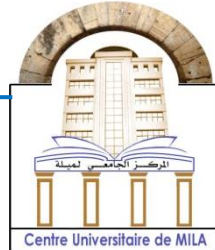


الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



N°Ref :.....

Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf- Mila

Institut des Sciences de la Nature et de la Vie

Département d'Ecologie et de l'Environnement

Mémoire préparé en vue de l'obtention du diplôme de

Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : écologie et environnement

Spécialité : Protection des écosystèmes

Thème :

**Caractérisation des fluctuations de la qualité de l'eau du barrage de
Tabellout et leur relation avec la dynamique des populations
planctoniques, willaya de Jijel.**

Présenté par :

➤ MEZIANI RADIA

Devant le jury :

- | | | |
|-------------------------------|---------------------------|--------------|
| – Dr. BOUNAB Nourhane Amani | Maitre de conférences - B | Présidente |
| – Dr. BENMIRA Selma El Batoul | Maitre de conférences - B | Examinatrice |
| – Dr. BOUCHAREB Noureddine | Maitre de conférences - A | Encadrant |

Année Universitaire : 2024/2025

Remerciements

En premier lieu, nous remercions Dieu, le Tout-Puissant, de nous avoir accordé la volonté, le courage et la patience nécessaires à l'accomplissement de ce travail.

*Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à notre encadrant, le Docteur **BOUCHAREB Nouredine**, pour ses précieux conseils, son accompagnement constant, ainsi que les sacrifices consentis afin de nous guider vers le meilleur. Son soutien tout au long de la préparation de ce mémoire a été déterminant.*

*Nos remerciements s'adressent également aux membres du jury **Dr. BOUNAB Nourhane Amani** et **Dr. BENMIRA Selma El Batoul** pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche, en acceptant de juger notre travail et de l'enrichir par leurs observations et suggestions.*

*Nous exprimons une reconnaissance particulière au **Dr. REBBAH Abderraouf Chouaib** pour ses encouragements et ses nombreux conseils qui nous ont été d'une grande utilité.*

*À travers lui, nous remercions également **Mme KOUICEM Khadidja** pour l'aide précieuse qu'elle nous a apportée lors de la réalisation de l'étude physico-chimique, effectuée au sein du Laboratoire des Sciences Naturelles et des Matériaux (LSNM) du Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf – Mila.*

Ce mémoire n'aurait jamais pu voir le jour sans le soutien indéfectible de nos familles, en particulier nos parents, qui nous ont toujours soutenus moralement et matériellement. Nous leur exprimons toute notre reconnaissance.

Enfin, nous remercions sincèrement toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

A mes chers parents qui ont fait de moi ce que je suis maintenant

Pour leurs amours et leurs sacrifices.

A mon cher fils OMAR

A mon cher frère OMAR, qu' Allah lui fasse miséricorde.

A mes sœurs Wassila, Wafa, Salwa et salima .

A mes amis et collègues

Meziani Radia

Résumé

Les barrages jouent un rôle essentiel dans la gestion durable de l'eau, en assurant l'approvisionnement en eau potable, l'irrigation agricole, les besoins industriels, la régulation des crues et la préservation des écosystèmes aquatiques. Dans ce contexte, la présente étude porte sur la qualité de l'eau du barrage de Tabellout, situé au sud-est de Jijel (Nord-Est de l'Algérie), au cours du mois d'avril 2025. Des prélèvements ont été réalisés dans cinq stations stratégiquement réparties sur le plan d'eau. Les analyses physico-chimiques révèlent une eau de nature basique, avec une conductivité et une teneur en matières dissoutes (TDS) relativement élevées, pouvant perturber les équilibres écologiques. La turbidité, variable selon les stations, influence la photosynthèse du phytoplancton, tandis que les fluctuations importantes de l'oxygène dissous peuvent affecter la survie des organismes aquatiques. Les concentrations en nutriments (phosphates, nitrates, nitrites et ammonium) restent faibles, limitant ainsi les risques d'eutrophisation. Les teneurs en sels (chlorures, sodium, sulfates, bicarbonates) présentent une variation modérée. L'étude du plancton montre une dominance de certains genres chez le phytoplancton, tels que *Ceratium*, *Oscillatoria*, *Gymnodinium*, *Alexandrium* et *Tintinnidium*, tandis que le zooplancton est marqué par la présence constante de *Calanus*, *Pseudodiaptomus* et *Keratella*, témoignant d'une certaine stabilité écologique. La diversité planctonique observée met en évidence l'influence directe des paramètres physico-chimiques sur la structure et l'équilibre de l'écosystème aquatique.

Mots Clé : Barrage Tabellout ; Plancton ; Nutriments ; Ecosystème Aquatique.

Abstract

Dams play a crucial role in sustainable water management by ensuring the supply of drinking water, agricultural irrigation, industrial needs, flood regulation, and the preservation of aquatic ecosystems. In this context, the present study focuses on the water quality of the Tabellout Dam, located southeast of Jijel (Northeastern Algeria), during the month of April 2025. Samples were collected from five strategically distributed stations across the water body. Physico-chemical analyses reveal that the water is basic in nature, with relatively high conductivity and total dissolved solids (TDS), which may disrupt ecological balance. Turbidity, varying between stations, influences phytoplankton photosynthesis, while significant fluctuations in dissolved oxygen can affect the survival of aquatic organisms. Nutrient concentrations (phosphates, nitrates, nitrites, and ammonium) remain low, thereby limiting the risk of eutrophication. Salt levels (chlorides, sodium, sulfates, bicarbonates) show moderate variation. Plankton analysis indicates a dominance of certain phytoplankton genera such as *Ceratium*, *Oscillatoria*, *Gymnodinium*, *Alexandrium*, and *Tintinnidium*, while the zooplankton community is consistently marked by the presence of *Calanus*, *Pseudodiaptomus*, and *Keratella*, reflecting a certain ecological stability. The observed plankton diversity highlights the direct influence of physico-chemical parameters on the structure and balance of the aquatic ecosystem.

Keywords: Tabellout Dam; Plankton; Nutrients; Aquatic Ecosystem.

الملخص

تلعب السدود دورًا أساسيًا في الإدارة المستدامة للمياه، من خلال ضمان تزويد السكان بمياه الشرب، وري الأراضي الزراعية، وتلبية الاحتياجات الصناعية، وتنظيم الفيضانات، والحفاظ على الأنظمة البيئية المائية. وفي هذا السياق، تهدف هذه الدراسة إلى تقييم جودة مياه سد تابلوت، الواقع جنوب شرق ولاية جيجل (شمال شرق الجزائر)، خلال شهر أفريل 2025. تم جمع عينات من خمس محطات موزعة بشكل استراتيجي عبر المسطح المائي. كشفت التحاليل الفيزيائية والكيميائية أن المياه ذات طبيعة قاعدية، مع توصيلية كهربائية ونسبة مواد صلبة مذابة مرتفعة نسبيًا، مما قد يخل بالتوازنات البيئية. كما تختلف العكارة بين المحطات، مما يؤثر على عملية التركيب الضوئي للعوالق البحرية النباتية، في حين أن التذبذبات الكبيرة في الأكسجين المذاب قد تؤثر على بقاء الكائنات المائية. وتبين أن تركيزات المغذيات (الفوسفات، النترات، النتريت، والأمونيا) منخفضة، مما يحد من خطر حدوث الإثراء الغذائي. أما تركيزات الأملاح (الكلوريدات، الصوديوم، الكبريتات، والبيكربونات) فقد سجلت تغيرات معتدلة. وقد أظهرت دراسة العوالق النباتية سيطرة بعض الأجناس مثل *Oscillatoria*، *Ceratium*، *Tintinnidium*، *Alexandrium*، *Gymnodinium* في حين تميزت العوالق الحيوانية بوجود دائم لأجناس مثل *Keratella*، *Pseudodiaptomus*، *Calanus*، وتبرز تنوعية العوالق الملاحظة التأثير المباشر للمعاملات الفيزيائية والكيميائية على بنية وتوازن النظام البيئي المائي.

الكلمات المفتاحية: سد تابلوت؛ العوالق؛ المغذيات؛ النظام البيئي المائي

Table des matières

Table des matières

Remerciement

Dédicace

Résumé

Abstract

الملخص

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction

Introduction01

Chapitre I : Synthèse bibliographique

Partie I : Généralités sur l'eau03

1. Cycle de l'eau03

1.1. Évapotranspiration03

1.2. Précipitations03

2. Les ressources hydriques04

2.1 Eaux de surface04

2.2 Eaux souterraines05

2.3 Eaux de mers et océans06

3. La qualité des eaux de surface06

4. Les caractéristiques physico-chimiques des eaux de surface07

4.1 Les caractéristiques physiques07

4.1.1 La température07

4.1.2 Le potentiel hydrogène (pH)07

4.1.3 La turbidité (Tur)08

4.1.4 La conductivité électrique (CE)09

4.1.5 La matière organique (MO)09

4.1.6 L'oxygène dissous (OD)10

4.2. Les Caractéristiques chimiques10

4.2.1. L'ammonium (NH_4^+)10

4.2.2. Les Nitrates (NO_3^-)11

4.2.3. Les Nitrites (NO_2^-)11

4.2.4. Les Ortho-phosphates (PO_4^{3-})12

4.2.5. Les Ortho-silicates (Si(OH)_4)	12
4.2.6. Les Sulfates (SO_4^{2-})	13
5. Normes et classes de la qualité des eaux superficielles	13
Partie II : Généralités sur le plancton	14
1. L'habitat et l'écologie du plancton	15
2. L'historique du plancton	16
3. Le Phytoplancton	16
3.1. Définition	16
3.2. Rôle écologique et enjeux environnementaux	17
3.3. Classification et systématique du phytoplancton	17
3.3.1. Les Cyanophytes ou Cyanobactérie	18
3.3.2. Les Chlorophycées	19
3.3.3. Les Xanthophycées	20
3.3.4. Les Chrysophycées	21
3.3.5. Les Diatomées (Bacillariophycées)	22
3.3.6. Les Cryptophycées	24
3.3.7. Les Dinoflagellés	25
3.3.8. Les Euglènes	26
3.4. Habitat et écologie du phytoplancton	27
3.5. La place du phytoplancton dans le réseau trophique	28
3.6. La distribution spatiale du phytoplancton	28
3.7. Le phytoplancton, indicateur de qualité biologique	29
3.8. Le rôle du phytoplancton	30
4. Le zooplancton	31
4.1. Définition	31
4.2. Les grands groupements du zooplancton	32
4.2.1. Les rotifères	32
4.2.2. Les cladocères	33
4.2.3. Les copépodes	35
4.3. L'écologie du zooplancton	36
4.4. Le rôle du zooplancton	36
4.5. Le zooplancton, indicateur de qualité biologique	36

Chapitre II : Matériels et méthodes

Partie I : Description de la zone d'étude	38
1. Présentation de la wilaya de Jijel	38
1.1 Situation géographique et administrative de la wilaya de Jijel	38
1.2. Topographie et réseau hydrographique de la wilaya de Jijel	39
1.3. Géologie régionale de la wilaya de Jijel	39
1.4. Climatologie	40
1.4.1. Les précipitations	41
1.4.1.1. Précipitations moyennes mensuelles	42
1.4.1.2 Précipitations moyennes annuelles	42
1.4.2. Température	43
1.4.2.1. Températures moyennes mensuelles	43
1.4.2.2. Températures moyennes annuelles	44
1.4.3. Synthèse climatique	44
1.4.4. L'humidité et le vent	45
1.4.4.1. Vitesse du vent mensuel	45
1.5. Pédologie	46
2. Présentation du barrage de Tabellout	47
2.1. Présentation du site	47
2.2. Situation géographique du site du barrage de Tabellout	47
2.3. Caractéristiques principales du barrage	48
2.4. Climatologie et Hydrologie du site du barrage de Tabellout	49
2.4.1. Climatologie	49
2.4.2. Hydrologie	49
2.4.2.1. Généralités sur l'Oued Djendjen	49
2.4.2.2. Le bassin versant	49
2.4.2.2.1. Caractéristiques morpho-métriques du bassin versant	49
2.5. Contexte géologique et structural de la région de Tabellout	50
Partie II. Matériels et méthodes	53
1. Le choix des sites de prélèvement	53
2. Conditionnement des moyens de prélèvement	53
3. L'Échantillonnage et traitement des échantillons	54
4. Enregistrement et étiquetage des échantillons	54
5. Transport et conservation des échantillons	54

6. Matériel d'étude	55
7. Méthodes d'analyse de la qualité physico-chimique de l'eau.....	58
7.1. Paramètres mesurés in situ	58
7.2. Paramètres mesurés au laboratoire	59
7.2.1. Ammonium (NH_4^+).....	59
7.2.2. Sulfate (SO_4^{2-})	60
7.2.3. Silicium ($\text{Si}(\text{OH})_4$).....	61
7.2.4. Nitrite (NO_2^-)	63
7.2.5. Nitrate (NO_3^-)	64
7.2.6. Chlorure (Cl^-)	65
7.2.7. Sodium (Na^+)	66
7.2.8. Phosphate (PO_4^{3-})	66
7.2.9. Carbonate et bicarbonate.....	67
8. Matériel et méthode d'étude planctonique	69
8.1. Matériel d'étude.....	69
8.2. Méthodes de prélèvement du plancton.....	70
8.3. Méthodes d'étude du plancton.....	71
9. Identification du phytoplancton et du zooplancton	71

Chapitre III : Résultats et Discussion

1. Les résultats physico-chimiques	72
1.1. Les Paramètres physiques	72
1.2. Les Paramètres chimique	73
1.2.1. Distribution des concentrations en phosphore (PO_4^{3-}) dans le barrage de Tabellout.....	73
1.2.2. Distribution des concentrations en Ammonium (NH_4^+) dans le barrage de Tabellout ..	74
1.2.3. Distribution des concentrations en Nitrates (NO_3^-) dans le barrage de Tabellout	75
1.2.4. Distribution des concentrations en Nitrites (NO_2^-) dans le barrage de Tabellout	76
1.2.5. Distribution des concentrations en Azote Inorganique Dissous (NID) dans le barrage de Tabellout.....	77
1.2.6. Distribution des concentrations en Ortho silicates ($\text{Si}(\text{OH})_4$) dans le barrage de Tabellout	78
1.2.7. Distribution des concentrations en Sulfate (SO_4^{2-}) dans le barrage de Tabellout	79
1.2.8. Distribution des concentrations en Bicarbonates(HCO_3^-) dans le barrage de Tabellout	80
1.2.9. Distribution des concentrations en Carbonates(CO_3^-) dans le barrage de Tabellout	81
1.2.10. Distribution des concentrations en chlorure (Cl^-) dans le barrage de Tabellout	82

1.2.11. Distribution des concentrations en sodium (Na^+) dans le barrage de Tabllout	83
2.Étude qualitatif de la communauté phytoplanctonique	84
2.1. Taxonomie du genre phytoplanctonique	84
2.2. La Fréquence d'occurrence des Genres du Phytoplancton dans le barrage de Tabllout ...	90
2.3. Classes de Fréquence d'occurrence (%) des Genres du Phytoplancton	91
3.Étude qualitatif de la communauté zooplanctonique	92
3.1. Taxonomie du genre Zooplanctonique	92
3.2. La Fréquence d'occurrence des Genres du zooplancton dans le barrage de Tabllout	96
3.3 Classes de Fréquence d'occurrence (%) des Genres du zooplancton	97
Conclusion	98
Références bibliographiques	

Liste des tableaux

Tableau 01 : Grille de la qualité des eaux superficielles l'ANRH	14
Tableau 02 : Les matériels utilisés sur terrain et au laboratoire	55
Tableau 03 : Résumé des méthodes d'analyse des éléments chimiques.....	59
Tableau 04 : Variations des paramètres physiques dans les stations examinées dans le barrage de Tabellout au cours de la période d'étude Avril 2025	72
Tableau 05 : Systématiques du phytoplancton.....	84
Tableau 06 : Classes de Fréquence d'occurrence (%) des Genres du Phytoplancton dans le barrage de Tabllout (avril 2025).....	91
Tableau 07: Systématique du zooplancton.....	92
Tableau 08 : Classes de Fréquence d'occurrence (%) des Genres du zooplancton dans le barrage de Tabellout (avril 2025).....	97

Liste des figures

Figure 1 : Cycle général de l'eau	04
Figure 2 : Quelques espèces des Cyanobactéries.....	19
Figure 3 : Photographie montrant quelques espèces des Cyanobactéries	19
Figure 4 : Quelques espèces des Chlorophytes	20
Figure 5 : Photographie montrant quelques espèces des Chlorophytes.....	20
Figure 6 : Quelques espèces des xanthophycées	21
Figure 7 : Quelques espèces des Chrysophycées	22
Figure 8 : Quelques espèces des diatomées	23
Figure 9 : Photographie montrant Quelques espèces des Diatomées centriques.....	24
Figure 10 : Photographie montrant Quelques espèces des Diatomées pennales.....	24
Figure 11 : <i>Cryptomonas sp.</i> L'Échelle = 20 µm.....	24
Figure 12 : Quelques espèces des dinoflagellés.....	26
Figure 13 : Quelques espèces des dinoflagellés	26
Figure 14 : Quelques espèces des Euglénophycées	27
Figure 15 : Schéma des principaux genres des Rotifères des eaux continentales	33
Figure 16 : Photographie montrant les Rotifères	33
Figure 17 : Photographie montrant les cladocères.....	34
Figure 18 : Anatomie générale d'un Cladocère <i>Daphnia magna</i> (1) vue latérale ; (2) vue ventrale.....	34
Figure 19 : Les 3 types de Copépodes des eaux continentales	35
Figure 20 : Photographie montrant les 3 types de Copépodes(Harpacticoida , Cyclopoida, Calanoida	36
Figure 21 : Situation Géographique de la wilaya de Jijel, visualisée sur Google Earth.....	38
Figure 22 : Carte administrative de la wilaya de Jijel.....	38
Figure 23 : Situation, topographie et réseau hydrographique de la wilaya de Jijel	39
Figure 24 : Unités géologiques des Maghrébides	40
Figure 25 : Carte des précipitations du bassin versant de l'Oued Djendjen-Jijel, (extrait de la carte de Sétif au 1/200000, ANRH)	41
Figure 26 : Précipitations moyennes mensuelles (en mm) de la station Jijel	42
Figure 27 : Précipitation moyenne annuelles (en mm) de la station Jijel (1958 à 2019).....	43
Figure 28 : Température moyenne mensuelles de la station Jijel (1958 à 2019).....	43
Figure 29 : Températures moyennes annuelles à la station Jijel (1958 à 2019)	44
Figure 30 : Courbe pluviothermique.....	45

Figure 31 : La vitesse des vents moyens mensuels de la station de Jijel	46
Figure 32 : Carte Pédologique de la zone d'étude	47
Figure 34 : Situation géographique du site du barrage de Tabellout, visualisée sur Google Earth	48
Figure 35 : Bassin versant de l'Oued Djendjen	50
Figure 36 : Carte simplifiée montrant la géologie de la petite Kabylie	51
Figure 37 : Formations géologiques au niveau du site de Tabellout	52
Figure 38 : Localisation des points de prélèvement des eaux de surface du barrage Tabellout	53
Figure 39 : Appareil de mesure du pH (pH mètre Ph3110)	56
Figure 40 : Appareil de mesure du Turbidité (Turbidimètre AL255T-IR).....	56
Figure 41 : Appareil de mesure de la conductivité et TDS et salinité	57
Figure 42 : Appareil de mesure de l'oxygène dissous (Oxymètre SensoDirect 150).....	57
Figure 43 : Appareil de mesure de l'absorbance d'une solution homogène (Spectrophotomètre Libra S22)	58
Figure 44 : Dosage de l'azote ammoniacal (NH_4^+)	60
Figure 45 : Dosage de sulfate (SO_4^{2-})	61
Figure 46 : Dosage de silicium (Si(OH)_4).....	62
Figure 47 : dosage des nitrites (NO_2^-).....	64
Figure 48 : dosage des nitrates (NO_3^-).....	65
Figure 49 : Dosage De Chlorure (Cl^-)	66
Figure 50 :dosage des phosphates (PO_4^{3-})	67
Figure 51 : Dosage de Carbonate et de Bicarbonate.....	69
Figure 52 : Filet a plancton (Phytoplancton et Zooplancton)	69
Figure 53 : Microscope OPTIKA observation des espèces planctoniques.	70
Figure 54 : Distribution des teneurs en Phosphore (PO_4^{3-}) dans le barrage de Tabellout au cours de période d'étude (Avril 2025)	74
Figure 55 : Distribution des teneurs en Ammonium (NH_4^+) dans le barrage de Tabellout au cours de période d'étude (Avril 2025)	75
Figure 56 : Distribution des teneurs en Nitrates (NO_3^-) dans le barrage de Tabellout au cours de période d'étude (Avril 2025).....	76
Figure 57 : Distribution des teneurs en Nitrites (NO_2^-) dans le barrage de Tabellout au cours de période d'étude (Avril 2025).....	77
Figure 58 : Distribution des teneurs en Azote Inorganique Dissous (NID) dans le barrage	

de Tabellout au cours de période d'étude (Avril 2025)	78
Figure 59 : Distribution des teneurs en Ortho silicates (Si(OH)_4) dans le barrage de Tabellout au cours de période d'étude (Avril 2025)	79
Figure 60 : Distribution des teneurs en Sulfate (SO_4^{2-}) dans le barrage de Tabellout au cours de période d'étude (Avril 2025)	80
Figure 61 : Distribution des teneurs en Bicarbonates (HCO_3^-) dans le barrage de Tabellout au cours de période d'étude (Avril 2025)	81
Figure 62 : Distribution des teneurs en Carbonates (CO_3^{2-}) dans le barrage de Tabellout au cours de période d'étude (Avril 2025)	82
Figure 63 : Distribution des teneurs en chlorure dans le barrage de Tabellout au cours de période d'étude (Avril 2025)	83
Figure 64 : Distribution des teneurs en sodium dans le barrage de Tabellout au cours de période d'étude (Avril 2025).....	84
Figure 65 : Les fréquences d'occurrence (%) des Genres du Phytoplancton dans le barrage de Tabellout	90
Figure 66 : Les classes de fréquence d'occurrence (%) des Genres du Phytoplancton dans le barrage de tabellout	91
Figure 67 : Les fréquences d'occurrence (%) des Genres du zooplancton dans le barrage de Tabellout.....	96
Figure 68 : Les classes de fréquence d'occurrence(%) des Genres du zooplancton dans le barrage de tabellout	97

Liste des abréviations

ABH : Agence des bassins hydrographiques

AFNOR : Association Française de Normalisation

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques

Avr : Avril.

BCR : Béton compacté au rouleau.

C : Carbone.

C° : Degré Celsius.

Ca²⁺ : L'ion calcium.

CE : Conductivité électrique.

Chl *a* : Chlorophylle *a*.

Cl⁻ : Chlorure.

CO : Monoxyde de carbone.

CO₂ : Dioxyde de carbone.

DBO₅ : Demande biochimique en oxygène.

DCE : la Directive Cadre sur l'Eau

DCO : Demande chimique en oxygène.

Déc : Décembre.

DSi : La silice dissoute

°f :le degré français

Fév : Février.

g/m³ : Gramme par mètre cube.

GF/F : filtres Whatman .

h : Heure.

H⁺ : L'ion d'hydrogène.

H₂O : Monoxyde de dihydrogène.

H₂S : Thiosulfate.

H₂SO₄ : L'acide sulfurique.

HCO₃⁻ : L'ion bicarbonate.

HSiO₃²⁻ : ions silicates.

IBD : L'Indice Biologique Diatomées

Ig : l'indice de pente global

Jan : Janvier.

Jui : Juin.

Juil : Juillet.

K : l'indice de compacité de Gravillius

K⁺ : L'ion potassium.

Km : Kilomètre.

Km² : Kilomètre carré.

L : Litre.

LSNM : Laboratoire des Sciences Naturelles et Matériaux.

m : Mètre.

m/s : Mètre par seconde.

m² : Mètre carré.

m³ : Mètre cube.

m³/s-1 : Mètre cube par seconde.

Mar : Mars.

MES : Matières en suspension.

meq/L : milliéquivalents par litre.

mg : Milligramme.

mg/l : Milligramme par litre.

Mg²⁺ : L'ion magnésium.

ml : Millilitre.

mm : Millimètre.

Moy : Moyenne.

MO : La matière organique

Ms/cm : milli simens par centimètre.

N : Azote.

N₂ : Diazote.

Na⁺ : L'ion sodium.

NED : dichlorhydrate de N-(1-naphtyl)-éthylènediamine

NH₃ : L'ammoniac.

NH₄⁺ : l'ammonium.

NGA : Nivellement Général d'Algérie

nm : nanomètre

NO : Monoxyde d'azote.

NO₂ : Dioxyde d'azote.

NO₃⁻ : Nitrates.

Nov : Novembre.

NTU : Unité de turbidité néphélométrique.

OD : l'oxygène dissous

O₂ : Dioxygène.

Oct : Octobre.

OH⁻ : ions hydroxyles.

ONM : Office national de la météorologie.

PO₄³⁻ : Les Ortho-phosphates

ph: Le potentiel hydrogène

Sep : Septembre.

SEQ :Système d'Evaluation de la Qualité des eaux superficielles

SO₂ : Dioxyde de soufre.

SO₄²⁻ : L'ion sulfate.

T : Température.

Tab : Tableau.

TA : titre alcalimétrique simple

TAC : titre alcalimétrique complet

TDS : Taux de Solides Dissous.

Tur : La turbidité

μm : Micromètre.

μs/cm : Microsiemens par centimètre.

μs/m : Microsiemens par mètre.

λ : Longueur d'onde.

> : Inférieure.

< : Supérieure.

% : Pourcentage.

Introduction

Introduction

Les eaux de surface représentent une grande part de la couverture de la Terre, bien que la majorité de ces eaux soient marines. En effet, environ 98 % des eaux de surface sont des eaux salées, tandis que les 2 % restants correspondent aux eaux continentales, qui comprennent les rivières, lacs, étangs, glaciers, calottes glaciaires et nappes souterraines (Elegbede *et al.*, 2019; Gleick, 1993). Ces eaux continentales, en raison de leur diversité et de leurs multiples usages, sont d'une importance capitale pour les activités humaines. Elles sont essentielles non seulement pour les besoins domestiques (eau potable, loisirs), mais également pour les secteurs agricoles, halieutiques et industriels. En fournissant une multitude de services écosystémiques, ces milieux aquatiques continentaux possèdent une valeur économique irremplaçable (Gleick, 1993 ; Costanza *et al.*, 1997).

Cependant, face à une croissance démographique rapide et à l'intensification des activités humaines, les écosystèmes aquatiques subissent une dégradation continue. Partout dans le monde, de nombreux plans d'eau sont gravement affectés par des pollutions, qu'elles soient ponctuelles ou diffuses. Cette pollution peut modifier de manière irréversible l'état écologique des écosystèmes lacustres, comme en témoigne l'évolution de leur qualité de l'eau. Les perturbations chimiques, physiologiques et comportementales observées chez certaines espèces ou groupes d'espèces sont des indicateurs clairs de cette altération de la qualité des eaux (TortAjada, 2013). La santé d'un écosystème aquatique se reflète donc davantage dans la structure et le fonctionnement des communautés biologiques qui le peuplent, plutôt que dans des paramètres abiotiques seuls (Reyjol *et al.*, 2011).

Les eaux de surface contiennent une variété de substances, tant de nature physico-chimique (sels minéraux, matières en suspension, micropolluants organiques et minéraux) que biologique (bactéries, virus, parasites, etc.). La présence de certains de ces éléments peut non seulement altérer les caractéristiques organoleptiques de l'eau, mais aussi entraîner des risques sanitaires importants pour les populations humaines (Beaudry, 1984). Les paramètres physico-chimiques, tels que la température, le pH, la solubilité des gaz dissous, ainsi que la concentration de nutriments tels que les nitrates, les nitrites et les phosphates, jouent un rôle déterminant dans la répartition et la composition des espèces planctoniques. Ces facteurs influencent de manière directe la croissance du phytoplancton, qui constitue la base de la chaîne alimentaire aquatique. Par ailleurs, le zooplancton et d'autres organismes trophiquement liés au phytoplancton dépendent de ces paramètres pour leur survie (Hamaïdi, 2012).

Dans ce contexte, les organismes aquatiques, et en particulier le plancton, s'avèrent être des bioindicateurs efficaces de la qualité de l'eau. Selon [Sherrard et al. \(2006\)](#), l'abondance et la composition des communautés planctoniques constituent des indices précieux pour évaluer la structure et la santé des écosystèmes aquatiques. Le plancton occupe une position centrale dans les chaînes alimentaires des écosystèmes aquatiques, qu'ils soient dulcicoles, marins ou saumâtres. Le phytoplancton, en tant que premier maillon de cette chaîne, est consommé par le zooplancton, ce qui crée un réseau trophique complexe ([Guy, 2006](#)). La qualité de ce réseau trophique et de ses interactions est directement liée à la stabilité, à la résilience des populations qui en dépendent, et, par extension, à la santé de l'écosystème aquatique dans son ensemble ([Masmoudi, 2014](#)).

En raison de leur rôle crucial dans les écosystèmes aquatiques, les communautés planctoniques sont de précieux bio-indicateurs pour évaluer la qualité des masses d'eau. Il est donc fondamental de suivre et d'analyser leur composition, leur abondance, leur biomasse ainsi que leur variabilité spatio-temporelle, bien que cela représente une tâche complexe et délicate.

L'objectif principal de cette étude est de mieux comprendre la structure et le fonctionnement des communautés planctoniques, afin d'apporter des éléments de réponse sur leur utilisation comme outils d'évaluation de la qualité des écosystèmes aquatiques.

Chapitre I
Synthèse Bibliographique

Partie I : Généralités sur l'eau

1. Cycle de l'eau

L'eau constitue un élément fondamental pour la vie sur Terre. Elle recouvre environ 72 % de la surface de la planète et représente une réserve totale estimée à 1,4 milliard de kilomètres cubes au sein de la biosphère (Valiron, 1989 ; Genin et al., 2003 ; Cosandey et al., 2003). Cependant, seule une fraction infime de ce volume est réellement mobile et participe activement au cycle hydrologique, un processus essentiel à la régulation des écosystèmes et au maintien de la vie.

Le cycle de l'eau, également appelé cycle hydrologique, décrit les échanges permanents entre l'eau présente dans le sol et l'eau atmosphérique. Ces échanges sont principalement régis par les processus d'évaporation et de précipitations (Cosandey et al., 2003 ; Touchart, 2003). Ce cycle naturel, en perpétuel mouvement, intègre toutes les composantes du système climatique global, notamment l'atmosphère, les océans, les terres émergées et la biosphère continentale (Drissi, 2008). Il assure ainsi la redistribution de l'eau à l'échelle planétaire, sous ses différents états physiques : gazeux, liquide et solide.

