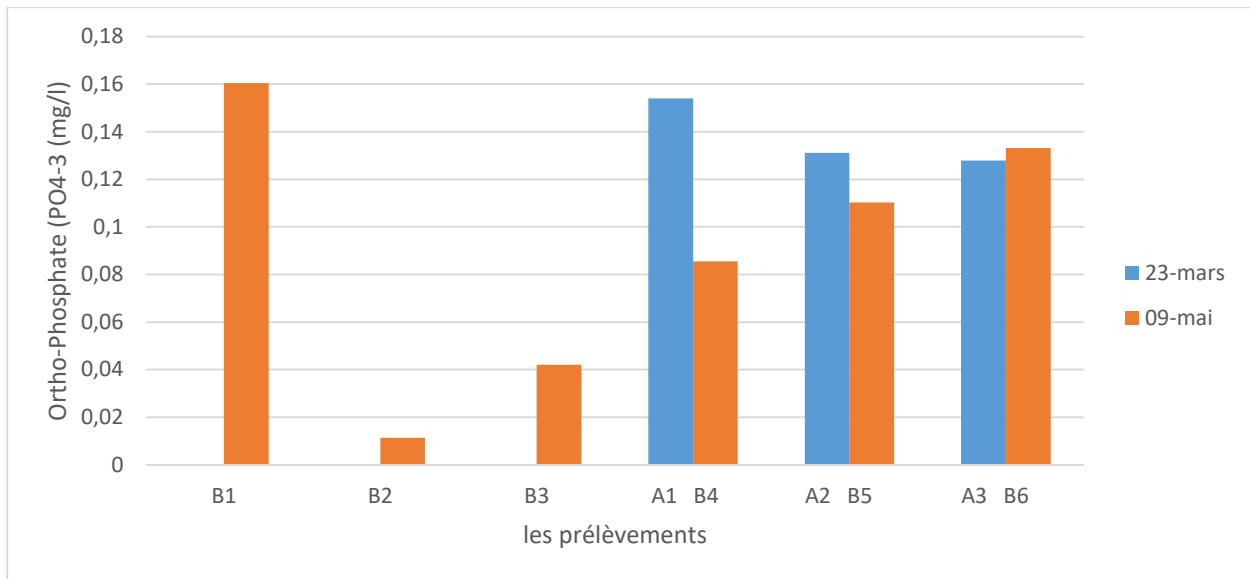
Les variations des concentrations en silicate du mois de mai, montre que les eaux l'oued en amont de la STEP présentent une valeur de 0,46 mg/l, Cette teneur augmente sensiblement dans les eaux épurées qui présente la valeur la plus élevée 1,20 mg/l. Cette augmentation peut être due à plusieurs facteurs, tels que l'apport de silicate provenant des eaux usées domestiques, industrielles ou agricoles.

Concernant les points de prélèvement situés en aval de la STEP A1, A2 et A3 du mois de mars présentent des concentrations relativement proches.

Les points B3 à B6, au mois de mars les concentrations en silicate varient entre 0,73 mg/l et 0,88 mg/l. Cela indique que même après le traitement à la STEP, il y a encore une présence notable de silicates dans l'eau.

### 1.3.3 Phosphore

#### L'ortho phosphate ( $\text{PO}_4^{3-}$ )



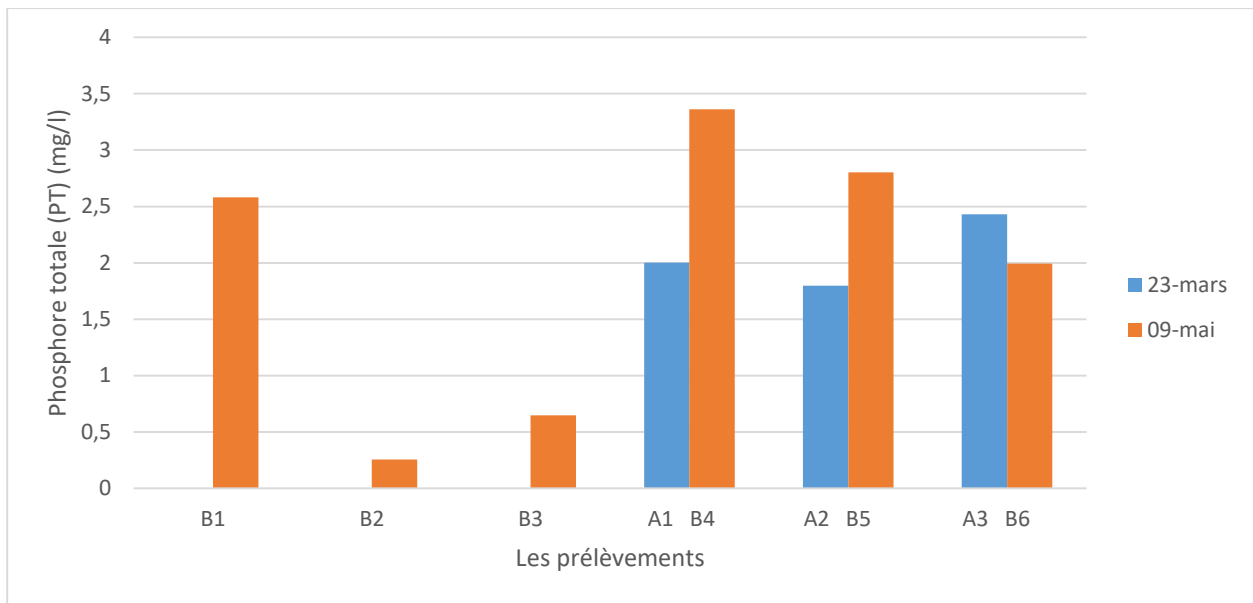
**Figure 27 :** Variation de l'Ortho phosphate ( $\text{PO}_4^{3-}$ ).

Selon les résultats contenus dans la figure (27), On constate que la concentration de l'ortho-phosphate de l'eau mesurée avant le rejet de la STEP est sensiblement supérieure à la concentration de l'ortho-phosphate après le rejet. Cela suggère une contamination potentielle de l'Oued Nador en amont de la STEP, principalement en raison d'activités agricoles, d'apports d'eaux usées urbaines et de rejets industriels.

La valeur la plus basse étant celle mesurée au niveau du bassin terminal B2 0,01mg/l ce qui indique une efficacité notable de la STEP dans l'élimination de l'ortho-phosphate.

Les points A1, A2 et A3 du mois de mars présentent des concentrations relativement proches. Les points B3 à B6 les concentrations en aval de la STEP sont relativement faibles par rapport à B1. Elles sont également en dessous de norme de qualité des eaux superficielles (DE 11-219, 2011). Cela suggère que la STEP a un impact positif sur la réduction des niveaux d'ortho-phosphate dans l'eau.

### Le phosphore total (PT)



**Figure 28** : Variation de Phosphore Total.

Selon les résultats contenus dans la figure (28), On ne constate que la concentration de phosphore total et plus élevée au niveau de point (B4) après le rejet de la STEP, cela pourrait être causé par diverses activités humaines telles que l'agriculture, l'industrie et le traitement des eaux usées domestiques.

La valeur la plus basse étant celle mesurée au niveau du bassin terminal B2 0,26 mg/l, ce qui indique une efficacité notable de la STEP dans l'élimination de phosphore total. Le point (B2) de l'eau traitée de la station rentre dans les normes de rejet algérien 10 mg/l, (DE n°06-141, 2006)

Les points A1, A2 et A3 du mois de mars présentent des concentrations relativement proches viraient entre 1,80 mg/l et 2,43 mg/l. Les points B3, B5 et B6 les concentrations en aval de la STEP sont relativement faibles par rapport à B4 3,36 mg/l. Elles sont également en dessous de norme de qualité des eaux superficielles (10 mg/l) (DE n°11-219, 2011). Cela suggère que la STEP a un impact positif sur la réduction des niveaux de phosphore total dans l'eau.

#### Discussion générale :

Les résultats détaillés ci-dessus laissent apparaître deux constats :

Le premier, et à notre sens le plus important, est l'impact manifeste des apports de la STEP à la qualité des eaux situées en aval de celle-ci. Cet impact est globalement bénéfique puisque il contribue à atténuer la concentration des paramètres indicateurs de pollution. En effet, les valeurs mesurées dans les zones situées en aval de la STEP sont toujours plus proches des normes en

vigueur (**DE n°11-219, 2011**) par rapport au point de référence. Ce constat a été fait sur les paramètres suivants : pH, température, salinité, oxygène dissous, MES, DCO, DBO5, Azote ammoniacal, phosphore et ortho phosphates, soit : 70% des paramètres mesurés. Il semblerait qu'il y ait un effet d'atténuation par dilution des eaux épurées sur les eaux brutes charriées par l'Oued Nador.

En revanche, pour d'autres paramètres tels que les nitrites, nitrates, azote total et silicates, nous avons constaté un apport important des eaux de la STEP. Cependant cet apport, qui reste toujours dans limites des normes admises pour les effluents, semble être vite atténué par l'écosystème, puisque les valeurs mesurées diminuent rapidement en raison, probablement, de l'activité biologique et du rôle phyto-épurateur de la composante végétale.

Le deuxième est une variation saisonnière des paramètres, mise en évidence en comparant les deux campagnes de mesure, même si les variations restent plutôt modérées. Cet effet saisonnier reste difficile à cerner dans le cadre des données disponibles et pourraient être imputables à des facteurs d'environnement fluctuants telles que les conditions météorologiques (ex : pluies tardives caractérisant l'année 2023) et la dynamique hydrologique du cours d'eau (marées, petits courant de fonds, etc.).

Enfin, il est fortement recommandé de multiplier les campagnes de mesure ainsi que les points d'échantillonnage, dans un cadre de surveillance environnemental plus organisé.

## 2. INVENTAIRE DE LA BIODIVERSITE

L'Oued Nador, sinueux à travers un paysage naturel d'exception et se jetant enfin dans les eaux de la mer Méditerranée, incarne un écosystème dynamique et riche en diversité. Notre inventaire de biodiversité a pour but d'explorer et de consigner la vaste gamme d'espèces animales et végétales qui peuplent ce milieu unique (**Figure 29**). En tant que zone de transition (écotone) entre les eaux douces de la rivière et les eaux salées, l'Oued Nador abrite des habitats uniques qui favorisent une biodiversité florissante, offrant ainsi un précieux aperçu de l'interaction entre la terre et l'eau.



**Figure 29** : Vue d'ensemble de l'Oued Nador (à gauche la ripisylve, à droite le point de contact avec les eaux marines).

### 2.1 L'avifaune

L'Oued Nador, en tant qu'écosystème aquatique, offre un habitat riche et varié pour une multitude d'espèces d'oiseaux, en particulier les oiseaux d'eau. Cette diversité aviaire est remarquable et l'inventaire total a permis de dénombrer 39 espèces appartenant à 20 familles (**tableau 05**). Ces oiseaux ont été regroupés en fonction des milieux auxquels ils sont habituellement inféodés, allant des habitats marins-côtiers aux milieux humides, en passant par rivages et les vasières fréquentées par les limicoles, les ripisylves composées de peupleraies, d'aulnaies et de saulaies, ainsi que les roselières des cours d'eau.

Parmi cette liste, nous avons sélectionné 21 espèces réparties au sein de 12 familles, considérées comme ayant une haute valeur indicatrice de ce type de milieu et qui ont fait l'objet d'une description détaillée (tableau et fiches descriptives)

Le **Tableau 06** présente une liste détaillée de l'avifaune résidant dans l'écosystème ripicole de l'Oued Nador, classée en fonction de la systématique et du statut des espèces observées.

**Tableau 05 :** Liste détaillée de l'avifaune résidant dans l'écosystème ripicole de l'Oued Nador, classée en fonction de la systématique et du statut des espèces observées.

Nom commun	Nom scientifique	Famille
<b>Marins-côtiers</b>		
Goéland brun	<i>Larus fuscus</i>	Laridae
Goéland leucopnée	<i>Larus michahellis</i>	Laridae
Mouette rieuse	<i>Chroicocephalus ridibundus</i>	Laridae
Mouette mélanocéphale	<i>Ichthyaetus melanocephalus</i>	Laridae
Sterne caugek	<i>Thalasseus sandvicensis</i>	Laridae
Grand cormoran	<i>Phalacrocorax carbo</i>	Phalacrocoracidae
<b>Milieux humides (nageurs et échassiers)</b>		
Héron cendré	<i>Ardea cinerea</i>	Ardeidae
Aigrette garzette	<i>Egretta garzetta</i>	Ardeidae
Grande aigrette	<i>Ardea alba</i>	Ardeidae
Martin pêcheur d'Europe	<i>Alcedo atthis</i>	Alcedinidae
Poule d'eau	<i>Gallinula chloropus</i>	Rallidae
Foule macroule	<i>Fulica atra</i>	Rallidae
Canard colvert	<i>Anas platyrhynchos</i>	Ardeidae
Canard souchet	<i>Spatula clypeata</i>	Ardeidae
Grèbe castagneux	<i>Tachybaptus ruficollis</i>	Podicipedidae
Fuligule nyroca	<i>Aythya nyroca</i>	Ardeidae
<b>Rivages, vasières (limicoles)</b>		
Chevalier guignette	<i>Actitis hypoleucos</i>	Scolopacidae
Petit gravelot	<i>Charadrius dubius</i>	Charadriidae
Gravelot à collier interrompu	<i>Charadrius alexandrinus</i>	Charadriidae
Pluvier argenté	<i>Pluvialis squatarola</i>	Charadriidae
Bécasseau sanderling	<i>Calidris alba</i>	Scolopacidae
Courlis corlieu	<i>Numenius phaeopus</i>	Scolopacidae
<b>Ripisylve et Roselières</b>		
Bergeronnette des ruisseaux	<i>Motacilla cinerea</i>	Motacillidae
Cisticole des joncs	<i>Cisticola juncidis</i>	Cisticolidae
Rousserolle effarvate	<i>Acrocephalus scirpaceus</i>	Acrocephalidae
Pouillot Fitis	<i>Phylloscopus trochilus</i>	Phylloscopidae
<b>Milieux forestiers, lisières, bosquets (arboricoles), autres</b>		
Merle noir	<i>Turdus merula</i>	Turdidae
Rougequeue noir	<i>Phoenicurus ochruros</i>	Muscicapidae
Tarier pâtre	<i>Saxicola rubicola</i>	Muscicapidae
Verdier d'Europe	<i>Chloris chloris</i>	Feingillidae
Fauvette à tête noire	<i>Sylvia atricapilla</i>	Sylviidae
Pipit farlouse	<i>Anthus pratensis</i>	Motacillidae
Etourneau sansonnet	<i>Sturnus vulgaris</i>	Sturnidae
Bergeronnette grise	<i>Motacilla alba</i>	Motacillidae
Héron garde-bœuf	<i>Bubulcus ibis</i>	Ardeidae
Pigeon ramier	<i>Columba palumbus</i>	Columbidae
Milan noir	<i>Milvus migrans</i>	Accipitridae
Grand corbeau	<i>Corvus corax</i>	Corvidae
Tourterelle des bois	<i>Streptopelia turtur</i>	Columbidae

**Tableau 06** : Liste de l'avifaune de l'écosystème ripicole de l'oued Nador basé sur la Systématique et statut des espèces rencontrés

Nom commun	Ordre	Famille	Genre et Espece	Statut migratoire*	Statut de conservation*	Tendance mondiale*
Canard souchet	Anseriformes	Anatidae	<i>Spatula clypeata</i>	Hivernant	LC	Stable
Fuligule nyroca	Anseriformes	Anatidae	<i>Aythya nyroca</i>	Hivernant	NT	<b>Décroissant</b>
Gravelot à collier interrompu	Charadriiformes	Charadriidae	<i>Charadrius alexandrinus</i>	Hivernant	LC	Inconnue
Petit gravelot	Charadriiformes	Charadriidae	<i>Charadrius dubius</i>	Hivernant	LC	Inconnues
Pluvier argenté	Charadriiformes	Charadriidae	<i>Pluvialis squatarola</i>	Hivernant	LC	<b>Décroissant</b>
Goéland brun	Charadriiformes	Laridae	<i>Larus fuscus</i>	Hivernant	LC	Croissante
Goéland leucophée	Charadriiformes	Laridae	<i>Larus michahellis</i>	Sédentaire nicheur	LC	Croissante
Mouette mélanocéphale	Charadriiformes	Laridae	<i>Ichthyaetus melanocephalus</i>	Hivernant	LC	Stable
Mouette rieuse	Charadriiformes	Laridae	<i>Chroicocephalus ridibundus</i>	Sédentaire non nicheur	LC	Inconnue
Courlis corlieu	Charadriiformes	Scolopacidae	<i>Numenius phaeopus</i>	Hivernant	LC	Stable
Sterne caugek	Charadriiformes	Sternidae	<i>Thalasseus sandvicensis</i>	Hivernant	LC	Stable
Martin-pêcheur d'Europe	Coraciiformes	Alcedinidae	<i>Alcedo atthis</i>	Sédentaire nicheur	LC	Inconnue
Cisticole des joncs	Passeriformes	Cisticolidae	<i>Cisticola Juncidis</i>	Sédentaire nicheur	LC	Stable
Bergeronnette des ruisseaux	Passeriformes	Motacillidae	<i>Motacilla cinerea</i>	Hivernant	LC	Stable
Pouillot fitis	Passeriformes	Sylviidae	<i>Phylloscopus trochilus</i>	Hivernant	LC	<b>Décroissant</b>
Rousserolle effarvatte	Passeriformes	Sylviidae	<i>Acrocephalus scirpaceus</i>	Hivernant	LC	Stable
Aigrette garzette	Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Egretta garzetta</i>	Sédentaire nicheur	LC	Croissante
Grande aigrette	Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Ardea alba</i>	Sédentaire nicheur	LC	Inconnue
Héron cendré	Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Ardea cinerea</i>	Sédentaire nicheur	LC	Inconnue
Grand cormoran	Pelecaniformes	Phalacrocoracidae	<i>Phalacrocorax carbo</i>	Hivernant	LC	Croissante
Grèbe castagneux	Podicipédiformes	Podicipedidae	<i>Tachybaptus ruficollis</i>	Sédentaire nicheur	LC	<b>Décroissant</b>

\*Source : [www.marinespecies.org](http://www.marinespecies.org); [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org), 2023.

*Larus fuscus* | Linnaeus, 1758

**Noms vernaculaires :**  
Goéland brun (FR) Lesser Black-backed Gull (EN)

**Description physique :**  
Taille : 61 cm Poids : 650 à 1000 g  
**La forme :** A un manteau gris foncé à noir, le reste du corps étant blanc. Les pattes sont jaunes à jaune orangé. Le bec est jaune et mince, avec une tache rouge sur la mandibule inférieure.

**Comportement :** A un vol puissant, impressionnant par son amplitude et ses décrochements rapides en piqué.

**Régime alimentaire :** Omnivore. Il se nourrit de charognes, de détritiques, de mollusques, de poissons, de vers, d'insectes, de souris, d'oiseaux, d'oeufs, parfois aussi d'algues et de graines.

**Mode de vie :** Migrateur. Les déplacements ont lieu de jour, en réalité un migrateur partiel. Le goéland brun est un "pirate" des plages.

**Habitudes de nidification :** Le nid est construit par les deux parents. La ponte a lieu en mai-juin, trois œufs châtain-olive ou verdâtres clair avec des taches sombres. L'incubation dure environ 27 jours, assurée par le couple.



[www.oiseaux.net](http://www.oiseaux.net)

**Habitat :** Les eaux côtières et intérieures, les estuaires, les ports, les dépotoirs, les champs, les îles rocheuses, les îles des lacs et des rivières, les bâtiments, les landes, les falaises maritimes (heuglini).

**Distribution géographique :**



*Larus michahellis* / Naumann, JF, 1840

**Noms vernaculaires :**  
Goéland leucophée (FR) Yellow-legged Gull (EN)

**Description physique :**  
Taille : 68 cm Poids : 750 à 1250 g  
**La forme :** est un assez grand goéland, robuste, pas très haut sur pattes, de taille. Le dimorphisme sexuel ne joue que sur la taille. Il est blanc dessous la nuance du gris des parties supérieures qui compte. L'aspect du bec est plus fort et plus haut. La commissure buccale est du même rouge. L'œil a l'iris jaune clair, et il est entouré d'un cercle orbitaire rouge vif.