Le cycle de l'eau peut être schématisé à l'échelle terrestre en plusieurs étapes clés (Figure 1) :

1.1. Évapotranspiration

La principale source d'eau douce provient de l'évaporation des océans, un processus déclenché par l'énergie solaire (Boeglin, 2006). À cela s'ajoutent l'évaporation des rivières et des lacs, ainsi que l'évapotranspiration des végétaux, qui rejettent de l'eau dans l'atmosphère sous forme de vapeur (Genin et al., 2003). Ces phénomènes contribuent à la formation de vapeur d'eau dans l'atmosphère, essentielle au déclenchement des précipitations.

1.2. Précipitations

La vapeur d'eau présente dans l'atmosphère se condense pour former des nuages, qui donnent ensuite lieu à des précipitations sous forme de pluie, de neige ou de grêle (Boeglin, 2006). Une partie de cette eau atteint directement les cours d'eau par ruissellement de surface, tandis qu'une autre partie s'infiltre dans le sol. Cette eau infiltrée peut être stockée temporairement dans les nappes phréatiques avant d'être restituée aux cours d'eau via des exurgences ou des sources (Genin et al., 2003).

Ce cycle de renouvellement de l'eau est un processus dynamique et continu, essentiel à l'équilibre des écosystèmes terrestres et aquatiques. Il illustre l'interdépendance entre les

différents réservoirs d'eau et les mécanismes climatiques, soulignant l'importance de préserver cette ressource vitale pour les générations futures.

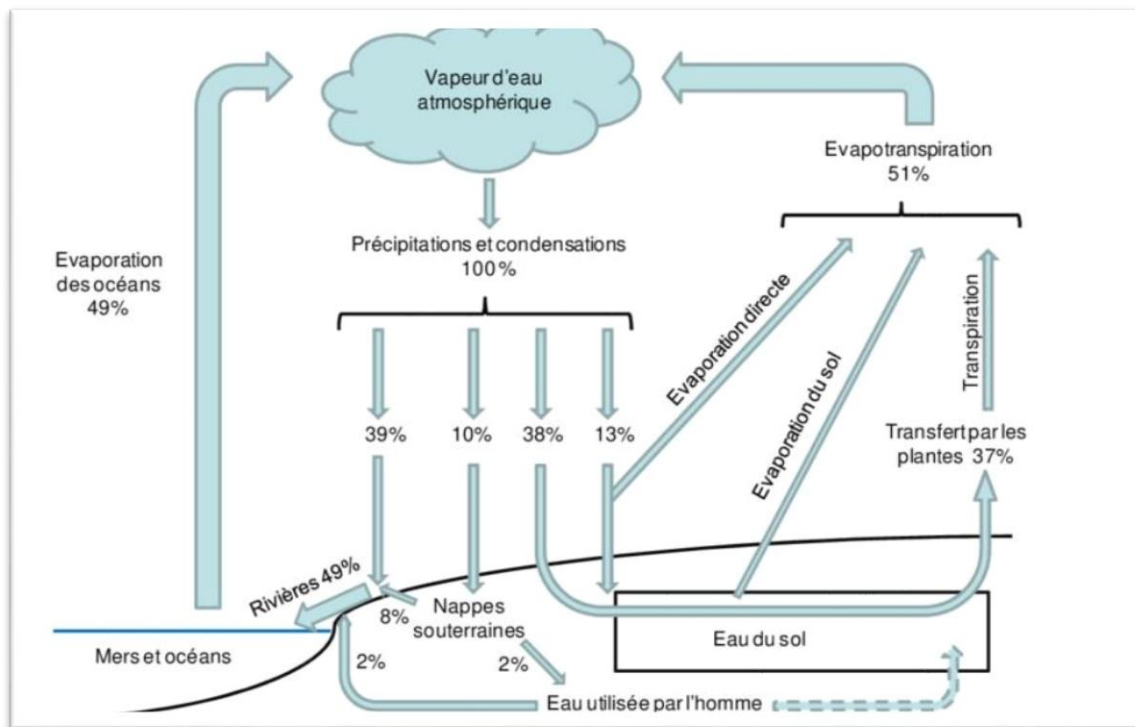


Figure 1 : Cycle général de l'eau (Juery, 2002)

2. Les ressources hydriques

Les réserves naturelles d'eau disponibles sur Terre sont constituées de trois principales catégories : les eaux souterraines (issues de l'infiltration et stockées dans les nappes phréatiques), les eaux de surface (retenues ou en écoulement, telles que les barrages, les lacs et les rivières), et les eaux de mer (Degrémont, 2005). Chacune de ces sources joue un rôle crucial dans l'approvisionnement en eau et le maintien des écosystèmes.

2.1 Eaux de surface

Les eaux de surface regroupent l'ensemble des eaux qui circulent ou sont stockées à la surface des continents, incluant les rivières, les lacs, les étangs, les barrages, etc. (Blundell et al., 2004 ; Degrémont, 2005 ; Boeglin, 2006). La composition chimique de ces eaux est fortement influencée par la nature des terrains qu'elles traversent au cours de leur parcours dans les bassins versants (Monod, 1989 ; Boeglin, 2006 ; Habila, 2008). En général, les eaux de surface sont riches en gaz dissous, tels que l'oxygène, l'azote et le gaz carbonique (Cardot,

1999), ainsi qu'en matières en suspension, en matières organiques et en plancton. Cependant, elles sont également très sensibles à la pollution, qu'elle soit d'origine minérale ou organique.

Dans certains cas, les eaux de surface peuvent devenir le siège d'un développement important de phytoplancton (algues) et de zooplancton, notamment en situation d'eutrophisation. Certains de ces organismes sont capables de sécréter des substances sapides (modifiant le goût de l'eau) ou odorantes, voire des toxines potentiellement nocives pour la santé humaine et l'environnement.

La qualité des eaux de surface est sujette à des variations saisonnières, ce qui nécessite des processus de traitement et de désinfection adaptés pour répondre aux fluctuations de leur état. En raison de leur exposition directe aux polluants et aux variations environnementales, les eaux de surface demandent une surveillance plus rigoureuse et une désinfection plus intensive que les eaux souterraines (Degrémont, 2005). Cette sensibilité accrue aux contaminants et aux changements environnementaux souligne l'importance d'une gestion durable et d'un suivi régulier pour préserver la qualité de cette ressource essentielle.

2.2 Eaux souterraines

Les eaux souterraines proviennent principalement de l'infiltration de l'eau de pluie, qui traverse les différentes couches du sol pour atteindre les nappes aquifères. La composition chimique de ces eaux est largement influencée par la nature des terrains qu'elles traversent. Généralement considérées comme des "eaux propres", elles répondent souvent aux normes de potabilité sans nécessiter de traitement complexe. Cependant, bien qu'elles soient moins sensibles aux pollutions accidentelles que les eaux de surface, elles peuvent perdre leur pureté originelle en cas de contamination par des polluants persistants (Cardot, 1999 ; Anctil, 2008).

D'un point de vue hydrogéologique, les couches aquifères se divisent en deux catégories principales :

1. **Nappes phréatiques ou alluviales** : Situées à faible profondeur, ces nappes sont alimentées directement par les précipitations pluvieuses ou par les écoulements d'eau de surface. Elles sont souvent plus vulnérables aux variations climatiques et aux pollutions locales.
2. **Nappes captives** : Plus profondes, ces nappes sont séparées de la surface par une couche imperméable. Leur alimentation se fait principalement par infiltration sur leurs bordures, ce qui les rend moins exposées aux pollutions de surface mais aussi plus difficiles à

recharger (Castany, 1998 ; Cardot, 1999 ; Lallemand-Barrés et Roux, 1999 ; Cosandey et al., 2003).

Les eaux souterraines jouent un rôle essentiel dans le cycle de l'eau et contribuent aux équilibres naturels. Elles représentent une ressource renouvelable majeure, exploitée pour l'approvisionnement en eau potable, l'irrigation agricole et les usages industriels (Bensaoula et al., 2007). Leur gestion durable est donc cruciale pour préserver cette ressource vitale.

2.3 Eaux de mers et océans

Les mers et les océans constituent les plus vastes réservoirs d'eau sur Terre, couvrant environ les trois quarts de la surface de la planète. Ils représentent près de 97,4 % du volume total d'eau disponible sur Terre, le reste étant constitué des eaux continentales (eaux souterraines et superficielles) (Jacques, 1996 ; Boeglin, 2006).

Les eaux de mer se caractérisent par une salinité élevée, ce qui leur vaut le qualificatif d'"eaux saumâtres". Cette forte teneur en sel rend leur utilisation directe impossible sans traitement préalable. Le dessalement de l'eau de mer, bien que techniquement réalisable, reste une solution coûteuse et énergivore, limitant son utilisation à des contextes spécifiques (Boeglin, 2006).

3. La qualité des eaux de surface

La qualité des eaux de surface est déterminée par plusieurs facteurs, notamment leur teneur en organismes vivants (comme le plancton) et en substances organiques ou minérales. Lorsque l'eau de pluie traverse l'atmosphère, elle absorbe des gaz (comme l'oxygène et le dioxyde de carbone) et entraîne des particules de poussière, ce qui influence sa composition chimique dès son arrivée au sol (Alligui, 2010).

La qualité de l'eau est définie par un ensemble de critères physico-chimiques qui reflètent son degré de pureté et son aptitude à différents usages (alimentaires, domestiques, agricoles ou industriels). Les eaux de surface se caractérisent par :

- **La présence de gaz dissous**, en particulier l'oxygène dissous (OD), essentiel à la vie aquatique.
- **Une charge importante en matières en suspension (MES)**, surtout dans les eaux courantes.
- **La présence de matières organiques d'origine naturelle**, issues de la décomposition des végétaux ou des organismes aquatiques.

- **La présence de plancton**, incluant le phytoplancton (algues) et le zooplancton (micro-organismes animaux).
- **Des variations journalières** liées à la température et à la pluviométrie, qui influencent les propriétés physico-chimiques de l'eau (Ramade, 2000).

Ces caractéristiques font des eaux de surface une ressource dynamique mais vulnérable, nécessitant une surveillance constante et des traitements adaptés pour garantir leur qualité et leur disponibilité pour les différents usages humains et éco-systémiques.

4. Les caractéristiques physico-chimiques des eaux de surface

L'évaluation de la qualité des eaux de surface repose sur l'analyse de paramètres physico-chimiques ainsi que sur la présence ou l'absence d'organismes et de micro-organismes aquatiques (De Villers et al., 2005). Ces paramètres permettent de déterminer l'état de santé des écosystèmes aquatiques et leur aptitude à différents usages.

4.1 Les caractéristiques physiques

4.1.1 La température

La température est l'un des paramètres les plus importants du milieu aquatique, car elle influence presque toutes les propriétés physiques, chimiques et biologiques de l'eau. Elle affecte notamment la solubilité des sels et des gaz, ainsi que la teneur en oxygène dissous, un élément essentiel à la vie aquatique (De Villers et al., 2005 ; Rodier, 2009). Par conséquent, la température a un impact direct sur la quantité et la qualité des organismes autotrophes (comme les plantes aquatiques et le phytoplancton), en influençant le taux de photosynthèse. Elle affecte également indirectement les organismes hétérotrophes (comme les poissons et les invertébrés), qui dépendent des autotrophes pour leur nourriture (Hamaïdi, 2012).

La température de l'eau varie tout au long de l'année en fonction des changements saisonniers de la température de l'air, de la durée du jour et de l'intensité des radiations solaires. Ces variations dépendent du climat local et ont un impact direct sur la productivité des écosystèmes aquatiques, tels que les lacs (Bouziani, 2000 ; Hamaïdi, 2012).

4.1.2 Le potentiel hydrogène (pH)

Le pH est une mesure de l'acidité ou de l'alcalinité de l'eau, déterminée par la concentration en ions hydrogène (H^+). Une eau est considérée comme neutre lorsque son pH

est égal à 7. Un pH inférieur à 7 indique une eau acide, tandis qu'un pH supérieur à 7 caractérise une eau basique (Rejseck, 2002 ; Rodier, 2009 ; Hamaidi, 2012).

Dans les eaux naturelles, le pH est généralement lié à la nature des terrains traversés et varie habituellement entre 7,2 et 7,6. Cependant, dans certains cas, il peut fluctuer entre 4 et 10, en fonction de la composition géologique des sols (acides ou basiques) (De Villers *et al.*, 2005). Des pH faibles (acides) augmentent le risque de présence de métaux sous forme ionique, souvent plus toxiques pour les organismes aquatiques. À l'inverse, des pH élevés (basiques) favorisent des concentrations plus importantes d'ammoniac, une substance toxique pour les poissons.

Le pH joue également un rôle clé dans la détermination du caractère agressif ou incrustant d'une eau. Il interagit avec d'autres paramètres physico-chimiques, tels que la dureté, le dioxyde de carbone, l'alcalinité et la température, pour influencer des phénomènes complexes comme la corrosion ou la formation de dépôts minéraux (Rejseck, 2002 ; Rodier, 2009).

Ces caractéristiques physiques, notamment la température et le pH, sont essentielles pour comprendre et gérer la qualité des eaux de surface, ainsi que pour préserver les écosystèmes aquatiques et les ressources en eau.

4.1.3 La turbidité (Tur)

La turbidité de l'eau est un indicateur de sa transparence et est principalement causée par la présence de matières en suspension (MES). Ces matières peuvent inclure des particules fines telles que les argiles, les grains de silice, les limons et les microorganismes (Jean-Claude, 1992 ; Bouziani, 2000). La turbidité se manifeste par un aspect trouble de l'eau, résultant de la réduction de sa transparence due à la présence de particules non dissoutes.

Une partie de la turbidité peut également être attribuée à des matières colloïdales d'origine organique ou minérale. Ce phénomène est causé par la diffusion de la lumière, qui est déviée dans toutes les directions par les particules en suspension dans l'eau. Les sources de ces particules sont variées : elles peuvent provenir de l'érosion des roches, de l'entraînement de matières minérales ou organiques du sol, ou encore de déversements d'eaux usées domestiques ou industrielles riches en matières en suspension (Derwiche *et al.*, 2010).

La turbidité est un paramètre important pour évaluer la qualité de l'eau, car elle affecte la pénétration de la lumière dans les écosystèmes aquatiques, influençant ainsi la photosynthèse et la vie aquatique.

4.1.4 La conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique (CE) mesure la capacité de l'eau à conduire un courant électrique. Elle est un indicateur clé de la minéralisation de l'eau, c'est-à-dire de la concentration en sels dissous, et permet de suivre l'évolution de cette minéralisation (Samake, 2002 ; Rodier, 1984). La conductivité varie en fonction de la température de l'eau, et une valeur élevée peut indiquer soit des pH anormaux, soit une salinité élevée, qu'elle soit d'origine naturelle ou due à des rejets salins (Mehennaoui-Afri, 1998 ; Rejseck, 2002 ; Rodier, 2009).

La quantité totale de matières dissoutes (TDS) dans l'eau peut être estimée en multipliant la valeur de la conductivité par un facteur empirique. Ce facteur dépend de la nature des sels dissous et de la température de l'eau. La connaissance de la teneur en sels dissous est essentielle, car chaque organisme aquatique a des exigences spécifiques concernant ce paramètre. Les espèces aquatiques sont généralement sensibles à des variations importantes de la concentration en sels dissous, qui peuvent survenir, par exemple, en cas de déversements d'eaux usées (De Villers *et al.*, 2005).

La conductivité électrique est donc un paramètre crucial pour évaluer la qualité de l'eau et son impact sur les écosystèmes aquatiques. Elle permet de détecter des anomalies liées à la pollution ou à des modifications naturelles de la composition chimique de l'eau.

4.1.5 La matière organique (MO)

Les matières organiques (MO) sont des composés complexes contenant du carbone, produits par les organismes vivants ou introduits dans l'environnement par les activités humaines. Ces substances peuvent avoir des effets négatifs sur la qualité de l'eau, notamment en perturbant les écosystèmes aquatiques (Rengrajan, 2019).

Lorsque des apports importants de matière organique sont présents dans un milieu aquatique, ils peuvent entraîner une consommation excessive d'oxygène dissous lors de leur décomposition. Cette désoxygénation peut avoir des conséquences graves pour l'écosystème. L'origine de ces apports excessifs peut être endogène, comme une forte production primaire (par exemple, une prolifération de phytoplancton). Dans ce cas, la désoxygénation se manifeste principalement en profondeur, où le phytoplancton sédimente et où la lumière est insuffisante pour permettre la photosynthèse et la réoxygénation de l'eau. Cette situation peut entraîner une augmentation significative de la mortalité des espèces aquatiques les plus sensibles (Meybeck *et al.*, 1995).

4.1.6 L'oxygène dissous (OD)

L'oxygène dissous (OD) est un élément essentiel à la vie aquatique, bien qu'il ne fasse pas partie des constituants naturels de l'eau (Ramade, 1998). Les concentrations en oxygène dissous, associées aux valeurs de pH, constituent l'un des paramètres les plus importants pour évaluer la qualité de l'eau et sa capacité à soutenir la biodiversité aquatique.

Dans les eaux de surface, l'oxygène dissous provient principalement de deux sources : l'atmosphère (par diffusion à la surface de l'eau) et l'activité photosynthétique des algues et des plantes aquatiques. La concentration en oxygène dissous varie de manière journalière et saisonnière, car elle dépend de plusieurs facteurs, notamment :

- La pression partielle en oxygène de l'atmosphère,
- La température de l'eau (la solubilité de l'oxygène diminue avec l'augmentation de la température),
- La salinité,
- La pénétration de la lumière (nécessaire à la photosynthèse),
- L'agitation de l'eau (qui favorise l'oxygénation),
- La disponibilité en nutriments (qui influence la production primaire).

La concentration en oxygène dissous est également affectée par la consommation d'oxygène par les organismes aquatiques et par les processus d'oxydation et de décomposition de la matière organique présente dans l'eau (De Villers et al., 2005 ; Rodier, 2009).

Une concentration en oxygène dissous inférieure à 1 mg d'O₂ par litre d'eau indique un état proche de l'anaérobiose, où les processus d'oxydation des déchets minéraux, de la matière organique et des nutriments consomment plus d'oxygène que celui disponible. Cet état peut entraîner une augmentation de la solubilité des éléments toxiques libérés des sédiments, menaçant ainsi la vie aquatique. L'oxygène dissous est généralement exprimé en mg/l et peut être mesuré par la méthode de Winkler, basée sur la fixation chimique de l'oxygène et son dosage colorimétrique, ou à l'aide d'une sonde à oxygène (oxymètre) (De Villers et al., 2005).

4.2. Les Caractéristiques chimiques

4.2.1. L'ammonium (NH₄⁺)

L'azote ammoniacal, fréquemment présent dans les eaux superficielles, provient principalement de la décomposition de la matière organique d'origine végétale et animale

(Bremond et Vuichard, 1973), ainsi que des rejets industriels, notamment ceux issus des secteurs chimiques (engrais, textiles) et des activités polluantes (Potelon et Zysman, 1998). En général, l'ammonium subit une transformation rapide en nitrites (NO_2^-) et nitrates (NO_3^-) par le processus d'oxydation bactérienne (Bremond et Vuichard, 1973).

Bien que l'ammonium en soi ne soit pas directement nocif, il peut devenir problématique dans certaines conditions. Lorsque le pH de l'eau augmente, l'ammonium se convertit en ammoniac (NH_3), un gaz soluble dans l'eau qui présente une toxicité élevée pour les organismes aquatiques. Des effets néfastes sur la vie aquatique peuvent apparaître dès que la concentration en ammoniac atteint 0,1 mg/L (De Villers et al., 2005).

Par ailleurs, l'ammonium est couramment utilisé comme indicateur de la pollution de l'eau. Les concentrations d'ammonium dans les eaux brutes varient en fonction de plusieurs facteurs, notamment les conditions environnementales, les activités anthropiques (agriculture, industrie, etc.) et les caractéristiques géographiques de la zone concernée (Fent, 2010). Ces variations en font un paramètre clé pour évaluer la qualité de l'eau et identifier les sources de contamination.

4.2.2. Les Nitrates (NO_3^-)

Les nitrates sont des sels minéraux dérivés de l'acide nitrique. Ils constituent des éléments nutritifs essentiels pour les organismes autotrophes, tant terrestres qu'aquatiques (Ramade, 2000). Leur origine naturelle est principalement liée à la minéralisation de la matière organique, notamment les résidus animaux, le fumier et les engrais azotés, qui contribuent de manière significative à leur présence dans les eaux de surface (Aminot et al., 1990). Les nitrates représentent le stade final de l'oxydation de l'azote organique. Très solubles dans l'eau, ils se trouvent naturellement en faibles concentrations dans les eaux souterraines et superficielles (Potelon et Zysman, 1998 ; Grosclaude, 1999). Cependant, leur présence dans les eaux brutes peut entraîner une toxicité aiguë pour les poissons et autres organismes aquatiques (Zhang, 2017).

4.2.3. Les Nitrites (NO_2^-)

Les nitrites jouent un rôle clé dans le métabolisme des composés azotés, s'insérant dans le cycle de l'azote entre l'ammoniaque et les nitrates. Ils proviennent soit de l'oxydation incomplète de l'ammoniaque, soit de la réduction des nitrates sous l'action de bactéries dénitrifiantes (Rejsek, 2002). Leur présence dans l'eau est généralement rare et en faibles quantités, bien qu'ils soient relativement répandus à des niveaux bien inférieurs à ceux des

nitrites. Les nitrites résultent également de l'oxydation incomplète de la matière organique et peuvent être détectés dans les aliments, l'atmosphère, ainsi que dans les eaux de surface et souterraines (Belghiti *et al.*, 2013).

4.2.4. Les Ortho-phosphates (PO_4^{3-})

Dans les eaux superficielles, dont le pH est généralement compris entre 5 et 8, le phosphore se trouve principalement sous forme d'ortho-phosphates. Leur présence naturelle dans les eaux est liée aux caractéristiques géologiques des terrains traversés et à la décomposition de la matière organique phosphatée (Rodier, 1996). Les ions phosphates présents dans les eaux de surface ou les nappes phréatiques peuvent avoir une origine naturelle (décomposition de la matière organique, lessivage des minéraux) ou anthropique (rejets industriels, notamment agroalimentaires, effluents domestiques contenant des polyphosphates issus des détergents, et engrais agricoles comme les pesticides). Ces composés sont responsables du phénomène d'eutrophisation des lacs et autres masses d'eau (Rodier *et al.*, 2009). En l'absence d'apport d'oxygène, les phosphates ne sont présents qu'à l'état de traces dans les eaux naturelles (Jean Claude, 1992).

4.2.5. Les Ortho-silicates (Si(OH)_4)

La silice est un nutriment essentiel pour de nombreux organismes aquatiques, notamment les diatomées, les radiolaires et les silicoflagellés, qui l'utilisent pour construire leurs squelettes siliceux (Oudot, 1983 ; Garnier *et al.*, 2003). Les silicates, principalement présents sous forme de feldspaths dans les roches cristallines de la croûte terrestre et dans les argiles d'origine marine des roches sédimentaires, constituent l'un des éléments les plus abondants de la planète, représentant environ 27 % de la lithosphère. Bien que la silice ait été largement étudiée par les géologues et géochimistes, son analyse systématique dans le contexte de l'eutrophisation des masses d'eau n'a débuté que tardivement, entre les années 1980 et 1990.

La silice dissoute, d'origine principalement diffuse, dépend de facteurs tels que la lithologie (nature des roches), le débit des cours d'eau et le contexte climatique. Elle est incorporée dans un certain rapport avec le phosphore et l'azote sous forme de silice biogénique. Cette silice biogénique, assimilée par les organismes aquatiques, sédimente dans les réseaux hydrographiques et les réservoirs lorsque le temps de séjour est suffisamment long pour permettre le développement de ces organismes. Cependant, la redissolution de la silice biogénique étant relativement lente, une immobilisation de la silice peut se produire,

exacerbant ainsi les limitations dans les réseaux hydrographiques eutrophisés et aménagés (Garnier et al., 2003).

La silice dissoute (DSi) est généralement mesurée par spectrophotométrie sur des échantillons d'eau filtrés à l'aide de filtres Whatman (GF/F) et conservés au réfrigérateur (Rodier, 1984 ; Garnier et al., 2003). Sur Terre, le silicium est le deuxième élément le plus abondant après l'oxygène, se présentant principalement sous forme d'oxydes dans les minéraux. Les silicates, faiblement solubles dans l'eau, proviennent de la dégradation des minéraux silicatés. Dans l'eau, ils se trouvent sous forme colloïdale ou soluble, avec des concentrations variant généralement entre 5 et 25 mg/L. Dans les eaux salées, le silicium joue un rôle crucial dans la croissance des diatomées et du plancton, qui forment la base de la chaîne alimentaire aquatique (Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, 2016).

4.2.6. Les Sulfates (SO_4^{2-})

Les sulfates sont des ions issus de l'oxydation de composés organiques et inorganiques. Ils peuvent être naturellement présents dans les eaux souterraines, mais également provenir de l'utilisation de produits chimiques tels que les pesticides et les détergents. Bien que les sulfates soient naturellement présents dans l'environnement, leur concentration excessive peut avoir des effets néfastes sur la qualité de l'eau. Par conséquent, leur surveillance est essentielle pour garantir une eau potable de qualité et préserver les écosystèmes aquatiques (Tallha, 2020).

5. Normes et classes de la qualité des eaux superficielles

La qualité des eaux est extrêmement variable dans le temps et elle est fonction de différents facteurs. Afin d'avoir une bonne connaissance de l'état globale d'un cours d'eau, et de pouvoir suivre son évolution dans le temps ; le SEQ (Système d'Evaluation de la Qualité des eaux superficielles) a mis en place un outil d'évaluation qui permet d'obtenir une image globale de la qualité des cours d'eau, et définit les aptitudes à satisfaire les équilibres biologiques et les différents usages des cours d'eau.

Tableau 01 : Grille de la qualité des eaux superficielles l'ANRH(ABH, 2009)

Classe Paramètres	Échelle de Qualité			
	Bonne	Moyenne	Polluée	Très Polluée
DBO₅ mg/l d'o ₂	<5	5 à 10	10 à 15	>15
DCO mg/l d'o ₂	20	20 à 40	40 à 50	>50
MO mg/l	5	5 à 10	10 à 15	>15
NH₄⁺ mg/l	0 à 0,01	0,01 à 0,1	0,1 à 3	>3
NO₂⁻ mg/l	0 à 0,01	0,01 à 0,1	0,1 à 3	>3
NO₃⁻ mg/l	< 10	10 à 20	20 à 40	>40
O₂ diss mg/l d'o ₂	90 à 120	50 à 90	30 à 50	< 30
PO₄⁻³ mg/l	0 à 0,01	0,01 à 0,1	0,1 à 3	>3

- L'appréciation de la qualité des eaux repose sur la comparaison des teneurs en diverses éléments chimiques analysés (souvent appelées paramètres) à des normes ou seuils (tableau 01).
- L'ensemble des seuils pour les paramètres pris en compte constituent une grille de qualité, grâce à laquelle il est possible d'attribuer une classe de qualité des eaux de barrage.

Partie II : Généralités sur le plancton

Le plancton, dérivé du grec *planktos* signifiant « errant », est un terme introduit par [Hensen en 1887](#). Il désigne l'ensemble des organismes aquatiques qui, contrairement au necton, ne possèdent pas de capacité de mouvement propre dans le plan horizontal. Leurs déplacements sont principalement dictés par les courants marins, bien que certains mouvements actifs existent, comme la migration verticale ou l'utilisation de flagelles. Cependant, ces mouvements actifs ne constituent pas la majorité des déplacements planctoniques ([Rossi, 2008](#) ; [Hamaidi, 2012](#) ; [Bandeira, 2013](#) ; [Cadier, 2016](#)).

Le plancton englobe une grande diversité d'organismes, tant procaryotes (bactéries et archéobactéries) qu'eucaryotes, ces derniers pouvant être unicellulaires (protistes) ou pluricellulaires. En termes de taille, le plancton ne se limite pas aux micro-organismes ; il inclut également des organismes de grande taille, pouvant atteindre plusieurs centimètres voire plusieurs mètres, comme certaines méduses du genre *Chrysaora* ou des salpes de la famille des *Salpidea*.

Les organismes planctoniques peuvent être classés selon leur fonction écologique. La classification proposée par Haeckel en 1890 distingue plusieurs catégories :

- **Le phytoplancton**, constitué d'organismes autotrophes (souvent assimilés aux plantes par Haeckel) ;
- **Le zooplancton**, regroupant les organismes planctoniques de nature animale ;
- **Le bactérioplancton**, composé de bactéries ;
- **Le méroplancton**, qui inclut les organismes dont seule une phase du cycle de vie est planctonique, comme les larves d'organismes benthiques ou nectoniques ([Mollo et Noury, 2013](#) ; [Mackas et al., 2007](#) ; [Romain et al., 2013](#) ; [Cadier, 2016](#)).

En outre, les organismes planctoniques peuvent être catégorisés selon divers critères, tels que leur taille, leur nature (procaryote ou eucaryote), les caractéristiques biologiques de leur cycle de développement, leur répartition verticale dans la colonne d'eau, ou encore le type d'environnement qu'ils habitent ([Bandeira, 2013](#) ; [Rossi, 2008](#) ; [Hamaidi, 2012](#)).

Le plancton se trouve principalement dans la colonne d'eau, souvent concentré dans les premiers mètres sous la surface, où la lumière est suffisante pour permettre la photosynthèse du phytoplancton ([Mackas et al., 2007](#)).

1. L'habitat et l'écologie du plancton

Le plancton est omniprésent dans tous les milieux aquatiques. Il se concentre principalement en surface, dans la zone euphotique, c'est-à-dire la couche d'eau où la lumière pénètre et permet la photosynthèse ([Mackas et al., 2007](#)).

L'étude du plancton offre une véritable « échographie » de la biodiversité marine, révélant une multitude d'organismes tels que des microalgues, des œufs et larves de poissons, des mollusques, des petits crustacés et d'autres invertébrés. Ces organismes, en quantités astronomiques (des milliards de milliards d'individus), peuplent les océans, les mers, les lacs, les rivières et les ruisseaux. Ils dérivent entre deux eaux ou sont parfois fixés aux fonds aquatiques. Le plancton se développe particulièrement bien dans les eaux calmes et riches en nutriments, comme les rivières, les estuaires et les marais. Par exemple, les eaux douces des rivières peuvent contenir jusqu'à dix fois plus de plancton que les eaux de la haute mer ([Mackas et al., 2007](#) ; [Mollo et Noury, 2013](#)).

Le plancton se caractérise par une grande diversité d'organismes, tant végétaux qu'animaux, dont la taille varie de 0,2 micron à plusieurs centimètres, voire plusieurs mètres pour les plus grands, comme certaines méduses. Bien que la majorité du plancton soit invisible à l'œil nu, les milliers d'espèces qui le composent représentent une part majeure de la biomasse marine ([Mollo et Noury, 2013](#)).

2. L'historique du plancton

La découverte du plancton est relativement récente et est étroitement liée aux avancées technologiques, notamment l'invention du microscope par Robert Hooke en 1665. Bien que l'existence d'organismes microscopiques flottant à la surface des eaux ait été supposée dès le 18ème siècle, les premières représentations étaient souvent fantaisistes. Ce n'est qu'au 19ème siècle que des descriptions scientifiques rigoureuses ont été réalisées, grâce aux travaux de chercheurs comme Hensen, Nitzsch, Grunow et Peragallo. Ce dernier a notamment proposé la première classification du phytoplancton.

Cependant, la diversité planctonique est immense et varie considérablement dans le temps et dans l'espace. Cette variabilité explique pourquoi de nouvelles espèces sont régulièrement découvertes, soulignant l'importance continue de la recherche dans ce domaine. [1].

3. Le Phytoplancton

3.1. Définition

Le phytoplancton (du grec *phyton*, « plante », et *planktos*, « errant ») désigne l'ensemble du plancton végétal, c'est-à-dire des microorganismes photosynthétiques libres, passifs et en suspension dans la colonne d'eau. Ces organismes peuvent se présenter sous forme de cellules isolées, de colonies ou de filaments. Ils se caractérisent par deux traits principaux :

1. **L'incapacité à nager**, ce qui rend leurs mouvements dépendants des courants aquatiques ;
2. **Une motilité limitée** (chez les espèces flagellées ou ciliées), dont les déplacements restent contraints par leur environnement (Grogan, 2012).

Le phytoplancton regroupe ainsi des microorganismes végétaux capables de produire leur propre matière organique grâce à la photosynthèse, en utilisant l'énergie solaire, l'eau, l'oxygène et les sels nutritifs. Ces organismes jouent un rôle central dans le fonctionnement des écosystèmes lacustres et aquatiques. Les variations de leur production biologique ont des répercussions majeures sur les flux de matière au sein de ces écosystèmes (Hamilton et al., 1997).

Le phytoplancton se distingue par la présence de pigments chlorophylliens, principalement la chlorophylle a, qui leur permet de capter l'énergie lumineuse. Ces

microorganismes sont qualifiés de thallophytes, c'est-à-dire qu'ils sont dépourvus de tige, de racines et de vaisseaux conducteurs. Ils se concentrent dans les couches superficielles des étendues d'eau, généralement entre la surface et une profondeur de 100 mètres dans les mers, où la lumière est suffisante pour la photosynthèse. Leur métabolisme est dominé par un mode de vie autotrophe, basé sur la photosynthèse, qui constitue leur principale, voire unique, source d'énergie et permet la synthèse des molécules nécessaires à leurs cellules ([Dauta et Feuillade, 1995](#)).

3.2. Rôle écologique et enjeux environnementaux

Le phytoplancton constitue la base de la chaîne trophique pélagique et est responsable d'une part essentielle de la production primaire dans les milieux aquatiques. Il est donc indispensable au maintien de la biodiversité et des écosystèmes aquatiques.

Cependant, les eaux douces, en particulier les eaux de surface, qui représentent une ressource vitale pour l'homme, sont de plus en plus menacées par des pollutions d'origine anthropique. Le phytoplancton réagit rapidement à ces perturbations et est souvent utilisé comme indicateur de la qualité des eaux continentales. Dans ce cadre, la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) propose d'utiliser le phytoplancton comme un élément de qualité biologique pour évaluer l'état des écosystèmes aquatiques.

Les proliférations de phytoplancton, souvent liées à des apports excessifs de nutriments (eutrophisation), peuvent avoir des impacts directs sur les écosystèmes aquatiques. Elles entraînent des modifications de la diversité biologique et de la dynamique des populations, perturbant ainsi l'équilibre écologique ([Groga, 2012](#)).

3.3. Classification et systématique du phytoplancton

Le phytoplancton regroupe deux grands types d'organismes qui se distinguent principalement par leur structure cellulaire :

1. Les eucaryotes, dont les cellules possèdent un noyau contenant l'ADN, entouré d'une enveloppe nucléaire ;
2. Les procaryotes, dépourvus de noyau, où l'ADN est libre dans le cytoplasme ([Prescott et al., 2003](#) ; [Sialve et Steyer, 2013](#)).

À ce jour, huit classes principales de phytoplancton ont été identifiées dans les milieux aquatiques. Ces classes sont différenciées sur la base de critères morphologiques, cytologiques, biochimiques et reproductifs ([Groga, 2012](#)).

3.3.1. Les Cyanophytes ou Cyanobactéries

Les cyanobactéries, des organismes procaryotes, comprennent plus de 110 genres et environ 1 000 espèces dulçaquicoles. Ces micro-organismes, dépourvus de flagelles, se présentent sous différentes formes : leur appareil végétatif peut être unicellulaire, colonial ou filamenteux (De Reviers, 2003) (Fig. 2 et 3). Les cellules de cette classe se caractérisent par l'absence de noyau, de plastes et de reproduction sexuée. Appelées également « algues bleues », les cyanobactéries se distinguent des autres procaryotes hétérotrophes par la présence de chlorophylle *a* et de pigments accessoires tels que la phycocyanine, la phycoérythrine et les caroténoïdes (Ganf et al., 1991 ; Schagerl et Donabaum, 2003 ; Colyer et al., 2005).

Capables de coloniser des milieux extrêmes, les cyanobactéries ont survécu à tous les cataclysmes de l'histoire terrestre. Elles ont résisté aux grandes extinctions, survécus pendant des millions d'années en ralentissant leur métabolisme, et se sont adaptées aux changements environnementaux, assurant ainsi la continuité de la vie sur Terre depuis son origine. En tant que seul groupe de phytoplancton résistant aux températures élevées, les cyanobactéries démontrent que la vie peut persister dans des conditions extrêmes (Mollo et Noury, 2013).

Par ailleurs, les cyanobactéries sont souvent considérées comme un indicateur de la mauvaise qualité de l'eau. Leur prolifération excessive révèle généralement la présence de polluants tels que des insecticides, des pesticides ou des métaux lourds, qui rendent l'eau inhospitalière pour la plupart des autres espèces. En absorbant les excès de nutriments minéraux et métalliques, elles jouent un rôle d'épurateur naturel, rappelant leur fonction écologique originelle. Cependant, leur développement massif peut également entraîner un déséquilibre des écosystèmes aquatiques, menaçant la biodiversité et la qualité de l'eau (Benayache et al., 2019).

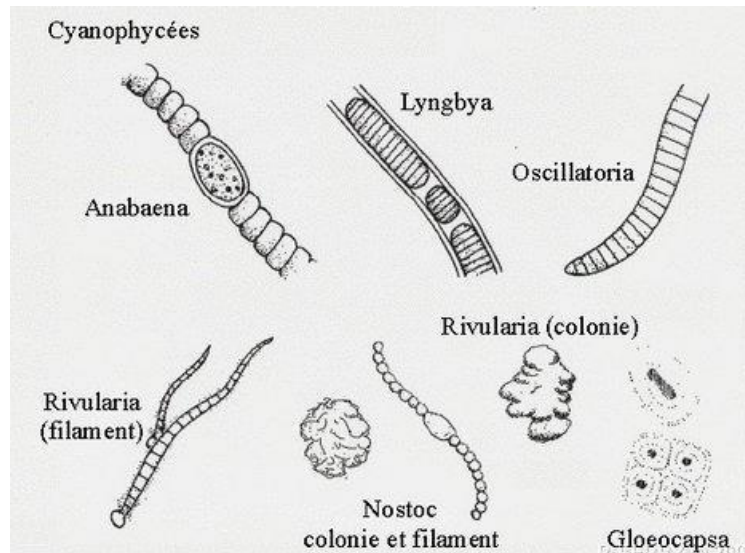
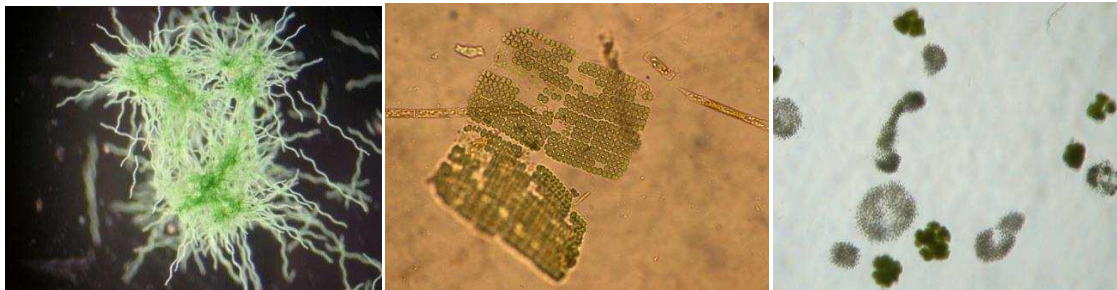


Figure 2 : Quelques espèces des Cyanobactéries [2].



Spiruline

Merismopedia elegans

Microcystis

Figure 3 : Photographie montrant quelques espèces des Cyanobactéries [1].

3.3.2. Les Chlorophycées

Les chlorophycées constituent un groupe extrêmement vaste et morphologiquement très diversifié (Grogan, 2012). On les retrouve principalement en milieu dulçaquicole (eau douce), où elles présentent une grande variabilité de formes. Leurs cellules peuvent être soit isolées, soit associées en structures plus complexes (Fig. 04 et 05). Parfois, ces microalgues prolifèrent de manière ponctuelle, formant des efflorescences algales, ou « blooms », qui colorent l'eau en vert (Mackas et al., 2007).

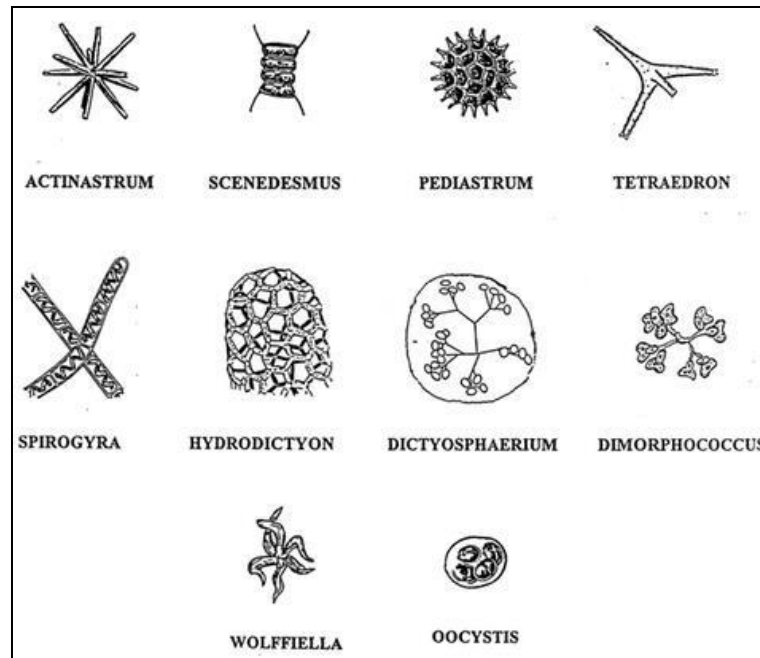


Figure 4 : Quelques espèces des Chlorophytes [3].

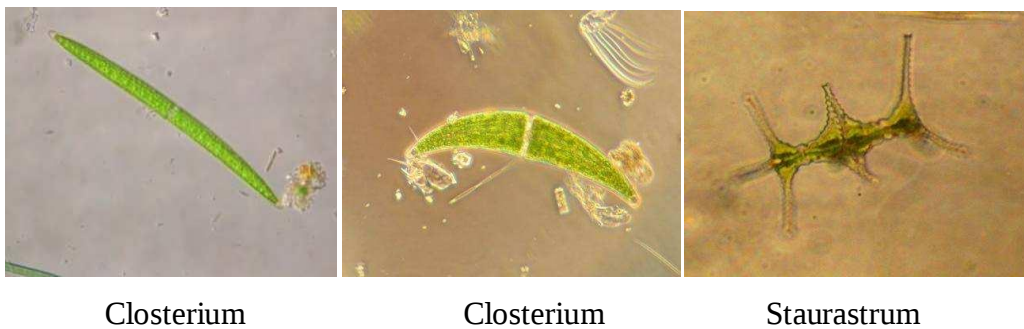


Figure 5 : Photographie montrant quelques espèces des Chlorophytes [1].

3.3.3. Les Xanthophycées

Les Xanthophycées sont des microalgues qui peuvent se présenter sous forme unicellulaire (Fig. 06), coloniale ou filamenteuse. Elles se distinguent par une proportion plus élevée de pigments caroténoïdes, notamment le β -carotène, que de chlorophylle, ce qui leur confère une couleur caractéristique jaune-verte (Ettl, 1978). Les cellules mobiles de ce groupe possèdent deux flagelles de longueur inégale. La paroi cellulaire est souvent absente chez ces organismes ; lorsqu'elle est présente, elle est riche en pectine et peut être imprégnée de silice chez certaines espèces.

La reproduction des Xanthophycées se fait principalement par fission binaire, bien qu'elles puissent également produire des zoospores. Lorsqu'elle a lieu, la reproduction sexuée est majoritairement de type isogame (Ott et Oldham-Ott, 2003).

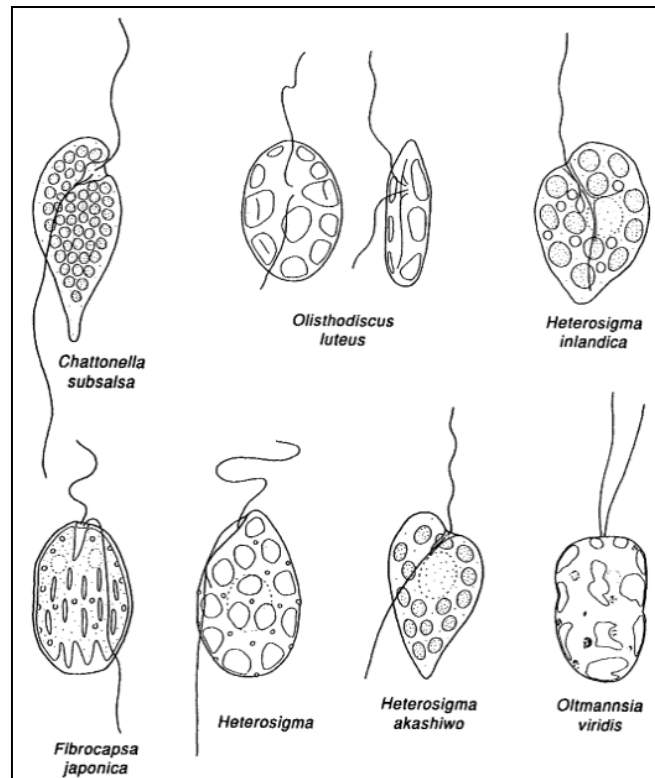


Figure 6 : Quelques espèces des xanthophycées [4]

3.3.4. Les Chrysophycées

Les chrysophycées sont des algues principalement unicellulaires ou coloniales, bien que certaines espèces puissent rarement présenter une forme filamenteuse (Fig. 7). Certaines d'entre elles vivent dans une enveloppe protectrice appelée lorique. Leurs cellules contiennent un ou plusieurs plastides de couleur jaune à brun, en raison de la forte concentration en pigments xanthophylles (comme la lutéine, la fucoxanthine et la diadinoxanthine) et en caroténoïdes (tels que le β -carotène), qui masquent la couleur des chlorophylles *a* et autres (Wetzel, 2001). La majorité de ces cellules sont mixotrophes, c'est-à-dire qu'elles obtiennent leur énergie à la fois par photosynthèse et par absorption de matière organique (Sanders et al., 1990 ; Domaizon et al., 2003).

Le nombre de flagelles varie selon les espèces : certaines cellules sont uniflagellées, tandis que d'autres en possèdent deux, généralement de taille similaire. Beaucoup de chrysophycées n'ont pas de paroi cellulaire rigide et sont simplement entourées d'une membrane cytoplasmique. Cependant, certaines espèces présentent une surface cellulaire recouverte de plaques ou d'écailles siliceuses ou calcaires. La multiplication se fait

principalement par fission binaire ou par zoosporulation. Les phénomènes de reproduction sexuée, bien que rarement observés, sont de type isogamique. En période de repos, les chrysophycées forment des kystes siliceux globuleux, caractéristiques de ce groupe. Ces kystes sont percés d'un pore obstrué par un bouchon (Groga, 2012).

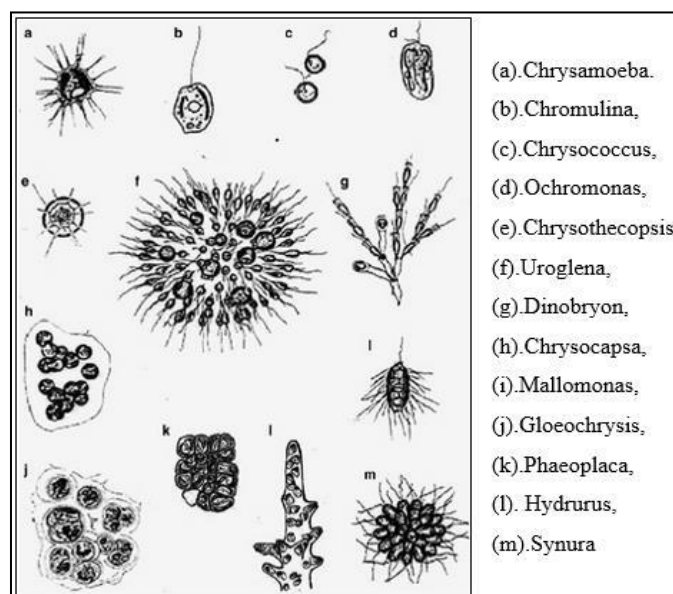


Figure 7 : Quelques espèces des Chrysophycées (Kristiansen, 2005).

3.3.5. Les Diatomées (Bacillariophycées)

Les diatomées, également appelées bacillariophycées ou diatomophycées, sont des organismes microscopiques d'origine végétale qui vivent en milieu aquatique. Elles peuvent se trouver en suspension dans la colonne d'eau (phytoplancton) ou sur les fonds marins et dulçaquicoles, libres ou fixées à divers supports. Ces algues unicellulaires, de couleur jaune à brune, présentent une taille variant de deux micromètres (soit deux millièmes de millimètre) à un millimètre (Fig. 8 ,9 et &10).

Les diatomées jouent un rôle écologique majeur : elles peuvent représenter jusqu'à 80 % du phytoplancton et sont considérées comme l'un des groupes végétaux les plus répandus sur Terre (Mollo et Noury, 2013). Organismes photosynthétiques, elles possèdent un exosquelette siliceux appelé frustule, qui leur confère une structure unique. Ce frustule, composé de deux valves (l'épivalve et l'hypovalve), fait des diatomées un maillon essentiel des cycles biogéochimiques du carbone et de la silice en milieu aquatique (Kemp et al., 2006 ; Round et al., 1990 ; Ruck et Theriot, 2011).

En tant que producteurs primaires majeurs des écosystèmes aquatiques (Goldman, 1993), les diatomées sont à la base de nombreux réseaux trophiques. Elles constituent également l'un des principaux composants du phytoplancton, jouant ainsi un rôle crucial dans la dynamique et la productivité des milieux aquatiques.

Les diatomées sont des organismes ubiquistes capables de coloniser une grande variété de milieux et d'établir des relations diversifiées avec d'autres organismes. On les trouve aussi bien en eau douce qu'en eau salée, dans des environnements tropicaux ou polaires, dans les glaces, ainsi que dans les lacs de haute altitude.

Ces microorganismes, unicellulaires ou coloniaux, sont généralement divisés en deux groupes principaux : les diatomées **centriques**, caractérisées par une symétrie radiale, et les diatomées **pennées**, qui présentent une symétrie bilatérale (Grogg, 2012).

Les diatomées jouent un rôle important en aquaculture et sont largement utilisées comme indicateurs biologiques. L'Indice Biologique Diatomées (IBD), normalisé par l'AFNOR dès 1996, permet d'évaluer la qualité des eaux et de suivre son évolution spatio-temporelle grâce à l'étude des populations diatomiques. Par ailleurs, les frustules siliceux des diatomées suscitent un intérêt croissant pour leurs applications potentielles en nanotechnologies (Gordon et al., 2008).

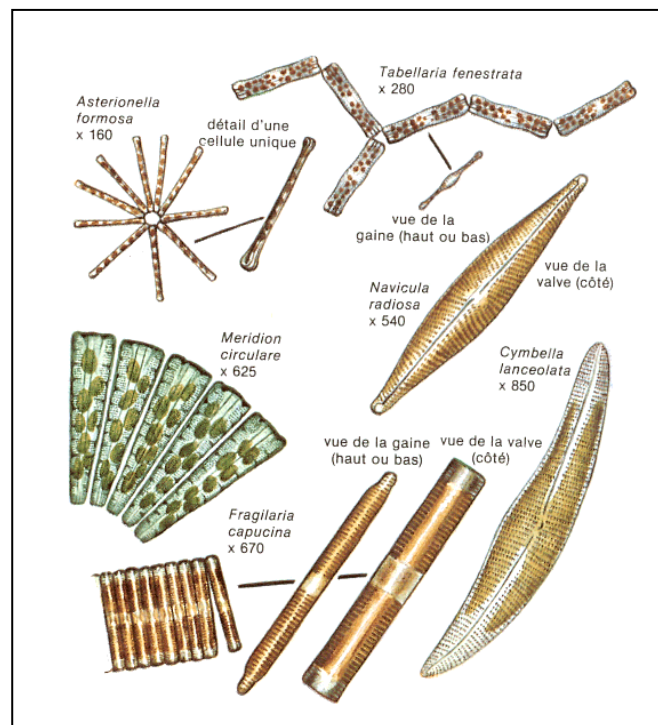


Figure 8 : Quelques espèces des diatomées [5].

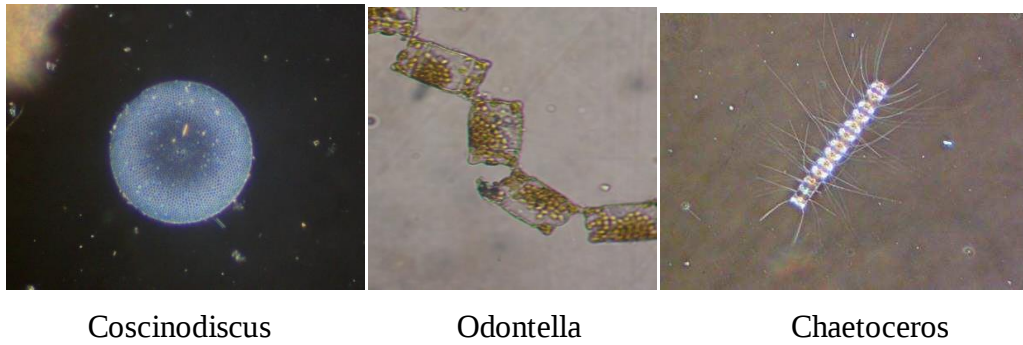


Figure 9 : Photographie montrant Quelques espèces des Diatomées centriques [1].



Figure 10 : Photographie montrant Quelques espèces des Diatomées pennales [1].

3.3.6. Les Cryptophycées

Les Cryptophycées sont des microalgues unicellulaires et mobiles, grâce à la présence de deux flagelles de taille égale. Elles sont dépourvues de paroi cellulaire rigide (Fig. 11). Leur enveloppe, appelée périplaste, est composée de deux couches distinctes : un périplaste interne, formé d'une succession de plaques protéiques, et un périplaste externe, constitué d'une membrane protéique unique. Ces deux couches entourent la membrane plasmique (Kugrens et Clay, 2003)



Figure 11 : *Cryptomonas* sp. L'Échelle = 20 μm. [6]

3.3.7. Les Dinoflagellés

Les Dinoflagellés constituent un groupe très hétérogène, comprenant à la fois des espèces autotrophes et hétérotrophes. Ils se caractérisent par la présence de deux flagelles, qui leur confèrent un mouvement tournoyant caractéristique (du grec « dino », signifiant « toupie »). On les retrouve dans une grande variété de milieux et dans toutes les régions du monde (Fig. 12 et 13). Certaines espèces de ce groupe sont connues pour leur toxicité, pouvant affecter la faune aquatique ou représenter un danger pour l'homme (Grogan, 2012).

Les dinoflagellés sont des microalgues unicellulaires de couleur rouge-orangé, dont la taille varie généralement entre 3 et 50 micromètres. Leurs deux flagelles leur permettent non seulement un mouvement tournoyant distinctif, mais aussi des migrations verticales dans la colonne d'eau. On distingue deux types de dinoflagellés : les formes « nues », dépourvues de protection externe, et les formes « cuirassées », qui possèdent une thèque rigide composée de cellulose. Appartenant à la famille des phytoflagellés, les dinoflagellés (ou dinophycées) sont apparus il y a plus de 400 millions d'années. À ce jour, environ 3 000 espèces ont été identifiées, et de nouvelles espèces continuent d'être découvertes.

Présents dans le monde entier, les dinoflagellés sont particulièrement abondants dans les régions tempérées et polaires. Ils vivent isolés ou en colonies, principalement dans les eaux marines ou saumâtres. Bien que leur développement soit généralement saisonnier (du printemps à l'automne), leur présence est observée de plus en plus fréquemment tout au long de l'année. Comme la plupart des microalgues, ils se reproduisent par division cellulaire. Les dinoflagellés jouent un rôle écologique majeur en contribuant de manière significative à la production primaire des écosystèmes marins, se classant juste après les diatomées. Ils constituent ainsi une source essentielle de nourriture pour la chaîne alimentaire marine, allant des petits organismes jusqu'aux grands poissons et mammifères marins (Mollo et Noury, 2013).

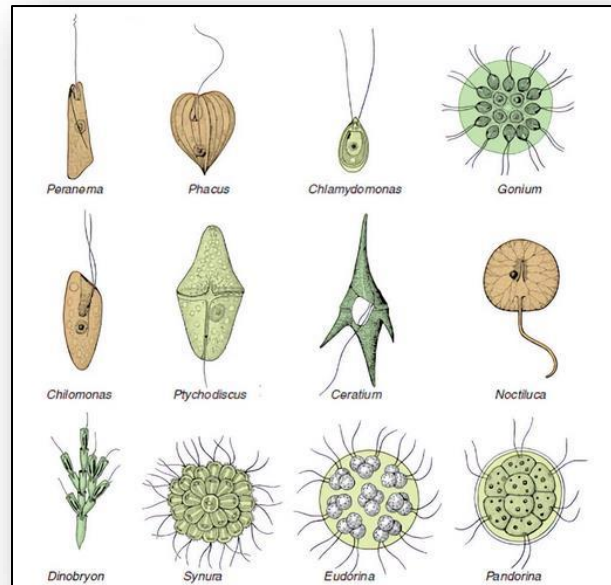
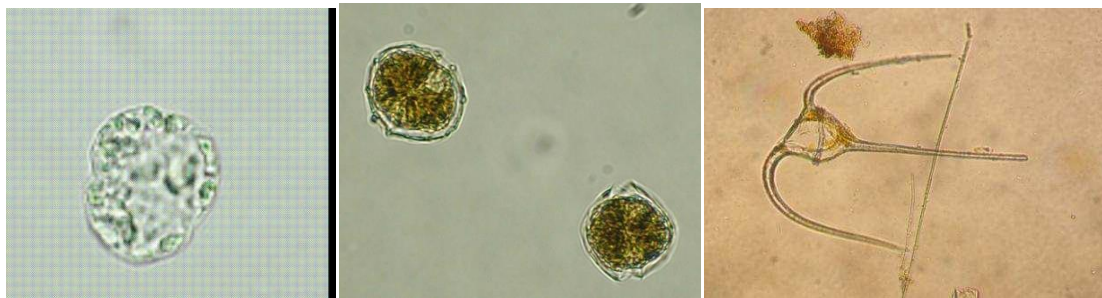


Figure 12 : Quelques espèces des dinoflagellés [7]



Karenia mikimotoi

Alexandrium minutum

Ceratium horridum

Figure 13 : Quelques espèces des dinoflagellés [1]

3.3.8. Les Euglènes

Les euglénophytes sont des algues principalement unicellulaires et flagellées, rarement coloniales. Elles contiennent de la chlorophylle *a* et *b*, et leurs réserves glucidiques sont stockées sous forme de paramylon dans le cytoplasme (Grogg, 2012) (Fig. 14). Ces micro-organismes se trouvent principalement en eau douce, notamment dans des milieux riches en matière organique, mais peuvent également être présents en milieu marin ou dans des eaux saumâtres.

La reproduction des euglénophytes s'effectue par division cellulaire (De Reviers, 2003).

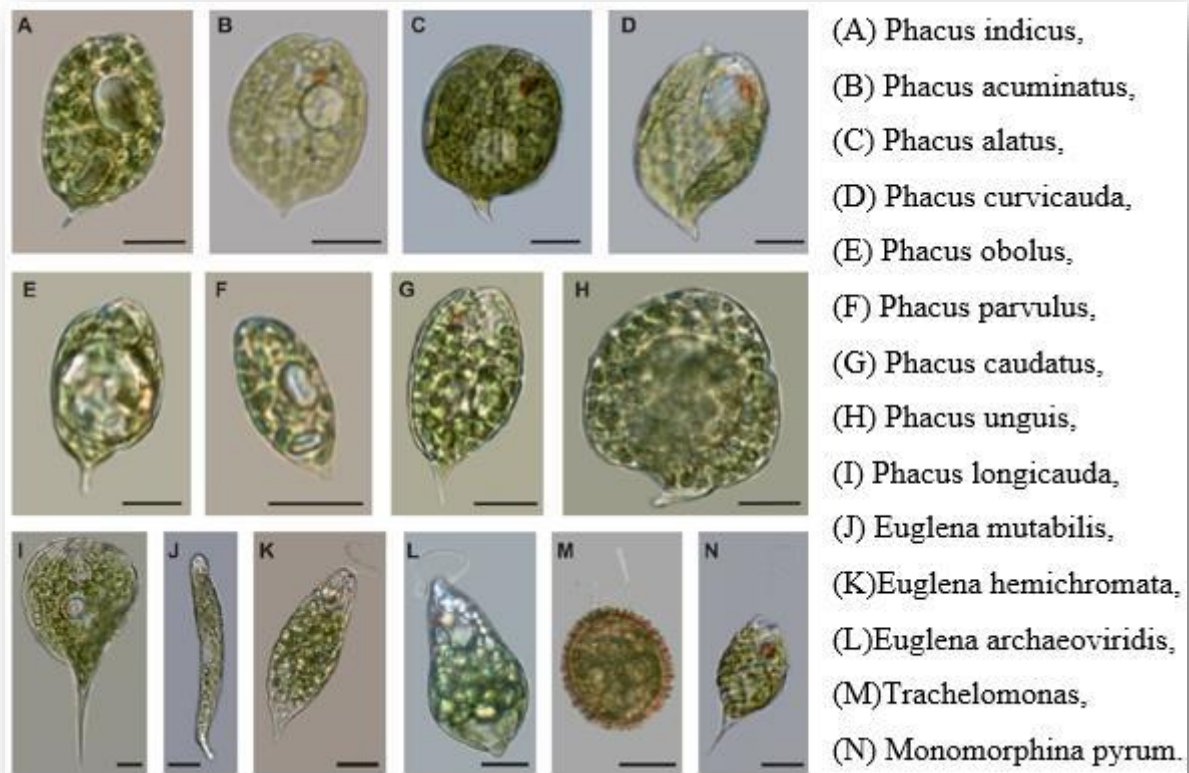


Figure 14 : Quelques espèces des Euglénophycées [8].