**Comportement :** le vol est aisé du fait des grandes ailes, comme tous les goélands.

**Régime alimentaire :** un prédateur/nécrophage opportuniste. Il se nourrit de poissons, vivants ou morts, d'invertébrés aquatiques et terrestres, petits mammifères comme les campagnols, oiseaux.

**Mode de vie :** Il est capable comme un rapace de longs vols planés au-dessus des colonies. Les populations peuvent être dispersives ou sédentaires.

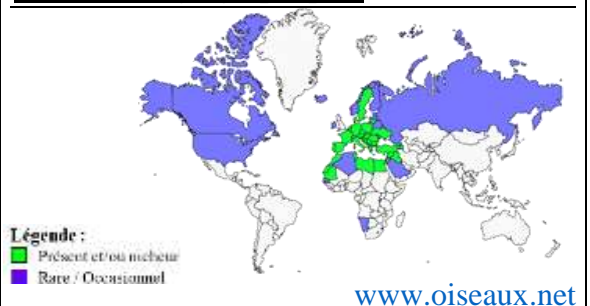
**Habitudes de nidification :** La saison de reproduction commence à la mi-mars et s'étale jusqu'à juillet à l'échelle de l'aire. Il se reproduit en colonies monospécifiques ou mixtes, le plus souvent proches de l'eau. Le nid est construit par le couple. L'incubation est en moyenne de 26 à 30 jours,



[www.oiseaux.net](http://www.oiseaux.net)

**Habitat :** Les lacs, les réservoirs, les rivières, les falaises maritimes, les îles, les côtes rocheuses, les plages de sable, les flèches les dunes et les marais salants, les zones intertidales et dans les marais côtiers saumâtres.

**Distribution géographique :**



***Chroicocephalus ridibundus* | Linnaeus, 1766**

**Noms vernaculaires :**

Mouette rieuse (FR) Black-headed Gull (EN)

**Description physique :**

Taille : 43 cm Poids : 225 à 350 g

**La forme :** Les parties supérieures sont d'un gris assez clair. Les parties inférieures sont toutes blanches. Les extrémités noires des rémiges primaires pointent vers l'arrière. La queue est blanche. Bec et pattes sont rouge sombre. Deux croissants blancs cernent l'œil sombre.



[www.oiseaux.net](http://www.oiseaux.net)

**Comportement :** Il a un vol rapide et actif. Il peut planer et glisser.

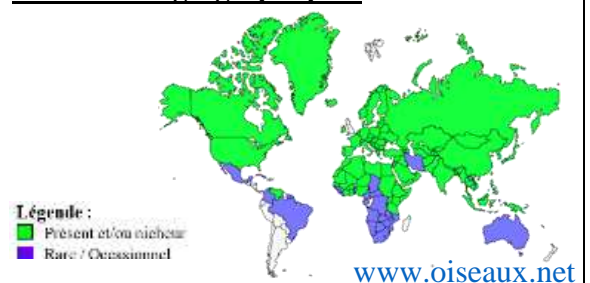
**Régime alimentaire :** se nourrit surtout de toutes sortes d'invertébrés, terrestres comme aquatiques et de petits poissons. Elle consomme aussi très occasionnellement des fruits et des graines.

**Mode de vie :** Elle est monogame et fidèle au site du nid où elle revient chaque année. Elle peut former des colonies mixtes avec des sternes.

**Habitudes de nidification :** Elle nidifie en grandes colonies, jusqu'à 1 000 couples ou plus. Les nids sont à environ un à cinq mètres les uns des autres. La femelle dépose 2 à 3 œufs brun-olive, mouchetés de brun, vers fin avril-début mai. L'incubation dure environ 22 à 26 jours.

**Habitat :** Les lisières des marais, des étangs et des lacs, et dans les clairières dans les régions de forêt boréale, les eaux côtières jusqu'aux ports, les marais salants et les estuaires. On peut la trouver en ville, dans les parcs urbains avec de l'eau.

**Distribution géographique :**



***Ichthyaetus melanocephalus* | Temminck, 1820**

**Noms vernaculaires :**

Mouette mélanocéphale (FR) Mediterranean Gull (EN)

**Description physique :**

Taille : 38cm Poids : 220 à 380 g

**La forme :** La tête et la nuque sont noires, l'œil est bordé de blanc. Le manteau est gris clair, le dessus des ailes est gris à la base, les primaires sont blanches. Le bec et les pattes sont rouge foncé.



[www.oiseaux.net](http://www.oiseaux.net)

**Comportement :** Elle se nourrit en vol, à la surface de l'eau, en plongeant et en picorant à la surface tout en nageant. Il lui arrive de poursuivre en courant une proie au sol.

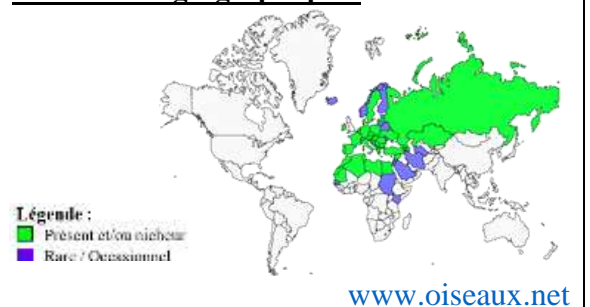
**Régime alimentaire :** Elle se nourrit d'une grande variété d'insectes qui représentent la majeure partie de son régime. Mais les poissons et les mollusques sont aussi appréciés.

**Mode de vie :** *Ichthyaetus melanocephalus* est un migrateur.

**Habitudes de nidification :** Elle nidifie en colonies. le nid est disposé sur le sol nu ou dans la végétation basse. La femelle dépose, en avril/mai, 2 à 3 œufs clairs, jaunâtres, avec des marques, des points ou des taches obscures. L'incubation dure de 23 à 25 jours,

**Habitat :** Elle fréquente les plages en hiver, et les estuaires. Elle niche sur les marais côtiers et intérieurs. Elle fréquente les ports de pêche, les décharges et les évacuations d'égouts.

**Distribution géographique :**



*Thalasseus sandvicensis* | Latham, 1787

**Noms vernaculaires :**

Sterne caugek (FR) Sandwich Tern (EN)

**Description physique :**

Taille : 46 cm Poids : 210 à 260 g

**La forme :** Elle un manteau gris cendré. Son bec est long et noir, avec le bout jaune. Une huppe érectile prolonge sa calotte noire. La queue blanche, très échancrée, est prolongée par deux longs filets. Ses pattes sont noires. a une silhouette fine et harmonieuse.

**Comportement :** La parade nuptiale provoque des vols acrobatiques. Pendant la parade, le mâle et la femelle réalisent une danse circulaire, bec entrouvert.

**Régime alimentaire :** Elles se nourrissent de poisson à 98%.

**Mode de vie :** Elle vit en colonies, Battements monotones, tantôt négligés, tantôt accélérés, mais toujours légers.

**Habitudes de nidification :** Elle niche en colonies. Les deux parents font un trou dans le sol, parfois garni d'herbes. La femelle pond en mai/juin, habituellement 1 ou 2 œufs de couleurs variées. L'incubation dure environ 23 jours, assurée par les deux parents.



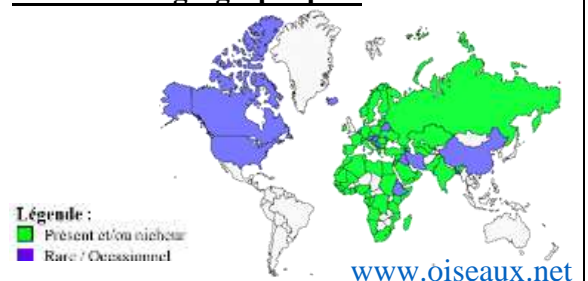
Adulte plume. Nuptial

Adulte plume. Internuptial

[www.oiseaux.net](http://www.oiseaux.net)

**Habitat :** La sterne caugek est l'hôte nicheur des côtes basses et caillouteuses ou sablonneuses, à végétation clairsemée, près de la côte.

**Distribution géographique :**



*Phalacrocorax carbo* | Linnaeus, 1758

**Noms vernaculaires :**

Grand Cormoran (FR) Great Cormorant (EN)

**Description physique :**

Taille : 100 cm Poids : 2000 à 2500 g.

**La forme :** La tête est noire, avec quelques plumes blanches sur la crête. Les joues et la gorge sont blanches. Les yeux sont verts, Le bec légèrement crochu et puissant est noirâtre avec la base jaune. Les pattes et les doigts palmés sont noirs.

**Comportement :** Le grand cormoran vole avec des battements fermes et des glissés occasionnels.

**Régime alimentaire :** se nourrit principalement de poisson et d'invertébrés aquatiques.

**Mode de vie :** Le grand cormoran se nourrit principalement de poisson. et il est capable de rester sous l'eau pendant plus d'une minute.

**Habitudes de nidification :** Le nid est une grande structure, La femelle dépose 3 à 4 œufs blanc bleuté. L'incubation dure environ 29 à 31 jours, assurée par les deux adultes.



Adulte plume. Nuptial



Immature



[www.oiseaux.net](http://www.oiseaux.net)



**Habitat :** vit sur les côtes rocheuses ou sablonneuses, dans les estuaires, près des lacs et des grands cours d'eau. Il niche sur les falaises et les îles rocheuses, et se nourrit dans les eaux abritées.



**Distribution géographique :**



<b><i>Ardea cinerea</i>   Linnaeus, 1758</b>	
<p><b><u>Noms vernaculaires :</u></b> Héron cendré (FR) Grey Heron (EN)</p>	 <p style="text-align: center;">Adulte plume. Nuptial</p> <p style="text-align: center;">Immature</p> <p style="text-align: right;"><a href="http://www.oiseaux.net">www.oiseaux.net</a></p>
<p><b><u>Description physique :</u></b> Taille : 98 cm Poids : 600 à 1200 g <b><u>La forme :</u></b> Le plumage chez l'adulte devient plus net. Les bords de la calotte restent bien noirs et se prolongent en petite huppe. Le bec prend une teinte jaune, le devant du cou présent des stries noires distinctes.</p>	
<p><b><u>Comportement :</u></b> Il replie le cou en vol de façon à équilibrer le poids du corps. Le cou forme alors boucle proéminente par dessous. Les pattes sont alors tendues vers l'arrière. Enfin, les ailes longues et larges apparaissent voûtées.</p>	<p><b><u>Habitat :</u></b> Il fréquente toutes les eaux douces ou saumâtres à condition qu'elles soient poissonneuses. il recherche des milieux arborés avec de grands arbres (forêts, ripisylves, peupleraies, bosquets et parcs).</p>
<p><b><u>Régime alimentaire :</u></b> se nourrit essentiellement de poissons, Le régime inclut aussi des amphibiens, certains invertébrés les écrevisses et des taxons amphibies.</p>	<p><b><u>Distribution géographique :</u></b></p>  <p><b>Légende :</b>  <span style="color: green;">■</span> Présent et/ou nicheur  <span style="color: blue;">■</span> Rare / Occasionnel</p> <p style="text-align: right;"><a href="http://www.oiseaux.net">www.oiseaux.net</a></p>
<p><b><u>Mode de vie :</u></b> Il est une espèce coloniale monogame. Il est soit arboricole, soit paludicole,</p>	
<p><b><u>Habitudes de nidification :</u></b> La femelle dépose de 3 à 5 œufs mats, d'un bleu-vert clair. L'incubation est assurée alternativement par les deux parents, et dure environ 26 jours.</p>	

<b><i>Egretta garzetta</i>   Linnaeus, 1766</b>	
<p><b><u>Noms vernaculaires :</u></b> Aigrette garzette (FR) Little Egret (EN)</p>	 <p style="text-align: center;">Adulte plume. Nuptial</p> <p style="text-align: center;">Adulte plume. Internuptial</p> <p style="text-align: right;"><a href="http://www.oiseaux.net">www.oiseaux.net</a></p>
<p><b><u>Description physique :</u></b> Taille : 65 cm Poids : 500 à 638 g <b><u>La forme :</u></b> A un plumage blanc immaculé, elle présente un corps élancé et élégant. Le bec noir est une véritable dague. Il est long et fin, très légèrement incurvé vers le bas. Les lores sont de couleur variable suivant l'état physiologique. Avec des longues pattes noires sont munies de doigts jaunes</p>	
<p><b><u>Comportement :</u></b> Les ailes longues, larges et arquées lui procurent un vol souple, ample et un puissant, avec de lents battements.</p>	<p><b><u>Habitat :</u></b> Fréquente une large gamme d'habitats, mais avec une constante : la présence d'eau libre, douce ou saumâtre.</p>
<p><b><u>Régime alimentaire :</u></b> Elle se nourrit d'une grande variété de proies vertébrées et invertébrées.</p>	<p><b><u>Distribution géographique :</u></b></p>  <p><b>Légende :</b>  <span style="color: green;">■</span> Présent et/ou nicheur  <span style="color: blue;">■</span> Rare / Occasionnel</p> <p style="text-align: right;"><a href="http://www.oiseaux.net">www.oiseaux.net</a></p>
<p><b><u>Mode de vie :</u></b> une espèce commune et grégaire, se font en petits groupes relativement inorganisés.</p>	
<p><b><u>Habitudes de nidification :</u></b> La parade nuptiale met en exergue les plumes ornementales, la femelle y dépose 3 à 5 œufs bleu verdâtre clair, à intervalle de un à deux jours. L'incubation commence avec le 2e ou le 3e œuf pondu et dure 21 à 25 jours, partagée par le couple.</p>	

<i>Ardea alba</i>   Linnaeus, 1758	
<p><b>Noms vernaculaires :</b> Grande Aigrette (FR) Great Egret (EN)</p>	 <p>Adulte plume. Nuptial</p> <p>Adulte plume. Internuptial</p> <p><a href="http://www.oiseaux.net">www.oiseaux.net</a></p>
<p><b>Description physique :</b> Taille : 104 cm Poids : 1000 à 1500 g</p> <p><b>La forme :</b> Grande taille avec un corps élancé et un long cou caractéristique. Son plumage est entièrement blanc, le bas du cou et la poitrine. Son bec est long, de couleur jaune à jaune orangé, et ses pattes sont noires.</p>	
<p><b>Comportement :</b> Les ailes longues et larges de la Grande Aigrette lui procurent un vol majestueux du fait de battements amples et lents.</p>	
<p><b>Régime alimentaire :</b> Consommatrice de poissons. Sa prédation s'exerce sur une grande variété de proies vertébrées comme invertébrées, aquatiques comme terrestres, même si les petits poissons constituent toujours la part prépondérante de son régime.</p>	
<p><b>Mode de vie :</b> Un oiseau sociable, elle vit le plus souvent en groupes quelle que soit la saison.</p> <p><b>Habitudes de nidification :</b> peut nicher isolément, mais la plupart du temps elle le fait de façon coloniale, en compagnie d'autres espèces d'ardéidés ou d'autres familles. L'incubation dure 23 ou 24 jours, assurée par les deux adultes.</p>	
	<p><b>Habitat :</b> occupe une très grande variété de zones humides, que ce soit sur les côtes ou dans l'intérieur, et même localement des milieux terrestres. généralement des ligneux utilisés comme reposoirs.</p> <p><b>Distribution géographique :</b></p>  <p>Légende : ■ Présent et/ou nicheur ■ Rare / Occasionnel</p> <p><a href="http://www.oiseaux.net">www.oiseaux.net</a></p>

<i>Alcedo atthis</i>   Linnaeus, 1758	
<p><b>Noms vernaculaires :</b> Martin-pêcheur d'Europe (FR) Common Kingfisher(EN)</p>	 <p>Adulte plume. Nuptial</p> <p>Adulte plume. Internuptial</p> <p><a href="http://www.oiseaux.net">www.oiseaux.net</a></p>
<p><b>Description physique :</b> Taille : 16 cm Poids : 30 à 45 g</p> <p><b>La forme :</b> un corps compact avec un plumage bleu vif sur le dos, nuancé de vert, et d'un roux vif sur les parties inférieures. Son bec en forme de dague est entièrement noir chez les mâles adultes et noir avec une base orange sur la mandibule inférieure chez les femelles adultes. Ses petites pattes sont de couleur rouge-vermillon.</p>	
<p><b>Comportement :</b> Le vol est assuré par des ailes courtes et arrondies à grande fréquence de battements, le vol très rapide et direct.</p>	
<p><b>Régime alimentaire :</b> est composé de petits poissons de toutes sortes, vairons, vandoises, rotengles et gardons, truitelles, Les poissons constituent au moins 60% du régime.</p>	
<p><b>Mode de vie :</b> migrateur, a un cri perçant qu'on est averti de sa présence.</p> <p><b>Habitudes de nidification :</b> peut choisir de nicher de manière solitaire, mais le plus souvent il opte pour une nidification coloniale. L'incubation des œufs dure en moyenne 23 à 24 jours, et elle est assurée par les deux adultes qui se relaient.</p>	
	<p><b>Habitat :</b> recherche les bordures d'eaux riches en poissons, que ce soit dans des environnements naturels ou artificiels. Il a besoin d'une eau claire pour pêcher efficacement et d'une végétation riveraine pour se percher et repérer ses proies.</p> <p><b>Distribution géographique :</b></p>  <p>Légende : ■ Présent et/ou nicheur ■ Rare / Occasionnel</p> <p><a href="http://www.oiseaux.net">www.oiseaux.net</a></p>

*Spatula clypeata* | Linnaeus, 1758

**Noms vernaculaires :**

Canard souchet (FR) Northern Shoveler (EN)

**Description physique :**

Taille : 56 cm Poids : 500 a 700 g

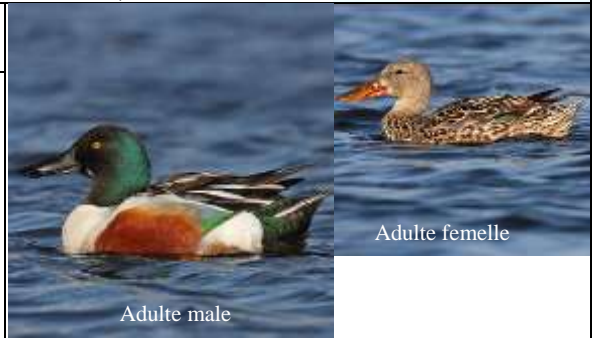
**La forme :** Il présente un dimorphisme sexuel. Les mâles et les femelles ont des plumages différents, avec les mâles ayant une tête et un cou verts brillants et un corps gris, tandis que les femelles ont un plumage brun clair avec des taches brunes plus foncées. Les deux sexes ont des pattes et des pieds palmés adaptés à la natation et à la plongée sous l'eau.

**Comportement :** Il vole le cou fort tendu.

**Régime alimentaire :** est mixte : végétaux mais aussi petits animaux aquatiques, crustacés, mollusques et plancton qu'il capture en eau peu profonde ou en filtrant la couche proche de la surface.

**Mode de vie :** un oiseau migrateur qui voyage en groupe pendant la migration. En dehors de la saison de reproduction, il se rassemble souvent en grandes bandes sur les plans d'eau.

**Habitudes de nidification :** Le nid, placé à terre près de l'eau, est garni du duvet de la canne. En avril ou en mai, la femelle pond de 8 à 12 œufs dont l'incubation dure 22 ou 23 jours.



Adulte male

Adulte femelle

[www.oiseaux.net](http://www.oiseaux.net)

**Habitat :** les étangs, les marais, les bras morts des fleuves et des rivières. Il affectionne particulièrement les eaux douces et saumâtres.

**Distribution géographique :**



[www.oiseaux.net](http://www.oiseaux.net)

*Tachybaptus ruficollis* | Pallas, 1764

**Noms vernaculaires :**

Grèbe castagneux (FR) Little Grebe (EN)

**Description physique :**

Taille : 29 cm Poids : 100 à 200 g

**La forme :** le plus petit et le plus trapu des grèbes. Il est immédiatement identifiable à sa petite tête ronde, son petit bec mince aux commissures pâles souvent visibles et son inimitable façon de flotter comme un bouchon, l'arrière du corps tronqué.