3.4. Habitat et écologie du phytoplancton

Le phytoplancton est constitué d'organismes d'une extrême plasticité écologique. Ces espèces, très ubiquistes, colonisent une grande variété de biotopes, tant terrestres qu'aquatiques (Fogg *et al.*, 1973). On les retrouve dans les eaux douces, saumâtres et salées, ainsi que dans des environnements extrêmes tels que les eaux thermales ou les lacs froids des régions arctiques et antarctiques (Skulberg, 1996). Certaines espèces vivent en association avec des animaux (comme les protozoaires, les éponges ou les ascidies, dans un mode de vie endozoïque) ou avec des végétaux (comme les fougères aquatiques ou les angiospermes, dans un mode de vie endophytique) (Couté et Bernard, 2001). D'autres encore forment des symbioses, comme dans le cas des lichens, où elles s'associent à des champignons et à des algues vertes.

Lorsqu'elles sont strictement aquatiques, ces espèces peuvent être soit planctoniques, vivant en suspension dans la colonne d'eau, soit benthiques, fixées ou proches de substrats variés (roches, coraux, algues, animaux). Certaines se développent même à l'intérieur des sédiments (Mur *et al.*, 1999 ; Couté et Bernard, 2001). Leur adaptabilité témoigne de leur rôle écologique crucial dans divers écosystèmes (Bandeira, 2013).

3.5. La place du phytoplancton dans le réseau trophique

Les organismes phytoplanctoniques occupent une position centrale dans les chaînes trophiques pélagiques, étant responsables d'une part essentielle de la production primaire dans les milieux aquatiques. Lorsque les conditions sont favorables (températures élevées, météo calme, et niveaux élevés de nutriments d'origine naturelle ou anthropique), certaines espèces peuvent proliférer de manière significative, formant des efflorescences algales (Reynolds, 1988).

Selon McQueen *et al.* (1986), la structure des communautés aquatiques est influencée par deux types de facteurs interagissant simultanément :

- **Les facteurs ascendants (« bottom-up »)** : Ces facteurs sont liés à la disponibilité des ressources nutritives (apports endogènes et exogènes), qui déterminent le type de peuplement algal.
- **Les facteurs descendants (« top-down »)** : Ces facteurs sont liés à la pression de prédation exercée par les herbivores, qui modifie en retour la structure du réseau trophique.

Au sein du phytoplancton, la stabilisation de la colonne d'eau (influencée par le vent et les courants) entraîne souvent un remplacement des espèces non motiles, comme les diatomées, par des espèces flagellées (telles que les Dinophycées et Chrysophycées) et certaines Cyanophycées (Jones *et Poplawski*, 1998). Ces dernières se déplacent dans la colonne d'eau pour optimiser leur activité photosynthétique en fonction de la lumière et des concentrations en nutriments, une stratégie écologique décrite par Chorus *et Bartram* (1999).

En combinant des paramètres tels que la température, l'intensité lumineuse, les besoins en nutriments, la vitesse de croissance, les déplacements dans la colonne d'eau et la pression de broutage, Reynolds *et al.* (1998, 2002) ont défini des groupes ou assemblages d'espèces phytoplanctoniques. Ces assemblages permettent de caractériser et de comparer les états trophiques des écosystèmes. Ils sont également utiles pour identifier les perturbations écologiques (Kruk *et al.*, 2002).

3.6. La distribution spatiale du phytoplancton

La répartition du phytoplancton dans un écosystème aquatique est influencée par plusieurs facteurs, conduisant à une distribution hétérogène. Cette hétérogénéité résulte de

l'interaction entre des processus physiques et biologiques. Parmi les facteurs physiques, on retrouve la morphologie et la profondeur du lac, l'advection (George et Edwards, 1976), les conditions héliothermiques (Hart, 1990), la teneur en nutriments (Matthew et John, 1989) et la turbidité (Hart, 1990). Les facteurs biologiques incluent la disponibilité en nourriture, les capacités de nage et d'évitement des organismes (Ringelberg, 1969 ; Drenner et Mac Comas, 1980), la prédation (Kerfoot, 1975) et la compétition interspécifique (Diamond, 1979). Ces interactions complexes expliquent la variabilité spatiale du phytoplancton dans les milieux aquatiques.

3.7. Le phytoplancton, indicateur de qualité biologique

Les eaux douces, en particulier les eaux de surface, constituent une ressource vitale pour l'homme, mais elles sont menacées par diverses pollutions d'origine anthropique. Le phytoplancton, sensible à ces perturbations, est un excellent indicateur de la qualité des eaux continentales. La composition des taxons présents, leur assemblage, ainsi que la présence ou l'absence de groupes sensibles (par exemple, aux pollutions) fournissent des informations précieuses sur l'état écologique des milieux.

Reynolds et al. (2002) ont décrit en détail 31 assemblages phytoplanctoniques, considérés comme des groupes fonctionnels. Ces assemblages regroupent des espèces partageant des sensibilités similaires à des combinaisons de propriétés physiques, chimiques et biologiques, telles que la profondeur de la zone de mélange, la lumière, la température, les concentrations en phosphore (P), azote (N), silice (Si), dioxyde de carbone (CO₂) et la pression de prédation. Le phytoplancton, fortement influencé par les changements environnementaux (Padisak et al., 2006 ; Salmaso et al., 2006 ; Anneville et al., 2008), est souvent le premier compartiment biologique à réagir à l'eutrophisation, en particulier dans les lacs (Solheim et al., 2005).

Ainsi, le phytoplancton a été retenu comme élément de qualité biologique pour les lacs dans le cadre de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE ; directive européenne du 23 décembre 2000). Il est aujourd'hui reconnu comme un bio-indicateur fiable, capable de refléter les changements trophiques des masses d'eau. Trois paramètres liés au phytoplancton sont utilisés pour évaluer l'état écologique des lacs et définir les statuts « très bon », « bon » et « moyen » :

1. **L'abondance et la composition phytoplanctonique,**
2. **La biomasse phytoplanctonique,** estimée via la concentration en chlorophylle *a* et le biovolume moyen,
3. **L'intensité et la fréquence des efflorescences algales (blooms)**(Groga, 2012).

3.8. Le rôle du phytoplancton

Le phytoplancton joue des rôles écologiques et économiques majeurs dans les écosystèmes aquatiques. Parmi ses fonctions les plus importantes, on peut citer :

1. Dans la photosynthèse

Bien que le phytoplancton ne représente que 1 % de la biomasse photosynthétique mondiale, il contribue à environ 45 % de la production primaire globale. Il transforme le carbone minéral (CO₂) en carbone organique, jouant ainsi un rôle clé dans le cycle du carbone. En milieu marin, il fixe entre 20 et 55 milliards de tonnes de carbone par an (Mann et Lazier, 1966). Cette activité photosynthétique permet également la production d'oxygène et la synthèse d'hydrates de carbone, essentiels à la vie aquatique (Stumm et Morgan, 1996). De plus, le phytoplancton constitue la base alimentaire de nombreux poissons, qui contribuent à leur tour à la fixation du carbonate de calcium (Harris, 1986).

2. Dans la chaîne alimentaire

Le phytoplancton occupe une place centrale dans les chaînes trophiques aquatiques. Comme l'illustre l'adage médiéval « qui dit poisson dit plancton » (Trégouboff et Rose, 1957), il est à la base de la production primaire dans les milieux aquatiques (Reynolds, 1998). Il conditionne directement la productivité des écosystèmes, soutenant la production de poissons, de crustacés (crevettes), de mollusques (moules, huîtres) et d'autres ressources halieutiques (Hansen et al., 2001).

3. Dans le traitement des eaux usées

Les microalgues jouent un rôle crucial dans le traitement biologique des eaux usées, notamment par lagunage. Elles fournissent de l'oxygène via la photosynthèse, favorisant ainsi l'oxydation de la matière organique en symbiose avec les bactéries (Humenik et Hanna, 1971). Elles contribuent également à l'élimination des nutriments excédentaires (Kalisz, 1973 ; Pouliot et Delanoüe, 1985 ; Ergashev et Tajiev, 1986), des métaux lourds (Beker, 1983) et des bactéries pathogènes (Parhad et Rao, 1974 ; Pearson et al., 1987).

4. Autres rôles du phytoplancton

Le phytoplancton trouve des applications dans divers domaines :

- **Bio-indicateurs de pollution** : Certaines espèces, comme *Chamaesiphon polonius* et *Calothrix sp.*, indiquent des eaux non polluées, tandis que *Oscillatoria chlorina* et *Spirulina jenneri* survivent dans des milieux très pollués et pauvres en oxygène. *Phormidium sp.*, quant à lui, est caractéristique des eaux moyennement polluées (Champiat et Larpent, 1994).
- **Bio-accumulateurs d'éléments radioactifs** : Des genres comme *Euglena*, *Volvox* et *Spirogyra* sont utilisés pour lutter contre la pollution radioactive (Champiat et Larpent, 1994).
- **Engrais naturels** : Certaines cyanobactéries, grâce à leurs hétérocystes, fixent l'azote atmosphérique et sont utilisées comme engrais dans les rizières (Roger, 1996).
- **Substances antibactériennes** : Le phytoplancton libère des composés antibactériens. Par exemple, *Scenedesmus* et *Chlorella* inhibent *Bacillus cereus* et *Pseudomonas sp.*, tandis que d'autres espèces ont un effet biocide sur les coliformes et les salmonelles (Champiat et Larpent, 1994).
- **Alimentation et santé** : *Spirulina sp.*, riche en protéines et en vitamine B12, est utilisée pour l'alimentation humaine et animale (Rafiqul et al., 2005). D'autres espèces, comme *Scenedesmus*, *Chlorella* et *Oscillatoria*, sont cultivées à des fins industrielles pour leur teneur élevée en protéines (Iltis, 1980).

4. Le zooplancton

4.1. Définition

Le zooplancton (du grec *zōio*, « animal »), également appelé plancton animal, est un ensemble d'organismes aquatiques hétérotrophes qui vivent en suspension dans la colonne d'eau (Mackas et al., 2007). Il se compose principalement de deux catégories :

- **Les protozoaires unicellulaires** : comprenant les flagellés, les ciliés et les sarcodines, qui jouent un rôle clé dans la boucle microbienne.
- **Les métazoaires pluricellulaires** : incluant les rotifères, les cladocères et les copépodes, qui sont les plus étudiés en raison de leur importance écologique.

Les organismes zooplanctoniques se distinguent par leur taille, leur régime alimentaire (microphage herbivore ou détritivore, macrophage omnivore ou carnivore), leur position dans la chaîne trophique, leur mode de reproduction et leur phénologie saisonnière ([Sehili, 2022](#)).

Le zooplancton est présent dans la plupart des milieux aquatiques. Il peut être classé selon sa taille, allant du **picoplancton** (comme certains protistes) au **mégaplancton** (comme certaines méduses). De plus, on distingue :

- **Le méroplancton** : organismes qui ne sont planctoniques que pendant une partie de leur cycle de vie (ex. : larves de crustacés).
- **L'holoplancton** : organismes qui restent planctoniques tout au long de leur vie.

Cette diversité taxonomique, morphologique et écologique fait du zooplancton un groupe essentiel dans les écosystèmes aquatiques. Il constitue un maillon central des réseaux trophiques, influencé à la fois par les facteurs ascendants (*bottom-up* : disponibilité en nutriments et en ressources algales) et descendants (*top-down* : prédation par les poissons et les invertébrés) ([McQueen et al., 1986](#)).

4.2. Les grands groupements du zooplancton

4.2.1. Les rotifères

Les rotifères (du latin *rota*, « roue », et *ferre*, « porter ») sont de petits organismes aquatiques, souvent apparentés aux vers. Leur taille varie entre 0,1 et 2 mm, avec une moyenne de 0,2 mm. Ils possèdent un organe caractéristique, la **corona**, une couronne de cils vibratiles entourant la bouche, qui leur sert à nager et à filtrer les algues planctoniques, les protozoaires et les détritiques en suspension. Leur nourriture est ensuite broyée par le **mastax**, un pharynx doté de pièces articulées. Certaines espèces sont prédatrices et s'attaquent à d'autres petits organismes zooplanctoniques. ([Fig.15 et 16](#))

les Rotifères sont très largement représentés dans les eaux douces où ils constituent, avec les Cladocères et les Copépodes, l'essentiel du zooplancton. Ils sont également abondants dans le benthos (interface vase-eau) et le périphyton (herbiers). ([Sahili, 2022](#))

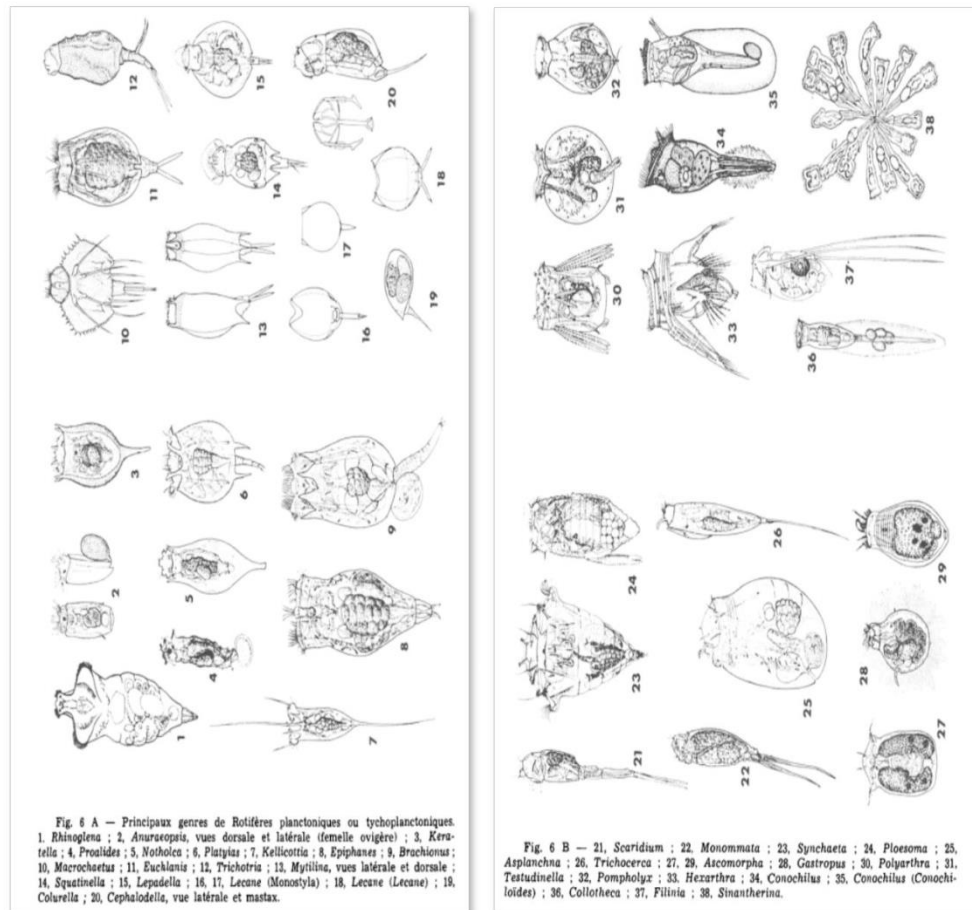


Figure 15 : Schéma des principaux genres des Rotifères des eaux continentales
 (sahili, 2022)



Figure 16: Photographie montrant les Rotifères [1]

4.2.2. Les cladocères

Les Cladocères sont de petits Crustacés très fréquents dans tous les types d'eaux douces à l'exception des eaux courantes rapides où on ne les trouve que lorsqu'ils sont entraînés par les courants à partir de zones plus calmes. Herbivores ou détritivores, ils assurent une fonction très importante dans les transferts de matière et d'énergie de bon nombre d'écosystèmes d'eaux douces (Pourriot et Champ, 1982). Ainsi, vis-à-vis des Poissons, ils

interviennent non seulement dans l'alimentation des espèces planctophages ou omnivores mais également dans celle des alevins et des jeunes de nombreuses autres espèces. Des Invertébrés (Hydres, Copépodes, Insectes) s'en nourrissent aussi. Sous le nom de « Puces d'eau » ou de « Daphnies », ils sont utilisés, séchés ou vivants, comme nourriture pour les Poissons d'aquarium. (Sahili, 2022)

Les cladocères sont de petits crustacés abondants dans les eaux douces, mais peu représentés en milieu marin. Leur taille varie généralement entre 0,2 et 2 mm. Les plus connus sont les **daphnies** (ou « puces d'eau »), visibles à l'œil nu et souvent présentes en grand nombre dans les plans d'eau. Ils possèdent deux paires d'antennes : les **antennules**, plus petites, et les **antennes biramées**, plus grandes et utilisées pour la locomotion. (Fig. 17 et 18)



Figure 17: Photographie montrant les cladocères [1].

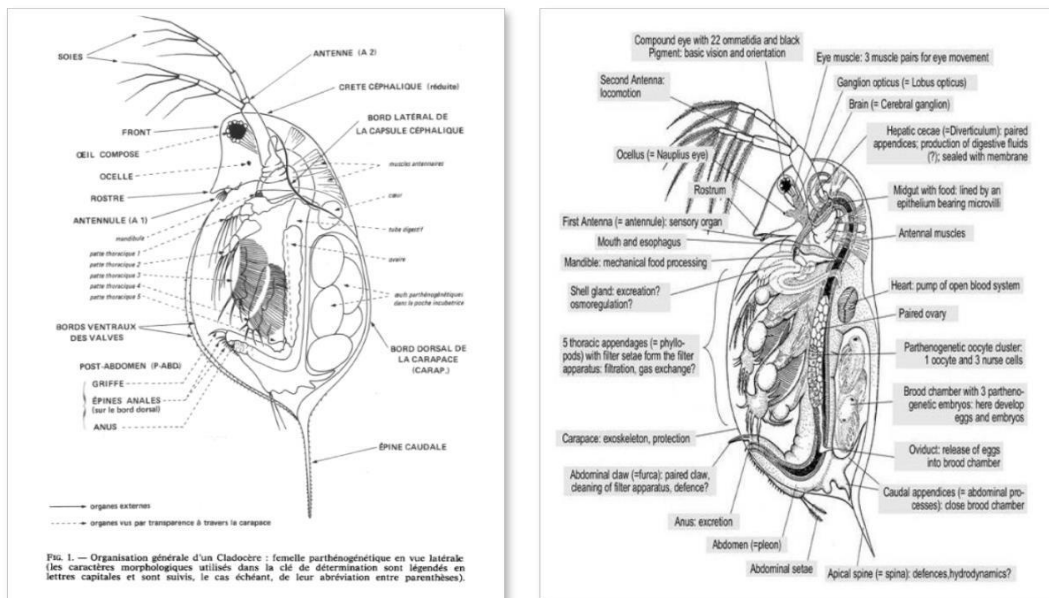


Figure 18 : anatomie générale d'un Cladocère *Daphnia magna*(1) vue latérale ; (2) vue ventrale (Amoros, 1984)

4.2.3. Les copépodes

Il s'agit d'un vaste groupe d'organismes (une sous-classe) aux multiples familles. Les copépodes sont présents dans les eaux marines, saumâtres ou douces. Nombreux sont ceux qui sont pélagiques, d'autres sont benthiques (sur le fond ou dans les sédiments superficiels), certains vivent dans les mousses ou la litière (débris végétaux à la surface du sol dans une forêt par exemple). De très nombreuses espèces sont parasites ou commensales. (Sahili, 2022)

Les copépodes sont des crustacés au corps segmenté, mesurant entre 0,5 et 3,5 mm. Ils se divisent en trois groupes principaux :

- **Les cyclopoïdes** : très diversifiés dans les eaux douces, ils peuvent être herbivores, détritivores ou prédateurs. Les femelles portent deux sacs ovigères latéraux.
- **Les calanoïdes** : essentiellement pélagiques et filtreurs, ils se déplacent rapidement et adoptent une position verticale caractéristique au repos. Les femelles ont un seul sac ovigère médian.
- **Les harpacticoïdes** : principalement benthiques, ils se déplacent par reptation et sont rarement présents dans le plancton. (Fig.19 et 20)

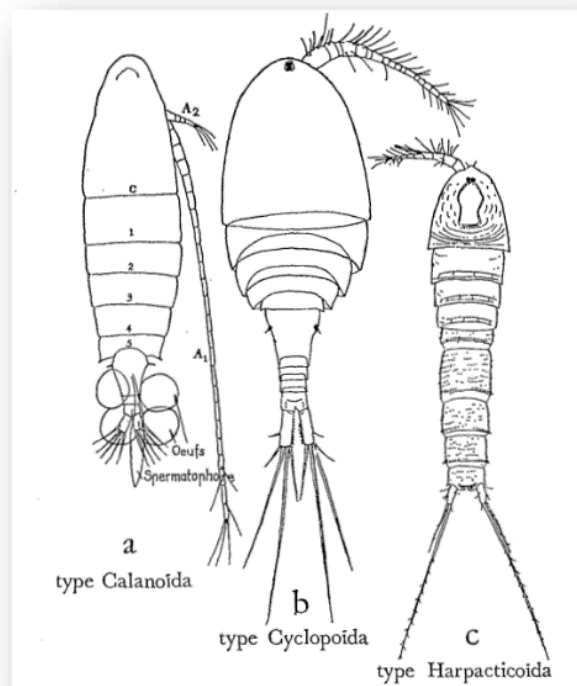


Figure 19 : les 3 types de Copépodes des eaux continentales (Dussart, 1969)

Les trois types de Copépodes décrits ci-dessus correspondent aux trois ordres largement représentés dans les eaux du monde entier et notamment en Afrique (Fig.20).

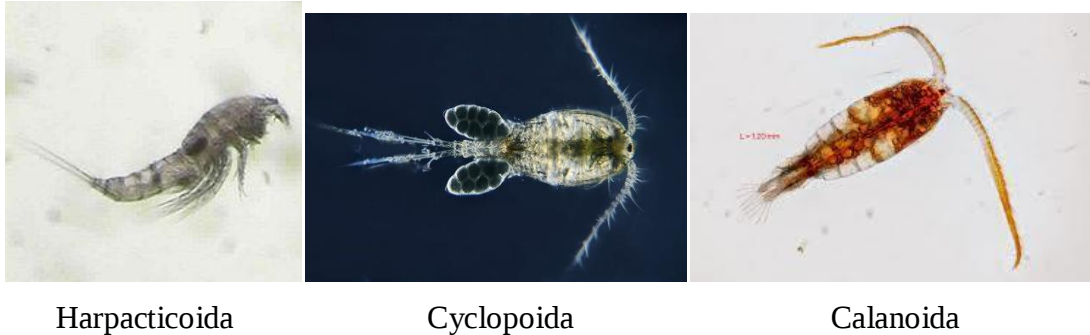


Figure 20: Photographie montrant les 3 types de Copépodes (Harpacticoida , Cyclopoida, Calanoida) (sahili, 2022)

4.3. L'écologie du zooplancton

Le zooplancton doit se positionner à une profondeur optimale pour se nourrir de phytoplancton tout en évitant ses prédateurs, comme les poissons et les gros zooplanctons carnivores. Pour survivre, de nombreuses espèces effectuent des **migrations verticales journalières** : elles remontent en surface la nuit pour se nourrir et redescendent en profondeur le jour pour échapper aux prédateurs visuels. Ces migrations sont déclenchées par des variations de lumière et la présence de molécules chimiques libérées par les prédateurs (Lampert, 1993 ; Ringelberg, 1991 ; Loose, 1993).

4.4. Le rôle du zooplancton

Le zooplancton joue un rôle central dans les réseaux trophiques aquatiques, transférant la matière et l'énergie des producteurs primaires (phytoplancton) aux niveaux supérieurs (poissons planctivores et piscivores). Il régule également la transparence de l'eau en broutant les algues et contribue au cycle du carbone (Rossi ,2008)

4.5. Le zooplancton, indicateur de qualité biologique

Le zooplancton est un excellent bio-indicateur de l'intégrité écologique des écosystèmes lacustres. En Europe, il est utilisé pour évaluer la qualité des eaux dans le cadre de la Directive Cadre sur l'Eau. Les indices biotiques basés sur la taille, la biomasse, l'abondance et la diversité du zooplancton, ainsi que sur la présence de groupes taxonomiques

spécifiques (rotifères, cladocères, copépodes), permettent de mesurer les impacts de l'eutrophisation, de l'acidification et des perturbations anthropiques ([Rossi ,2008](#))

Chapitre II

Matériels et méthodes

Partie I : Description de la zone d'étude

1. Présentation de la wilaya de Jijel

1.1 Situation géographique et administrative de la wilaya de Jijel

La wilaya de Jijel est située dans le nord-est de l'Algérie, entre les latitudes 36°32' et 36°50' N, et les longitudes 5°30' et 6°30' E. Elle est bordée au nord par la mer Méditerranée, au sud par la wilaya de Mila, au sud-est par la wilaya de Constantine, et au sud-ouest par la wilaya de Sétif. À l'est, elle est délimitée par la wilaya de Skikda, tandis qu'à l'ouest, elle est voisine de la wilaya de Béjaïa (Fig. 21). S'étendant sur une superficie de 2 398,69 km², la wilaya de Jijel est subdivisée en 11 daïras et 28 communes (Fig. 22). Elle fait partie du grand bassin versant n°03 de l'Algérie, connu sous le nom de « côtiers constantinois », qui regroupe plusieurs sous-bassins hydrologiques de la région. (Boufakane, 2003).

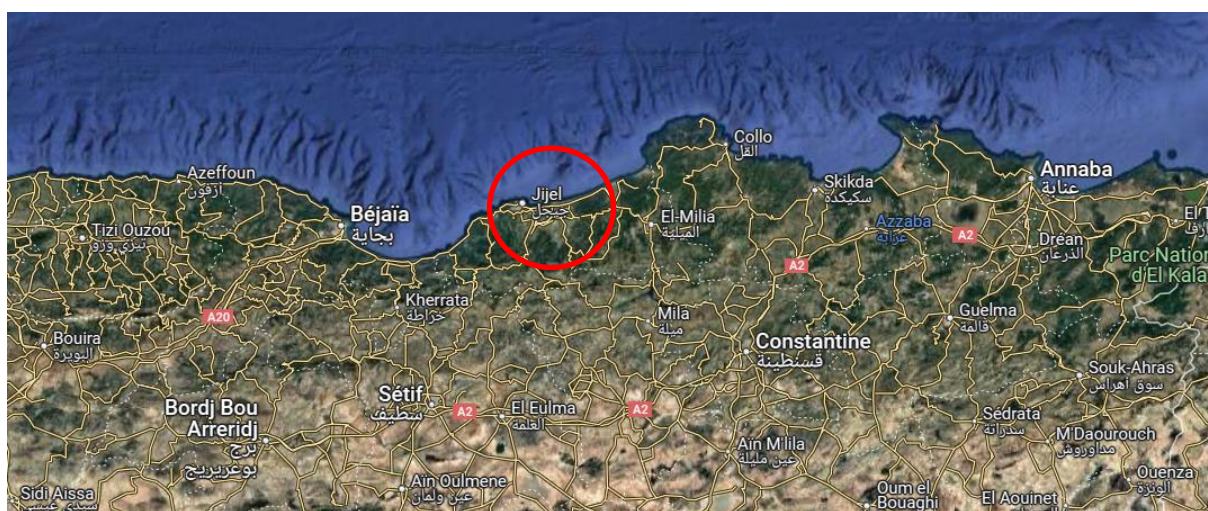


Figure 21 : Situation Géographique de la wilaya de Jijel, visualisée sur Google Earth.

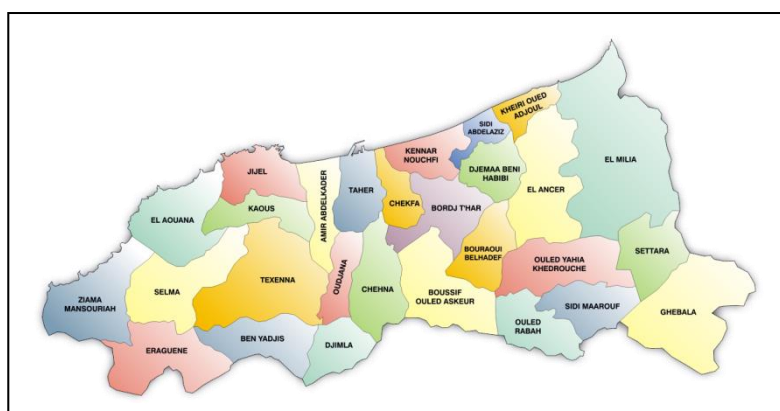


Figure 22 : Carte administrative de la wilaya de Jijel, [9].

1.2. Topographie et réseau hydrographique de la wilaya de Jijel

La wilaya de Jijel s'étend sur une superficie d'environ 24 000 km² et bénéficie d'une façade maritime de 120 km. Son relief est dominé par un système orographique majoritairement montagneux, représentant près de 82 % du territoire. Ce caractère montagneux contribue à la forte densité de son réseau hydrographique, constitué de nombreux oueds et rivières (Fig. 23). Afin de maîtriser les ressources en eau de surface, plusieurs barrages ont été aménagés le long de ces cours d'eau.

Sur le plan géologique, la région présente une grande diversité de formations. Les zones montagneuses sont constituées principalement de formations métamorphiques telles que le schiste, le micaschiste, le gneiss et le calcaire cristallin. Les lits des oueds sont composés de formations sédimentaires comprenant sable, gravier, galets et conglomérats. On y retrouve également un cordon dunaire formé de sable limoneux consolidé et de sable grossier, ainsi que des formations gréseuses. Enfin, des affleurements de roches magmatiques comme le granite et la microdiorite complètent cette diversité géologique (Debieche et al., 2015).

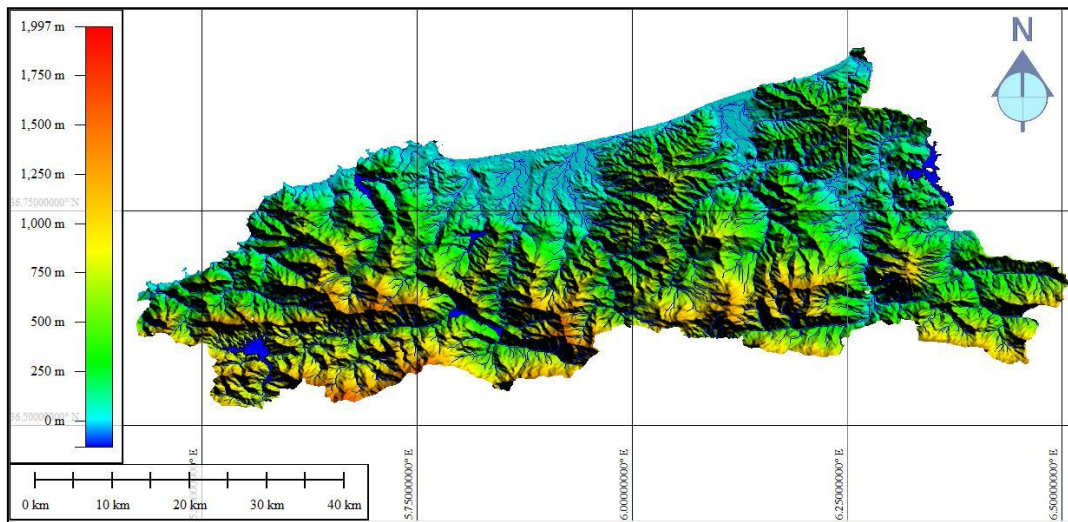


Figure 23 : Situation, topographie et réseau hydrographique de la wilaya de Jijel (Debieche et al., 2015).

1.3. Géologie régionale de la wilaya de Jijel

Le territoire de la wilaya de Jijel s'inscrit dans l'ensemble géologique de la Petite Kabylie occidentale, qui constitue une partie de la branche sud de la chaîne alpine, communément appelée « les Maghrébides ». Cette chaîne s'étend sur environ 2 000 km d'est en ouest à travers le Maghreb (Domzig , 2006). Sur le plan structural, la région est subdivisée en deux grands domaines géologiques (Fig. 24) :

- **Le domaine interne**, caractérisé par la présence de formations cristallophylliennes du socle ainsi que de la Dorsale Kabyle ;
- **Le domaine externe**, composé essentiellement de formations sédimentaires de type flysch ainsi que des séries telliennes (Domzig, 2006).

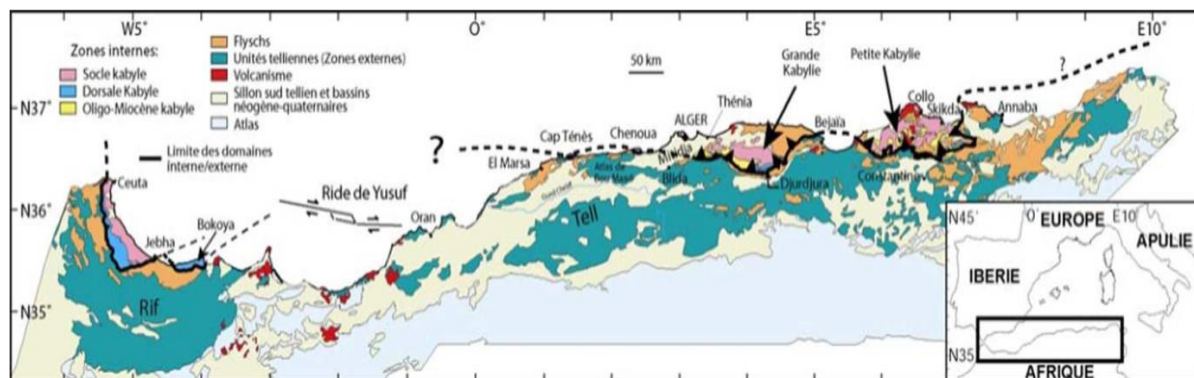


Figure 24 : Unités géologiques des Maghrébides (Domzig, 2006).

1.4. Climatologie

L'un des traits marquants du climat algérien réside dans la grande variabilité de la répartition des précipitations et des températures à travers le territoire. Cette variabilité s'explique principalement par l'influence combinée des masses d'air méditerranéennes et sahariennes, ainsi que par la complexité du relief. L'altitude et l'orientation des chaînes montagneuses de l'Atlas tellien et saharien jouent un rôle déterminant : elles agissent comme des barrières naturelles contre les vents chauds et secs en provenance du sud, tout en permettant une certaine pénétration des vents humides venus du nord (Mamimeche et Mebarek, 2013).

Le climat de l'Algérie est globalement de type méditerranéen, caractérisé par des étés chauds et secs et des hivers doux à pluvieux. Toutefois, cette définition générale masque une importante diversité régionale.

La wilaya de Jijel bénéficie d'un climat méditerranéen tempéré. Ce climat se traduit par des hivers humides et des étés chauds, avec une répartition des précipitations influencée par le relief. En effet, les zones montagneuses, notamment celles de Texenna, enregistrent des niveaux de précipitations pouvant dépasser 1 200 mm par an. Dans les plaines, les quantités de pluie varient généralement entre 900 et 1 200 mm par an. (Mebarki, 2005 ; Boucenna, 2009).

1.4.1. Les précipitations

La pluviométrie joue un rôle fondamental dans la régulation du débit des cours d'eau et des écoulements de surface. Elle exerce également une influence directe sur l'alimentation des réservoirs d'eau souterraine.

La zone d'étude fait partie des régions les plus arrosées d'Algérie. Elle enregistre des débits particulièrement importants, notamment dans les vallées, avec un exemple notable : l'oued Djendjen.

Les précipitations annuelles varient en fonction des régimes pluviométriques, eux-mêmes influencés par les fluctuations saisonnières et la circulation atmosphérique générale (Djellit, 2013 ; Hamimeche et Mebarek, 2013).

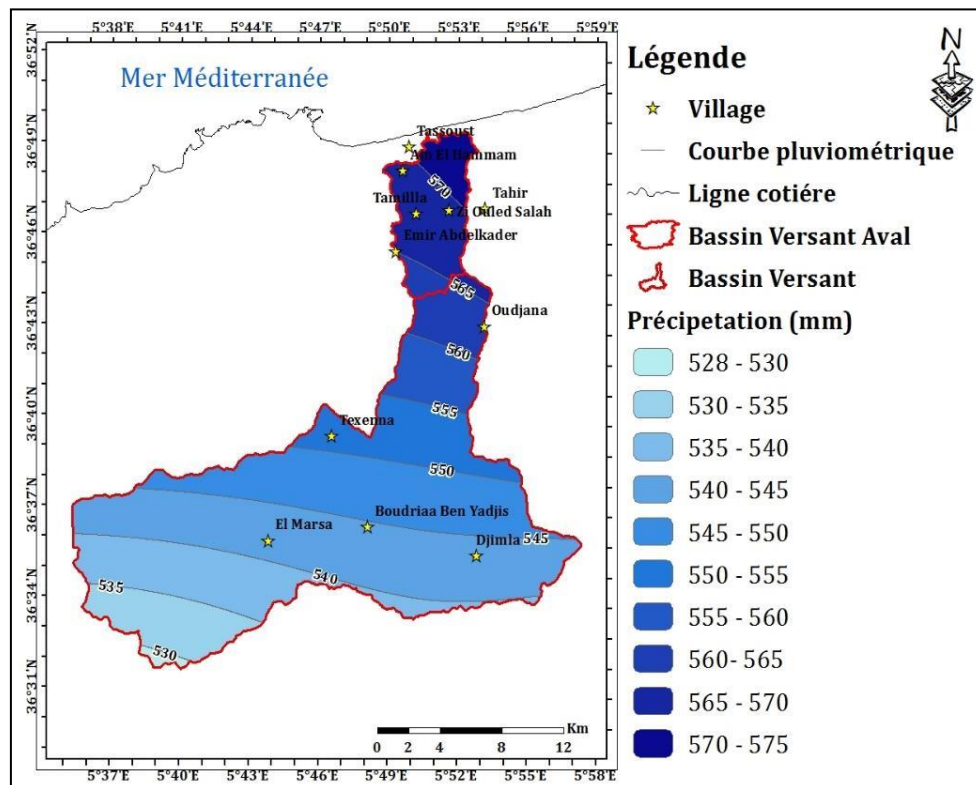


Figure 25 : Carte des précipitations du bassin versant de l'Oued Djendjen-Jijel, (extrait de la carte de Sétif au 1/200000, ANRH).

La zone d'étude se distingue par un climat très humide, selon l'indice d'aridité, et figure parmi les régions les plus pluvieuses d'Algérie. La carte des précipitations (Fig. 25) révèle un léger gradient décroissant des précipitations du nord vers le sud de la région. La valeur maximale enregistrée est de 575 mm, tandis que la valeur minimale est de 528 mm, indiquant une relative homogénéité spatiale des précipitations dans la zone étudiée.

1.4.1.1. Précipitations moyennes mensuelles

L'histogramme des précipitations moyennes mensuelles (Fig. 26) met en évidence une forte variabilité intra-annuelle. Le mois de décembre enregistre la pluviométrie la plus élevée avec 160 mm, tandis que le mois de juillet se caractérise par une pluviométrie très faible, atteignant seulement 3,52 mm.

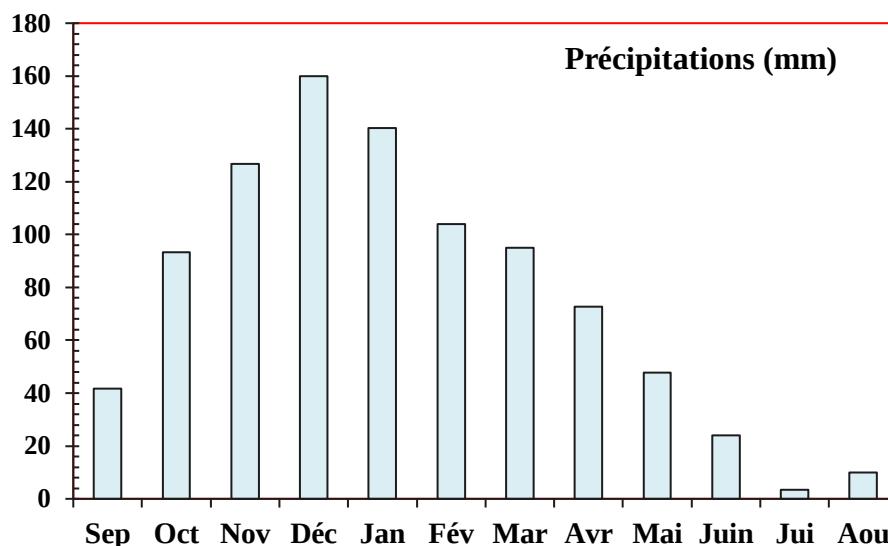


Figure 26 : Précipitations moyennes mensuelles (en mm) de la station Jijel. (ONM, 2019)

1.4.1.2 Précipitations moyennes annuelles

L'histogramme présenté dans la figure 27 illustre clairement la variabilité interannuelle des précipitations. L'année hydrologique 2002/2003 se distingue par la valeur la plus élevée, atteignant 1 452,00 mm. En revanche, l'année 1996/1997 enregistre la pluviométrie la plus faible, avec un total de seulement 560,00 mm.

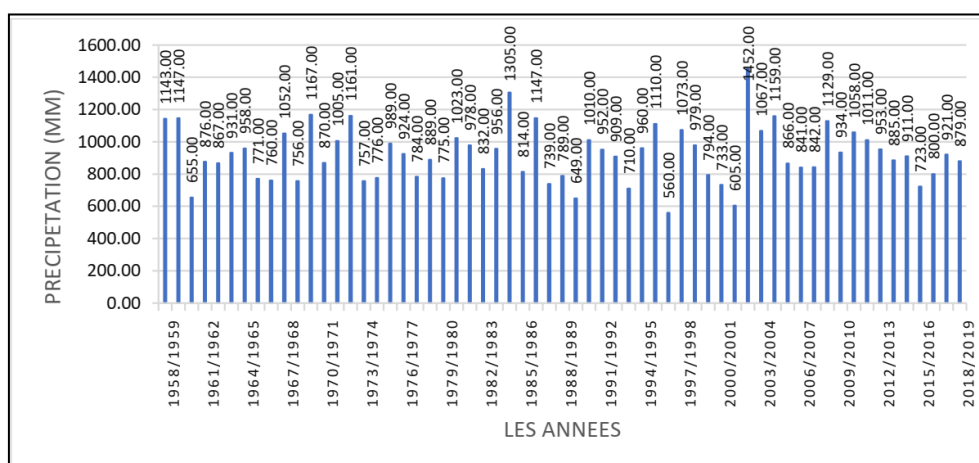


Figure 27 : précipitation moyenne annuelles (en mm) de la station Jijel (1958 à 2019).

(ONM, 2019)

1.4.2. Température

La température constitue un paramètre climatique majeur, ayant une influence directe sur le bilan hydrologique et le cycle de l'eau dans l'environnement. Elle varie généralement en fonction de plusieurs facteurs, notamment l'altitude, la distance par rapport à la mer et la configuration topographique du relief.

1.4.2.1. Températures moyennes mensuelles

La figure 28 illustre l'évolution mensuelle des températures moyennes. Le mois d'août enregistre la température moyenne la plus élevée, atteignant 26,15 °C, tandis que le mois de janvier présente la valeur la plus basse, avec une température moyenne de 11,55 °C .

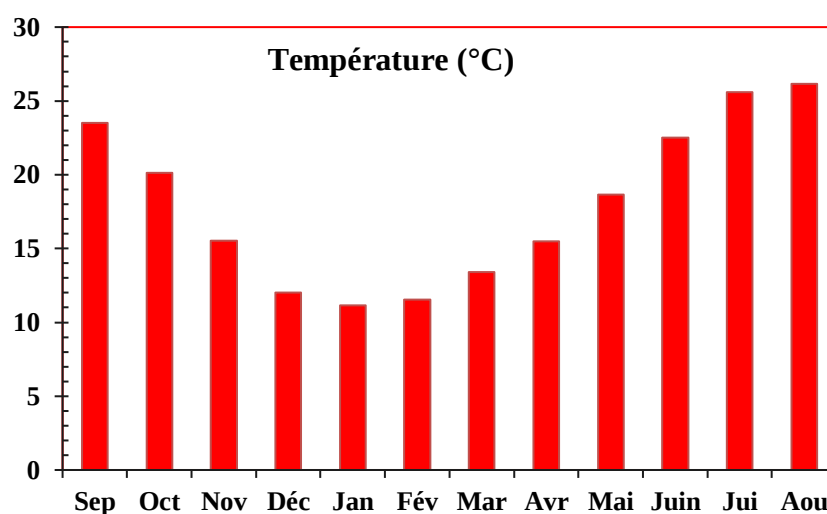


Figure 28 : Température moyenne mensuelles de la station Jijel (1958 à 2019). (ONM, 2019)

1.4.2.2. Températures moyennes annuelles

La figure 29 met en évidence la variation interannuelle des températures moyennes. L'année 2016/2017 se distingue par la température moyenne la plus élevée, atteignant 19,08 °C, tandis que la température la plus basse a été enregistrée au cours de l'année 1971/1972, avec une valeur de 16,61 °C.

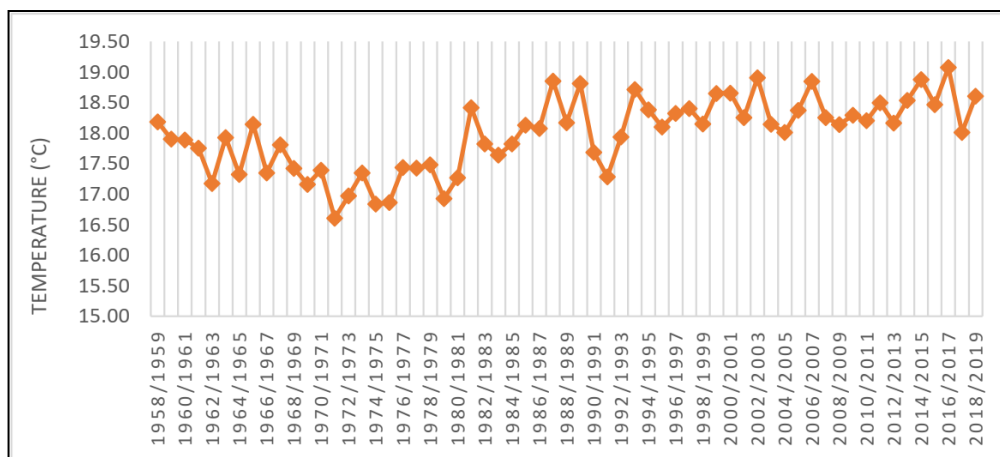


Figure 29 : Températures moyennes annuelles à la station Jijel (1958 à 2019). (ONM, 2019).

1.4.3. Synthèse climatique

En analysant les données des précipitations et des températures mensuelles couvrant la période de 1958 à 2019, il est possible de tracer la courbe pluviothermique, permettant ainsi de définir les périodes sèches et humides de l'année hydrologique dans le bassin versant de Djendjen (Fig. 30). Deux phases distinctes peuvent être observées :

- **La période humide**, qui s'étend de **septembre à mai**, est caractérisée par un total de précipitations mensuelles supérieur ou égal au double de la température moyenne ($P \geq 2T$). Cette période correspond à la saison humide.
- **La période sèche**, qui va de **juin à août**, est marquée par un total de précipitations mensuelles inférieur ou égal au double de la température moyenne ($P \leq 2T$). Cette période correspond à la saison sèche.

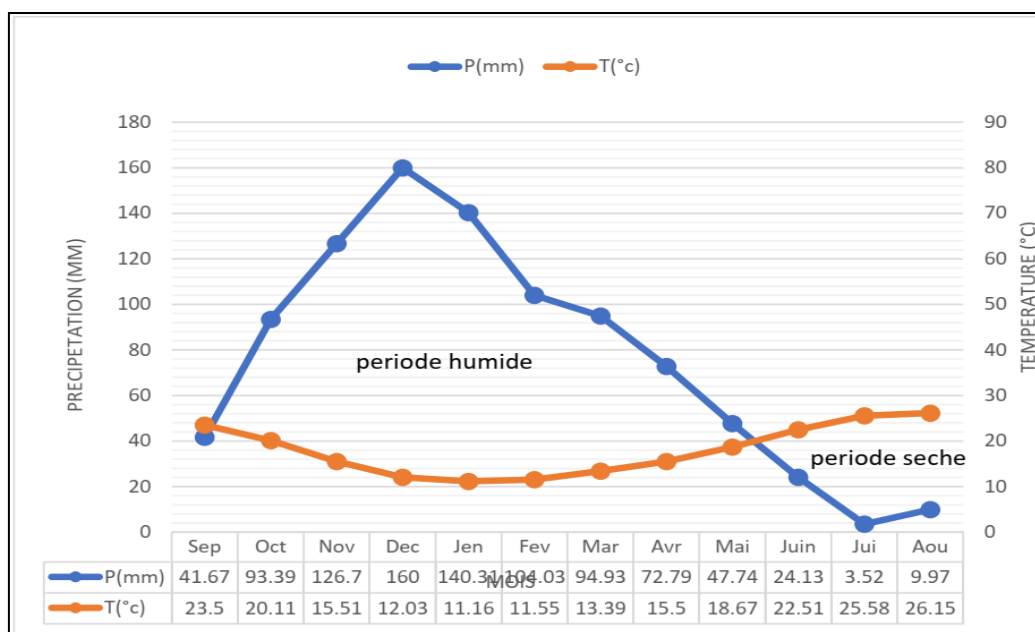


Figure 30 : Courbe pluviothermique. (ONM, 2019)

1.4.4. L'humidité et le vent

- L'humidité relative est généralement plus élevée en hiver qu'en été, avec un taux moyen annuel d'environ 70%.
- Le vent est un facteur climatique majeur ayant des impacts notables sur le climat régional. En raison de la position géographique de la wilaya de Jijel, qui surplombe la Méditerranée, les vents dominants sont principalement du nord-ouest. Ces vents présentent une vitesse relativement constante tout au long de l'année, avec un maximum observé en hiver et un minimum en été. (ONM, 2019)

1.4.4.1. Vitesse du vent mensuel

À partir de la [figure 31](#), il est possible d'observer que la vitesse du vent varie entre 3,56 m/s et 2,90 m/s. La vitesse maximale est enregistrée en décembre, avec 3,56 m/s, tandis que la vitesse la plus basse est notée en octobre, atteignant 2,90 m/s.

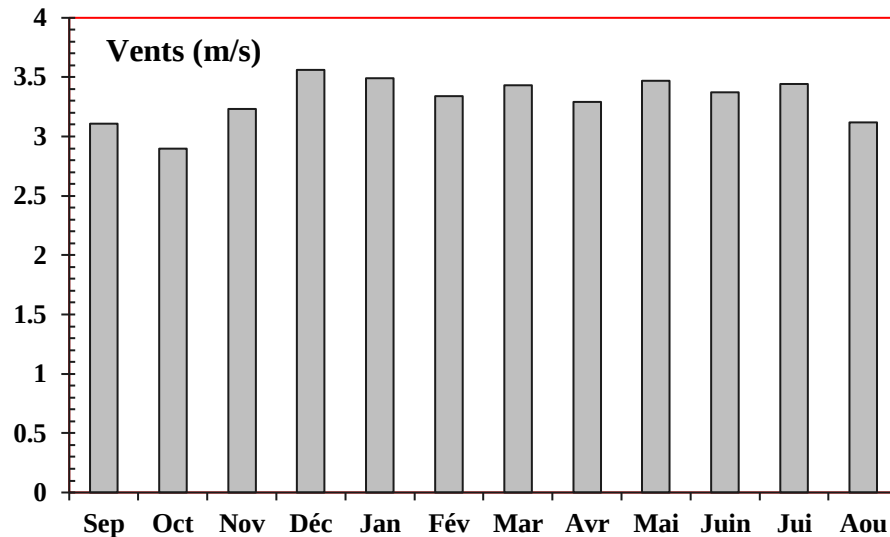


Figure 31 : La vitesse des vents moyens mensuels de la station de Jijel. (ONM, 2019)

1.5. Pédologie

La répartition des sols dans le bassin de l'oued Djendjen est influencée par plusieurs facteurs, notamment le climat, qui exerce à la fois des effets mécaniques et chimiques, ainsi que la roche mère, la végétation et la topographie. D'après la carte des sols algériens, on peut distinguer plusieurs types de sols caractérisant cette région :

Roche mère : Il s'agit d'une roche sédimentaire, riche en matière organique, qui s'est formée par dépôt dans des environnements marins profonds.

Sols dunaires : Ce sont des formations à structure meuble, issues de la transformation de la roche mère sous l'effet de processus physiques, chimiques et biologiques.

Sols alluviaux : Ces sols se composent de sédiments tels que le sable, l'argile, les graviers, etc., transportés et déposés par les cours d'eau.

Sols calcaires : Ce type de sol est principalement constitué de calcaire, ou carbonate de calcium (CaCO_3).

Sols insaturés : Il s'agit de formations de roches imperméables, telles que les calcaires, granites, argiles, basaltes, etc.

Sols podzoliques : Ces sols se forment dans des climats froids et humides sur des substrats à pH très acide. Ils sont peu fertiles pour l'agriculture. Les variations thermiques, les précipitations et la couverture végétale jouent un rôle clé dans l'altération de la roche mère, ce qui donne naissance à des sols aux propriétés mécaniques et chimiques distinctes.

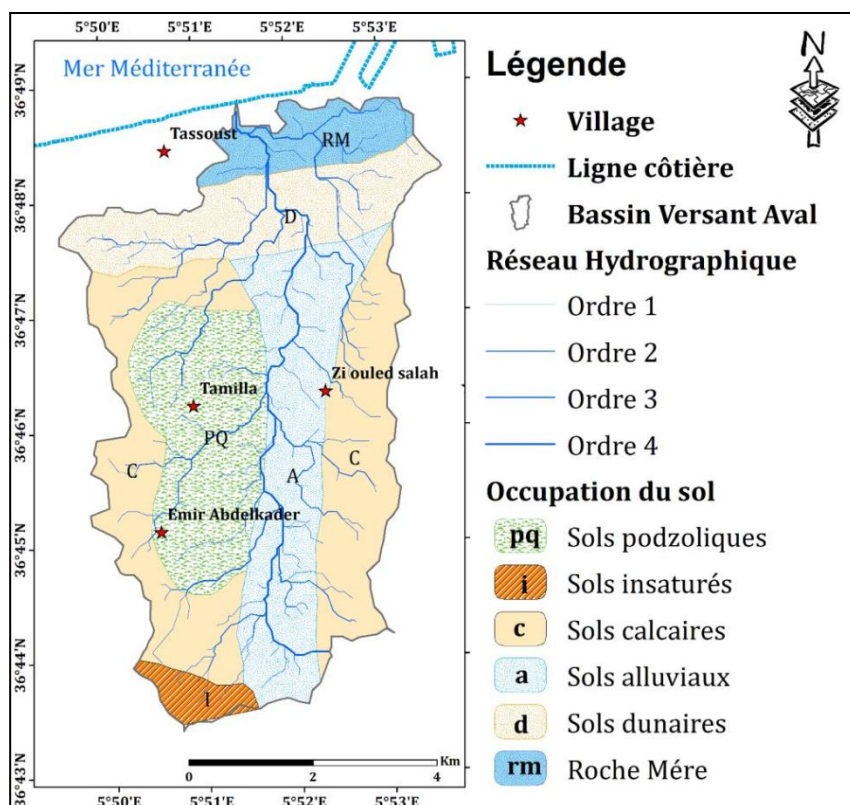


Figure 32 : Carte Pédologique de la zone d'étude. (Extrait de la carte Sétif 1/200000, ANRH)

2. Présentation du barrage de Tabellout

2.1. Présentation du site

La zone étudiée fait partie d'un ensemble montagneux appartenant aux reliefs de Texenna, situés au sud-est de la ville de Jijel (Fig. 33). C'est au fil des siècles, en creusant son lit à travers les sommets montagneux, que l'Oued Djendjen a façonné ce paysage, séparant de manière nette les massifs des Djebels de Tabellout et de Fortassa par de profondes gorges. C'est à l'entrée même de ce canyon que l'implantation du barrage de Tabellout a été décidée. Ce projet consiste en la construction d'un barrage en béton compacté au rouleau (BCR) ayant une capacité de retenue d'environ 294 millions de m³ (Tekkouk et al., 2018). Il constitue le réservoir intermédiaire du système « Sétif-Est » dans le cadre du projet de transfert « Sétif-Hodna ». Les eaux relâchées du barrage d'Erragguène sont stockées dans la retenue créée par le barrage de Tabellout, puis transférées par pompage vers la retenue de Draa Diss.

2.2. Situation géographique du site du barrage de Tabellout

Le site du barrage de Tabellout est situé à environ 7,5 km au sud-est de la commune de Texenna. L'accès au site est facilité depuis Texenna par la route CW2, qui relie Jijel au nord à

Fedj'M'Zala au sud (Fig. 34). La localité de Tabellout - El Fertassa englobe les zones suivantes :

- Au nord-est : Mechta Guelmamem et Draâ el Fertassa ;
- Au sud : Ezzaouia.

Les coordonnées géographiques du site du barrage en UTM sont les suivantes : $X = 754.85 \text{ km}$, $Y = 4055.64 \text{ km}$, $Z = 217.00 \text{ m}$ (au niveau du lit de l'Oued Djendjen).

Cet ouvrage, situé sur l'Oued Djendjen dans la commune de Djimla, appartient au bassin versant « côtiers constantinois » du Nord-Est algérien, selon le découpage hydrographique de l'ANRH (Agence Nationale des Ressources Hydrauliques).

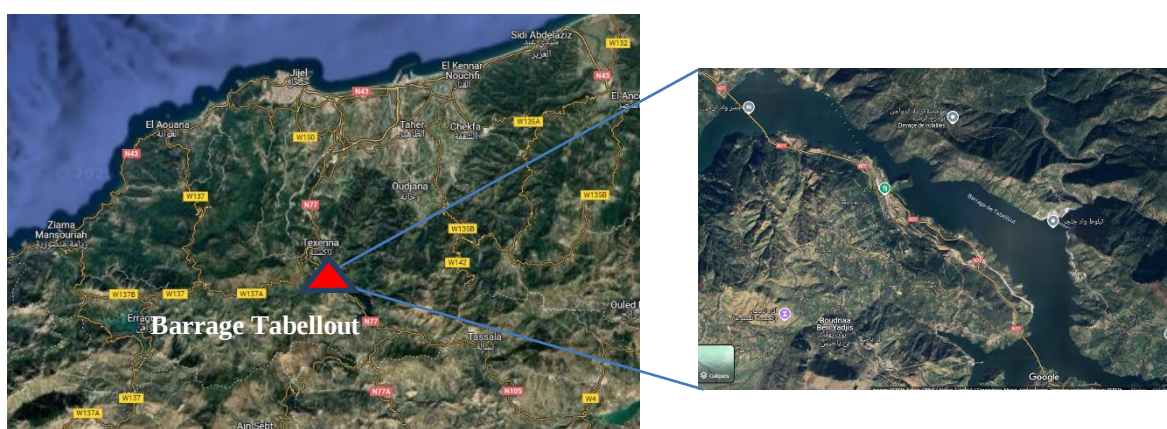


Figure 34 : Situation géographique du site du barrage de Tabellout, visualisée sur Google Earth.

2.3. Caractéristiques principales du barrage

- Type : Barrage poids en béton compacté au rouleau (BCR).
- Terrain de fondation : Gneiss et schistes cristallins.
- Longueur en crête : 366 m.
- Largeur en crête : 8 m.
- Largeur maximale au niveau du terrain naturel : 100 m.
- Altitude de la crête du barrage : 332 m NGA (Nivellement Général d'Algérie).
- Volume total du corps du barrage : 975 400 m³ de BCR et 37 600 m³ de BCV.
- Capacité de la retenue : 294 Hm³ (Rapport ANBT, 2009)

2.4. Climatologie et Hydrologie du site du barrage de Tabellout

2.4.1. Climatologie

La région de Texanna (et plus spécifiquement le site de Tabellout) est relativement riche en ressources hydriques. Elle se distingue par des précipitations fréquentes mais irrégulières, principalement concentrées durant l'hiver. La neige, bien que rare, fait de rares apparitions sur les sommets élevés de la région, notamment les monts de Texanna (Mamimeche et Mebarek, 2013).

2.4.2. Hydrologie

2.4.2.1. Généralités sur l'Oued Djendjen

L'Oued Djendjen s'étend sur une longueur de 92,2 km. Son cours suit d'abord une direction Ouest-Est, allant d'Erraguène jusqu'à l'oued de Missa, avant de prendre une direction Sud-Nord à partir des gorges situées dans la zone d'étude, jusqu'à sa confluence avec la mer.