**Comportement :** Il passe beaucoup de temps sur l'eau et on a peu d'occasions de le voir voler.

**Régime alimentaire:** Moins piscivore, larves d'insectes, invertébrés aquatiques, mollusques et des crustacés.

**Mode de vie :** les oiseaux de l'Afrique de Nord sont sédentaires, Les grèbes castagneux forment des petits groupes en hiver et se mêlent à d'autres espèces d'oiseaux hivernants.

**Habitudes de nidification :** Ils nichent dans des cours d'eau lents, le nid construit avec des roseaux et des branchages fins, est une sorte de petit radeau plus ou moins flottant. En avril à juillet, la femelle pond de 5 à 6 œufs dont l'incubation dure 20 ou 27 jours.



Adulte plume. Nuptial

Adulte plume. Internuptial

[www.oiseaux.net](http://www.oiseaux.net)

**Habitat :** Il fréquente les lacs plus dégagés, les estuaires, et dans certaines régions, les eaux côtières abritées et les cours d'eau lents avec une végétation émergée dense pour cacher son nid.

**Distribution géographique :**



[www.oiseaux.net](http://www.oiseaux.net)

*Aythya nyroca* | **Güldenstädt, 1770**

**Noms vernaculaires :**  
Fuligule nyroca (FR) Ferruginous Duck (EN)

**Description physique :**  
Taille : 42 cm Poids : 650 à 800 g  
**La forme :** un petit canard plongeur. Le mâle adulte a une tête, un cou, une poitrine et des flancs châtain-acajou, avec des parties supérieures brun noirâtre. La femelle est plus terne et brune. Les deux sexes ont des sous-caudales blanches bien visibles.

**Comportement :** Il est actif dans la matinée et en soirée.  
**Régime alimentaire :** Il est surtout végétarien, se nourrissant de plantes aquatiques, d'algues, de graines, Et il ne dédaigne pas pour autant les invertébrés et petits vertébrés, insectes et leurs larves, crustacés, mollusques, petits poissons,...

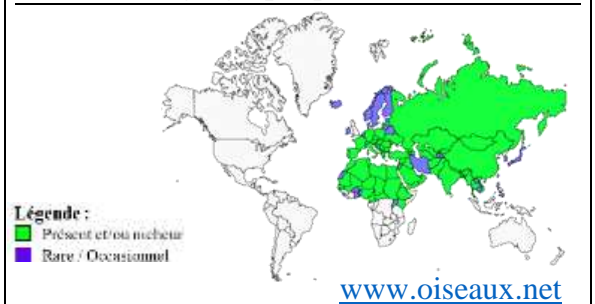
**Mode de vie :** En général, solitaires et Il a cependant un instinct grégaire en hiver.

**Habitudes de nidification :** Niche en bordure des plans d'eau douce peu profonds, souvent de petite taille, riches en végétation et en faune. La reproduction au la mi-mars. La femelle pond en moyenne 7 à 10 œufs dont l'incubation qui dure environ 25 à 28 jours.



**Habitat :** Il fréquente en saison de reproduction les plans d'eau douce et marais en eau avec une abondante végétation palustre et une flore subaquatique conséquente. En intersaison, il gagne des pièces d'eau plus grandes (lacs, réservoirs, marais côtiers,...).

**Distribution géographique :**



*Charadrius dubius* | **Scopoli, 1786**

**Noms vernaculaires :** Petit Gravelot ou Pluvier petit-gravelot (FR) Little Ringed Plover (EN)

**Description physique :**  
Taille : 17 cm Poids : 30 à 50 g  
**La forme :** A un cercle oculaire jaune vif autour de l'œil sombre, un bec noirâtre avec une petite zone jaune terne à la base de la mandibule inférieure, et un front plus noir que blanc avec une bordure blanche étroite à l'arrière.

**Comportement :** Il a des battements d'ailes plus rapides, Il court à une vitesse étonnante.

**Régime alimentaire :** Il est surtout végétarien, se nourrissant de plantes aquatiques, d'algues, de graines, il ne dédaigne pas pour autant les invertébrés et petits vertébrés, insectes et leurs larves, crustacés, mollusques, petits poissons,...

**Mode de vie :** Il est surtout actif dans la matinée et en soirée. En général, solitaires et en hiver grégaire.

**Habitudes de nidification :** Niche en bordure des plans d'eau douce peu profonds, souvent de petite taille, riches en végétation et en faune. La reproduction au la mi-mars. La femelle pond en moyenne 7 à 10 œufs dont l'incubation qui dure environ 25 à 28 jours.



**Habitat :** Il fréquente les bordures des eaux douces continentales, comme les rivières, les lacs, les étangs et les réservoirs.

**Distribution géographique :**



*Charadrius alexandrinus* | Linnaeus, 1758

**Noms vernaculaires :** Gravelot à collier interrompu ou Pluvier à collier interrompu (FR) Kentish Plover (EN)

**Description physique :**

Taille : 18 cm Poids : 40 à 60 g

**La forme :** Un corps gris-brun sur le dessus et une couleur blanche sur le dessous. Sa calotte est noire à l'avant et fauve à l'arrière, avec un sourcil blanc et une bande sourcilier noire. Il arbore un collier blanc et un demi-collier noir qui s'interrompt sur la poitrine. Son bec et ses pattes sont de couleur noire.



[www.oiseaux.net](http://www.oiseaux.net)

**Comportement :** Oiseau très nerveux. Parcourt assidument les vasières en alternant marche rapide et courte pose.

**Régime alimentaire :** Il consomme de petits invertébrés qu'il collecte en fréquentant assidument les vasières.

**Mode de vie :** la plupart des populations intérieures et côtières du nord sont entièrement migratrices.

**Habitudes de nidification :** Le nid positionné près de l'eau sur un sol nu ou dans une végétation clairsemée. La femelle pond 3 œufs dont l'incubation qui dure environ 3 à 4 semaines.

**Habitat :** Il se trouve dans les habitats côtiers tels que les plages de sable, les estuaires, les lagunes, les marais salants et les dunes côtières. Il préfère les zones à découvert avec une végétation dispersée.

**Distribution géographique :**



*Numenius phaeopus* | Linnaeus, 1758

**Noms vernaculaires :**

Courlis corlieu (FR) Eurasian Whimbrel (EN)

**Description physique :**

Taille : 46 cm Poids : 310 à 600 g

**La forme :** A un bec arqué distinctif. Il se distingue par son bec plus court et épais, qui s'incurve fortement, ainsi que par sa calotte brun sombre. Ses plumes sont brun sombre. et leur bec est sombre avec une base rose, tandis que les yeux, les pattes et les pieds sont de couleur brun noirâtre ou gris bleu.



[www.oiseaux.net](http://www.oiseaux.net)

**Comportement :** L'un des oiseaux terrestres qui marchent.

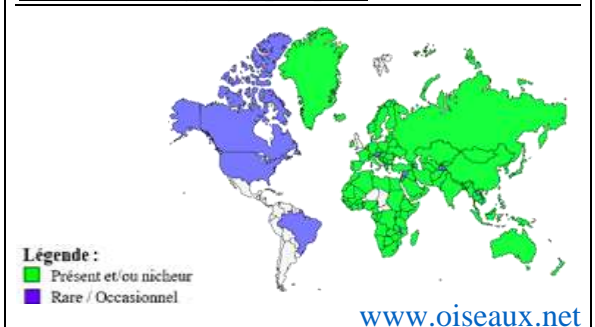
**Régime alimentaire :** Ils consomment des invertébrés marins, des crustacés, en particulier des crabes, des vers marins et des mollusques. Ils capturent également des poissons.

**Mode de vie :** Ils sont attentifs à leur apparence et lissent régulièrement leurs plumes.

**Habitudes de nidification :** la nidification aux mois d'avril et de mai. Ils arrivent en solitaire ou en petites bandes pouvant contenir jusqu'à 10 oiseaux. L'incubation commence habituellement une fois que la ponte est complète et elle dure environ pendant 24 à 28 jours. Les deux parents se relaient pour couvrir mais la femelle accomplit le gros de la tâche (65% du temps).

**Habitat :** Les landes de bruyères sauvages et les tourbières de la toundra où ils affectionnent les secteurs les plus secs. dans des endroits aussi divers que le littoral nordique, les marais des taïgas, s'écoulent des fleuves et des rivières.

**Distribution géographique :**



*Pluvialis squatarola* | Linnaeus, 1758

**Noms vernaculaires :**

Pluvier argenté (FR) Grey Plover (EN)

**Description physique :**

Taille : 31 cm Poids : 170 à 240 g

**La forme :** le plus grand des pluviers. Sa corpulence, son bec plus fort, sa posture voûtée le distinguent des autres pluviers de taille inférieure.

**Comportement :** Le mâle prend une part plus active que la femelle

**Régime alimentaire :** Il consomme des insectes, des herbes des tiges et des graines. En hiver, vers marins, des mollusques, des crustacés, et occasionnellement des vers de terre.

**Mode de vie :** les oiseaux hivernants se regroupent dans les lagunes saumâtres et le long des bancs de sable, et non grégaire pendant la reproduction.

**Habitudes de nidification :** La période de nidification mai et de juin. Ils nichent en couples séparés et les nids sont séparés par distance d'au moins 400 mètres. la femelle pond 4 oeufs qui sont couvés alternativement par le couple pendant 26 à 27 jours.



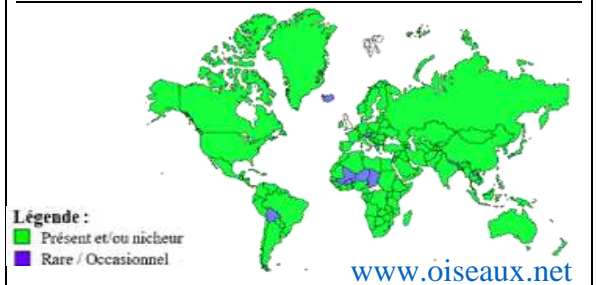
Adulte male

Adulte femelle

[www.oiseaux.net](http://www.oiseaux.net)

**Habitat :** L'espèce niche dans l'Extrême-Arctique dans les hautes terres et les vallées entre la limite des arbres et la côte.

**Distribution géographique :**



Légende :  
 ■ Présent et/ou nicheur  
 ■ Rare / Occasionnel

[www.oiseaux.net](http://www.oiseaux.net)

*Motacilla cinerea* | Tunstall, 1771

**Noms vernaculaires :**

Bergeronnette des ruisseaux (FR) Grey Wagtail (EN)

**Description physique :**

Taille : 20 cm Poids : 14 à 22 g

**La forme :** Il présente un dimorphisme sexuel. Le mâle nuptial se reconnaît à sa bavette noire avec deux larges moustaches blanches. La tête est gris-cendre. L'œil sombre possède deux arcs oculaires blancs dessus et dessous. Le bec est noir. Les pattes sont rosâtres à brunâtres. La femelle nuptiale ressemble au mâle, mais n'a pas de bavette noire.

**Comportement :** Elle attire l'attention par sa façon de déambuler au bord de l'eau.

**Régime alimentaire :** Elle est insectivore au sens large, Elle capture aussi des gammarès, crustacés amphipodes, et de petits mollusques. et des parois terrestres.

**Mode de vie :** L'oiseau est en fait un grand migrateur dans l'est de l'aire, parcourant des milliers de km pour gagner ses zones d'hivernage puis en revenir.

**Habitudes de nidification :** La Bergeronnette des ruisseaux est monogame et fortement territoriale, La saison de reproduction de mars à août. La femelle pond 4 à 6 œufs (3-7) que les parents couvent durant 12 à 14 jours.



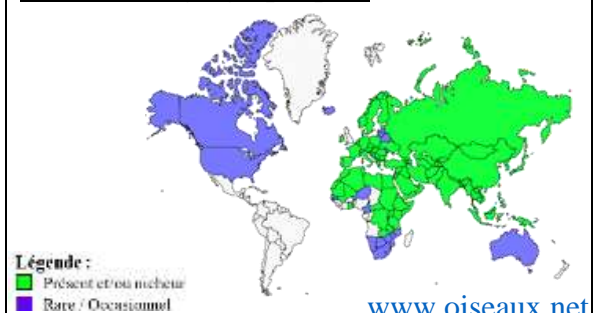
Adulte male

Adulte femelle

[www.oiseaux.net](http://www.oiseaux.net)

**Habitat :** La Bergeronnette des ruisseaux est très dépendante de l'eau, surtout des eaux courantes.

**Distribution géographique :**



Légende :  
 ■ Présent et/ou nicheur  
 ■ Rare / Occasionnel

[www.oiseaux.net](http://www.oiseaux.net)

***Cisticola juncidis* | Rafinesque, 1810**

**Noms vernaculaires :** Cisticole des joncs (FR), Zitting Cisticola (EN).

**Description physique :**

**Taille :** 10 cm **Poids :** 5 à 12 g

**La forme :** Il n'y a pas de dimorphisme sexuel. un corps compact porté par des pattes robustes, de petites ailes, un bec fort, souvent un peu courbe, et une queue étagée et mobile, souvent noire et blanche à l'extrémité.

**Comportement :** Elles ne sont pas timides, difficulté de l'observer car elles ont l'habitude de séjourner à terre dans les longues herbes.

**Régime alimentaire :** Elle est insectivore mais elle ne dédaigne pas pour autant les petites graines des plantes palustres.

**Mode de vie :** Elles vivent seules ou en couples, mais, en dehors de la saison de reproduction, il leur arrive également de se regrouper en bandes lâches.

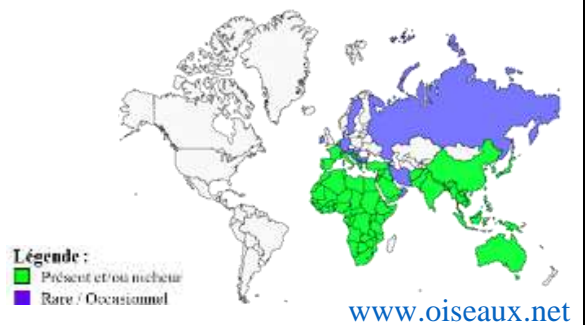
**Habitudes de nidification :** Les oiseaux se préparent à nicher dès la première quinzaine de mars. Les mâles commencent à construire un nid. La femelle pond (4 à 5 œufs de différent couleur) un œuf par jour. Elle incube seule mais son partenaire reste à proximité. 12 jours après la ponte du dernier œuf.



[www.oiseaux.net](http://www.oiseaux.net)

**Habitat :** Les Cisticoles des joncs habitent les prairies ouvertes de longues herbes, les friches abandonnées et les lisières des terres agricoles.

**Distribution géographique :**



[www.oiseaux.net](http://www.oiseaux.net)

***Acrocephalus scirpaceus* | Hermann, 1804**

**Noms vernaculaires :** Rousserolle effarvatte (FR), Common Reed Warbler (EN)

**Description physique :**

**Taille :** 13 cm **Poids :** 10 à 15 g

**La forme :** se reconnaissent à leur profil aigu leur queue arrondie à l'extrémité et leurs longues sous-caudales. L'œil est entouré par un cercle oculaire blanc. Les pattes sont brunâtres.

**Comportement :** Le mâle qui défend le territoire contre ses rivaux, par la voix ou par des poursuites.

**Régime alimentaire :** se nourrit d'arthropodes, en premier lieu d'insectes qu'elle trouve parmi les roseaux.

**Mode de vie :** est un grand migrateur qui va passer l'hiver boréal sur le continent africain au sud du Sahara, et survolent la Méditerranée. finissent par les zones humides de l'Afrique sub-saharienne.

**Habitudes de nidification :** la nidification commence à fin avril ou en mai par la femelle. Elle pond en moyenne 4 à 5 œufs. Mâle et femelle couvent les œufs dont une incubation de 11 à 12 jours.





[www.oiseaux.net](http://www.oiseaux.net)

**Habitat :** Il est un habitant de la phragmitaie qui borde les eaux dormantes ou courantes ou qui envahit les zones palustres.

**Distribution géographique :**



[www.oiseaux.net](http://www.oiseaux.net)

<i>Phylloscopus trochilus</i>   Linnaeus, 1758	
<p><b>Noms vernaculaires:</b> Pouillot fitis (FR), Willow Warbler (EN).</p>	 <p>Adulte</p> <p>Juvénile</p> <p><a href="http://www.oiseaux.net">www.oiseaux.net</a></p>
<p><b>Description physique :</b>  <b>Taille :</b> 13 cm <b>Poids :</b> 8 à 10 g  <b>La forme :</b> Les parties supérieures sont d'un brun clair nuancé d'olive. Les ailes et la queue sont plus sombres. Les parties inférieures sont blanches, teintées de jaune à jaune olive surtout sur la poitrine et les flancs.</p>	
<p><b>Comportement :</b> Les mâles se cantonnent et cherchent par leur chant à attirer une femelle.</p>	
<p><b>Régime alimentaire :</b> Il se nourrit principalement d'insectes et de leurs œufs et larves et de quelques matières végétales.</p>	
<p><b>Mode de vie :</b> L'espèce est migratrice et hiverne en Afrique, au sud du Sahara</p>	
<p><b>Habitudes de nidification :</b> la reproduction se déroule d'avril à juillet. La ponte (4 à 8 œufs) dont l'incubation par la femelle dure 12 à 14 jours et le séjour au nid des jeunes une 15e de jours.</p>	<p><b>Habitat :</b> Forêt, Savane, Arbustes, Prairies, Zones humides (intérieures), Artificiel/Terrestre.</p> <p><b>Distribution géographique :</b></p>  <p>Légende :  <span style="color: green;">■</span> Présent et/ou nicheur  <span style="color: blue;">■</span> Rare / Occasionnel</p> <p><a href="http://www.oiseaux.net">www.oiseaux.net</a></p>

### Diversité A viaire de l'Oued Nador

Les résultats de l'inventaire ornithologique, mettent en évidence la richesse aviaire remarquable présente au sein de cet écosystème diversifié. Cette liste variée reflète la gamme des habitats disponibles, des zones humides aux environnements côtiers et aux cours d'eau, soulignant l'importance vitale de ces écosystèmes pour préserver un équilibre naturel.

L'observation de certains oiseaux migrateurs saisonniers, tels que les pluviers argentés et les goélands, révèle le rôle essentiel de l'Oued Nador en tant que halte migratoire durant leurs périodes saisonnières. Cette dynamique saisonnière ajoute une dimension enrichissante à la vie aviaire locale.

La présence d'espèces sensibles à la qualité de l'eau, telles que l'aigrette garzette et la grande aigrette, suggère que les habitats aquatiques de cet écosystème sont relativement préservés du point de vue environnemental. Ces oiseaux, souvent utilisés comme indicateurs de la santé des écosystèmes aquatiques, renforcent le besoin crucial de préserver ces milieux naturels.

La liste comprend également des espèces qui nichent au sein de cet écosystème, notamment la cisticole des joncs, la rousserolle effarvate et la bergeronnette des ruisseaux, indiquant des conditions favorables à la nidification et soulignant l'importance de la conservation de la faune.

Les observations de martins-pêcheurs d'Europe et de courlis corlieus mettent en évidence la diversité des écosystèmes présents, allant des zones boisées aux espaces humides ouverts. Cette variété d'habitats contribue à rehausser de la richesse écologique de l'Oued Nador, faisant de cet écosystème un véritable spot pour la biodiversité aviaire.

Le tableau montre que 4 des espèces répertoriées ont une tendance mondiale décroissante dont une espèce à un statut de conservation préoccupant, il s'agit respectivement du fuligule nyroca (NT) du pluvier argenté, du pouillot fitis et du grèbe castagneux.

### Provenance des oiseaux bagués

La relecture des bagues et la recherche de la provenance des oiseaux bagués observés sur le site nous a permis de retracer l'itinéraire de deux d'entre eux (**tableau 06**): l'un provient de la Norvège et l'autre d'Allemagne. La distance parcourue est estimée approximativement à 2415 km pour le premier individu et 2100 km pour le second.

Sachant que les principales voies de migration qu'empruntent les oiseaux qui arrivent sur nos côtes sont la voie orientale et la voie occidentale, il est vraisemblable que les 02 individus aient suivi la voie occidentale qui traverse le détroit de Gibraltar.

**Tableau 07** : Résultats de la relecture des bagues

Espèce	Date d'observation	Date de baguage	Localité/Pays de baguage
Goéland brun juvénile ( <i>Larus fuscus</i> )	06.03.2023	06.07.2022	Stavanger Museum (Norvège)
Goéland brun adulte ( <i>Larus fuscus</i> )	06.03.2023	03.07.2019	Amrum / Odde (Allemagne)

## 2.2 Mammifères, Amphibiens, et Invertébrés

**Tableau 08**: Liste des espèces de faune observées, appartenant aux autres groupes taxinomiques.

Groupe	Nom commun	Nom scientifique	Famille	Statut de conservation	
				National*	International**
Mammifères	Mangouste	<i>Herpestes ichneumon</i>	Herpestidae	<b>Protégée</b>	LC
Amphibiens	Crapaud vert	<i>Bufo viridis</i>	Bufoidea	/	LC
	Grenouille rieuse	<i>Ranaridibunda</i>	Ranidae	/	LC
	Emyde lépreuse	<i>Mauremys leprosa</i>	Bataguridae	/	<b>VU</b>
Insectes	Mante religieuse	<i>Mantis religiosa</i>	Mantidae	<b>Protégée</b>	LC
	Trithémis pourpré	<i>Trithemis annulata</i>	Libellulidae	/	LC
	Agrion élégant	<i>Ischnura elegans</i>	Coenagrionidés	/	LC

\* Décret exécutif n° 12-235 du 24 mai 2012 fixant la liste des espèces animales non domestiques protégées.

\*\*Liste rouge UICN ([www.iucn.org](http://www.iucn.org)).

### 2.3 Les Poissons

L'avifaune piscivore (grand cormoran, grande aigrette, héron cendré, aigrette garzette, martin pêcheur, goéland bruns, sterne caugek) présente sur le site atteste d'une abondance non négligeable de l'ichtyofaune, nous n'avons pas pu procéder à un inventaire méthodique de ce groupe important mais nos propres observations sur place et des témoignages de pêcheurs rencontrés sur place nous ont rapporté la présence du mulot et d'autres espèces de poissons. Ce compartiment important de la faune devrait faire l'objet d'investigations plus poussées.

### 2.4 La loutre d'Europe, une espèce emblématique disparue de nos cours d'eau

Selon des témoignages d'acteurs de la conservation de la nature et du patrimoine faunistique du Mont Chenoua (comm. pers.), la loutre d'Europe (*Lutra lutra* L.) fréquentait encore les berges de l'oued Nador jusqu'au début des années 80 du siècle dernier, profitant d'un habitat propice, offert par une végétation fournie et conservée et une eau limpide, encore indemne des divers rejets et polluants avec un débit appréciable, que permettait une pluviométrie généreuse et une faible exploitation des ressources hydriques.

La loutre est une espèce remarquable dont le statut d'espèce quasi-menacée (**NT**) qui fait l'objet de mesures de conservation dans la majorité de son aire de répartition, notamment en Méditerranée et au proche orient où elle connaît un déclin important ([www.iucnredlist.org/species](http://www.iucnredlist.org/species)).

En résumé, l'inventaire non exhaustif de la faune réalisé dans le cadre de cette étude a montré L'écosystème ripicole de l'Oued Nador abrite une faune remarquable, représentant une grande variété de niveaux trophiques. Certains comme les oiseaux et les Mammifères, situés aux niveaux supérieurs atteste de la bonne santé globale et de la richesse des flux de matière et d'énergie échangés.

### 2.5 Végétation

La description phytosociologique de l'ensemble de la communauté végétale, a permis d'identifier 03 formations typiques même si ces trois formations sont spatialement imbriquées les unes aux autres:

**La forêt riveraine ou ripisylve proprement dite.** Ce sont des groupements qui prospèrent sur des terrains anciennement stabilisés et dont l'enracinement profond des arbres permet de protéger les berges contre les crues intermittentes, les sols y sont profonds et riches en matière organique.

Elle est dominée par l'élément ligneux et organisée en 03 strates verticales : la strate arborée constituée par des arbres dépassant, souvent 4m de hauteur, la strate arbustive constituée par des arbustes dont la hauteur est entre 0.80 à 2m et la strate herbacée constituée principalement par une végétation thérophytique, qui disparaît à la fin de la saison de végétation, accompagnée d'espèces ligneuses vivaces qui ne dépassent pas 50 cm de hauteur. On distingue également une strate lianoïde qui utilise l'élément arboré comme support (épiphytes) (**Figure 30**)



**Figure 30** : Aspect général de la ripisylve à peuplier blanc de l'Oued Nador (Noter les épiphytes à gauche).

**Les roselières** : qui sont des groupements intermédiaires et constituées par de grandes herbacées vivaces telles que le phragmite ou la canne de Provence (**Figure 31**).



**Figure 31** : Une roselière avec des phragmites.

**La végétation herbacées pionnière** : constituée principalement par des herbacées éphémères ou thérophytes qui tapissent le sol à la fin de l'hiver et disparaît avec les premières chaleurs estivales

(**Figure 32**). Cette formation comporte une catégorie de plantes qu'on nomme rudérale qui sont des espèces cosmopolites, inféodées aux milieux ouverts riches en nutriments (friches, jachères, terrains vagues ...)



**Figure 32** : Végétation herbacée éphémère (en premier plan le chrysanthème couronné).

**La végétation typique des bords de mer**, constituées de psammophytes et d'halophytes. Cette végétation bien adaptée aux milieux sableux instables et aux embruns marins, apparaît et disparaît au gré des saisons mais conserve un stock viable de propagules lui permettant de recoloniser rapidement ces milieux instables (**Figure 33**).



**Figure 33** : tapis d'herbacées dominée par l'Anthémis maritime.

La végétation présente un état conservé dans les endroits les plus difficiles d'accès et est plus ou moins dégradée selon les endroits où elle a fait l'objet de défrichage pour faciliter les activités agricoles.

Concernant la richesse spécifique, 37 espèces appartenant aux formations décrites ont été répertoriées, la ripisylve est la formation la plus riche en espèces avec 60 % des espèces rencontrées.

**Tableau 09** : présente les résultats de l'inventaire de la flore par formations végétales.

Milieux	Nom commun	Nom scientifique	Famille
<b>Milieux ouverts (Sables mobiles)</b>			
	Tamaris gallica Plantain maritime Sporobole piquant Anthémis maritime Centaurée de Corse	<i>Tamarix gallica</i> <i>Plantago maritima</i> <i>Sporobolus pungens</i> <i>Anthemis maritima</i> <i>Centaurea spheroccephala</i>	Tamaricaceae Plantaginaceae Poacea Asteraceae Asteraceae
<b>Ripisylve (berges de l'oued)</b>			
Strate arborée	Peuplier blanc Frêne à feuilles étroites Orme champêtre Saulle blanc Eucalyptus Oléastre Figuier	<i>Populus alba</i> <i>Fraxinus angustifolia</i> <i>Ulmus minor</i> <i>Salix alba</i> <i>Eucalyptus.sp</i> <i>Olea europea</i> <i>Ficus carica</i>	Salicaceae Oleaceae Ulmaceae Salicaceae Myrtaceae Oleaceae Moraceae
Strate arbustive	Aubépine Laurier rose Ronces Ricin commun	<i>Crataegus monogyna</i> <i>Nerium oleander</i> <i>Rubus ulmifolius</i> <i>Ricinus communis</i>	Rosaceae Apocynaceae Rosaceae Euphorbiaceae
Strate herbacée	Gouet à capuchon Asperge à feuilles aiguës Oseille agglomérée Lavatère à grandes fleurs Vipérine commune Scrofulaire des chiens	<i>Arisarum vulgare</i> <i>Asparagus acutifolius</i> <i>Rumex conglomeratus</i> <i>Lavatera trimestris</i> <i>Echium vulgare</i> <i>Scrofularia canina</i>	Araceae Asparagaceae Polygonaceae Malvaceae Boraginaceae Scrophulariaceae
Lianes	Tamier commun Églantier sempervirent Clématite brûlante Salsepareille Lierre commun	<i>Dioscorea communis</i> <i>Rosa sempervirens</i> <i>Clematis flammula</i> <i>Smilax aspera</i> <i>Hedera hélix</i>	Discoreaceae Rosaceae Ranunculaceae Smilacaceae Araliaceae
<b>Roselières des cours d'eau</b>			
	Canne de Provence Roseau commun Laïche des bois	<i>Arundo donax</i> <i>Phragmites australis</i> <i>Carex sylvatica</i>	Poaceae Poaceae Cyperaceae
<b>Végétation herbacée pionnière</b>			
	Grande mauve Chrysanthème couronné Oxalis pied-de-chèvre Anacycle en massue Reseda blanc Géranium herbe-à-Robert Queue-de-lièvre	<i>Malva sylvestris</i> <i>Glebionis coronaria</i> <i>Oxalis pes-caprae</i> <i>Anacyclus clavatus</i> <i>Reseda alba</i> <i>Geranium robertianum</i> <i>Lagurus ovatus</i>	Malvaceae Asteraceae Oxalidaceae Asteraceae Resedaceae Geraniaceae Poaceae

Les résultats de la végétation observée dans la zone d'étude, en particulier le long de l'Oued Nador, revêtent une grande importance pour l'évaluation de l'impact de la station d'épuration sur l'écosystème ripicole de cette région.

**Diversité floristique élevée :** La présence d'une variété d'espèces végétales, y compris des plantes des familles Tamaricaceae, Plantaginaceae, Poaceae, Asteraceae, Salicaceae, Myrtaceae, Oleaceae, Rosaceae, Euphorbiaceae, et d'autres, dénote une diversité floristique importante dans la zone. Cette diversité peut indiquer une relative stabilité écologique.

**Adaptation aux conditions ripicoles :** De nombreuses espèces de plantes observées sont typiques des zones ripicoles, telles que les saules, les peupliers, les roseaux, et les espèces aquatiques comme les joncs et les laîches. Cela suggère que la végétation de la région est adaptée aux habitats le long de l'Oued Nador.

**Indicateurs de qualité de l'eau :** La présence de plantes sensibles à la qualité de l'eau, comme l'oseille agglomérée et les espèces des familles Araceae et Poaceae, peut servir d'indicateurs potentiels de la qualité de l'eau dans la région. Tout changement significatif dans ces espèces pourrait signaler des perturbations dans l'écosystème dûes à la station d'épuration.




**Conservation de la biodiversité :** La diversité d'espèces végétales, ainsi que la présence d'oiseaux migrateurs et d'espèces sensibles à la qualité de l'eau, soulignent l'importance de la conservation de la faune et de la flore dans cet écosystème. La station d'épuration doit prendre en compte ces éléments pour minimiser son impact sur la biodiversité locale.





**Étude à long terme :** Pour évaluer l'impact précis de la station d'épuration, il serait nécessaire de mener des études à long terme, en surveillant les variations de la végétation, de la faune et de la qualité de l'eau au fil du temps. Cela permettrait de mieux comprendre comment la station d'épuration influence cet écosystème ripicole.





## 2.6 Phytoplancton





Les trois prélèvements réalisés pendant la période hivernale et la période printanière ont permis de décrire une diversité des taxons des phytoplanctons dans le site d'étude. Le (Tableau 10) montre l'aspect microscopique et l'identification des taxons phytoplanctoniques répertoriés dans les eaux de « Oued Nador » :





**Tableau 10** : Résultats de l'inventaire et l'identification des taxons phytoplanctoniques répertoriés dans les eaux de « Oued Nador ».





Genre et Espece	Classe	Famille	Description de l'espece	Photo prise par microscope photonique Gr x40
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	<b>Chlorophyceae</b>	<b>Scenedesmaceae</b>	une micro-algue verte présente dans les habitats d'eau douce et saumâtre. Ses cellules en forme de croissant se regroupent souvent en paires ou en groupes de quatre, d'où son nom " <i>quadricauda</i> ". Cette espèce joue un rôle essentiel en tant que producteur primaire, contribuant à la chaîne alimentaire aquatique et participant à la régulation des nutriments dans les écosystèmes aquatiques.	 LAKARI & SAHNOUN, 2023
<i>Gloeocystis.sp</i>	<b>Chlorophyceae</b>	<b>Radiococcaceae</b>	Une micro-algue unicellulaire Elle se caractérise par sa forme sphérique et son absence de structures cellulaires différenciées. Présente dans divers habitats aquatiques, cette micro-algue joue un rôle écologique en tant que composante du phytoplancton, contribuant à la chaîne alimentaire et aux cycles biogéochimiques des écosystèmes aquatiques.	 LAKARI & SAHNOUN, 2023
<i>Cyclotella.sp</i>	<b>Bacillariophyceae</b>	<b>Cyclotellaceae</b>	des micro-algues unicellulaires, présentes dans une variété d'habitats aquatiques. Les cellules de Cyclotella se distinguent par leur forme circulaire, avec une symétrie radiale caractéristique. Ces diatomées jouent un rôle important en tant que producteurs primaires dans les écosystèmes aquatiques, contribuant à la chaîne alimentaire en fournissant de la matière organique et en participant au cycle des éléments nutritifs.	 LAKARI & SAHNOUN, 2023





<i>Ulnaria ulna</i>	<b>Bacillariophyceae</b>	<b>Pinnulariaceae</b>	anciennement connue sous le nom <i>Pinnularia ulna</i> , est une diatomée unicellulaire se caractérise par sa forme allongée en forme de coquille ou de bateau, avec des extrémités pointues. Les diatomées du genre <i>Ulnaria</i> sont souvent trouvées dans les habitats d'eau douce, tels que les rivières, les lacs et les étangs.	 LAKARI & SAHNOUN, 2023
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	<b>Bacillariophyceae</b>	<b>Cyclotellaceae</b>	une diatomée unicellulaire largement répandue dans les milieux aquatiques doux et saumâtres. Elle est caractérisée par ses cellules circulaires et présentes des variations morphologiques en fonction des conditions environnementales. Cette espèce de diatomée joue un rôle écologique crucial en tant que composante du phytoplancton, contribuant à la productivité des écosystèmes aquatiques et aux cycles biogéochimiques.	 LAKARI & SAHNOUN, 2023
<i>Stephanodiscus.sp</i>	<b>Bacillariophyceae</b>	<b>Stephanodiscaceae</b>	Les diatomées du genre "Stephanodiscus" sont caractérisées par leur forme circulaire ou presque circulaire lorsque vues de dessus. Elles ont une symétrie radiale, ce qui signifie qu'elles sont généralement rondes ou légèrement ovales. La paroi cellulaire (frustule) de ces diatomées présente des motifs ornementaux distinctifs et variés, ce qui les rend souvent reconnaissables au microscope.	 LAKARI & SAHNOUN, 2023
<i>Trachelomonas volvocinopsis</i>	<b>Euglenophyceae</b>	<b>Euglenaceae</b>	se caractérise par sa forme ovale ou en goutte d'eau et son flagelle qui lui permet de se déplacer dans l'eau. Cette espèce est souvent trouvée dans les habitats d'eau douce.	 LAKARI & SAHNOUN, 2023

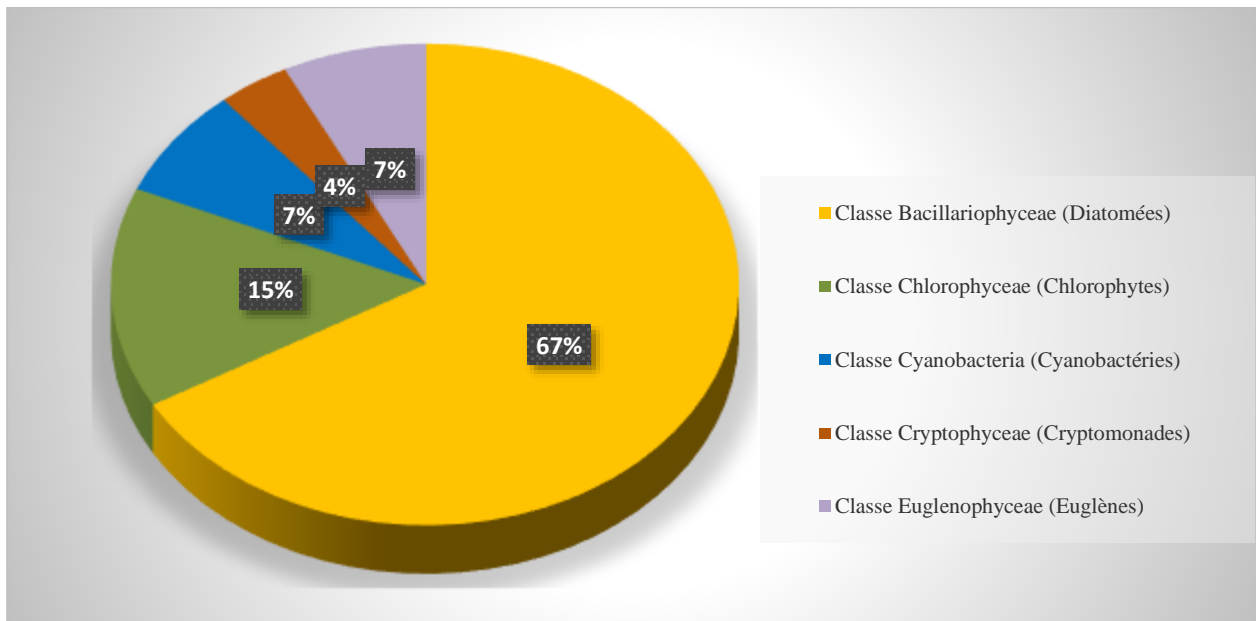
<i>Phacus.sp</i>	<b>Euglenophyceae</b>	<b>Euglenaceae</b>	Les espèces du genre <i>Phacus</i> sont caractérisées par leur forme cellulaire variable, avec une structure cellulaire généralement allongée et aplatie. Elles possèdent un ou plusieurs flagelles qui sont utilisés pour la locomotion. Les euglènes peuvent également posséder une structure appelée stigate qui est associée à la photosynthèse.	 LAKARI & SAHNOUN, 2023
<i>Nitzschia sigmoidea</i>	<b>Bacillariophyceae</b>	<b>Bacillariaceae</b>	" <i>Nitzschiasigmoidea</i> " est une diatomée caractérisée par sa forme allongée en forme de virgule ou de S. Chaque cellule est généralement constituée de deux moitiés symétriques, ce qui est typique des diatomées. Les diatomées, y compris " <i>Nitzschiasigmoidea</i> ", sont également importantes pour la production d'oxygène grâce à leur photosynthèse.	 LAKARI & SAHNOUN, 2023
<i>Neidium densestriatum</i>	<b>Bacillariophyceae</b>	<b>Cymbellaceae</b>	micro-algues unicellulaires caractérisées par leurs coques siliceuses en forme de boîte. se caractérise par sa forme linéaire avec des stries ou des lignes denses, d'où son nom spécifique " <i>densestriatum</i> ". Cette espèce de diatomée est souvent trouvée dans les habitats d'eau douce.	 LAKARI & SAHNOUN, 2023
<i>Navicula.sp</i>	<b>Bacillariophyceae</b>	<b>Naviculaceae</b>	Les diatomées du genre " <i>Navicula</i> " sont caractérisées par leur forme allongée et symétrique, qui ressemble à celle d'une petite barque ou d'une chaussure de ballet vue de dessus. Ces micro-organismes sont couramment présents dans les environnements aquatiques, et ils jouent un rôle important dans la production d'oxygène, la chaîne alimentaire aquatique et la biogéochimie des écosystèmes d'eau douce et marins.	 LAKARI & SAHNOUN, 2023