Le bassin versant de l'Oued Djendjen résulte de la jonction de plusieurs cours d'eau, parmi lesquels les plus importants sont :

1. L'Oued Bahar.
2. L'Oued Djendjen

L'Oued Raha, ainsi que l'Oued Djendjen (dans sa partie aval), poursuivent leur cours jusqu'à la mer. Il est important de noter que les oueds Kendrad, Agoug et Kendoulia sont également présents dans la région, bien que leur importance soit moindre par rapport aux affluents mentionnés précédemment.

L'Oued Djendjen prend sa source à une altitude de 1992 m sur le flanc nord des Babors orientaux. Il traverse la chaîne numidique jusqu'à Tabellout, suivant une direction Ouest-Est. À partir de Tabellout, à 200 m d'altitude, le cours de l'oued change de direction, devenant Sud-Nord, jusqu'à atteindre la mer (Boucenna, 2009).

2.4.2.2. Le bassin versant

2.4.2.2.1. Caractéristiques morpho-métriques du bassin versant

Le sous-bassin versant de l'Oued Djendjen couvre une superficie de 530 km² (Fig. 35). Il est situé entre 36°22' et 36°48' de latitude au nord, et entre 5°30' et 5°58' de longitude à l'est.

Les paramètres morpho-métriques du bassin, tels que l'indice de compacité de Gravillius ($K = 1.26$) et l'indice de pente global ($I_g = 20\%$), indiquent que le bassin versant

présente une forme allongée et est caractérisé par un fort ruissellement. L'altitude moyenne du bassin est de 876 m.

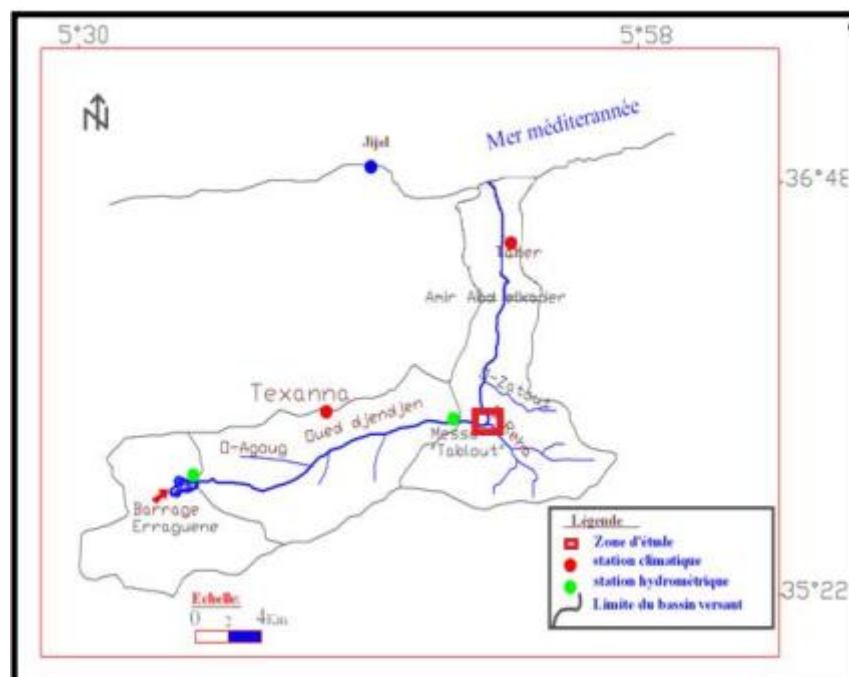


Figure 35 : Bassin versant de l'Oued Djendjen (d'après l'ANRH, modifié 2016).

2.5. Contexte géologique et structural de la région de Tabellout

La région de Tabellout/Djimla, où est implanté le site du barrage de Tabellout, se situe à l'extrémité occidentale des massifs de la Petite Kabylie (Fig. 36). Cette zone est directement positionnée sur plusieurs contacts tectoniques d'âge alpin, qui ont contribué à la formation des reliefs telliens s'étendant d'Est en Ouest le long de la côte algérienne, depuis Jijel jusqu'aux frontières algéro-tunisiens.

Ces contacts tectoniques représentent des discontinuités ayant favorisé le transport et la superposition anormale des différentes unités tectoniques composant ces reliefs. Le plus significatif de ces contacts est le contact frontal sud kabyle (Fig. 36), qui sépare les unités profondes métamorphiques du socle kabyle de celles des zones externes alpines. De ce fait, on peut affirmer que la région abrite certains des accidents géologiques les plus marquants de la chaîne alpine nord-algérienne (Djellit, 2013).

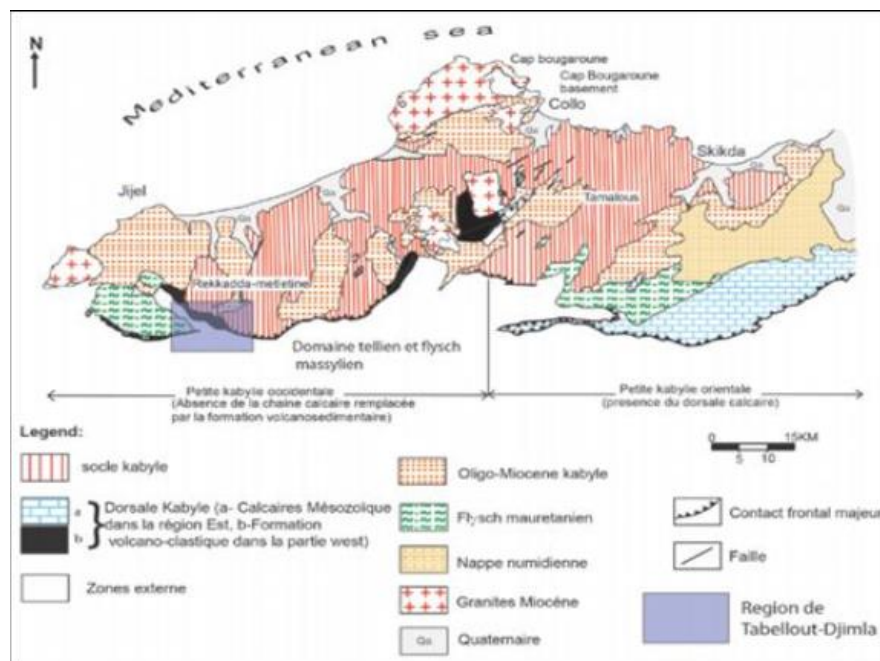


Figure 36 : Carte simplifiée montrant la géologie de la petite Kabylie. (Djellit, 2013).

Parmi les formations géologiques présentes sur le site (Fig. 37), seules les caractéristiques de la formation du complexe volcano-sédimentaire seront abordées ici. En effet, c'est cette formation qui sert de fondation à la digue du barrage, et c'est au niveau de celle-ci que les phénomènes de mouvements de terrain ont été observés et se sont manifestés (Tekkouk et al., 2018).

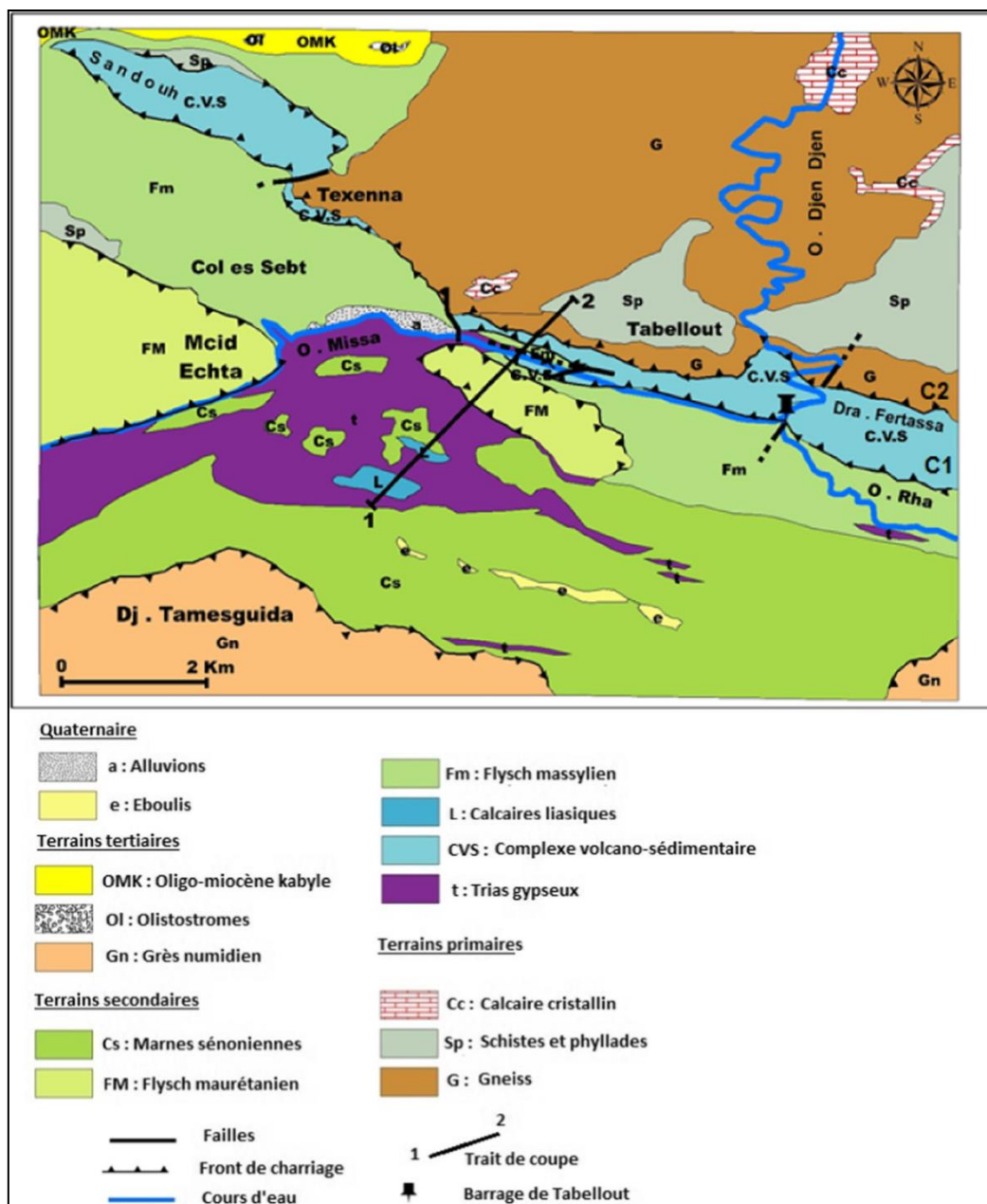


Figure 37 : Formations géologiques au niveau du site de Tabellout (Tekkouk et al., 2018).

Partie II. Matériels et méthodes

1. Le choix des sites de prélèvement

Les prélèvements ont été effectués à différentes stations qui ont été choisies à choisisraisonnée dans le barrage de Tabellout.



Figure 38 : Localisation des points de prélèvement des eaux de surface du barrage Tabellout.

2. Conditionnement des moyens de prélèvement

Afin de minimiser les risques de contamination, un prétraitement rigoureux des équipements de collecte (flacons) et de filtration des échantillons d'eau a été effectué.

- **Flaconnage :** Avant chaque utilisation, tous les flacons sont soigneusement rincés à l'eau acidulée (5 % d'HCl), puis plusieurs fois à l'eau distillée, et immédiatement rebouchés.
- **Filtres :** Les filtres utilisés pour recueillir la **MES** (matière en suspension) et la **chlorophylle "a"** sont d'abord macérés pendant 24 heures dans de l'eau acidulée (5 % d'HCl). Ensuite, ils sont rincés à l'eau distillée, séchés dans une étuve à 70°C pendant 2 heures, puis refroidis dans un dessiccateur. Après refroidissement, les filtres sont pesés et stockés à l'abri de la poussière dans des boîtes individuelles numérotées (Rodier et al., 1996).

3. L'Échantillonnage et traitement des échantillons

Le prélèvement d'échantillons d'eau est une opération délicate qui nécessite une grande rigueur, car il conditionne les résultats analytiques et leur interprétation. Les techniques de prélèvement varient en fonction de l'objectif de l'analyse et de la nature de l'eau à étudier.

Pour l'eau de surface (eau superficielle), des bouteilles stériles sont immergées à une profondeur de 25 à 30 cm sous la surface, en veillant à les éloigner des bords et des obstacles naturels ou artificiels (Rodier *et al.*, 1996).

Dans le cadre de notre étude, l'échantillonnage a été réalisé sur plusieurs points autour du barrage de Tabellout. Cinq (5) stations ont été sélectionnées de manière raisonnée afin de suivre plus précisément les variations de la composition chimique de l'eau du barrage (N, P, Si, SO₄, Cl, Na, etc.) ainsi que des facteurs physiques (TDS, CE, etc.). À chaque site, 1,5 litre d'eau a été collecté pour l'analyse des éléments chimiques. Les échantillons destinés aux analyses ont été placés dans des flacons en polyéthylène. La filtration des échantillons a été effectuée le jour même du prélèvement, tandis que les analyses chimiques ont eu lieu dans les deux jours suivants, au laboratoire des Sciences Naturelles et Matériaux (LSNM) du Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf de Mila.

4. Enregistrement et étiquetage des échantillons

L'étiquetage des échantillons doit être effectué avec rigueur afin d'éviter toute confusion quant à leur identité (station et date de prélèvement). Il est crucial que les échantillons soient étiquetés immédiatement avant le prélèvement, et que les étiquettes soient claires, lisibles et non détachables. Chaque étiquette doit comporter des informations précises : la date, l'heure, les conditions météorologiques, le numéro d'identification de l'échantillon, ainsi que toutes circonstances anormales pouvant affecter l'échantillon (Lightfoot, 2002).

Avant filtration, chaque échantillon est soigneusement homogénéisé afin de remettre toutes les particules en suspension. La filtration doit être réalisée dans les plus brefs délais après le prélèvement pour éviter tout processus de précipitation et de modification de l'équilibre physico-chimique de l'échantillon.

5. Transport et conservation des échantillons

Les échantillons prélevés sont transportés dans une glacière afin de les protéger de l'exposition à des températures élevées ou à la lumière, ce qui pourrait altérer leur composition physico-chimique. Ce transport garantit que les échantillons conservent leur intégrité jusqu'à leur arrivée au laboratoire, où tous les dosages nécessaires à notre étude

seront effectués. Les échantillons biologiques sont conservés en ajoutant des conservateurs universels : du Lugol pour le phytoplancton et du formol à 5 % pour le zooplancton.

6. Matériel d'étude

Tableau 02 : Les matériels utilisés sur terrain et au laboratoire.

Sur le terrain	Au laboratoire
- Appareil photo - Bouteilles en plastiques ombrés - Bouteilles ombrées de 250 ml - Corde. - Crayons - Bouteilles en plastiques de 1,5 L - Ethanol, et Lugol (produits chimique pour la conservation des échantillons). - Etiquettes - Filet à plancton - Les glacières - Les tenues d'inondation - Seau d'eau	- Agitateur magnétique - Balance analytique - Burette - Centrifugeuse - Congélateur - Creusets - Dispositif de filtration sous vide - Eprouvettes - Etuve - Fioles gogues - Lamelles - Lames - Les buchers - Les pipettes - Micropipettes - Microscope - Multi paramètre - Papier absorbons - Papier filtre - Plaque chauffante - Spectrophotomètre

➤ Appareillages utilisées pour les mesures des paramètres physicochimiques



Figure 39 : Appareil de mesure du pH (pH mètre Ph3110). (photo Original, 2025).



Figure 40 : Appareil de mesure du Turbidité (Turbidimètre AL255T-IR)

(photo Original, 2025).



Figure 41 : Appareil de mesure de la conductivité et TDS et salinité (**Multi-paramètres**).
(photo Original, 2025).



Figure 42 : Appareil de mesure de l'oxygène dissous (**Oxymètre SensODirect 150**)
(photo Original, 2025).

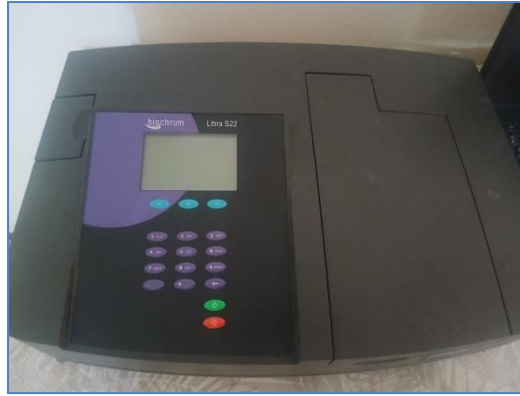


Figure 43 : Appareil de mesure de l'absorbance d'une solution homogène (Spectrophotomètre Libra S22) (Photo Original, 2025).

7. Méthodes d'analyse de la qualité physico-chimique de l'eau

7.1. Paramètres mesurés in situ

Les paramètres physico-chimiques mesurés in situ comprennent le potentiel hydrogène (pH), la température (°C), la salinité (SAL), l'oxygène dissous (DO) et la conductivité (COND) des eaux des stations d'échantillonnage. Ces mesures ont été effectuées au moment du prélèvement à l'aide d'un appareil multiparamètre portable (3420 IDS, WTW), qui a été calibré chaque mois avant chaque session de prélèvements. Les étapes de mesure sont les suivantes :

1. Allumer l'appareil ;
2. Rincer la sonde avec de l'eau du barrage ;
3. Plonger la sonde dans l'eau ;
4. Attendre quelques secondes pour que l'affichage sur l'écran se stabilise, puis lire le résultat de la mesure ;
5. Répéter les mêmes étapes pour les autres sondes.

Les résultats des mesures sont exprimés en degré Celsius pour la température (°C), en milligrammes par litre (mg/L) pour l'oxygène dissous, en grammes par litre (g/L) pour la salinité, et en microsiemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$) ou millisiemens par centimètre (mS/cm) pour la conductivité.

7.2. Paramètres mesurés au laboratoire

Pour le dosage des sels nutritifs, incluant l'azote ammoniacal, les nitrites, les nitrates et les ortho-phosphates, des bouteilles en plastique d'une capacité de 1,5 litre ont été prélevées à chaque station. Ces bouteilles ont été remplies jusqu'au bord et les bouchons ont été placés de manière à éviter toute inclusion d'air (Rodier *et al.*, 2009). Les échantillons ont été numérotés, étiquetés, puis transportés à l'obscurité et à une température inférieure à 4°C, dans des glacières. Au laboratoire, les échantillons ont été filtrés à travers un filtre Whatman GF/C (0,5 µm de porosité). Les dosages des éléments ont été réalisés sur le filtrat, selon les méthodes colorimétriques standards, comme décrit dans les manuels d'analyses des eaux (Tab. 03) (Aminot et Chaussepied, 1983).

Tableau 03 : résumé des méthodes d'analyse des éléments chimiques.

Eléments	Méthodes	Référence
Sulfate (SO ₄)	Dosage spectrophotomètre (λ = 650nm)	Rodier, 1984
Azote ammoniacal (NH ₃ + NH ₄)	Dosage spectrophotomètre (λ = 630 nm)	Parsons <i>et al.</i> ,1989
Nitrates (NO ₃)	Dosage spectrophotomètre (λ = 543 nm)	Parsons <i>et al.</i> ,1989
Nitrites (NO ₂)	Réduction des NO ₃ en NO ₂ et dosage spectrophotomètre des nitrites (λ = 543 nm)	Parsons <i>et al.</i> ,1989
Phosphate (PO ₄)	Dosage spectrophotomètre (λ = 885 nm)	Aminot et Chaussepied, 1983
Ortho-silicates Si(OH) ₄ ou SiO ₄	Dosage spectrophotomètre (λ = 810 nm)	Aminot et Chaussepied, 1983
Carbonate (CO ₃) et bicarbonate (HCO ₃)	Détermination du TA et du TAC par la méthode titrimétrique	(ISO, 1996).

7.2.1. Ammonium (NH₄⁺)

- **Principe**

La mesure de l'activité ionique de l'ammoniac, dans des conditions expérimentales rigoureusement définies de concentration en ions et de pH, permet de déterminer la concentration en ammonium dans l'eau.

- **Solutions et produits utilisés**

- **Réactif 01 : Solution de phénol-nitroprussiate**

Pour préparer 500 ml de réactif : dissoudre 17,5 g de phénol et 200 mg de nitroprussiate de sodium dans de l'eau distillée et compléter avec de l'eau jusqu'à 500 ml.

- **Réactif 02 : Solution alcaline d'hypochlorite**

Pour préparer 500 ml de réactif : dissoudre 140 g de citrate trisodique et 11 g de soude dans environ 400 ml d'eau distillée. Ajouter ensuite une solution d'hypochlorite de sodium correspondant à 1,4 g de chlore, puis compléter à 500 ml avec de l'eau distillée.

- **Mode opératoire**

1. Prélever 100 ml d'échantillon directement dans le flacon à réaction.
2. Ajouter 3 ml du réactif 1, boucher le flacon et agiter pour homogénéiser.
3. Ajouter immédiatement 3 ml du réactif 2 et agiter à nouveau.
4. Placer le flacon à l'abri de la lumière et laisser reposer toute la nuit à température ambiante.
5. Effectuer la lecture de la concentration au spectromètre à une longueur d'onde de 630 nm.



Figure 44 : dosage de l'azote ammoniacal (NH_4) (Photo originale).

7.2.2. Sulfate (SO_4^{2-})

- **Principe**

Les sulfates présents dans l'échantillon sont précipités sous forme de sulfate de baryum en milieu chlorhydrique. Le précipité obtenu est ensuite stabilisé grâce à l'ajout de Tween 20. Les suspensions homogènes résultantes sont mesurées par spectrophotométrie.

- **Réactifs et solutions utilisés**

- Solution d'acide chlorhydrique (1/10).
- Solution de Tween 20 (25 %).
- Solution de chlorure de baryum.

- **Mode opératoire**

1. Prélever 50 ml d'eau à analyser.
2. Ajouter 1 ml d'acide chlorhydrique à 1/10, suivi de 5 ml de solution de chlorure de baryum et Tween 20.
3. Préparer un témoin dans les mêmes conditions en remplaçant l'eau à analyser par de l'eau distillée.
4. Agiter, puis laisser reposer pendant 15 minutes. Agiter à nouveau.
5. Effectuer la mesure au spectromètre à une longueur d'onde de 650 nm.



Figure 45:Dosage de sulfate (SO_4) (Photo originale).

7.2.3. Silicium ($\text{Si}(\text{OH})_4$)

- **Principe**

Cette méthode repose sur la formation d'un complexe entre le molybdate d'ammonium et les formes monomères ou dimères de l'acide orthosilicique. Ce complexe est ensuite réduit par le métol pour former un composé bleu, qui peut être mesuré par spectrophotométrie.

- **Réactifs et solutions utilisés**

- **Réactif 01**
- **Molybdate**

Pour préparer 500 ml de réactif : dissoudre 4 g de paramolybdate d'ammonium en poudre fine dans environ 300 ml d'eau distillée, ajouter 12 ml d'acide chlorhydrique concentré ($d = 1,18$), mélanger, puis compléter à 500 ml avec de l'eau distillée.

Réactif 02 : Réducteur

- **Composants**

- 100 ml de solution de métol-sulfite.
- 60 ml de solution d'acide oxalique.
- 60 ml d'acide sulfurique à 50 %.
- Compléter avec de l'eau distillée pour obtenir 300 ml de solution. Cette solution doit être préparée juste avant utilisation et ne se conserve pas.

- **Mode opératoire :**

1. À l'aide d'une pipette, introduire 5 ml de réactif 1 dans trois béchers.
2. Ajouter 12,5 ml de chaque échantillon dans les béchers, boucher et mélanger. Laisser reposer pendant 10 minutes.
3. Ajouter ensuite 7,5 ml de réactif 2 et mélanger à nouveau. Laisser reposer pendant 2 heures.
4. Effectuer les lectures au spectromètre à une longueur d'onde de 810 nm.



Figure 46: Dosage de silicium (Si(OH)_4) (Photo originale).

7.2.4. Nitrite (NO_2^-)

- **Principe**

La diazotation de la sulfanilamide en milieu acide, suivie de sa copulation avec le dichlorhydrate de N-(1-naphtyl)-éthylènediamine, donne un complexe coloré qui peut être dosé par méthode colorimétrique.

- **Réactifs et solutions utilisés**

- **Réactif 1 : Solution de sulfanilamide**

Pour préparer 500 ml de réactif, diluer 50 ml d'acide chlorhydrique concentré ($d = 1,18$) dans environ 300 ml d'eau distillée. Dissoudre 5 g de sulfanilamide dans cette solution et compléter à 500 ml.

- **Réactif 2 : Solution de N-naphtyl-éthylènediamine**

Dissoudre 0,5 g de dichlorhydrate de N-(1-naphtyl)-éthylènediamine (NED) dans 500 ml d'eau distillée.

- **Mode opératoire**

1. Ajouter 50 ml de chaque échantillon dans trois béchers.
2. Ajouter 1 ml de réactif 1, bien mélanger et laisser reposer pendant 8 minutes au maximum.
3. Ajouter 1 ml de réactif 2, mélanger à nouveau et laisser reposer pendant 10 minutes à 2 heures.
4. Effectuer les lectures au spectromètre à une longueur d'onde de 543 nm.

Les nitrites présents naturellement dans les eaux proviennent principalement de l'impact des eaux de ruissellement qui s'écoulent sur les sols du bassin versant ([Bremond et Vuichard, 1973](#)). Ce phénomène résulte de la dégradation naturelle de la matière organique azotée, telle que les protéines d'origine animale et végétale, ainsi que les excréments animaux, par des micro-organismes. Ces derniers transforment ces matières organiques en ions ammonium, qui sont ensuite convertis en nitrates par un processus d'oxydation ou de nitrification. Ainsi, la présence de nitrites dans l'environnement est une conséquence naturelle du cycle de l'azote ([Schuddeboom, 1993](#)).

• **Réactifs et solutions utilisés** : Les réactifs utilisés sont les mêmes que pour le dosage des nitrites

• **Mode opératoire** :

- Faire passer 50 ml d'eau à analyser, un à un, à travers une colonne contenant du cadmium. Ensuite, ajouter 1 ml du réactif 1, mélanger et laisser reposer pendant un maximum de 8 minutes.
- Ajouter 1 ml du réactif 2, mélanger à nouveau et laisser reposer entre 10 minutes et 2 heures. Enfin, effectuer les lectures au spectromètre à une longueur d'onde de 543 nm.



Figure 47 : dosage des nitrites (NO_2) (Photo originale)

7.2.5. Nitrate (NO_2^-)

• **Principe**

Les nitrites présents naturellement dans les eaux sont principalement issus de l'impact des eaux qui s'écoulent sur les sols du bassin versant (Bremond et Vuichard, 1973). Ce processus résulte de la décomposition naturelle de la matière organique azotée, telle que les protéines (d'origine animale et végétale) et les excréments animaux, par des micro-organismes, qui se transforment en ions ammonium, puis en nitrates grâce à l'oxydation ou la nitrification. Par conséquent, la présence de nitrites dans l'environnement est une conséquence naturelle du cycle de l'azote (Schuddeboom, 1993).

• **Réactifs et solutions utilisés** : sont les mêmes réactifs de dosage de nitrite.

• Mode opératoire

- Passer 50 ml d'eau à analyser une à une de chaque échantillon à l'intérieur de la colonne quicontenant du Cadmium, ensuite ajouter 1 ml de réactif 1, mélanger et laisser reposer 8 min au maximum.
- Ajouter 1 ml de réactif 2 et mélanger à nouveau et attendre 10 min-02 h, et faire les lectures au spectromètre à la longueur d'onde de 543 nm.



Figure 48 : dosage des nitrates (NO_3) (Photo originale).

7.2.6. Chlorure (Cl^-)**• Principe**

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

• Solutions et produits utilisés

- Acide nitrique
- Carbonate de calcium (poudre)
- Solution de chromate de potassium à 10 % : dissoudre 2,5 g de chromate de potassium dans 25 ml d'eau distillée.
- Solution de nitrate d'argent 0,1 N : dissoudre 4,21 g de nitrate d'argent dans 250 ml d'eau distillée.

• Mode opératoire

Introduire 100 ml de l'échantillon dans un bécher. Ajouter 2 à 3 gouttes d'acide nitrique, puis 3 gouttes de l'indicateur de chromate de potassium. Titrer la solution goutte à goutte avec la solution de nitrate d'argent jusqu'à ce que la solution prenne une couleur rouge. Noter le volume utilisé.



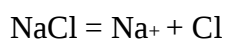
Figure 49 : Dosage De Chlorure (Cl) (Photo originale).

Expression des résultats

Pour une prise d'essai de 100 ml :

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

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

7.2.7. Sodium (Na^+)**7.2.8. Phosphate (PO_4^{3-})****• Principe**

En milieu acide et en présence de molybdate d'ammonium, les orthophosphates forment un complexe phosphomolybdique qui, une fois réduit par l'acide ascorbique, développe une coloration bleue, permettant un dosage par spectrométrie. Certaines formes organiques de phosphates peuvent être hydrolysées lors de la formation de la coloration,

libérant ainsi des orthophosphates. Le développement de cette coloration est accéléré par l'ajout d'un catalyseur, le tartrate double d'antimoine et de potassium.

• Solutions et produits utilisés

- Solution de molybdate d'ammonium
- Solution d'acide ascorbique
- Solution d'oxytartrate de potassium et d'antimoine
- Solution d'acide sulfurique.

• Mode opératoire

- Préparer le mélange des réactifs : verser 50 ml de solution de molybdate d'ammonium, ajouter 125 ml d'acide sulfurique, 50 ml d'acide ascorbique et 25 ml de tartrate de potassium et d'antimoine.
- Dans des béchers séparés, introduire 50 ml de chaque échantillon, puis ajouter 5 ml du mélange de réactifs préparé. Laisser reposer pendant 5 minutes.
- Effectuer les mesures au spectromètre à une longueur d'onde de 650 nm.



Figure 50: dosage des phosphates (PO_4) (Photo originale).

7.2.9 Carbonate et bicarbonate

➤ Détermination du TA et du TAC par la méthode titrimétrique

A l'inverse de l'acidité, l'alcalinité d'une eau correspond à la présence de bases et de sels d'acide faibles. Dans les eaux naturelles, l'alcalinité résulte de la présence d'hydrogénocarbonates, carbonates et hydroxydes.

On distingue comme pour la mesure de l'acidité, deux titres qui sont le titre alcalimétrique ou titre alcalimétrique simple (TA) ou titre alcalimétrique complet (TAC). L'unité utilisée est le degré français ($1^{\circ}\text{f} = 10 \text{ mg/L de CaCO}_3 = 0,2 \text{ meq/L}$).

$$\text{TA} = [\text{CO}_3] + [\text{OH}^-] - [\text{H}_2\text{CO}_3] - [\text{H}_3\text{O}^+]$$

$$\text{TAC} = [\text{HCO}_3] + 2 [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{OH}^-] - [\text{H}_3\text{O}^+]$$

Principe

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

Réactifs

- Acide chlorhydrique ou sulfurique 0,02 N.
- Solution de phénolphthaléine dans l'alcool à 0,5%.
- Solution de méthyl orange et de rouge de méthyl.
- Eau distillée.