<i>Navicula amphirhynchus</i>	<b>Bacillariophyceae</b>	<b>Naviculaceae</b>	une diatomée dont les cellules ressemblent à une petite barque ou à une chaussure de ballet vue de dessus. Elles ont une forme allongée et symétrique avec des extrémités arrondies. possèdent une paroi cellulaire en silice appelée frustule, qui est divisée en deux parties imbriquées, sont très répandues et se trouvent dans une variété d'environnements aquatiques, notamment dans les eaux douces et marines.	 <p>LAKARI &amp; SAHNOUN, 2023</p>
<i>Pinnularia.sp</i>	<b>Bacillariophyceae</b>	<b>Pinnulariaceae</b>	un genre de diatomées, qui sont des micro-algues unicellulaires. Comme pour de nombreux genres de diatomées, il existe de nombreuses espèces différentes au sein du genre "Pinnularia". Ces diatomées se caractérisent généralement par leur forme allongée et leur aspect en forme de bateau ou de chaussure vue de dessus, similaire à d'autres genres comme "Navicula".	 <p>LAKARI &amp; SAHNOUN, 2023</p>
<i>Synedra gracilis</i>	<b>Bacillariophyceae</b>	<b>Fragilariaceae</b>	Cette espèce de diatomée se caractérise par sa forme allongée et étroite, d'où son nom "gracilis" signifiant "gracieux" en latin. Elle possède une coque siliceuse en forme de bande étroite avec des extrémités arrondies. <i>Synedra gracilis</i> est souvent trouvée dans les habitats d'eau douce, tels que les lacs, les rivières et les étangs, ainsi que dans les systèmes aquatiques pollués ou perturbés.	 <p>LAKARI &amp; SAHNOUN, 2023</p>
<i>Nitzschia.sp</i>	<b>Bacillariophyceae</b>	<b>Bacillariaceae</b>	Les diatomées du genre "Navicula" sont caractérisées par leur forme allongée et symétrique, qui ressemble à celle d'une petite barque ou d'une chaussure de ballet vue de dessus. es micro-organismes sont couramment présents dans les environnements aquatiques, et ils jouent un rôle important dans la production d'oxygène, la chaîne alimentaire aquatique et la biogéochimie des écosystèmes d'eau douce et marins.	 <p>LAKARI &amp; SAHNOUN, 2023</p>

<i>Nitzschia.sp</i>	<b>Bacillariophyceae</b>	<b>Bacillariaceae</b>	Les diatomées du genre "Navicula" sont caractérisées par leur forme allongée et symétrique, qui ressemble à celle d'une petite barque ou d'une chaussure de ballet vue de dessus. es micro-organismes sont couramment présents dans les environnements aquatiques, et ils jouent un rôle important dans la production d'oxygène, la chaîne alimentaire aquatique et la biogéochimie des écosystèmes d'eau douce et marins.	 LAKARI & SAHNOUN, 2023
<i>Closterium navicula</i>	<b>Zygnematophyceae</b>	<b>Closteriaceae</b>	se caractérise par sa forme cellulaire allongée et légèrement incurvée, ressemblant à une petite barque (d'où son nom "navicula" signifiant "petit bateau" en latin). Les espèces du genre Closterium sont souvent trouvées dans les habitats d'eau douce,	 LAKARI & SAHNOUN, 2023
<i>Cosmarium.sp</i>	<b>Zygnematophyceae</b>	<b>Desmidiaceae</b>	micro-algues vertes unicellulaires, généralement présentes dans les milieux d'eau douce. Les membres du genre Cosmarium se distinguent par leur forme caractéristique, souvent bilobée ou en forme de croissant.	 LAKARI & SAHNOUN, 2023
<i>Pinnularia viridis</i>	<b>Bacillariophyceae</b>	<b>Pinnulariaceae</b>	une espèce de diatomée, Les diatomées sont des micro-algues unicellulaires caractérisées par leurs coques siliceuses en forme de boîte. Pinnulariaviridis se distingue par sa forme linéaire et allongée, avec des extrémités légèrement évasées. Cette espèce de diatomée est souvent trouvée dans les habitats d'eau douce, tels que les rivières, les lacs et les étangs.	 LAKARI & SAHNOUN, 2023

<i>Gomphonema.sp</i>	<b>Bacillariophyceae</b>	<b>Gomphonemataceae</b>	Les diatomées du genre Gomphonema se caractérisent par leur forme allongée et fuselée. Chaque cellule est généralement symétrique par rapport à un axe central, et elles ont des parois cellulaires en silice avec des stries fines et des nodules qui forment des motifs distinctifs.	 LAKARI & SAHNOUN, 2023
<i>Gomphonema sphaerophorum</i>	<b>Bacillariophyceae</b>	<b>Gomphonemataceae</b>	se distingue par sa forme en forme de bâtonnet, légèrement incurvée et dotée d'extrémités arrondies. Cette espèce de diatomée est fréquemment trouvée dans les habitats d'eau douce, comme les rivières, les lacs et les étangs .Comme d'autres diatomées, joue un rôle vital dans les écosystèmes aquatiques en tant que producteur primaire.	 LAKARI & SAHNOUN, 2023
<i>Gomphonema augur</i>	<b>Bacillariophyceae</b>	<b>Gomphonemataceae</b>	se distingue par sa forme allongée et courbée en forme de crochet, ce qui lui donne une apparence unique. sont fréquemment trouvées dans les habitats aquatiques d'eau douce, notamment dans les rivières, les lacs et les étangs. De plus, les diatomées du genre Gomphonema sont souvent utilisées comme indicateurs environnementaux pour évaluer la qualité de l'eau et les conditions écologiques des milieux aquatiques.	 LAKARI & SAHNOUN, 2023
<i>Gomphonema parvulum</i>	<b>Bacillariophyceae</b>	<b>Gomphonemataceae</b>	Cette espèce de diatomée se caractérise par sa forme en forme de bâtonnet, avec des extrémités légèrement évasées et incurvées. a sont courantes dans une variété d'habitats aquatiques, y compris les eaux douces et saumâtres. De plus, les diatomées du genre Gomphonema sont souvent utilisées comme indicateurs environnementaux pour évaluer la qualité de l'eau et les conditions écologiques des milieux aquatiques.	 LAKARI & SAHNOUN, 2023

<i>Cryptomonas.sp</i>	<b>Cryptophyceae</b>	<b>Cryptomonadaceae</b>	un genre de micro-algues unicellulaires appartenant au groupe des Cryptophytes. Les Cryptophytes sont des protistes photosynthétiques présents dans les milieux d'eau douce et marins. Les cellules de <i>Cryptomonas</i> sont généralement caractérisées par leur forme ovale ou en fuseau et leur présence de chloroplastes entourés par quatre membranes, une caractéristique distinctive des Cryptophytes.	 <p>LAKARI &amp; SAHNOUN, 2023</p>
<i>Melosira varians</i>	<b>Bacillariophyceae</b>	<b>Melosiraceae</b>	se caractérise par sa structure en chaîne de cellules cylindriques, formant des filaments en forme de cordes. Les cellules individuelles sont reliées les unes aux autres par des structures de gelée qui maintiennent la chaîne en place. Cette structure distinctive joue un rôle dans la flottaison et la stabilité des colonies.	 <p>LAKARI &amp; SAHNOUN, 2023</p>
<i>Oscillatoria.sp</i>	<b>Cyanophyceae</b>	<b>Oscillatoriaceae</b>	se caractérise par la formation de filaments non ramifiés composés de cellules en forme de bâtonnets. Ces filaments peuvent se déplacer lentement en groupe, d'où le nom "Oscillatoria". Les cellules individuelles peuvent être observées sous forme de chaînes connectées. certaines espèces peuvent produire des toxines potentiellement nuisibles pour les écosystèmes aquatiques et la santé humaine si elles se développent en excès.	 <p>LAKARI &amp; SAHNOUN, 2023</p>
<i>Lyngbya aestuarii</i>	<b>Cyanophyceae</b>	<b>Oscillatoriaceae</b>	se caractérise par la formation de filaments denses et entrelacés, pouvant former des tapis visibles à la surface de l'eau. Ces cyanobactéries peuvent produire des toxines potentiellement nocives pour les écosystèmes aquatiques et pour la santé humaine si elles se développent en excès. Bien que <i>Lyngbyaaestuarii</i> puisse jouer un rôle écologique en tant que composante du phytoplancton, son développement excessif peut contribuer à des problèmes tels que la prolifération d'algues nuisibles, la dégradation de la qualité de l'eau et la formation de zones mortes.	 <p>LAKARI &amp; SAHNOUN, 2023</p>



**Figure 34** : Répartition des espèces de phytoplancton par classes.

L'abondance et la variété du phytoplancton à Oued Nador sont révélatrices de la santé de cet écosystème aquatique. Les différentes classes de phytoplancton observées fournissent des informations essentielles sur la qualité de l'eau et l'équilibre écologique de la région.

La classe dominante est représentée par les Bacillariophyceae, soit environ 67% de l'ensemble du phytoplancton observé. Parmi les espèces de cette classe, *Scenedesmus quadricauda*, *Cyclotella sp*, *Cyclotella meneghiniana*, *Stephanodiscus sp* et *Navicula sp* sont les plus courantes. Leur abondance suggère des conditions d'eau relativement propres, avec un équilibre nutritif adéquat et un pH favorable. Les diatomées de cette classe, en particulier, sont réputées pour leur rôle dans l'oxygénation de l'eau.

La classe Chlorophyceae, principalement représentée par *Ulnaria ulna*, *Cosmarium sp* et *Closterium navicula*, constitue environ 15% du phytoplancton total. Ces algues vertes indiquent une bonne transparence de l'eau, ce qui favorise la photosynthèse et la croissance des plantes aquatiques.

Environ 7% du phytoplancton appartient à la classe Cyanobacteria, où l'on trouve *Oscillatoria sp* et *Lyngbya aestuarii*. La présence de ces cyanobactéries peut être un indicateur de niveaux de nutriments élevés et de pollution, nécessitant une attention particulière pour préserver la qualité de l'eau.

La classe Cryptophyceae, qui comprend *Cryptomonas*, contribue à hauteur de 4% du phytoplancton total. Les euglènes de la classe Euglenophyceae, notamment *Trachelomonas volvocinopsis* et *Phacus sp*, représentent également 7%. Ces groupes ajoutent de la diversité à l'écosystème et peuvent refléter des variations environnementales.

En somme, la composition du phytoplancton à Oued Nador témoigne de la qualité de l'eau, de la disponibilité de la lumière et de l'équilibre écologique de la région. Cette information est cruciale pour évaluer et préserver cet écosystème aquatique unique et ses liens avec la biodiversité locale.

### 3. PLAN D'AMENAGEMENT

L'Oued Nador, représente un site naturel d'une richesse remarquable, qui abrite une variété d'habitats, peuplés par une faune et une flore d'une richesse notable, ainsi qu'une des ressources naturelles les plus précieuses : l'eau. Toutefois, cet écosystème délicat est aujourd'hui menacé par l'impact grandissant des activités humaines, incluant l'expansion urbaine et industrielle, l'agriculture et la gestion des ressources en eau, ainsi qu'un tourisme non encadré.

Le présent plan d'aménagement se donne pour objectif fondamental de concilier la préservation de la biodiversité exceptionnelle qui caractérise la région de l'Oued Nador avec l'utilisation rationnelle et durable des ressources existantes. Notre démarche est basée sur une approche de gestion globale, qui encourage la création d'une synergie harmonieuse entre la nature et l'activité humaine, tout en générant des opportunités économiques profitables aux communautés locales.

#### 3.1 Objectifs du Plan d'Aménagement

- ◆ **Conservation de la Biodiversité** : Protéger les écosystèmes locaux, les espèces en danger et les habitats naturels uniques de la région de l'Oued Nador.
- ◆ **Restauration écologique** : Restauration des zones dégradées par les activités humaines, telles que l'agriculture intensive, en réhabilitant les écosystèmes ripicoles d'origine. Cette mesure vise à recréer les conditions propices au recouvrement des habitats ou fonctions dégradées ou perdues, à travers un certain nombre d'actions de restauration (re-végétalisation, réintroduction d'espèces disparues, etc.)
- ◆ **Développement touristique durable** : Promouvoir un tourisme responsable qui valorise la beauté naturelle de la région tout en minimisant les impacts négatifs sur l'environnement.
- ◆ **Participation communautaire** : Impliquer activement les communautés locales dans la gestion, la promotion et les bénéfices du tourisme durable.

- ♦ **Éducation et sensibilisation** : Éduquer les visiteurs et les résidents locaux sur l'importance de la préservation de la biodiversité et de la durabilité.
- ♦ **Gestion responsable des ressources naturelles** : Assurer une utilisation responsable des ressources en eau, et les ressources biologiques.

### 3.2 Actions préconisées pour la mise en place du plan d'aménagement

#### 3.2.1 Conservation de la Biodiversité

- Création de zones de protection ripicole le long des rives de l'Oued Nador pour limiter l'accès des visiteurs et minimiser les perturbations humaines. Ces zones serviraient de refuges pour la faune et la flore locale.
- Mise en place d'une zone tampon après la restauration des secteurs dégradés le long de la rive gauche de l'Oued, avec possibilités d'étendre ces actions vers les secteurs les plus éloignés (zones de confluences, en amont du cours d'eau).
- Mesures spéciales pour la protection des oiseaux et leurs habitats : par la création de zones de nidification et l'établissement de zones de repos pour les oiseaux migrateurs tels que les nichoirs pour les oiseaux et les petits étangs pour les canards.



**Figure 35** : Création de nichoirs pour les oiseaux et de petits étangs pour les canards (Bing créateur d'image, 2023).

#### 3.2.2 Restauration écologique

- Reboisement et restauration de la végétation naturelle via des opérations de reboisement et de restauration de la végétation indigène dans les zones ripicoles.
- Plantations d'espèces végétales adaptées aux conditions locales pour stabiliser les berges, améliorer la qualité de l'eau et offrir des habitats pour la faune.
- Associer d'autres techniques telles que l'aquaponie pour améliorer la fonction de phyto-épuration de la végétation naturelle.
- Action spéciale : réintroduction de la loutre d'Europe.



**Figure 36** : Reboisement et restauration de la végétation et la phytopurification par l'aquaponie (Bing créateur d'image, 2023).

### 3.2.3 Développement touristique durable

- Limitation des zones de pêche, et utilisation de matières Eco pour les tous les équipements de tourisme.
- Création de passerelles (piste cyclable) et de points d'observation stratégiques le long de l'Oued Nador pour permettre aux visiteurs d'apprécier la beauté de l'écosystème sans le perturber.



**Figure 37** : Création des aménagements nécessaire pour un Développement Touristique Durable (Bing créateur d'image, 2023).

### 3.2.4 Participation Communautaire

- Impliquer les communautés locales dans la gestion de l'écosystème ripicole en les sensibilisant à son importance et en leur offrant des opportunités de participation active à sa préservation.

### 3.2.5 Éducation et Sensibilisation

- Mise en place des programmes de sensibilisation environnementale pour informer les visiteurs sur l'importance de la préservation de l'écosystème ripicole. : Installation de panneaux d'information, visites guidées et activités éducatives ciblées (élèves, enfants grand public, etc.).



**Figure 38** : Participation communautaire et de l'éducation et sensibilisation (**Bing créateur d'image, 2023**).

### 3.2.6 Gestion Responsable des Ressources Naturelles

- Réglementation du développement urbain : Elaboration des règlements stricts pour limiter le développement urbain le long des rives de l'Oued Nador, en préservant des zones tampons naturelles.
- Gestion des Déchets: Instauration des dispositifs de collecte des déchets le long de l'Oued Nador et en particulier au niveau de la plage Chenoua et organiser des campagnes de nettoyage régulières pour prévenir la pollution des berges et de l'eau.
- Limitation de la circulation des véhicules motorisés près de la rivière et promotion de l'utilisation de vélos.
- Promotion des énergies renouvelables : Production d'électricité à partir de sources d'énergie renouvelable alimentées par la lumière (**Figure 39**).



**Figure 39**: Proposition pour la gestion des ressources naturelles (**Bing créateur d'image, 2023**).

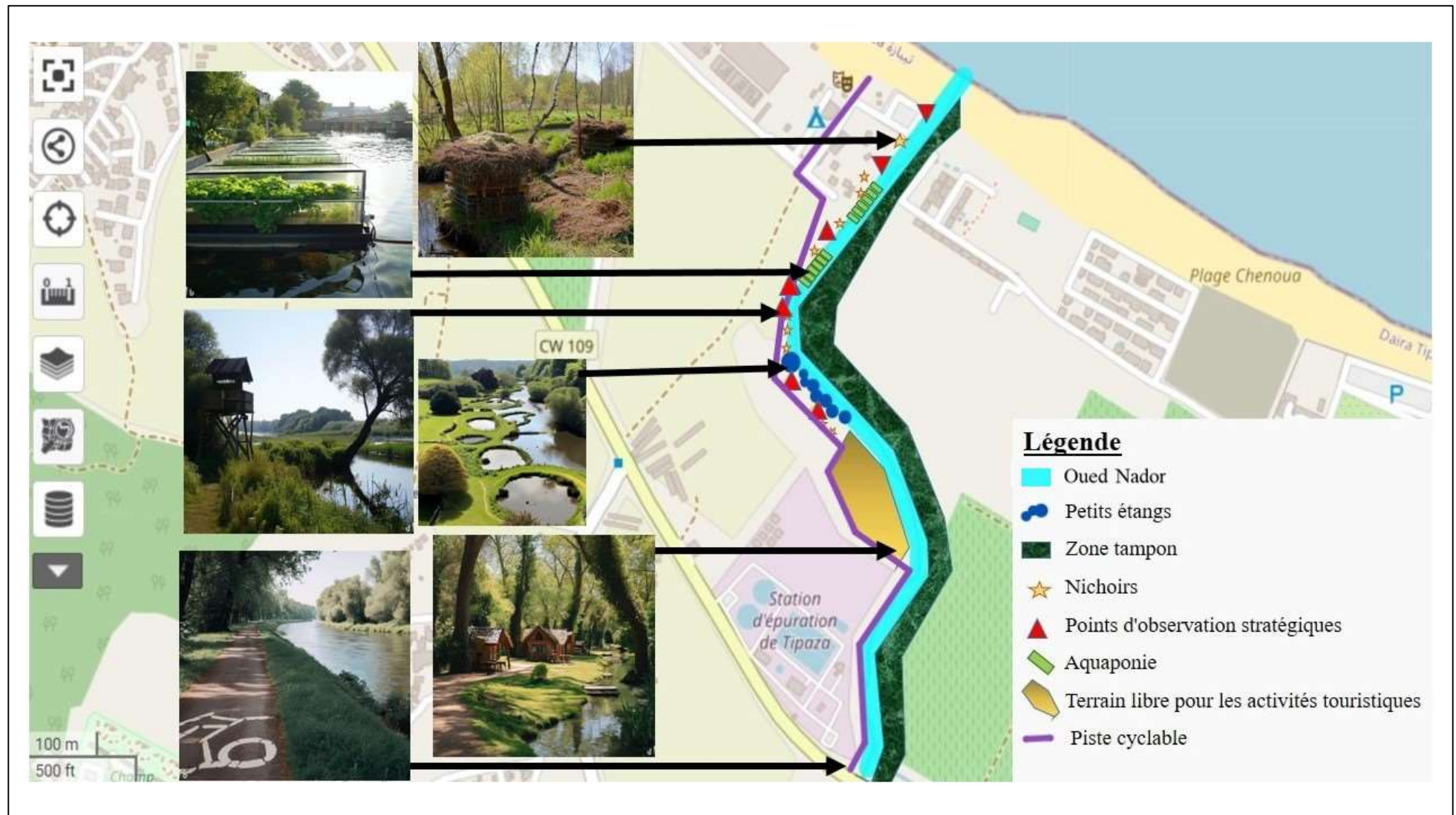


Figure 40 : Carte des actions recommandées pour le plan d'aménagement (réalisée en utilisant [framacarte.org](http://framacarte.org)).

**CONCLUSION**  
**ET PERSPECTIVES**

## CONCLUSION

L'Oued Nador, en sa qualité de cours d'eau côtier, entretient une étroite relation avec le milieu marin, formant ainsi un écosystème complexe et interdépendant. Les informations collectées dans le cadre de cette étude ont le potentiel d'enrichir notre compréhension des possibles répercussions de la pollution et des activités humaines sur les écosystèmes côtiers marins de la région. Par conséquent, il serait opportun de prendre en considération ces résultats lors de la planification et de la mise en œuvre de mesures de préservation visant à sauvegarder à la fois l'Oued Nador et son environnement marin attenant. Cette analyse, basée sur une approche intégrative de l'impact de la station d'épuration Chenoua sur l'écosystème ripicole de l'Oued Nador à Tipaza, offre des données essentielles pour la gestion durable de ce milieu à la fois riche et fragile, dévoilant des résultats qui portent en eux de nombreuses implications et enseignements de premier ordre.

Tout d'abord, la stabilité du débit d'eau entrant dans la station d'épuration par rapport au volume effectivement traité tout au long de l'année 2023 est un indicateur essentiel d'une gestion efficace de la STEP. Cette cohérence entre les volumes suggère une capacité constante de la station à répondre à la demande d'épuration des eaux usées. De plus, le maintien du débit annuel en dessous de la limite réglementaire démontre que la station fonctionne en stricte conformité avec les normes en vigueur en matière de traitement des eaux usées, ce qui signifie que la station contribue de manière significative à la préservation de la qualité de l'eau dans la région.

L'analyse des paramètres physico-chimiques met en lumière deux tendances distinctes. D'une part, certains paramètres, tels que le pH, la température, la salinité, l'oxygène dissous, les matières en suspension (MES), la demande chimique en oxygène (DCO), la demande biochimique en oxygène sur 5 jours (DBO5), l'azote ammoniacal, le phosphore, et les orthophosphates, montrent des valeurs plus proches des normes réglementaires en aval de la STEP par rapport au point de référence. Cela suggère un effet d'atténuation par dilution des eaux épurées sur les eaux brutes charriées par l'Oued Nador, indiquant un impact positif de la station sur la qualité de l'eau.

Certains paramètres, tels que les nitrites, les nitrates, l'azote total et les silicates, révèlent un apport significatif des eaux de la STEP. Cependant, ces apports restent dans les limites des normes admises pour les effluents, et ils semblent être rapidement atténués par l'écosystème, probablement grâce à l'activité biologique et au rôle phyto-épuration de la végétation présente.

L'étude met en évidence la riche biodiversité de l'Oued Nador, L'inventaire de la biodiversité de l'Oued Nador révèle la présence d'une variété impressionnante d'espèces, mettant en évidence la

richesse écologique de cet écosystème diversifié. Les observations ornithologiques démontrent que cet habitat aquatique offre un refuge vital pour de nombreuses espèces d'oiseaux avec 39 espèces répertoriées, avec des observations détaillées sur diverses espèces de poissons, reptiles et mammifères, l'évocation de la loutre d'Europe, une espèce autrefois présente dans la région, souligne l'importance de préserver les conditions environnementales favorables à la réintroduction ou à la restauration des habitats de cette espèce emblématique.

En ce qui concerne la végétation, les formations ripisylves, les roselières et la végétation typique des bords de mer forment un ensemble complexe et varié de communautés végétales. Ces formations contribuent à la stabilisation des berges, à la protection contre les crues et à la préservation de la qualité de l'eau. La richesse spécifique de la végétation, avec 37 espèces répertoriées, met en évidence la diversité botanique de l'Oued Nador, en particulier au sein des formations ripisylves.

En ce qui concerne le phytoplancton, sa composition reflète la qualité de l'eau, la disponibilité de la lumière et l'équilibre écologique de la région. Les différentes classes de phytoplancton observées avec 27 espèces répertoriées indiquent des conditions d'eau relativement propres, avec la prépondérance de groupes indicateurs de des variations environnementales qui ajoutent de la diversité à cet écosystème.

Dans l'ensemble, cette recherche offre un aperçu détaillé de l'état de l'Oued Nador et de son écosystème, tout en proposant un plan d'aménagement vise à préserver la biodiversité exceptionnelle de l'Oued Nador tout en permettant un développement économique durable et responsable. Il repose sur une approche globale de gestion intégrée qui favorise l'harmonie entre l'homme et la nature, tout en sensibilisant les communautés locales et les visiteurs à l'importance de la conservation environnementale.

Il est essentiel de mettre en œuvre ces recommandations pour garantir que l'Oued Nador continue de prospérer et de fournir des avantages environnementaux et sociaux pour les générations futures.

Les perspectives à proposer en continuité de ce travail :

- Poursuivre l'effort de surveillance environnementale en multipliant les mesures des paramètres physico-chimiques en collaboration avec la STEP de Tipasa
- Poursuivre et compléter le travail d'inventaire de la composante biotique en incluant d'autres groupes taxonomiques (zooplancton, Poissons, Mammifères, Reptiles, Insectes, etc.).
- Encourager la mise en œuvre du cadre institutionnel déjà existant dans le domaine de la protection des ressources en eau et des zones humides (Stratégie nationale de gestion

écosystémique des zones humides d'Algérie) ainsi que la gestion durable des zones côtières (Stratégie nationale pour l'économie bleue) et proposer des actions nouvelles et/complémentaires, telles que le classement du site comme zone d'intérêt particulier.

**RÉFÉRENCES**  
**BIBLIOGRAPHIQUES**

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

### A

**Abdelhak K et Chabou S., (2001).** Aspect morphologique et sédimentologique de Matares plage (Tipaza). Mémoire d'ingénieur. Environnement. Dely Brahim : ISMAL, p.96.

**Afnor, (1999a).** La qualité de l'eau. Tome I. Terminologie, échantillonnage, contrôle qualité, p.495.

**Aissaoui M., Benhamza M. et al., (2017).** Caractéristiques hydro chimiques des eaux de l'oued Seybouse - Cas de la région de Guelma (Nord est Algérien). Revue des Sciences et de la Technologie .35 (1). p.p. 178-186.

**Aminot A Et Kerouel R., (2004).** Hydrologie des écosystèmes marins. Paramètres et analyses. France : Éd. Ifremer, p.336

**Aminot A., Chaussipied M., (1983).** Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Centre national pour l'Exploitation des Océans, Brest : CNEXO, p.396.

**Arouya K. (2011).** Pollution des eaux : impact des eaux usées sur la qualité des eaux de surface. Allemagne : Editions Universitaires Européennes. p.124.

### B

**Baya, D.G.S.T. (2012).** Etude de l'autofloculation dans un Chenal Algal à Haute Rendement. Thèse de doctorat, Université de liège. Belgique. p.19.

**Bayer, E., Böhle, U.-R., et al., (1990).** Guide de la flore méditerranéenne. Paris: Éditions Hatier.

**Bayly, I. A. E. and Williams, W. D. (1981).**Inland waters and their ecology. Longman Cheshire, Melbourne, Australia.

**Bechaux J., (1978).** Mémento technique de l'eau : 8ème édition. Paris : Edition Lavoisier, p.1200.

**Bliffert C., Perraud R., (2001).** Chimie de l'environnement : Air, Eau, Sols, Déchets. Paris : Edition de boeck. p.477.

**Blondel J. (1975).** L'analyse des peuplements d'oiseaux, éléments d'un diagnostic écologique. I. La méthode des échantillonnages fréquentiels progressifs (E.F.P.). In : La Terre et La Vie, Revue d'Histoire naturelle, tome 29, n°4, 1975. p.p. 533-589.

**Bonato, O. (2015).** Le phytoplancton. France : Presses Universitaires de Bordeaux.

**Bontoux J., (1993).** Introduction à l'étude des eaux douces : eaux naturelles, eaux usées, eaux de boisson. Paris : Edition Lavoisier, p.166.

**Bordji, N. et El Saadi, N. (2018).** Etude de l'agrégation du phytoplancton par la méthode des moments spatiaux. *Economie et Statistique Appliquée*, 15(2).

**Bouderbala, A. (2015).** Groundwater salinization in semi-arid zones: an example from Nador plain (Tipaza, Algeria). *Environmental Earth Sciences*, 73 (9).

**Bouderbala, A., & Remini, B. (2014).** Geophysical approach for assessment of seawater intrusion in the coastal aquifer of Wadi Nador (Tipaza, Algeria). *Acta Geophysica*, 62(6), p.p 1352-1372.

**Boulefa, M. (2020).** Microbial Symbiosis in Aquatic Environments. In *Aquatic Microbial Ecology and Biogeochemistry: A Dual Perspective* CRC Press. (p.p. 1-13).

## C

**Capon SJ and Pettit NE (2018).** Turquoise is the new green: Restoring and enhancing riparian function in the Anthropocene. *Ecological Management & Restoration* 19: p.p 44–53

**Capon, S. J., Chambers, L. E., et al., (2013).** Riparian Ecosystems in the 21st Century: Hotspots for Climate Change Adaptation? *Ecosystems*, vol 16, n°3.

**CARDOT C. (1999).** Les Traitements de l'eau. Procédés physico-chimiques et biologiques. Paris, Ellipses, p.247.

**Cardot C. ; Gilles A. (2013).** Analyse des eaux réglementations, analyse volumétriques et spectrophotométriques. *Statistique cours et exercices corrigés*, Paris : Edition ellipse marketing, p.325.

**Chauvet, E. & Decamps H. (1989).** Lateral interactions in a fluvial landscape: The River Garonne, France. *Journal of North American Benthological Society*, 8: p.p. 9-17.

**Chelle F., Dellale M., et al., (2005).** L'épuration des eaux : pourquoi et comment épurer France : Office international de l'eau, p. 15.

**Corveler T., Lemarchand C., et al., (2013).** Atlas de la biodiversité faunistique du fleuve Var (Alpes-Maritimes / Alpes-de-Haute-Provence), Phase I (2011 – 2012). *Faune-PACA*. Publication n°25 : p.59.

## D

**Davies, P. M., Bunn, S. E. et al., (2008).** 2 - Primary Production in Tropical Streams and Rivers. In D. Dudgeon (Ed.) Tropical Stream Ecology: A volume in Aquatic Ecology (p.p. 23-42).

**DE n°06-141, 2006.** Décret Exécutif n° 06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondants au 19 Avril 2006, Les valeurs limitent des paramètres de rejet dans un milieu récepteur. Journal officiel de la république algérienne

**DE n°11-219, 2011.** Décret Exécutif n° 11-219 du 10 Rajab 1432 correspondant au 12 Juin 2011, Objectifs de qualité des eaux superficielles et souterraines destinées à l'alimentation en eau potable des populations. Journal officiel de la république algérienne.

**Decamps, H. (1997).** Structure and functioning of riparian systems: a brief review of their ecology and management. *Freshwater Biology*, 37(1), p.p. 223-235.

**Derradji E., Kherici N., et al., (2005).** Etude de l'influence de la pollution de l'oued Seybouse sur l'aquifère d'Annaba (Algérie Nord-orientale) par le chrome et le cuivre. *La Houille Blanche*, no 1. p.p. 73-80.

**Diagne I., Drame S., et al., (2017).** Caractérisation physico-chimique et contamination métallique des eaux usées déversées au niveau de la baie de Hann (Dakar/Sénégal). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. 11 (1). p.p. 462-472.

**Ducrottoy, J.-P. (2018).** "*Les milieux estuariens et littoraux – des écosystèmes dynamiques.*" Dans *Les milieux estuariens et littoraux* (pp. 1-42).

## E

**Edward, M., & Leach, D. V. (1978).** *The Freshwater Phytoplankton and Phytobenthos of the British Isles.* Cambridge University Press.

**Ekka, A., Pande, S., et al., (2020).** Anthropogenic Modifications and River Ecosystem Services: A Landscape Perspective. *Water*, vol 12, n°10.

**European Commission (2000).** Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy, p. 72.

## F

**FAO, (2021) Food and Agriculture Organization of the United Nations** Trente-quatrième session : Rapport de situation sur la restauration des écosystèmes de production dans le contexte de la Décennie des Nations Unies pour la restauration des écosystèmes (2021-2030).

**Ferreira, J., Marques, R., et al., (2016).**Riparian zones as buffers of agricultural land impacts on macroinvertebrate communities in streams of Southern Brazil. *Ecological Engineering*, p.p. 90, 320-331.

**Fresenius W., Schneider W., et al., (1990).**Technologie des eaux résiduaires—Production, collecte traitement et analyse des eaux résiduaires, Berlin, Springer—Verlag, p.1137.

## **G**

**Gilles Pinay et al., (2018).** Nutrient removal by European riparian buffers: A meta-analysis. *Environmental Research Letters*, vol 13, n°4.

**Gomella C., Guerree H., (1978).** Le traitement des eaux publiques, industrielles et privées. Paris. Edition Eyrolles p. 262.

**Gregory, S. V., Swanson, F. J., et al., (1991).**An ecosystem perspective of riparian zones. *BioScience*, 41(8), p.p.540-551.

## **H**

**Hamel J. (2011).** Utilisation des oiseaux aquatiques comme bioindicateurs de l'intégrité des lacs de montagne marocains, Université de Sherbrooke.

**Haury et Trémolières., (2007).** EST: "The ecological functioning of the vegetated strip, a literature review".

**Herbst, D. B., & Robert, G. M. (1979).** Freshwater Phytoplankton Identification Manual. Springer

**Heuner, M., Sand-Jensen, K., et al., (2018).** Riparian plant community response to nutrient enrichment depends on river discharge and riparian-aquatic interactions. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 212, p.p. 84-92.

## **I**

**Ibelli, m., ortega, j., et al., (2017).** High diversity of species in a neotropical wetland: implications for conservation. *Conservation biology*, 31(1), p.p. 186-194.

**Isenmann, P., & Moali, A. (2000).** Oiseaux d'Algérie (Birds of Algeria). SEOF (Société d'Études Ornithologiques de France), 1 vol, p.336.

## K

**Kowalski, K., & Kowalska, Z. (1991).** Mammals of Algeria. Wroclaw: Ossolineum.

**Kroeck, D. (2019).** La biodiversité du phytoplancton du Paléozoïque. Thèse de doctorat, Ecole doctorale Science de la matière, du rayonnement et de l'environnement, Lille. France.

**Kushlan, J. A. (1993).** Colonial Waterbirds as Bioindicators of Environmental Change. *Colonial Waterbirds*, 16(2), p.p.223–251.

## L

**Larsen, S., Sorace, A. et al., (2010).** Riparian Bird Communities as Indicators of Human Impacts A long Mediterranean Streams. *Environnemental Management*, vol. 45, no 2, p.p. 261-273.

## M

**Majumdar, A., & Avishek, K. (2023).** Évaluation des zones riveraines et gestion : une revue intégrée utilisant la technologie géospatiale. *Water, Air, & Soil Pollution*, 2023.

**Messahel Mekki (2022).** Arrêt des stations d'épuration : Risques de pollution des eaux de barrages : Journal El Watan-dz.com

**Metahri, M.S. (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, Tizi-Ouzou : Université Mouloud Mammeri. p.172.

**Mohan, M., et al. (2022).** Restoring Riparian Ecosystems During the UN-Decade on Ecosystem Restoration: A Global Perspective. *Anthropocene Science*.

## N

**N'guessan Y., Wognin V., et al., (2017).** Paramètres influençant la distribution des éléments traces métalliques dans les affluents du fleuve Garonne (France). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. 11 (3). p.p.1363-1372.

**Naiman, R. J., Fetherston, K. L., et al., (1998).** Riparian Forests. In R. J. Naiman & R. E. Bilby (Eds.), *River Ecology and Management: Lessons from the Pacific Coastal Ecoregion* (p.p. 289-323).

**Naiman, R. J., Latterell, J. J., et al., (2008).** Flow variability and the biophysical vitality of river systems. *Comptes Rendus Geoscience*, p.p. 340, 629.

**Nilsson, C., Brown, R. L., et al., (1993).** Mechanisms by which floods elevate streambed temperatures. *Oecologia*, 94(4), p.p. 510-515.

## P

**Pearson, H. W., Mille-Lindblom, C., et al., (2009).** Impact of allochthonous DOC on lake bacterioplankton: a seasonal study. *Aquatic Microbial Ecology*, 54(1), p.p.1-11

**Peterjohn, W. T. & Correll, D. L. (1984).** Nutrient dynamics in an agricultural watershed: Observations on the role of the riparian forest. *Ecology*, 65. , p.p.1466-1475.

**Polis, G. A., Anderson, W. B. et al., (1997).** Toward an integration of landscape and foodweb ecology: The dynamics of spatially subsidized food webs. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 28, p.p. 289-319.

**Price, P. & Tubman, W. (2007).** Structure and characteristics of riparian lands. In S. Lovett & P. Price (Eds.), *Principles for Riparian Lands Management*. Canberra. Land and Water Australia. (p.p. 1-12).

**Przybyla, C., Lopes, C., et al., (2017).** Microalgae and terrestrial plants as source of nutrition for animals and humans: A promising approach. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(17).

## Q

**Quezel, P., & Santa, S. (1962-1963).** *Nouvelle Flore de l'Algérie et des Régions Désertiques Méridionales* (Vol. 1-2). Paris: CNRS.

## R

**Ramade F., (2000).** *Dictionnaire encyclopédique des pollutions*. Paris : Ed. EDISCIENCE international. p. 690

**REJESEK, (2002).** « Analyse des eaux ; aspects réglementaires et techniques » ; centre régional de documentaires techniques pédagogique d'aquitaine.

**Reyjol Y., Spyrtatos V., et al., (2012).** Bioindication : des outils pour évaluer l'état écologique des milieux aquatiques. Perspectives en vue du 2e cycle DCE – Eaux de surface continentales *Synthèse des journées « DCE et bioindication » du séminaire « Méthodes d'évaluation de l'état des eaux – Situation et perspectives dans le contexte de la directive cadre sur l'eau », Paris 19 et 20 avril 2011, complétée des réflexions du groupe de travail DCE-ESC durant l'année 2012.*

**Richard S., Arnoux A. et al., (1997).** « Évolution de la qualité physico-chimique des eaux de la retenue et du tronçon aval depuis le début de la mise en eau du barrage de Petit-Saut ». Hydroécologie Appliquée. p.p 57-83.

**RODIER J, LEGUBE B, et al., (2009),** L'analyse de l'eau.9<sup>é</sup>édition Editions dunod. p.997.

**RODIER J. (2009).** L'analyse de l'eau, 9<sup>émé</sup> édition ; Paris , DUNOD, p. 1579.

**Rodier J., C., Broutin J.P., et al., (2005).** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduelles, eau de mer. 8e édition. Paris. Ed. DUNOD. p.1383.

**Roger et Armand (2004)** est: "Riparian Vegetation and Water Quality in the Mediterranean Climate Region: An Overview."

## S

**Sialve, B., & Steyer, J. P. (2013).** Photosynthèse. In Photosynthèse Editions Quae. (pp. 1-10).

**Skalar Analytical., 1998.** Manuel San plus analyser: SA 1050 (Random Access Auto sampler). Breda (Netherlands), 23p.

**Smallshire, D., & Swash, A. (2022).** Guide photo des libellules d'Europe. Paris : Niestlé.

**Stanley, E. H., Fisher, S. G., et al., (2010).** Ecohydrological consequences of drought- and flood-mitigation land use changes. Hydrobiologia, 657(1), p.p.29-142.

**Swanson, F. J. (1990).** Riparian forest functions in the temperate rainforest of southeastern Alaska. In Proceedings of the 1988 Pacific Rain Forest Conference (Vol. 45, No. 1, p.p. 50-57).

## T

**Tfeila M., OuledKankou M., et al., (2016).** Suivi de la qualité physicochimique de l'eau du fleuve Sénégal : Cas du captage du Beni Nadji alimentant en eau potable les wilayas de Nouakchott. Journal of Materials and Environmental Science.7 (1). p.148-160.

**Tortora G., Funke B. et al., (2012).** Introduction à la microbiologie. 2e éd. Editions Du Renouveau Pédagogique INC. p.630.

**Touahria, T. (1999).** Etude de biomasse, de la composition et de la structure des peuplements phytoplanctoniques de la mer d'Alboran Est. Thèse de doctorat, Université de FSB.USTHB. Algérie p.200.

**Trombetta, T. (2019).** Plankton Dynamics. In Encyclopedia of Ecology (pp. 128-136). Academic Press.

**Tuck G. et Heinzl H., (1985).** Guide des oiseaux de mer, toutes les espèces du monde. Delachaux et Niestlé (eds.), p 310.

## U

**UICN, (2014)** .Union internationale pour la Conservation de la nature et les aires protégées. Gland, Suisse : UICN

**UNEP(DEPI)/MED, (2011).** Plan d'action pour la Méditerranée: Inventaire des stations d'épuration des eaux usées dans les agglomérations côtières méditerranéennes de plus de 2000 habitants (2010). Document présenté lors de la Réunion des Points focaux du MED POL à Rhodes, Grèce, du 25 au 27 mai 2011 (p. 38). En coopération avec l'OMS, PAM/PNUE. Athènes.