Mode opératoire

➤ Détermination du TA

Prélever 10 mL d'eau à analyser dans une fiole conique. Ajouter 1 mL de solution alcoolique de phénolphthaléine. Une coloration rose doit alors se développer. Dans le cas contraire le TA est nul, ($\text{pH} < 8,3$).

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

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

➤ Détermination du TAC

Utiliser l'échantillon traité précédemment ou le prélèvement primitif s'il n'y a pas eu de coloration. Ajouter 2 gouttes de solution de méthyl orange et de rouge de méthyl et titrer de nouveau avec le même acide jusqu'à disparition de la coloration jaune orangé et apparition de la couleur rouge ($\text{pH} 4,5$). Le dosage doit être effectué rapidement pour réduire les pertes de CO_2 qui pourraient entraîner une élévation du pH de virage.

Soit V' le volume d'acide 0,02 N versé depuis le début du dosage ([ISO, 1996](#)).

Expression des résultats

1) TA :

V /5 Exprime le titre alcalimétrique (TA) en milliéquivalents par litre.

V Exprime le titre alcalimétrique en degrés français (1° f correspond à 10 mg de carbonate de calcium ou à 0,2 mEq/l).

2) TAC :

V' /5 Exprime le titre alcalimétrique complet (TAC) en milliéquivalents par litre.

V' Exprime le titre alcalimétrique complet en degrés français.



Figure 51 : Dosage de Carbonate et de Bicarbonate (Photo original).

8. Matériel et méthode d'étude planctonique

8.1. Matériel d'étude

- Matériel d'échantillonnage et d'observation planctoniques.



Figure 52: Filet à plancton (Phytoplancton et Zooplancton) (photo original).



Figure 53 : Microscope OPTIKA (trinoculaire optika C-B3A). [\(photo original\)](#).

8.2. Méthodes de prélèvement du plancton

Les prélèvements des espèces phytoplanctoniques et zooplanctoniques ont été réalisés près de la surface de l'eau. Afin d'obtenir des données qualitatives et quantitatives sur la communauté planctonique, le prélèvement a consisté à échantillonner une colonne d'eau de manière représentative. Dans le cadre de cette étude, nous avons privilégié les prélèvements en surface. Les flacons ont été remplis directement par immersion dans l'eau, en étant ouverts juste avant leur mise en eau, puis fermés à la profondeur souhaitée. Un volume constant de 50 litres d'eau de surface a été filtré à l'aide d'un filet à plancton (filet en soie avec des mailles de 5 μm de diamètre). Ce filet, de forme cylindrique (30 cm de diamètre pour 45 cm de longueur), se termine par une bouteille de collecte pour l'échantillon. Après filtration, 50 ml de cette eau filtrée ont été prélevés et fixés pour une analyse microscopique ultérieure. Pour ce faire, quelques gouttes de Lugol ont été ajoutées à chaque flacon d'eau, en respectant la proportion de quelques gouttes pour 50 ml d'eau. Chaque flacon a été étiqueté avec des informations précises, telles que le lieu, l'heure, la date et le site du prélèvement. Les échantillons collectés ont été conservés dans une glacière pendant leur transport au laboratoire, où ils ont été stockés à 4°C jusqu'à leur analyse, le jour suivant ou dans le respect des conditions de conservation ([Rodier et al., 1996](#)).

8.3. Méthodes d'étude du plancton

Au laboratoire, les échantillons de plancton fixés au Lugol doivent être conservés dans des récipients à l'obscurité et à une température comprise entre 4 et 10 °C (Druart et Rimet, 2008).

9. Identification du phytoplancton et du zooplancton

L'identification des différentes espèces de plancton repose sur l'observation des caractères morpho-anatomiques, tels que la forme de la colonie ou du trichome, ainsi que la taille et la couleur des organismes. Les observations du phytoplancton et du zooplancton ont été réalisées à l'aide d'un microscope optique, avec des objectifs de grossissement (x40 et x10, selon la taille de l'espèce observée). La détermination des espèces a été limitée au niveau des genres, en se basant sur les sources suivantes :

- *FreshwaterAlgae Identification and Use as Bioindicators* par Edward G. Bellinger, Environmental Science and Policy, Central European University, Hongrie et David C. Sigeo, Manchester University, Royaume-Uni ;
- Guide méthodologique pour la mise en œuvre de l'Indice Biologique Diatomées ;
- *Algues d'eau douce de la Nouvelle-Calédonie*, recueillies par la Mission F. Starmühlner en 1965 (Diatomées exclues) ;
- Guide d'identification des fleurs d'eau et des cyanobactéries ;
- www.algaebase.org ;
- www.algalwebofc.github.io ;
- www.nordicmicroalgae.org ;
- [COPEPODES OBS-BANYULS](#) ;
- [IMAS Zooplankton Image Key](#) ;
- [Biodiversity Library](#).

Chapitre III

Résultats et discussion

1. Les résultats physico-chimiques

1.1. Les Paramètres physiques

Les données présentées dans le tableau 04 révèlent une variabilité significative des paramètres de qualité de l'eau du barrage de Tabellout. Les fluctuations des niveaux de pH, de conductivité électrique (CE), de solides dissous totaux (TDS) et de turbidité peuvent avoir un impact direct sur la dynamique des populations planctoniques. Par exemple, un pH basique associé à une turbidité élevée peut entraver la croissance du phytoplancton, tandis que des concentrations adéquates d'oxygène dissous sont essentielles pour préserver la biodiversité aquatique. Il est donc crucial d'effectuer une surveillance continue de ces paramètres afin de mieux comprendre les variations de la qualité de l'eau et leurs conséquences sur les écosystèmes aquatiques locaux.

Tableau 04 : variations des paramètres physiques dans les stations examinées dans le barrage de Tabellout au cours de la période d'étude Avril 2025.

Paramètres	pH	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	TDS (mg/l)	Turbidité (NTU)	Salinité (mg/l)	OD (%)
S1	8,48	1122	598	3,74	0,5	30,5
S2	8,42	1098	585	3,38	0,5	20,5
S3	8,61	1023	543	5,92	0,5	23,1
S4	8,23	1094	582	9,95	0,5	20,7
S5	8,36	1022	543	12,3	0,5	20

pH: Les valeurs mesurées varient entre 8,23 et 8,61, indiquant que l'eau est généralement basique. Un pH supérieur à 7 peut influencer la solubilité des nutriments, affectant ainsi leur disponibilité pour les organismes aquatiques, y compris le phytoplancton.

Conductivité Électrique (CE) : Les valeurs de CE oscillent entre 1022 et 1122 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Une conductivité élevée peut signaler une concentration accrue de sels dissous, ce qui peut nuire à la santé des écosystèmes aquatiques. Des niveaux élevés de CE peuvent également être associés à des apports en nutriments ou à des polluants.

Total des Solides Dissous (TDS) : Les valeurs de TDS varient de 543 à 598 mg/l. Des niveaux élevés de TDS peuvent dégrader la qualité de l'eau et affecter les organismes aquatiques, en particulier ceux sensibles aux variations de salinité.

Turbidité : Les valeurs de turbidité vont de 3,38 à 12,3 NTU. Une turbidité élevée peut réduire la pénétration de la lumière dans l'eau, ce qui affecte la photosynthèse des algues et du phytoplancton, avec des répercussions potentielles sur la chaîne alimentaire aquatique.

Salinité : La salinité est constante à 0,5 mg/l, ce qui indique que l'eau est douce et favorable à la plupart des espèces de plancton.

Oxygène Dissous (OD) : Les niveaux d'OD varient de 20 à 30,5 %. Des concentrations élevées d'oxygène dissous sont cruciales pour la survie des poissons et d'autres organismes aquatiques. Des valeurs inférieures à 5 mg/l peuvent être préoccupantes, car elles signalent un stress pour les organismes aquatiques.

1.2. Les Paramètres chimique

1.2.1. Distribution des concentrations en phosphore (PO_4^{3-}) dans le barrage de Tabellout

Les phosphates dans le barrage de Tabellout révèlent des variations significatives, allant de 0,014 mg/L à 0,036 mg/L (Fig. 54). Cette variabilité peut être le reflet de diverses sources de nutriments dans l'eau, telles que le ruissellement agricole, les eaux usées et la décomposition de la matière organique.

Les phosphates jouent un rôle crucial en tant que nutriments essentiels pour la croissance des algues et du phytoplancton. Cependant, des concentrations élevées peuvent entraîner un phénomène d'eutrophisation, caractérisé par une prolifération excessive d'algues qui dégrade la qualité de l'eau et nuit à la biodiversité aquatique. Par exemple, des sites avec des niveaux de phosphates plus élevés, comme S1, peuvent favoriser une croissance accrue du phytoplancton, ce qui peut avoir des répercussions en cascade sur les populations de zooplancton et d'autres organismes aquatiques. À l'inverse, des concentrations plus faibles, comme celles observées à S4, pourraient indiquer des conditions moins favorables pour le développement du phytoplancton.

Il est donc essentiel de surveiller ces concentrations de phosphates pour évaluer la santé des écosystèmes aquatiques du barrage de Tabellout. Une gestion proactive des sources de nutriments est nécessaire pour prévenir l'eutrophisation et maintenir l'équilibre écologique. En résumé, les données sur les phosphates dans le barrage de Tabellout soulignent l'importance de comprendre les relations entre la qualité de l'eau et la dynamique des populations planctoniques, afin d'assurer une gestion durable des ressources en eau et de protéger les écosystèmes aquatiques dans la wilaya de Jijel.

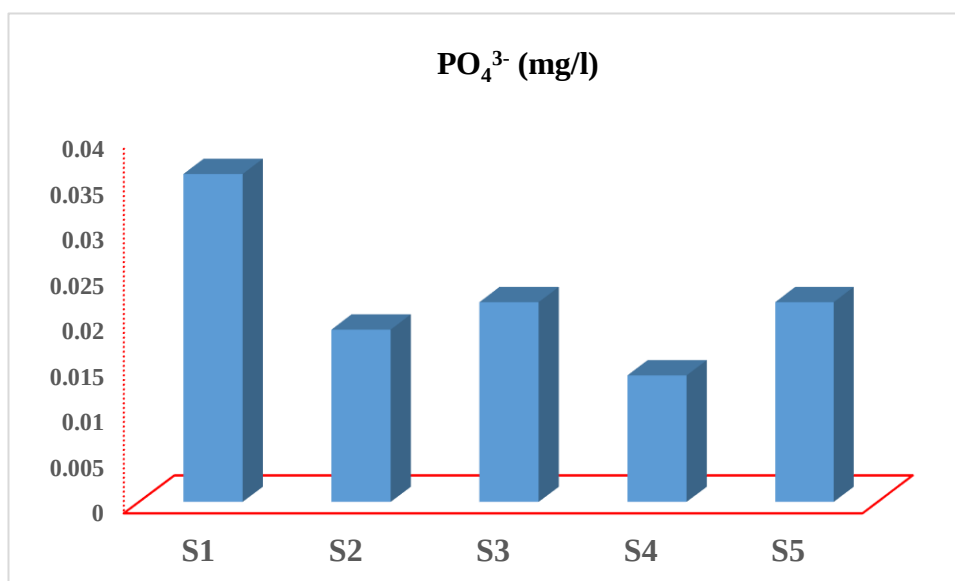


Figure 54 : Distribution des teneurs en Phosphore (PO_4^{3-}) dans le barrage de Tabellout au cours de période d'étude (Avril 2025).

1.2.2. Distribution des concentrations en Ammonium (NH_4^+) dans le barrage de Tabellout

La valeur moyenne des concentrations d'ammonium est de 0,047 mg/L, ce qui indique que les niveaux d'ammonium sont relativement constants à travers les stations, avec des variations mineures. La concentration la plus basse d'ammonium est de 0,044 mg/L, observée aux stations S1 et S4, ce qui suggère une bonne qualité de l'eau et des niveaux de pollution organique faibles. Des concentrations aussi basses sont généralement favorables à la vie aquatique, permettant un bon équilibre écologique. En revanche, la concentration la plus élevée est de 0,051 mg/L, observée à la station S3(Fig.55). Bien que cette valeur soit légèrement supérieure aux autres stations, elle reste dans une plage acceptable pour la qualité de l'eau, car des concentrations d'ammonium inférieures à 0,1 mg/L sont considérées comme sûres pour les organismes aquatiques. Les fluctuations des concentrations d'ammonium peuvent influencer la dynamique des populations planctoniques, car des niveaux plus élevés peuvent favoriser la croissance de certaines espèces de phytoplancton, entraînant des déséquilibres dans l'écosystème aquatique. Cependant, les valeurs observées ne semblent pas indiquer de risque d'eutrophisation. L'ensemble des données montrent que la qualité de l'eau du barrage de Tabellout est globalement bonne, avec des concentrations d'ammonium ne dépassant pas les seuils préoccupants, suggérant un environnement aquatique favorable pour

les populations planctoniques, bien que des surveillances régulières soient nécessaires pour détecter d'éventuelles variations futures.

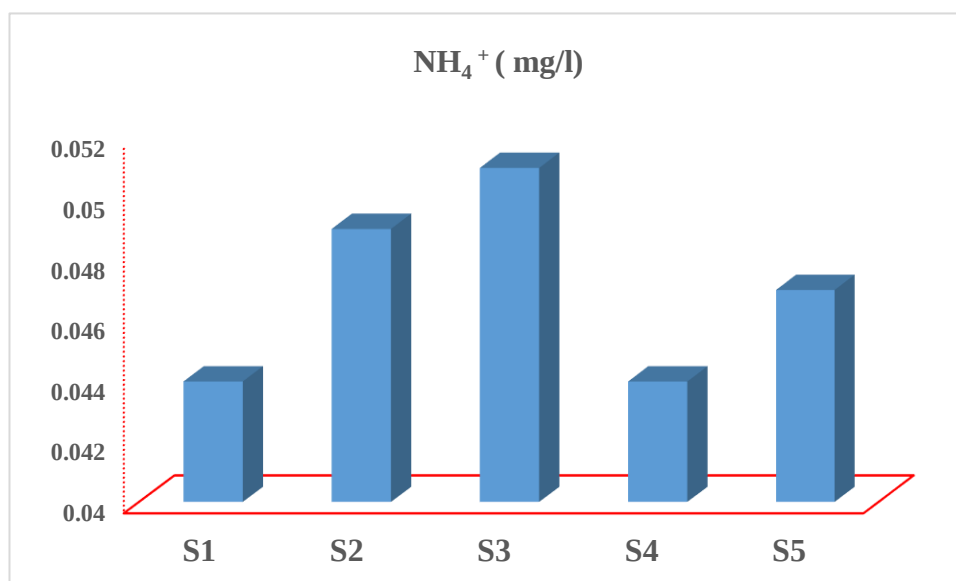


Figure 55 : Distribution des teneurs en Ammonium (NH_4^+) dans le barrage de Tabellout au cours de période d'étude (Avril 2025).

1.2.3. Distribution des concentrations en Nitrates (NO_3^-) dans le barrage de Tabellout

La concentration la plus basse de nitrates est de 0,011 mg/L à la station S2, ce qui indique une très bonne qualité de l'eau et suggère que les niveaux de nitrates sont faibles. Des concentrations aussi basses sont généralement favorables à la vie aquatique, car elles minimisent le risque d'eutrophisation, un phénomène nuisible aux écosystèmes aquatiques. En revanche, la concentration la plus élevée est de 0,079 mg/L à la station S5(Fig.56). Bien que cette valeur soit supérieure à celles des autres stations, elle reste largement en dessous des seuils critiques pour la qualité de l'eau. En général, des concentrations de nitrates inférieures à 1 mg/L sont considérées comme sûres pour les organismes aquatiques, ce qui signifie que même la valeur maximale observée ne pose pas de risque immédiat. La valeur moyenne des concentrations de nitrates est de 0,039 mg/L, ce qui montre que les niveaux de nitrates sont relativement constants à travers les stations, avec des variations mineures. Les fluctuations des concentrations de nitrates peuvent influencer la dynamique des populations planctoniques, car des niveaux plus élevés peuvent favoriser la croissance de certaines espèces de phytoplancton, entraînant des déséquilibres dans l'écosystème aquatique. Cependant, les valeurs observées ne semblent pas indiquer de risque d'eutrophisation, souvent causée par des concentrations de nitrates plus élevées. Les données montrent que la qualité de l'eau du barrage de Tabellout est globalement bonne, avec des concentrations de nitrates qui ne

dépassent pas les seuils préoccupants, suggérant un environnement aquatique favorable pour les populations planctoniques, bien que des surveillances régulières soient nécessaires pour détecter d'éventuelles variations futures.

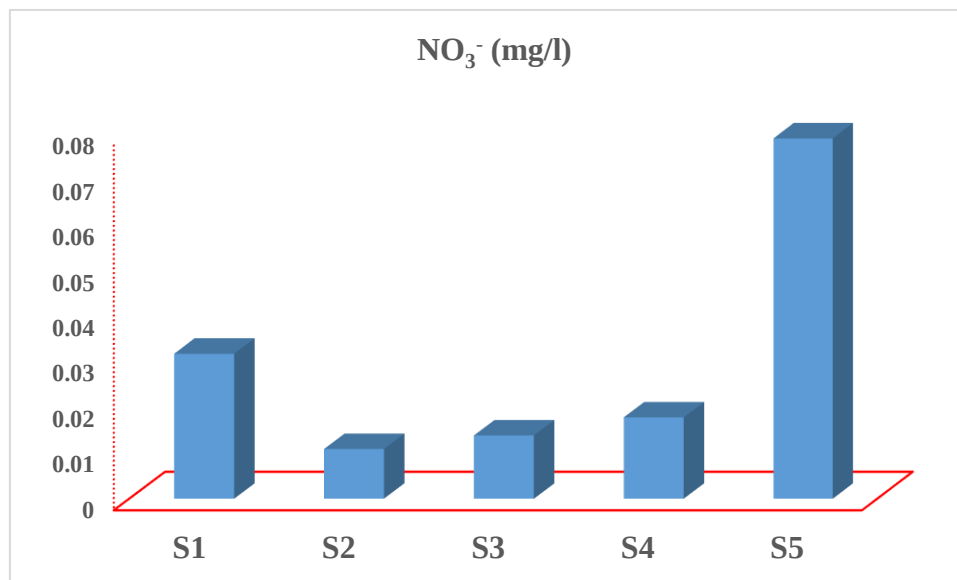


Figure 56 : Distribution des teneurs en Nitrates (NO_3^-) dans le barrage de Tabellout au cours de période d'étude (Avril 2025).

1.2.4. Distribution des concentrations en Nitrites (NO_2^-) dans le barrage de Tabellout

La concentration la plus basse de nitrites est de 0,023 mg/L à la station S1, ce qui indique une bonne qualité de l'eau et suggère que les niveaux de nitrites sont faibles. Des concentrations aussi basses sont généralement favorables à la vie aquatique, car elles minimisent le risque de toxicité pour les organismes aquatiques. En revanche, la concentration la plus élevée est de 0,070 mg/L à la station S5 (Fig.57). Bien que cette valeur soit supérieure à celles des autres stations, elle reste en dessous des seuils critiques pour la qualité de l'eau. En général, des concentrations de nitrites inférieures à 0,1 mg/L sont considérées comme sûres pour les organismes aquatiques, ce qui signifie que même la valeur maximale observée ne pose pas de risque immédiat. La valeur moyenne des concentrations de nitrites est de 0,0354 mg/L, ce qui montre que les niveaux de nitrites sont relativement constants à travers les stations, avec des variations mineures. Les fluctuations des concentrations de nitrites peuvent influencer la dynamique des populations planctoniques, car des niveaux plus élevés peuvent être toxiques pour certaines espèces. Cependant, les valeurs observées ne semblent pas indiquer de risque d'eutrophisation ou de toxicité significative pour les organismes aquatiques. Les données montrent que la qualité de l'eau du barrage de Tabellout est

globalement bonne, avec des concentrations de nitrites qui ne dépassent pas les seuils préoccupants, suggérant un environnement aquatique favorable pour les populations planctoniques, bien que des surveillances régulières soient nécessaires pour détecter d'éventuelles variations futures.

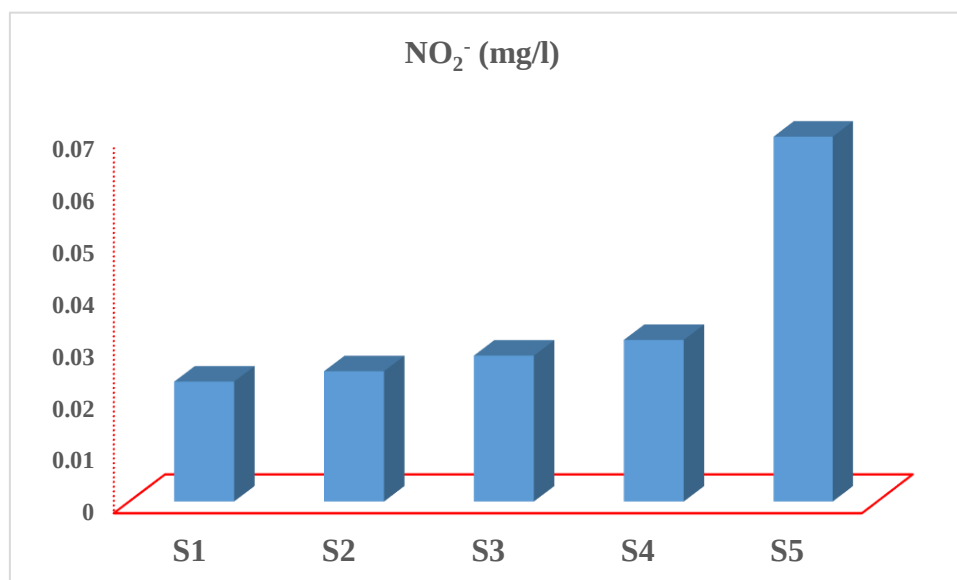


Figure 57 : Distribution des teneurs en Nitrites (NO₂⁻) dans le barrage de Tabellout au cours de période d'étude (Avril 2025).

1.2.5. Distribution des concentrations en Azote Inorganique Dissous (NID) dans le barrage de Tabellout

La concentration la plus basse d'azote minéral dissous (NID) est de 0,085 mg/L à la station S2, ce qui indique une bonne qualité de l'eau et suggère que les niveaux de NID sont relativement faibles, favorisant ainsi la vie aquatique en réduisant le risque de toxicité pour les organismes. En revanche, la concentration la plus élevée est de 0,196 mg/L à la station S5 (Fig. 58). Bien que cette valeur soit plus élevée que celles des autres stations, elle demeure inférieure aux seuils critiques définis pour la qualité de l'eau. En effet, des concentrations inférieures à 0,5 mg/L sont généralement considérées comme sûres pour les organismes aquatiques, ce qui indique que même la valeur maximale observée ne représente pas un risque immédiat. Par ailleurs, la concentration moyenne en azote minéral dissous (NID) est de 0,1132 mg/L, ce qui témoigne d'un niveau relativement stable entre les stations, malgré quelques variations notables. Les fluctuations des concentrations de NID peuvent influencer la dynamique des populations planctoniques, car des niveaux plus élevés peuvent favoriser la croissance de certaines espèces de phytoplancton. Cependant, les valeurs observées ne

semblent pas indiquer de risque d'eutrophisation ou de toxicité significative pour les organismes aquatiques. En résumé, les données montrent que la qualité de l'eau du barrage de Tabellout est globalement bonne, avec des concentrations de NID qui ne dépassent pas les seuils préoccupants, suggérant un environnement aquatique favorable pour les populations planctoniques, bien que des surveillances régulières soient nécessaires pour détecter d'éventuelles variations futures.

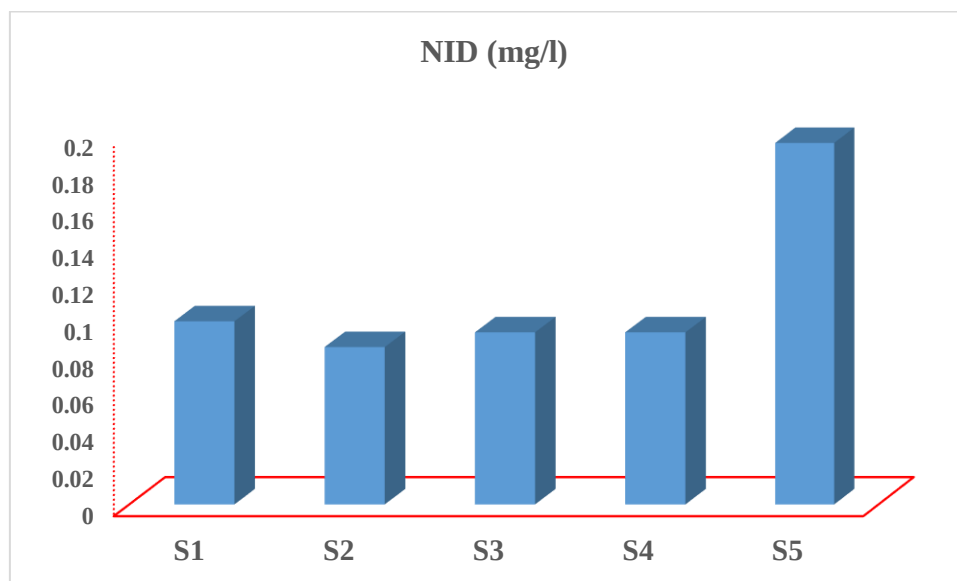


Figure 58 : Distribution des teneurs en Azote Inorganique Dissous (NID) dans le barrage de Tabellout au cours de période d'étude (Avril 2025).

1.2.6. Distribution des concentrations en Ortho silicates (Si(OH)_4) dans le barrage de Tabellout

La concentration la plus basse de silicium réactif dissous (Si(OH)_4) est de 6,957 mg/L à la station S4, ce qui indique une présence relativement faible de ce nutriment par rapport aux autres stations. Cela peut suggérer une disponibilité limitée de silicium pour les organismes aquatiques qui en dépendent. En revanche, la concentration la plus élevée est de 7,907 mg/L à la station S5. Bien que cette valeur soit supérieure à celles des autres stations, elle demeure dans une plage favorable à la croissance de certaines espèces de phytoplancton, car le silicium est essentiel à leur développement. La valeur moyenne des concentrations de silicium réactif dissous est de 7,493 mg/L (Fig.59), ce qui montre que les niveaux de silicium sont relativement constants à travers les stations, avec des variations notables. Les fluctuations des concentrations de silicium peuvent influencer la dynamique des populations planctoniques, car des niveaux plus élevés peuvent favoriser la croissance de certaines

espèces de phytoplancton, qui jouent un rôle crucial dans l'écosystème aquatique. Les valeurs observées ne semblent pas indiquer de risque d'eutrophisation, mais plutôt un environnement propice à la diversité planctonique. En somme, les données montrent que la qualité de l'eau du barrage de Tabellout est globalement bonne, avec des concentrations de silicium réactif dissous qui ne dépassent pas les seuils préoccupants, suggérant ainsi un environnement aquatique favorable pour les populations planctoniques, bien que des surveillances régulières soient nécessaires pour détecter d'éventuelles variations futures.

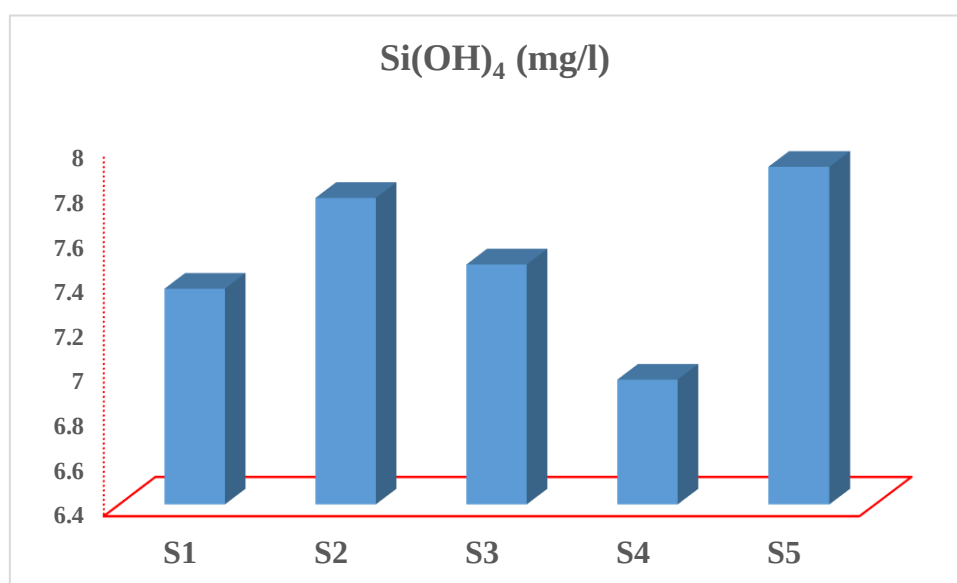


Figure 59 : Distribution des teneurs en Ortho silicates (Si(OH)_4) dans le barrage de Tabellout au cours de période d'étude (Avril 2025).

1.2.7. Distribution des concentrations en Sulfate (SO_4^{2-}) dans le barrage de Tabellout

La concentration la plus basse de sulfates dans les eaux du barrage de Tabellout est de 146,42 mg/L à la station S4, ce qui indique une présence relativement faible de sulfates par rapport aux autres stations. Cela peut suggérer une disponibilité limitée de ce nutriment pour les organismes aquatiques qui en dépendent. En revanche, la concentration la plus élevée est de 165,65 mg/L à la station S1. Bien que cette valeur soit supérieure à celles des autres stations, elle reste en dessous du seuil de 250 mg/L (Fig.60), souvent considéré comme le niveau à partir duquel le goût de l'eau peut devenir désagréable, ce qui signifie que les niveaux de sulfate dans cette station demeurent acceptables pour la qualité de l'eau.

Pour mieux comprendre les fluctuations, la valeur moyenne des concentrations de sulfate est calculée à 155,82 mg/L. Cela montre que les niveaux de sulfate sont relativement constants à travers les stations, avec des variations notables. Les fluctuations des

concentrations de sulfate peuvent influencer la dynamique des populations planctoniques, car des niveaux plus élevés de sulfates peuvent favoriser la croissance de certaines espèces de phytoplancton, qui jouent un rôle crucial dans l'écosystème aquatique. Les valeurs observées ne semblent pas indiquer de risque d'eutrophisation, mais plutôt un environnement propice à la diversité planctonique. Les données montrent que la qualité de l'eau du barrage de Tabellout est globalement bonne, avec des concentrations de sulfate qui ne dépassent pas les seuils préoccupants, suggérant ainsi un environnement aquatique favorable pour les populations planctoniques, bien que des surveillances régulières soient nécessaires pour détecter d'éventuelles variations futures.