**UNO, (2010).** Organisation internationale des Nations Unies. Agenda 2021 : *Chapitre 17 PROTECTION DES OCEANS ET DE TOUTES LES MERS - Y COMPRIS LES MERS FERMEES ET SEMI-FERMEES - ET DES ZONES COTIERES ET PROTECTION, UTILISATION RATIONNELLE ET MISE EN VALEUR DE LEURS RESSOURCES BIOLOGIQUES*ONU, [En ligne] URL : [www.un.org/french/events/rio92/agenda21/action17.htm](http://www.un.org/french/events/rio92/agenda21/action17.htm)

## V

**Vaillant J.R. (1974).**., Perfectionnement et nouveautés pour l'épuration des eaux.

**Vigiak, O., Ribolzi, O., et al., (2007).** Filtering of water pollutants by riparian vegetation: bamboo versus native grasses and rice in a Lao catchment. Unasylva.

## W

**Ward , D., Melbourne-Thomas, J., et al., (2022).** Safeguarding marine life: conservation of biodiversity and ecosystems. Reviews in Fish Biology and Fisheries

**WARTHER. J et OGADAT.T, (1999).** Sewage sludge combustion. Progress in energy and combustion science. p.p 55-116.

**Weaver, D. M. & Reed, A.E.G. (1998).** Patterns of nutrient status and fertiliser practice on soils of the south coast of Western Australia. Agriculture, Ecosystems and Environment, p.p. 37-53.

**Whitton, B. A., John, D. M., et al., (2011).** The Freshwater Algal Flora of the British Isles: An Identification Guide to Freshwater and Terrestrial Algae. Cambridge University Press.

## X

**Xanthoulis D. (1993).** Valorisation agronomique des eaux usées des industries agroalimentaires. Tribune de l'eau n° 563/3. Ed, CEBEDOC, p.p. 27-32.

### **Webographie**

<https://www.algaebase.org/>

<https://www.aquaportail.com/>

<https://www.birdlife.org/>

<https://www.blogdumoderateur.com/tools/bing-image-creator/>

<https://www.hautsdefrance-normandie.cnpf.fr/>

<https://www.iucn.org>

<https://www.iucnredlist.org/species>

<https://www.oiseaux.net/oiseaux/algerie.html>

<https://www.researchgate.net/>

<https://www.tela-botanica.org/>

<https://www.avibase.bsc-eoc.org/>

<https://www.euring.org/data-and-codes/euring-databank>

<https://www.framacarte.org/fr/map/new/>

# **ANNEXES**

# **ANNEXE I**

## ANNEXE I : Normes juridiques et Résultats des paramètres physico-chimiques

**Tableau 01** : Les valeurs limites des paramètres de rejet d'effluents liquides industriels\*.

PARAMÈTRES	UNITÉS	VALEURS LIMITES
Température	°C	30
pH -	6	6,5 à 8,5
MES	mg/l	35
DBO5	mg/l	35
DCO	mg/l	120
Azote Kjeldahl	mg/l	30
Phosphates	mg/l	02
Phosphore total	mg/l	10

\***Décret Exécutif n° 06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 Avril 2006**, Les valeurs limitent des paramètres de rejet dans un milieu récepteur.

**Tableau 02** : Objectifs de qualité des eaux superficielles et souterraines destinées à l'alimentation en eau potable des populations\*\*

Groupes de paramètres	Paramètres	Unité	Valeur maximale	
			Eaux superficielles	Eaux souterraines
Paramètre physico-chimiques en relation avec la structure naturelle des eaux	Concentration en ions hydrogène (pH)	Unité pH	≥6,5 et ≤9	≥6,5 et ≤9
	Demande biochimique en oxygène (DBO 5)	mg/l O2	7	<3
	Demande chimique en oxygène (DCO)	mg/ l O2	30	–
	Matière en suspension	mg/l	25	25
	Taux de saturation en oxygène dissous	%O2	30	>70
	Température	°C	25	25
Paramètres chimique	Ammonium	mg/l	4	0,5
	Nitrate	mg/l	50	50
	Phosphore	mg/l	10	5
	Azote Kjeldhal	mg/l	3	1

**\*\* Décret Exécutif n° 11-219 du 10 Rajab 1432 correspondant au 12 Juin 2011, Objectifs de qualité des eaux superficielles et souterraines destinées à l'alimentation en eau potable des populations.**

**Tableau 03 : la grille d'appréciation de la qualité de l'eau\*\*\***

Paramètres	Unités	Excellent	Bonne	Passable	Médiocre	Pollution excessive
Température	°C	<20	20 à 22	22 à 25	25 à 30	30
pH	/	6,5 à 8,5	/	6 à 6,5 ou 8,5 à 9	5,5 à 6 ou 9 à 9,5	<5,5 ou >9,5
MES	mg/l	<30	/	/	30 à 70	70
Oxygène dissous	mg/l	7	5 à 7	3 à 5	<3	/
NH4	mg/l	<0,1	0,1 à 0,5	0,5 à 2	2 à 8	8
NO3	mg/l	<5	5 à 25	25 à 50	50 à 100	100
NO2	mg/l	0,01	0,01 à		0	,
PO4	mg/l	<0,2	0,2 à 0,5	0,5 à 1	1 à 5	5

\*\*\*Source : RODIER, 2009.

**Tableau 04 : Les résultats des analyses physico-chimiques (la sortie 23-2023).**

Les paramètres	Unités	A1	A2	A3	Norme nationale de rejet *	Valeur maximale des eaux superficielle **	Norme internationale (OMS)
pH	-	7,89	7,72	7,67	$6,5 \leq \text{pH} \leq 8,5$	$6,5 \leq \text{pH} \leq 9$	
Température	°C	19,1	16,8	17,1	30	25	
Salinité	PSU	0,9	0,9	0,9	/	/	/
Oxygène dissous	mg/l	5,9	4,5	6,8	/	/	/
Nitrite (NO <sub>2</sub> -)	mg/l	0,28	0,29	0,08		50	1
Nitrate (NO <sub>3</sub> -)	mg/l	0,35	0,35	0,08	/	/	<1
Azote ammoniacal (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	mg/l	1,23	1,22	1,14	4	/	<0.5
Ortho phosphate (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/l	0,15	0,13	0,13	2	10	/
Silicium (SiO <sub>2</sub> -)	mg/l	0,90	0,83	0,83	/	/	/
Azote total	mg/l	1,75	1,84	1,31	50	3	/
Phosphore totale	mg/l	2,00	1,80	2,43	10	/	/

**Tableau 05:** Les résultats des analyses physico-chimiques (la sortie 09-2023).

	Les paramètres	Unités	B1	B2	B3	B4	B5	B6	Norme nationale de rejet*	Valeur maximale des eaux superficielle **	Norme internationale (OMS)
Paramètre physico-chimiques	pH	-	7,5 6	7,9 3	7,8 3	7,9 6	8,0 8	8,1 1	6,5 ≤ pH ≤ 8,5	6,5 ≤ pH ≤ 9	6,5 ≤ pH ≤ 8,5
	Température	°C	21, 4	17, 5	22, 3	23, 2	23	23, 3	30	25	
	Salinité	PSU	0,9	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8	/	/	/
	Oxygène dissous	mg/l	0,8	5,1	1,9	3,1	2,8	3,7	/	/	/
	MES	mg/l	35	6	18	14	8	10	35	25	30
	DCO	mg/O <sub>2</sub> l	11 5,2	48	77	67, 2	76, 2	57, 2	120	30	90
	DBO <sub>5</sub>	mg/O <sub>2</sub> l	77	22	45	48	51	58	35	7	30
Paramètres chimiques	Nitrite (NO <sub>2</sub> -)	mg/l	0,0 1	0,3 7	0,0 2	0,0 9	0,0 6	0,0 8	/	50	1
	Nitrate (NO <sub>3</sub> -)	mg/l	0,1 3	0,4 9	0,1 8	0,2 1	0,1 8	0,1 9	/	/	<1
	Azote ammoniacal (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	mg/l	1,4 9	0,3 5	0,7 4	1,0 0	1,1 1	0,8 0	4	/	<0.5
	Ortho phosphate (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/l	0,1 6	0,0 1	0,0 4	0,0 9	0,1 1	0,1 3	2	10	/
	Silicium (SiO <sub>2</sub> -)	mg/l	0,4 6	1,2 0	0,8 8	0,8 3	0,7 3	0,7 5	/	/	/
	Azote total	mg/l	1,1 0	2,3 3	0,9 6	1,3 1	1,4 5	1,0 9	50	3	/
	Phosphore totale	mg/l	2,5 8	0,2 6	0,6 5	3,3 6	2,8 0	1,9 9	10	/	2

\*Décret Exécutif n° 06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 Avril 2006, Les valeurs limitent des paramètres de rejet dans un milieu récepteur.

\*\*Décret Exécutif n° 11-219 du 10 Rajab 1432 correspondant au 12 Juin 2011, Objectifs de qualité des eaux superficielles et souterraines destinées à l'alimentation en eau potable des populations.

# **ANNEXE II**

## ANNEXE II : Matériels utilisés.

### 1. Les matériels des paramètres physiques « in situ »:

#### a. pH mètre



LAKARI & SAHNOUN, 2023

a. Un pH-mètre de terrain de marque « WTW » type pH 315 i/Set.

#### b. Conductimètre



LAKARI & SAHNOUN, 2023

b. Un conductimètre de terrain de marque « WTW » type Cond 197i.

#### c. Oxymètre



LAKARI & SAHNOUN, 2023

c. Un Oxymètre de terrain de marque « WTW » type Oxi 197i.

Figure 01 : Les matériels des paramètres physiques « in situ ».

### 2. Les matériels du laboratoire :

#### 2.1. Matériels d'analyse la demande chimique en oxygène (DCO) :



LAKARI & SAHNOUN, 2023

a. Présentation du matériel utilisé pour l'analyse des échantillons au laboratoire



LAKARI & SAHNOUN, 2023

b. un DCO-mètre



LAKARI & SAHNOUN, 2023

c. le titrage colorimétrique

Figure 02 : Matériels d'analyse la demande chimique en oxygène (DCO).

**2.2. Matériels d'analyse la matière en suspensions (MES) :**



**a. Les capsules**



**b. l'entonnoir et la fiole**



**c. la pompe d'aspiration**



**d. l'étuve 105± 2°C**

**Figure 03 : Matériels d'analyse la matière en suspensions (MES).**

**2.3. Matériels d'analyse la demande biochimique en oxygène (DBO5) :**



**a. les flacons de DBO**



**b un incubateur de 20°C**



**c. l'appareilVELP SCIENTIFICA**

**Figure 04 : Matériels d'analyse la demande biochimique en oxygène (DBO5).**

#### **2.4. Appareillages d'analyse les sels nutritifs :**



LAKARI & SAHNOUN, 2023

**a. Autoclave « marque SANoclav »**



LAKARI & SAHNOUN, 2023

**b. Présentation des échantillons filtré pour l'analyse au laboratoire**



LAKARI & SAHNOUN, 2023

**c. Auto-analyses SAN Plus Système de marque SKALAR, 1998.**

**Figure 05 : Appareillages d'analyse les sels nutritifs.**

#### **2.5. Appareillages d'identifiée le phytoplancton :**



**a. Présentation du matériel utilisé pour identifiés les phytoplanctons**

**Figure 06 : Appareillages d'identifiée le phytoplancton.**

# **ANNEXE III**

## ANNEXEN III : Mode opératoire et le calcul de la (MES)

### A. Mode opératoire pour la mesure des (MES) :

- Attendre jusqu'à ce que les échantillons soient à température ambiante.
- Peser la capsule en aluminium contenant un filtre à l'aide d'une balance analytique.
- Placer le filtre (la partie lisse en bas) dans l'entonnoir du dispositif de filtration et insérer l'entonnoir sur la fiole à vide
- Remplir l'éprouvette par 100ml de l'eau, le volume utilisé dépend de la charge d'échantillon).
- Verser le volume d'échantillon dans l'entonnoir.
- Démarrer la filtration en enclenchant la pompe d'aspiration. une fois l'échantillon filtré rincer les parois internes de l'entonnoir avec un peu d'eau distillée et filtrer cette eau.
- Libérer le dispositif sous vide lorsque le filtre est pratiquement sec.
- Retirer avec précaution le filtre de l'entonnoir à l'aide d'une pince à extrémité plate.
- Mettre les capsules dans l'étuve  $105 \pm 2^{\circ}\text{C}$  pendant au moins 2h.
- Retirer les capsules de l'étuve, passer au dessiccateur environ 30min puis peser.

### B. Calcul la matière en suspension :

$$P = (M_1 - M_0) \times 1000 / V$$

**P**: teneur en matière en suspension, en mg/l.

**V** : volume, en ml.

**M<sub>0</sub>** : masse en mg de filtre vide dans la capsule en aluminium

**M<sub>1</sub>** : masse en mg de filtre chargé dans la capsule en aluminium après séchage à  $105^{\circ}\text{C}$  et dessiccation.

# **ANNEXE IV**

## ANNEXE IV: Préparation des réactifs et le calcul de la concentration de (DCO) :

### A. Préparation des réactifs :

#### - Solution d'acide sulfurique à 4 mol/L:

- acide sulfurique (d = 1,84).....220 mL
- eau déionisée .....q.s.p. 1 L

Verser l'acide sulfurique dans de l'eau. Après refroidissement, compléter le volume à 1 L.

#### - Solution de sulfate d'argent à 10 g/L dans l'acide sulfurique:

- sulfate d'argent cristallisé ( $\text{Ag}_2\text{SO}_4$ ) .....10 g
- acide sulfurique (d = 1,84) .....q.s.p. 1 L

Dissoudre le sulfate d'argent dans 40 mL d'eau déionisée, ajouter 960 mL d'acide sulfurique avec précaution.

#### - Solution de sulfate de fer et d'ammonium à 0,12 mol/L:

- sulfate de fer (II) et d'ammonium  $\text{FeSO}_4(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4, 6\text{H}_2\text{O}$  .....47,0 g
- acide sulfurique (d = 1,84) .....20 mL
- eau déionisée .....q.s.p. 1 L

Dissoudre le sulfate de fer et d'ammonium dans de l'eau, ajouter l'acide sulfurique. Après refroidissement, ajuster le volume à 1 L.

Le titre de cette solution doit être vérifié tous les jours.

-La Solution ferroïne prête à l'emploi, elle est disponible dans le commerce.

#### - Solution étalon de dichromate de potassium à 0,04 mol/L, contenant du sulfate de mercure (II) :

- sulfate de mercure (II) .....20 g
- acide sulfurique (d = 1,83) .....25 mL
- dichromate de potassium  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  .....2,94 g
- eau déionisée .....q.s.p. 250 mL

Dissoudre 20 g de sulfate de mercure (II) dans environ 200 mL d'eau déionisée. Ajouter avec précaution 25 mL. Laisser refroidir puis ajouter 2,94 g de dichromate de potassium (préalablement séché à 105 °C pendant 2 heures). Transvaser la solution quantitativement dans une fiole jaugée de 250 mL et compléter au volume. Cette solution est stable environ 1 mois.

### B. Calcul la concentration en DCO :

La demande chimique en oxygène (DCO) exprimée en milligrammes d'oxygène par litre est égale à :

$$\text{DCO} = 8\,000 \cdot T \cdot (V_0 - V_1) / V.$$

$V_0$  = Volume de sulfate de fer et d'ammonium (II) nécessaire au dosage (ml).

$V_1$  = Volume de sulfate de fer et d'ammonium (II) nécessaire à l'essai à blanc (ml).

$T$  = Titre de la solution de sulfate de fer (II) et d'ammonium (en mol/L).

$V$  = Volume de la prise d'essai (en ml).

# **ANNEXE V**

## **ANNEXE V : Mode opératoire de la (DBO5) :**

### **A. Mode opératoire de DBO5 :**

- Préparation de l'échantillon :
- Prélever un volume de 150 ml d'eau pour chaque échantillon.
- Préparation des flacons de DBO : 2. Choisir des flacons en verre propres et secs dédiés aux échantillons.
- Remplir les flacons avec les échantillons prélevés.
- Ajuster le pH de chaque échantillon à environ 7-8 en ajoutant des pastilles de NaOH. Ajouter les agitateurs magnétiques, S'assurer de l'absence de bulles d'air.
- Incubation : 5. Placer les flacons dans un incubateur maintenu à une température constante de 20°C.
- Laisser reposer les échantillons dans l'incubateur pendant une période de 5 jours.
- Mesure de la DBO : À la fin de la période d'incubation de 5 jours, retirer les flacons de l'incubateur.
- Utiliser l'appareil VELP SCIENTIFICA pour mesurer précisément la concentration en oxygène dissous (OD) de chaque échantillon.

# **ANNEXE VI**

## ANNEXE VI : Dosage sels nutritifs

### 1. Dosage de l'ammonium :

#### 1.1. Réactifs :

##### a. Solution tampon :

Produit chimique exigé	Quantité (g) ou le Volume (l)
$C_4H_4O_6KNa.4H_2O$	33g
Citrate de sodium $C_6H_5O_7Na_3.2H_2O$	24g
Acide sulfurique $H_2SO_4$ (1N)	X ml
Eau distillée $H_2O$	1000 ml
Brij 35 (30 %)	2ml

##### - Préparation :

Dissoudre le tartrate de potassium et de sodium dans  $\pm 800$  ml d'eau distillée. Ajouter le citrate de sodium et dissoudre. Ajuster le pH à 5 avec la solution d'acide sulfurique. Ajuster à 1 litre avec l'eau distillée puis ajouter le Brij 35 et mélanger.

- **Note** : La solution est stable pendant 1 semaine. Conserver à 4° C quand la solution n'est pas utilisée.

##### b. Solution de phénol :

Produit chimique exigé	Quantité (g) ou le Volume (l)
Phénol $C_6H_5OH$	6g
Hydroxyde de sodium NaOH	40g
Eau distillée $H_2O$	1000ml

##### - Préparation

Dissoudre le phénol dans  $\pm 50$  ml d'eau distillée. Ajouter l'hydroxyde de sodium. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger.

- **Note** : La solution est stable pendant 1 semaine.

##### c. Solution d'hypochlorite de sodium :

Produit chimique exigé	Quantité (g) ou le Volume (l)
(13 % de chlore actif)	220ml
Eau distillée $H_2O$	800ml

##### - Préparation :

Diluer la solution d'hypochlorite de sodium dans  $\pm 700$  ml d'eau distillée. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger.

#### d. Solution de nitroprussiate de sodium :

Produit chimique exigé	Quantité (g) ou le Volume
Nitroprussiate de sodium $\text{Na}_2 [\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO}].2\text{H}_2\text{O}$	0,5 g
Eau distillée $\text{H}_2\text{O}$	1000ml

##### - Préparation :

Dissoudre le Nitroprussiate de sodium dans  $\pm 800$  ml d'eau distillée. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger.

##### - Note :

- Conserver dans une bouteille à couleur sombre.
- La solution est stable pendant 1 semaine.
- Conserver à  $4^\circ \text{C}$  quand la solution n'est pas utilisée.

#### e. Liquide de rinçage :

Eau fraîchement distillée  $\text{H}_2\text{O}$ .

### 1.2. Préparation des solutions étalons :

#### a. Solution mère de 100 ppm N (\*) :

Produit chimique exigé	Quantité (g) ou le Volume
Chlorure d'ammonium $\text{NH}_4\text{Cl}$	0,3819g
Eau distillée $\text{H}_2\text{O}$	1000ml

##### - Préparation :

Dissoudre le chlorure d'ammonium dans  $\pm 800$  ml d'eau distillée. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger.

- **Note :** La solution est stable pendant 1 mois. Conserver à  $4^\circ \text{C}$  quand la solution n'est pas utilisée.

#### b. Solution fille de 10 ppm N

- Diluer 10 ml de la solution mère à 100 ppm N dans 100 ml d'eau distillée.

- **Note:** Préparer la solution fille à 10 ppm Si chaque semaine et les standards chaque jour.

(\*) : Les concentrations des solutions étalons sont transformées en  $\mu\text{moles/l}$  de  $\text{NH}_4^+$ .

## 2. Dosage des nitrites + nitrates

### 2.1. Réactifs :

#### a. Solution tampon :

Produit chimique exigé	Quantité (g) ou le Volume (l)
Chlorure ammonium $\text{NH}_4\text{Cl}$	50g

Solution d'ammonium NH <sub>4</sub> OH (25%)	±1 ml
Hydroxyde de sodium NaOH	5g
Eau distillée H <sub>2</sub> O	1000ml
Brij 35 (30 %)	3ml

**- Préparation :**

Dissoudre le chlorure d'ammonium dans 800 ml d'eau distillée. Ajuster le pH 8,2 avec la solution d'ammonium. Ajouter l'hydroxyde de sodium et dissoudre. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée, ajouter le Brij 35 et mélanger.

**- Note :** La solution est stable pendant une semaine. Conserver à 4°C quand la solution n'est pas utilisée.

**b. Réactifs colorants :**

Produit chimique exigé	Quantité (g) ou le Volume (l)
Acide o-phosphorique H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> (85%)	50 ml
Sulfanilamide C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub> S	10 g
α-Naphtyléthylène diamine dihydrochloride C <sub>12</sub> H <sub>16</sub> Cl <sub>2</sub> N <sub>2</sub>	0,5g
Eau distillée H <sub>2</sub> O	850 ml

**- Préparation**

Diluer l'acide o-phosphorique H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> dans ± 750 ml d'eau distillée. Ajouter le Sulfanilamide C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>N<sub>2</sub>O<sub>2</sub>S et le α-Naphtyléthylène diamine dihydrochloride C<sub>12</sub>H<sub>16</sub>Cl<sub>2</sub>N<sub>2</sub> et dissoudre. Ajouter 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger.

**- Note :** La solution est stable pendant deux semaines. Conserver dans une bouteille à couleur sombre.

**c. Liquide de rinçage :**

Eau fraîchement distillée H<sub>2</sub>O (régénérée chaque semaine).

**2.2 Préparation des solutions étalons :**

**a. Solution mère de 100 ppm N (\*) :**

Produit chimique exigé	Quantité (g) ou le Volume (l)
Nitrate de sodium NaNO <sub>3</sub>	0,6068g
Eau distillée H <sub>2</sub> O	1000 ml

**- Préparation :**

Dissoudre le nitrate de sodium dans ± 800 ml d'eau distillée. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger.

- **Note** : La solution est stable pendant 4 semaines. Conserver à 4°C quand la solution n'est pas utilisée.

**b. Solution fille de 10 ppm N :**

- Diluer 10 ml de la solution mère à 100 ppm N dans 100 ml d'eau distillée.

**Note** : préparer la solution fille à 10 ppm chaque semaine et les standard chaque jour.

(\*) : Les concentrations des solutions étalons sont transformées en  $\mu\text{moles/l}$  de  $\text{N-NO}_3^-$  ou de  $\text{N-NO}_2^-$  puis en  $\mu\text{moles/l}$  de  $\text{NO}_3^-$  ou de  $\text{NO}_2^-$ .

**2.2. Préparation de la colonne réductrice :**

**a. Solution d'acide chlorhydrique (4N) :**

Produit chimique exigé	Quantité (g) ou le Volume (l)
Acide chlorhydrique HCl (32%)	4000 ml
Eau distillée H <sub>2</sub> O	600 ml

- **Préparation** : diluer l'acide chlorhydrique dans 600 ml d'eau distillée.

**b. Cadmium :**

- **Produits chimiques exigés :**

Granule de cadmium taille 0,3-1 mm (tamisé).....2, 5 g.

- **Procédure de remplissage :**

1- Les granules de cadmium sont mélangées avec  $\pm$  30 ml de la solution d'acide chlorhydrique (4N).

2- Agiter pendant une minute.

3- Ajouter environ 50 ml de solution de sulfate de cuivre et agiter pendant 5 minutes.

4- Laver la saleté entre les granules avec l'eau distillée.

5- Sécher les granules de cadmium.

6- Ajouter, à l'aide d'un entonnoir, les granules dans une colonne sèche, en secouant de temps en temps pour empaqueter la colonne de deux côtés.

7- Remplir jusqu'à  $\pm$  5 mm du sommet.

8- Placer un petit morceau de tube en polyéthylène, dans la colonne pour éviter que les granules ne sortent de la colonne.

9- Remplir la colonne, à l'aide d'une seringue contenant la solution tampon (réactif a préparé précédemment).

10- Placer la colonne dans le système.

- **Note** : Eviter que l'air entre dans la colonne.

Les granules de cadmium activés peuvent être stockés sec, dans une bouteille bien fermée.

**3. Dosage des ortho-phosphates :**

### 3.1. Réactifs :

#### a. Solution de molybdate d'ammonium :

Produit chimique exigé	Quantité (g) ou le Volume (l)
Tartrate de potassium et d'antimoine	/
$K(SbO) C_4H_4O_6 \cdot 5H_2O$	230 mg
Acide sulfurique $H_2SO_4$ (97%)	69,4 ml
Molybdate d'ammonium $(NH_4^+)_6Mo_7O_{24} \cdot H_2O$	6g
Eau distillée $H_2O$	1000ml
FFD6	2ml

#### - Préparation :

Dissoudre le tartrate de potassium et d'antimoine dans  $\pm$  800 ml d'eau distillée. Ajouter soigneusement l'acide sulfurique en mélangeant constamment. Ajouter le molybdate d'ammonium et dissoudre. Ajuster à 1 litre avec l'eau distillée puis ajouter le FFD6 et mélanger.

- **Note** : ne pas employer de cuillères en métal pour le molybdate d'ammonium. La sensibilité peut être augmentée de 50 % en employant 35 ml d'acide sulfurique concentré au lieu de 69,4 ml. Avec 35 ml l'interférence des silicates est 10 % pour 300 ppb Si et 10 % pour 10 ppb P.

Le pH final doit être inférieur à 1. La solution est stable pendant 5 jours. Conserver à 4° C quand la solution n'est pas utilisée.

#### b. Solution d'acide ascorbique :

Produit chimique exigé	Quantité (g) ou le Volume (l)
Acide ascorbique $C_6H_8O_6$	6g
Acétone $C_3H_6O$	60 ml
Eau distillée $H_2O$	1000 ml
FFD6	2 ml

#### - Préparation :

Dissoudre l'acide ascorbique dans  $\pm$  800 ml d'eau distillée. Ajouter l'acétone. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée puis ajouter le FFD6 et mélanger.

- **Note** : La solution est stable pendant 5 jours. Conserver à 4° C quand la solution n'est pas utilisée.

#### c. Liquide de rinçage :

Eau fraîchement distillée  $H_2O$  (régénérée chaque semaine).

### 3.2. Préparation des solutions étalons :

**a. Solution mère de 100 ppm P (\*) :**

Produit chimique exigé	Quantité (g) ou le Volume (l)
Dihydrogène o-phosphate de potassium KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	0,4394 g
Eau distillée H <sub>2</sub> O	1000 ml

**- Préparation :**

Dissoudre le dihydrogène o-phosphate de potassium dans ± 800 ml d'eau distillée. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger.

- **Note :** La solution est stable pendant 4 semaines. Conserver à 4° C quand la solution n'est pas utilisée.

**b. Solution fille de 10 ppm P :**

**Diluer 10 ml de la solution mère à 100 ppm P dans 100 ml d'eau distillée.**

- **Note :** Préparer la solution fille à 10 ppm P chaque semaine et les standards chaque jour.

➤ (\*) : Les concentrations des solutions étalons sont transformées en µmoles/l de PO<sub>4</sub><sup>-</sup>.

**4. Dosage des silicates :**

**4.1. Réactifs :**

**a. solution d'acide sulfurique :**

Produit chimique exigé	Quantité (g) ou le Volume (l)
Acide sulfurique H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (97 %)	10 ml
Eau distillée H <sub>2</sub> O	1000ml
FFD6	2ml

**- Préparation :**

Diluer l'acide sulfurique dans ± 800 ml d'eau distillée. Ajuster à 1 litre avec l'eau distillée puis ajouter le FFD6 et mélanger.

**- Note :**

La solution est stable pendant 1 semaine. Conserver à 4°C quand la solution n'est pas utilisée.

**b. solution de molybdate d'ammonium :**

Produit chimique exigé	Quantité (g) ou le Volume (l)
Acide oxalique C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O	44g
Eau distillée H <sub>2</sub> O	1000ml

**- Préparation**

Dissoudre l'acide oxalique dans ± 800 ml d'eau distillée. Ajuster à 1 litre avec l'eau distillée et mélanger.

- **Note :** Conserver dans une bouteille de polyéthylène. La solution est stable pendant 1 mois.

Conserver à 4° C quand la solution n'est pas utilisée.

### c. Liquide de rinçage :

Eau fraîchement distillée H<sub>2</sub>O.

- **Note :** Changer l'eau quotidiennement. Conserver dans une bouteille en polyéthylène.

## 4.2. Préparation des solutions étalons :

### a. Solution mère de 100 ppm Si (\*) :

Produit chimique exigé	Quantité (g) ou le Volume (l)
Métasilicate de sodium Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> .9H <sub>2</sub> O	1,0119 g
Eau distillée H <sub>2</sub> O	1000 ml

#### - Préparation :

Dissoudre le metasilicate de sodium dans ± 800 ml d'eau distillée. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger.

**Note :** La solution est stable pendant 1 mois. Conserver dans une bouteille en polyéthylène.

### b. Solution fille de 10 ppm Si :

Diluer 10 ml de la solution mère à 100 ppm Si dans 100 ml d'eau distillée.

- **Note :** Préparer la solution fille à 10 ppm Si chaque semaine et les standards chaque jour.

Conserver dans une bouteille en polyéthylène.

➤ (\*) : Les concentrations des solutions étalons sont transformées en µmoles/l de SiO<sub>4</sub><sup>-</sup>.

## 5. Les tableaux d'étalonnages des paramètres chimiques :

**Tableau 06 :** Tableau d'étalonnage des sels nutritifs

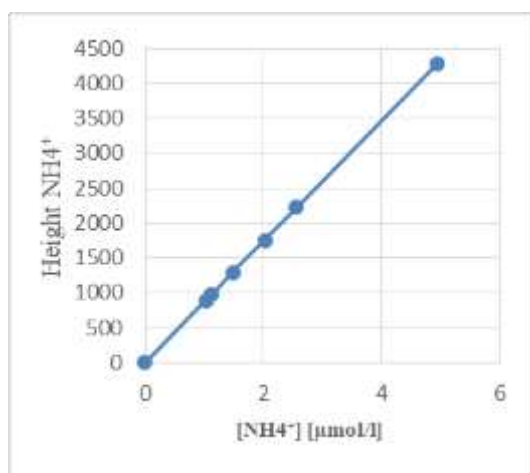
NO <sub>3</sub> µmol/l	Height NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub> µmol/l	Height NH <sub>4</sub>	PO <sub>4</sub> µmol/l	Height PO <sub>4</sub>	SiO <sub>2</sub> µmol/l	Height SiO <sub>2</sub>
0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0
0,24	1664	1,03	893	0,18	704	0,42	7
0,47	3269	1,13	979	0,36	1365	0,95	16
0,71	4974	1,49	1294	0,55	2123	1,54	26
0,97	6756	2,03	1760	0,86	3292	2,02	34
1,18	8247	2,56	2219	0,87	3324	2,49	42
2,37	16566	4,93	4278	1,87	7141	6,12	103

**Tableau 07 : D'étalonnage d'azote total et de phosphore total.**

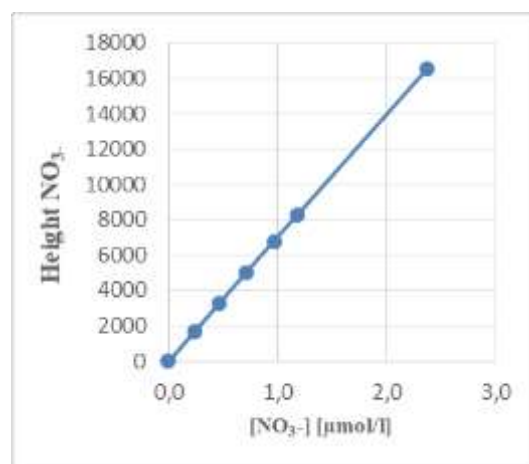
Identity1	NT $\mu\text{mol/l}$	Height NT	PT $\mu\text{mol/l}$	Height PT
Wash	0,00	0	0,00	0
ST1	0,17	1268	0,20	840
ST2	0,42	3083	0,56	2338
ST3	0,64	4636	0,60	2504
ST4	0,84	6160	0,80	3330
ST5	1,26	9180	1,01	4216
ST6	2,34	17097	1,20	5000

## 6. Les tableaux d'étalonnages des paramètres chimiques :

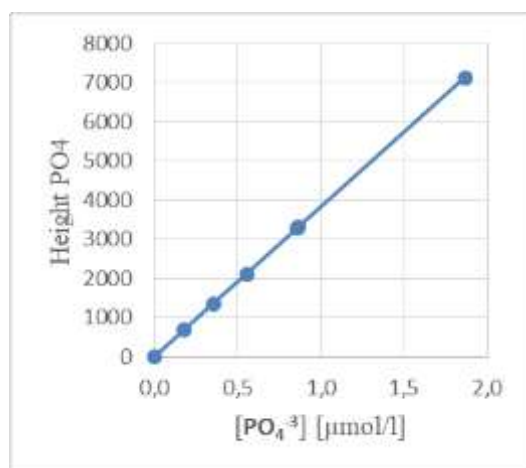
### 6.1. Les courbes d'étalonnages des sels nutritifs :



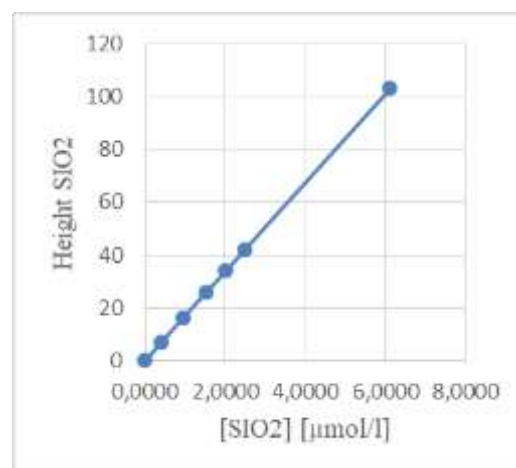
**A .**Courbe d'étalonnage pour l'ammonium



**B .**Courbe d'étalonnage pour le nitrate



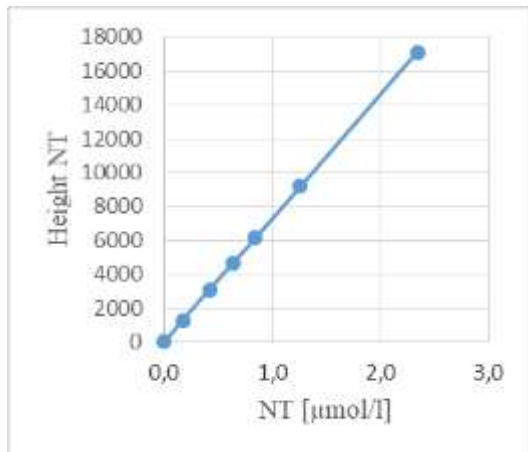
**C .**Courbe d'étalonnage pour le phosphate



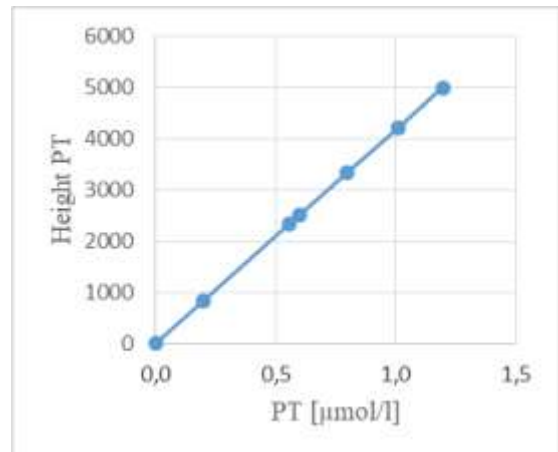
**D .**Courbe d'étalonnage pour le silicium

**Figure 07 :** Les courbes d'étalonnages des sels nutritifs.

## 6.2. Les courbes d'étalonnages d'azote total et phosphore total :



A .Courbe d'étalonnage pour l'azote total



B .Courbe d'étalonnage pour le phosphore total

**Figure 08** : Les courbes d'étalonnages d'azote total et phosphore total.

## Résumé (AR)

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم تأثير محطة معالجة مياه الصرف الصحي في شنوة (STEP) على النظام البيئي الساحلي على ضفاف نهر واد الناظور (ولاية تيبازة)، بهدف توفير البيانات الأساسية لإدارتها المستدامة.

يعتمد النهج المنهجي المتبع على تحليل المعلمات الفيزيائية والكيميائية، التي تعكس جودة مياه الوادي (الرقم الهيدروجيني، درجة الحرارة، الملوحة، MES، الأكسجين المذاب، DCO، DBO5، أملاح المغذيات) التي تم قياسها على عينات تم جمعها من عدة نقاط للقطاع الساحلي للوادي، وعلى المؤشرات البيولوجية، وهي: مخزون الطيور والغطاء النباتي والعوالق النباتية.

تظهر نتائج تحليل المعلمات الفيزيائية والكيميائية أن جودة المياه المجمعة أسفل محطة معالجة مياه الصرف الصحي أعلى بكثير من تلك المجمعة عند المنبع؛ ويتوافق مع المعايير الحالية للمياه السطحية.

أتاح جرد التنوع البيولوجي تسليط الضوء على ثراء محدد ملحوظ، يتكون من حيوانات الطيور: 39 نوعًا من الطيور موزعة على 20 عائلة، بما في ذلك الأنواع المحمية التي تم الإبلاغ عنها لأول مرة في الموقع (الكشف: *بثيا نيروكا*)، الغطاء النباتي: 37 نوعًا تنتمي إلى 28 عائلة والعوالق النباتية: 27 نوعًا تنتمي إلى 05 فئات منها أكثر من 70% تشير إلى نوعية المياه الجيدة.

وتكشف هذه النتائج عن إدارة فعالة لمحطة معالجة مياه الصرف الصحي، مع الالتزام الصارم بمعايير معالجة مياه الصرف الصحي، وبالتالي المساهمة في الحفاظ على جودة المياه والبيئة.

وتنتهي هذه الدراسة بمقترح خطة تنموية متكاملة تهدف إلى الحفاظ على هذه الثروة مع تعزيز التنمية الاقتصادية المسؤولة.

### الكلمات الدالة:

محطة معالجة مياه الصرف الصحي، النظام البيئي على ضفاف النهر، وادي الناظور، المعلمات الفيزيائية والكيميائية، التنوع البيولوجي، الطيور، العوالق النباتية

## **Résumé (EN)**

The aim of this study is to assess the impact of the Chenoua wastewater treatment plant (WWTP) on the coastal riparian ecosystem of Oued Nador (Tipasa wilaya), in order to provide essential data for its sustainable management.

The methodological approach followed is based on the analysis of physico-chemical parameters, reflecting the quality of the Wadi water (pH, temperature, salinity, MES, dissolved oxygen, DCO, DBO5, nutrient salts) measured on samples collected at several points along the coastal segment of the Wadi and on biological indicators, namely: the inventory of avifauna, vegetation and phytoplankton.

The results of the physico-chemical parameter analysis show that the quality of the water collected downstream of the WWTP is clearly superior to that collected upstream, and complies with current surface water standards.

The biodiversity inventory revealed a remarkable wealth of species, including avifauna: 39 bird species in 20 families, including one protected species reported for the first time on the site (the Ferruginous Duck: *Aythya nyroca*); vegetation: 37 species in 28 families; and phytoplankton: 27 taxa in 05 classes, over 70% of which indicate good water quality.

These results reveal the efficient management of the WWTP, maintained in strict compliance with wastewater treatment standards, contributing to the preservation of water quality and the environment.

The study concludes with a proposal for an integrated development plan aimed at preserving this richness while promoting responsible economic development.

### **Key words:**

STEP, riparian ecosystem, Oued Nador, physico-chemical parameters, biodiversity, avifauna, phytoplankton.