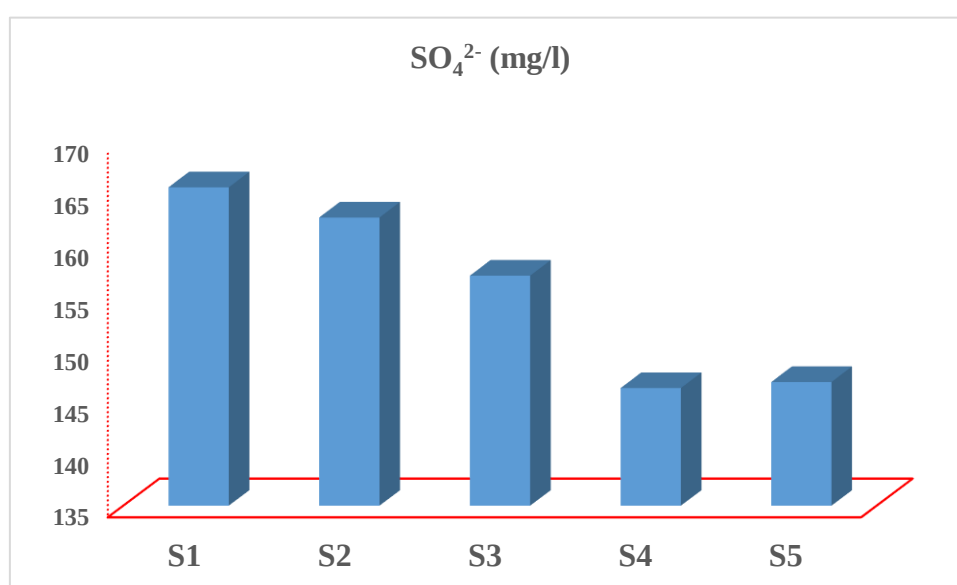


Figure 60 : Distribution des teneurs en Sulfate (SO_4^{2-}) dans le barrage de Tabellout au cours de période d'étude (Avril 2025).

1.2.8. Distribution des concentrations en Bicarbonates (HCO_3^-) dans le barrage de Tabellout

La concentration la plus basse de bicarbonates, mesurée à 3,66 mg/L, a été observée à la station S2, indique une disponibilité limitée de ce nutriment, ce qui peut nuire à la capacité des organismes aquatiques à maintenir leur équilibre acido-basique, essentiel pour leur survie et leur croissance. En revanche, la concentration la plus élevée est de 6,1 mg/L, relevée aux stations S1, S3 et S5. Bien que cette valeur soit supérieure à celles des autres stations, elle demeure dans une plage généralement acceptable pour la qualité de l'eau, suggérant ainsi une bonne disponibilité de bicarbonates pour les organismes aquatiques. La valeur moyenne des concentrations de bicarbonates est de 4,88 mg/L (Fig.61), ce qui montre que les niveaux varient entre les stations, avec une tendance à la baisse dans certaines d'entre elles. Les

fluctuations des concentrations de bicarbonates peuvent influencer la dynamique des populations planctoniques, car des niveaux adéquats sont essentiels pour le phytoplancton, qui joue un rôle crucial en tant que producteur primaire dans l'écosystème aquatique. Des concentrations plus faibles peuvent limiter la photosynthèse et, par conséquent, affecter la croissance des populations planctoniques. Les données indiquent que la qualité de l'eau du barrage de Tabellout présente des variations dans les concentrations de bicarbonates, allant de 3,66 mg/L à 6,1 mg/L. Ces fluctuations peuvent avoir des implications sur la dynamique des populations planctoniques, soulignant ainsi l'importance d'une surveillance continue pour garantir un environnement aquatique sain.

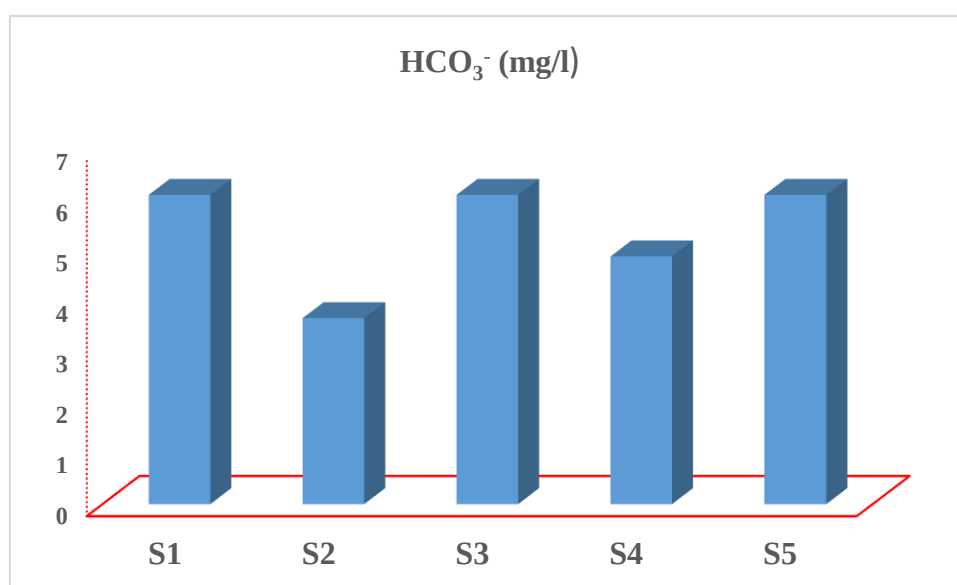


Figure 61 : Distribution des teneurs en Bicarbonates(HCO_3^-) dans le barrage de Tabellout au cours de période d'étude (Avril 2025).

1.2.9. Distribution des concentrations en Carbonates(CO_3^{2-}) dans le barrage de Tabellout

La concentration la plus faible en carbonates, mesurée à 0,6 mg/L, a été observée aux stations S2, S3 et S5 (Fig. 62), ce qui pourrait indiquer une moindre minéralisation ou une influence locale sur la composition chimique de l'eau. En revanche, la concentration la plus élevée, enregistrée à 1,2 mg/L, a été relevée aux stations S1 et S4. Bien que cette valeur soit supérieure à celles des autres stations, elle reste globalement faible. Ces résultats montrent que la qualité de l'eau du barrage de Tabellout présente des variations modérées dans les concentrations de carbonates, oscillant entre 0,6 et 1,2 mg/L.

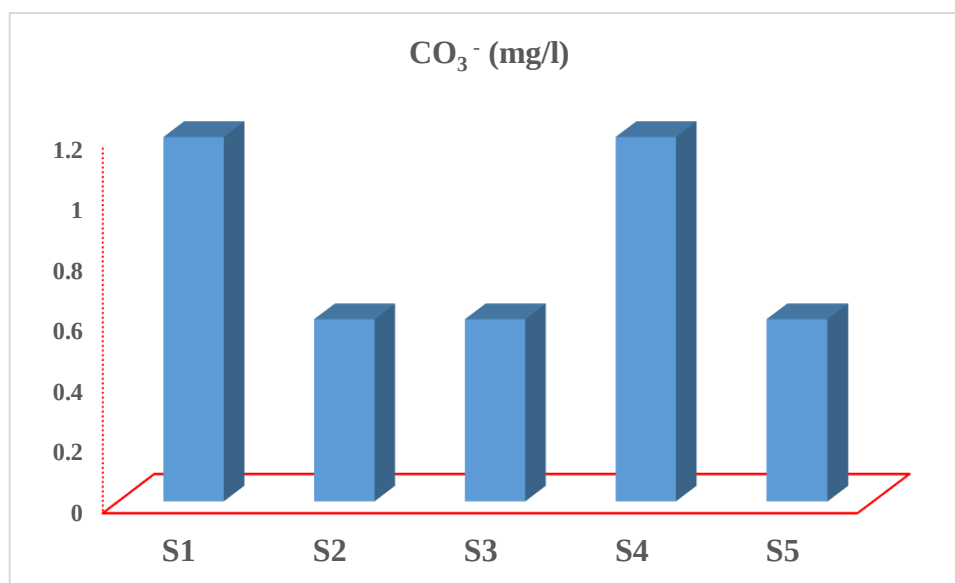


Figure 62 : Distribution des teneurs en Carbonates(CO₃²⁻) dans le barrage de Tabellout au cours de période d'étude (Avril 2025).

1.2.10. Distribution des concentrations en chlorure (Cl⁻) dans le barrage de Tabellout

L'analyse des données de chlorure dans le barrage de Tabellout révèle une variation de la concentration de ce composé chimique dans les différentes stations d'échantillonnage. Cette variation, allant de 63,9 mg/l à 71 mg/l (Fig. 63), souligne l'importance de comprendre l'impact du chlorure sur la structure et la dynamique du plancton dans cet écosystème aquatique. La concentration la plus élevée de chlorure est enregistrée dans les stations S1, S2 et S5 pourrait être attribuée à divers facteurs tels que les apports provenant des activités humaines, notamment l'agriculture, ainsi que les processus naturels tels que l'érosion des sols. Ces concentrations peuvent avoir des effets profonds sur la composition du plancton, en modifiant la disponibilité des nutriments et en influençant la composition chimique de l'eau.

D'autre part, les stations S3 et S4 présentent des concentrations relativement les plus faibles de chlorure. Cette variation dans la concentration de chlorure peut influencer la diversité et l'abondance du plancton, car certains organismes planctoniques sont sensibles aux changements de salinité. Ainsi, des variations dans la concentration de chlorure peuvent entraîner des changements dans la structure de la communauté planctonique, favorisant la prolifération de certaines espèces au détriment d'autres. En outre, la dynamique du plancton peut être affectée par les fluctuations de la concentration de chlorure au fil du temps. Par exemple, des périodes de fortes pluies entraînant une augmentation du ruissellement des eaux de surface riches en chlorure peuvent perturber l'équilibre écologique du barrage de Tabellout.

en favorisant la croissance de certaines espèces planctoniques adaptées à des conditions plus salines.

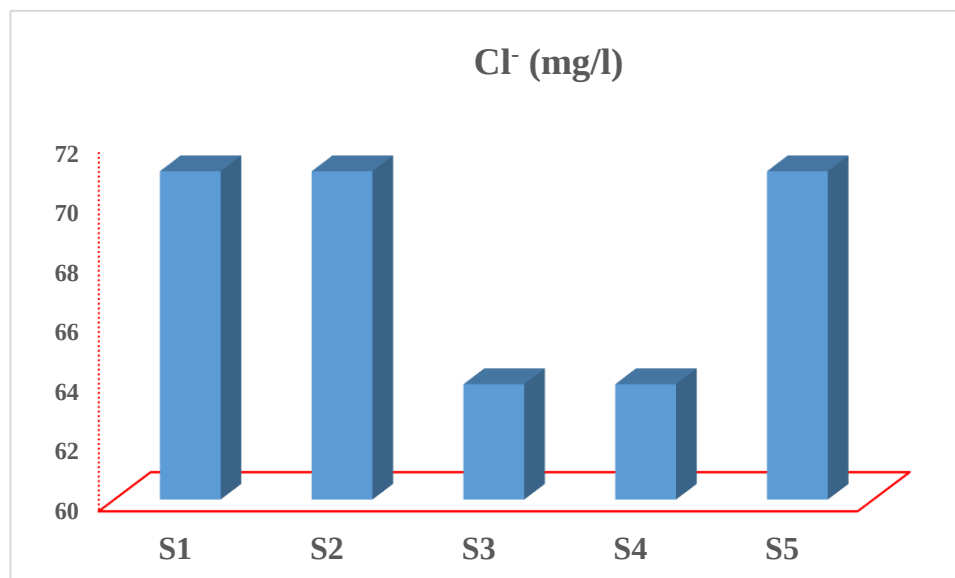


Figure 63 : Distribution des teneurs en chlorure dans le barrage de Tabellout au cours de période d'étude (Avril 2025).

1.2.11. Distribution des concentrations en sodium (Na^+) dans le barrage de Tabellout

Le sodium est un élément essentiel pour de nombreux organismes aquatiques, y compris le plancton, car il est impliqué dans divers processus physiologiques tels que l'équilibre osmotique, la régulation du pH et la transmission des influx nerveux. Ainsi, des variations dans sa concentration peuvent influencer directement la composition et l'abondance du plancton. Durant la période d'étude avril 2025 les données de sodium (Na) dans le barrage de Tabllout révèlent une variation de sa concentration, allant d'un minimum de 41,4 mg/l à un maximum de 46 mg/l (fig. 64). Cette variabilité dans les niveaux de sodium peut avoir des implications importantes sur la dynamique du plancton dans le barrage. Les sites présentant des concentrations élevées en sodium, telles que les sites S1,S2 et S5, peuvent favoriser la croissance de certains types de plancton adaptés à des conditions salines plus élevées. Ces conditions peuvent notamment favoriser la prolifération de certaines espèces de plancton halophiles, qui sont capables de prospérer dans des environnements riches en sel.

En revanche, les zones avec des concentrations plus faibles en sodium, comme les sites S3 et S4, peuvent présenter des conditions moins favorables à la croissance du plancton. Cependant, il est également possible que des espèces de plancton plus sensibles à des niveaux élevés de sodium prédominent dans ces zones, ce qui peut également influencer la composition globale du plancton.

En outre, les variations saisonnières et les interactions complexes entre le sodium et d'autres facteurs environnementaux, tels que la température et la disponibilité des nutriments, peuvent également jouer un rôle dans la structure et la dynamique du plancton dans le barrage de Tabllout. Ainsi, une surveillance continue de ces paramètres est essentielle pour comprendre pleinement l'écologie du plancton dans cet écosystème et pour soutenir une gestion efficace des ressources en eau.

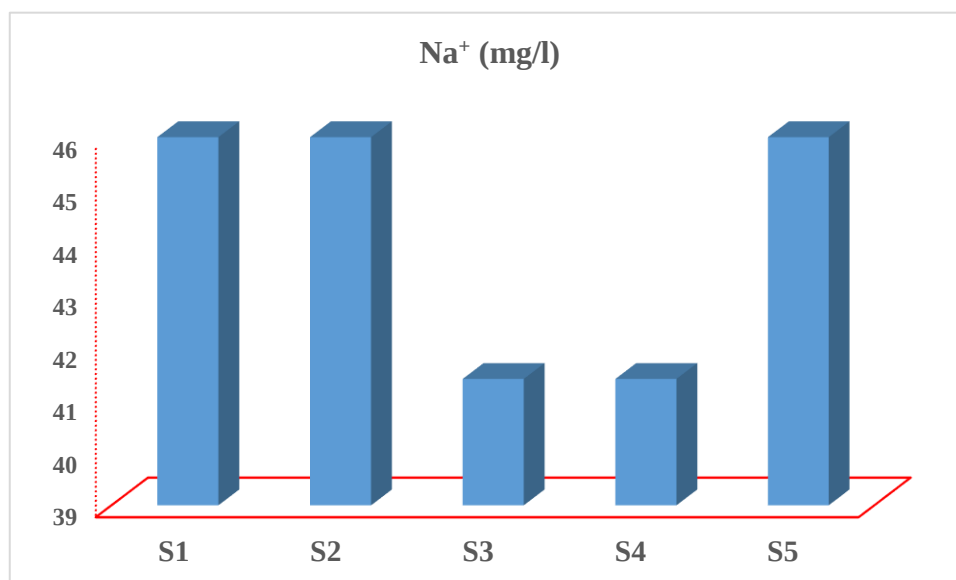


Figure 64 : Distribution des teneurs en sodium dans le barrage de Tabellout au cours de période d'étude (Avril 2025).

2. Étude qualitatif de la communauté phytoplanctonique

La communauté phytoplanctonique du barrage Tabllout a été étudiée sous différents aspects : la composition taxonomique et la distribution spatiale des taxons dans les stations étudiées.

2.1. Taxonomie du genre phytoplanctonique

Tableau 05 : Systématiques du phytoplancton.

Systématiques	<i>Ceratium</i>	Sites	- / +
Royaume Eukaryota		S1	+
Règne : Chromista		S2	+
Embranchement Dinoflagellata		S3	+
Classe : Dinophyceae		S4	+
Ordre : Gonyaulacales		S5	+
Famille : Ceratiaceae			
Genre : <i>Ceratium</i>			
	Grossissement : (×40)		

Systématiques	<i>Oscillatoria</i>	Sites	- / +
Royaume : Prokaryota Règne : Bacteria Embranchement : Cyanobacteria Classe : Cyanophyceae Ordre : Oscillatoriales Famille : Oscillatoriaceae Genre : <i>Oscillatoria</i>	 Grossissement : (×40)	S1 S2 S3 S4 S5	+ + + + +
Systématiques	<i>Cymatopleura</i>	Sites	- / +
Royaume : Eukaryota Règne : Chromista Embranchement : Heterokontophyta Classe : Bacillariophyceae Ordre : Surirellales Famille : Surirellaceae Genre : <i>Cymatopleura</i>	 Grossissement : (×40)	S1 S2 S3 S4 S5	+ - - - -
Systématiques	<i>Gymnodinium</i>	Sites	- / +
Royaume : Eukaryota Règne : Chromista Embranchement : Dinoflagellata Classe : Dinophyceae Ordre : Gymnodinales Famille : Gymnodiniaceae Genre : <i>Gymnodinium</i>	 Grossissement : (×40)	S1 S2 S3 S4 S5	+ + + + +
Systématiques	<i>Eunotia</i>	Sites	- / +
Royaume : Eukaryota Règne : Chromista Embranchement : Ochrophyta Classe : Bacillariophyceae Ordre : Eunotiales Famille : Eunotiaceae Genre : <i>Eunotia</i>	 Grossissement : (×40)	S1 S2 S3 S4 S5	+ - - - -

Systématiques	<i>Euplotes</i>	Sites	- /+
Royaume : Eukaryota Règne : Chromista Embranchement : Ciliophora Classe : Spirotrichea Ordre : Euplotida Famille : Euplotidae Genre : <i>Euplotes</i>	 Grossissement : (×40)	S1 S2 S3 S4 S5	+ - - - -
Systématiques	<i>Cyclotella</i>	Sites	- /+
Royaume : Eukaryota Règne : Chromista Embranchement : Heterokontophyta Classe : Mediophyceae Ordre : Stephanodiscales Famille : Stephanodiscaceae Genre : <i>Cyclotella</i>	 Grossissement : (×40)	S1 S2 S3 S4 S5	+ - + - -
Systématiques	<i>Euglena</i>	Sites	- /+
Royaume : Eukaryota Règne : Protozoa Embranchement : Euglenophyta Classe : Euglenophyceae Ordre : Euglenales Famille : Euglenaceae Genre : <i>Euglena</i>	 Grossissement : (×40)	S1 S2 S3 S4 S5	+ - + - -
Systématiques	<i>Alexandrium</i>	Sites	- /+
Royaume : Eukaryota Règne : Chromista Embranchement : Dinoflagellata Classe : Dinophyceae Ordre : Gonyaulacales Famille : Goniendomataceae Genre : <i>Alexandrium</i>	 Grossissement : (×40)	S1 S2 S3 S4 S5	+ + + + +

Systématiques	<i>Navicula</i>	Sites	- / +
Royaume : Eukaryota Règne : Chromista Embranchement : Heterokontophyta Classe : Bacillariophyceae Ordre : Naviculales Famille : Naviculaceae Genre : <i>Navicula</i>	 Grossissement : (×40)	S1 S2 S3 S4 S5	- - + + -
Systématiques	<i>Pinnularia</i>	Sites	- / +
Royaume : Eukaryota Règne : Chromista Embranchement : Bacillariophyta Classe : Bacillariophyceae Ordre : Naviculales Famille : Pinnulariaceae Genre : <i>Pinnularia</i>	 Grossissement : (×40)	S1 S2 S3 S4 S5	- - + + -
Systématiques	<i>Synedra</i>	Sites	- / +
Royaume : Eukaryota Règne : Chromista Embranchement : Heterokontophyta Classe : Bacillariophyceae Ordre : Fragilariales Famille : Fragilariaceae Genre : <i>Synedra</i>	 Grossissement : (×40)	S1 S2 S3 S4 S5	- - + + -

Systématiques	<i>Synedra</i>	Sites	- /+
Royaume : Eukaryota Règne : Chromista Embranchement : Heterokontophyta Classe : Bacillariophyceae Ordre : Fragilariales Famille : Fragilariaceae Genre : <i>Synedra</i>	 Grossissement : (×40)	S1 S2 S3 S4 S5	- - + + -
Systématiques	<i>Gomphonema</i>	Sites	- /+
Royaume : Eukaryota Règne : Chromista Embranchement : Heterokontophyta Classe : Bacillariophyceae Ordre : Cymbellales Famille : Gomphonemataceae Genre : <i>Gomphonema</i>	 Grossissement : (×40)	S1 S2 S3 S4 S5	- - - + -
Systématiques	<i>Gyrosigma</i>	Sites	- /+
Royaume : Eukaryota Règne : Chromista Embranchement : Heterokontophyta Classe : Bacillariophyceae Ordre : Naviculales Famille : Naviculaceae Genre : <i>Gyrosigma</i>	 Grossissement : (×40)	S1 S2 S3 S4 S5	- - - + -

Systématiques	<i>Eunotia</i>	Sites	- /+
Royaume : Eukaryota Règne : Chromista Embranchement : Ochrophyta Classe : Bacillariophyceae Ordre : Eunotiales Famille : Eunotiaceae Genre : <i>Eunotia</i>	 Grossissement : (×40)	S1 S2 S3 S4 S5	- - - - +
Systématiques	<i>Microcystis</i>	Sites	- /+
Royaume : Prokaryota Règne : Bacteria Embranchement : Cyanobacteria Classe : Cyanophyceae Ordre : Chroococcales Famille : Microcystaceae Genre : <i>Microcystis</i>	 Grossissement : (×40)	S1 S2 S3 S4 S5	- - - - +
Systématiques	<i>Tintinnidium</i>	Sites	- /+
Royaume : Eukaryota Règne : Protista Embranchement : Ciliophora Classe : Spirotrichea Ordre : Choreotrichida Famille : Tintinnina Genre : <i>Tintinnidium</i>	 Grossissement : (×40)	S1 S2 S3 S4 S5	+ + + + +

2.2. La Fréquence d'occurrence des Genres du Phytoplancton dans le barrage de Tabblout

Selon les données présentées dans l'histogramme (Fig. 65), les genres phytoplanctoniques les plus fréquemment observés dans les cinq stations de prélèvement sont les suivants : Ceratium, Oscillatoria, Gymnodinium, Alexandrium et Tintinnidium. Ces genres dominent l'ensemble des populations recensées et se distinguent par leur large distribution et leur abondance significative dans toutes les stations échantillonnées. En ce qui concerne les autres genres identifiés, leur fréquence varie sensiblement selon les stations. Ces fluctuations sont estimées entre 20 % et 40 %, ce qui traduit une variabilité écologique locale influencée probablement par plusieurs facteurs environnementaux tels que la température, la salinité, la disponibilité en nutriments ou encore le degré de pollution. Cette disparité témoigne de la richesse spécifique de la communauté phytoplanctonique, mais aussi de l'influence des conditions physico-chimiques propres à chaque station.

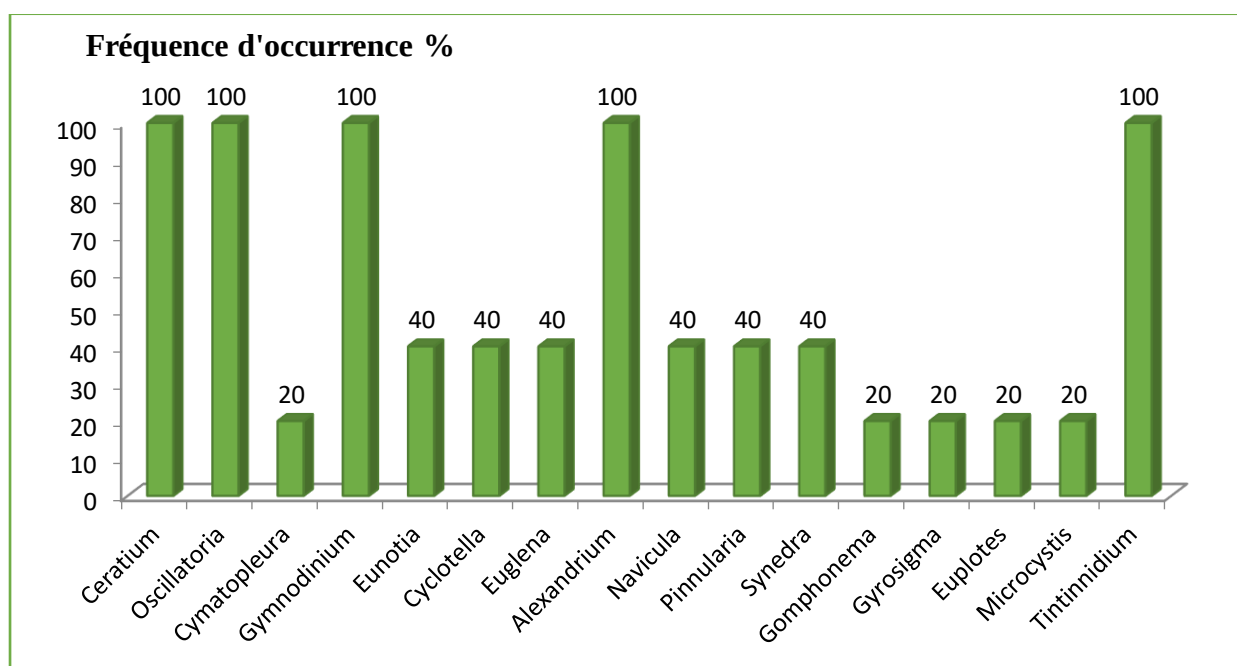


Figure 65 : Les fréquences d'occurrence (%) des Genres du Phytoplancton dans le barrage de Tabblout.

2.3. Classes de Fréquence d'occurrence (%) des Genres du Phytoplancton

Tableau 06 : Classes de Fréquence d'occurrence (%) des Genres du Phytoplancton dans le barrage de Tabllout (avril 2025).

Classe	Accidentelles	Accessoires	Régulières	Constantes	Omniprésente
	0-25%	25-50%	50-75%	75-100%	100%
Nombre de genre	05	06	00	00	05
Pourcentage%	31,25	37,5	00	00	31,25

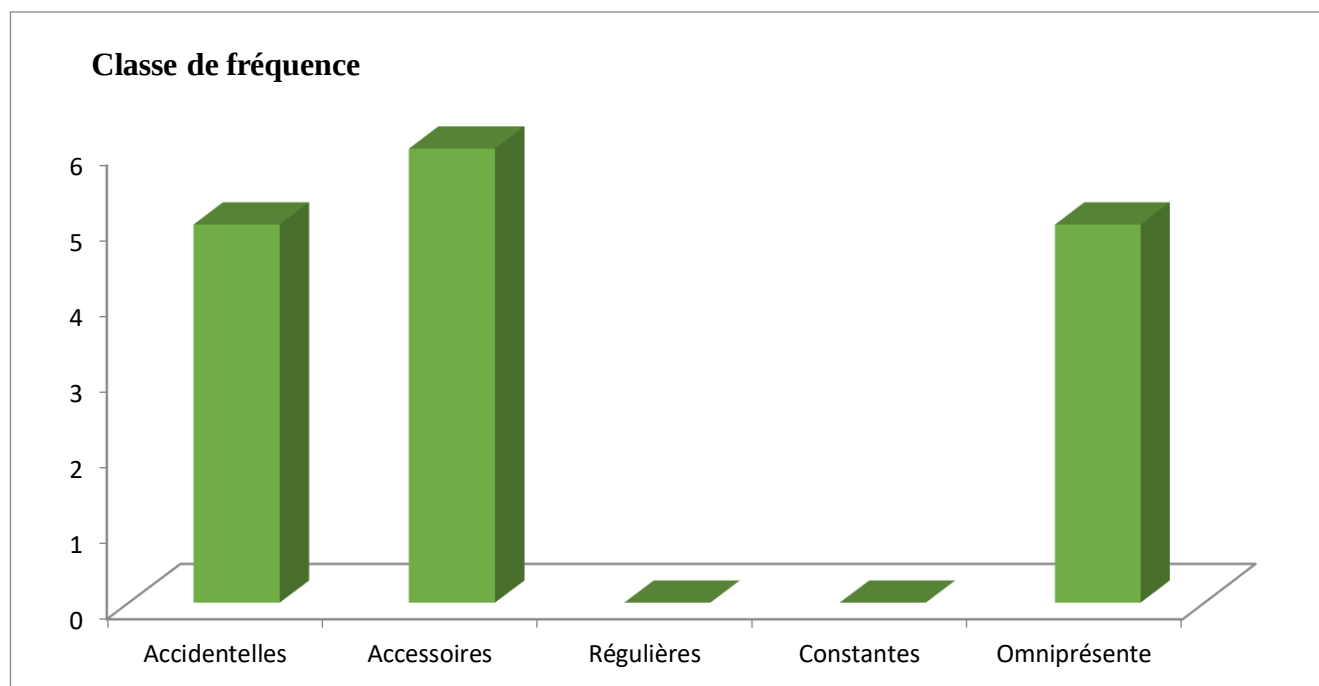


Figure 66 : Les classes de fréquence d'occurrence (%) des Genres du Phytoplancton dans le barrage de tabellout.

D'après les données présentées dans la [Figure 66](#) et le [Tableau 06](#), les genres de micro-organismes observés ont été répartis en trois catégories selon leur fréquence d'apparition dans les échantillons :

Les **genres accidentels** (fréquence de 0 à 25 %) sont les moins représentés et n'ont été détectés que dans un nombre restreint d'échantillons. Il s'agit de *Cymatopleura*, *Gomphonema*, *Gyrosigma*, *Euplotes* et *Microcystis*. Leur apparition sporadique peut être liée à des événements ponctuels, tels que des apports externes (ruissellement, pollution diffuse) ou des fluctuations environnementales locales (variations de température, de nutriments ou de lumière).

Les **genres accessoires** (fréquence de 25 à 50 %) présentent une occurrence modérée dans les échantillons. Cette catégorie comprend *Eunotia*, *Cyclotella*, *Euglena*, *Navicula*, *Pinnularia* et *Synedra*. Bien que leur présence soit plus régulière, ces genres restent dépendants de conditions écologiques particulières (par exemple, une plage précise de pH, une intensité lumineuse variable ou une disponibilité saisonnière de nutriments), ce qui limite leur stabilité dans l'écosystème étudié.

Enfin, les **genres omniprésents** (fréquence de 100 %) ont été recensés dans l'ensemble des échantillons analysés, ce qui témoigne de leur grande tolérance aux variations du milieu et de leur rôle écologique prépondérant. Ces genres incluent *Ceratium*, *Oscillatoria*, *Gymnodinium*, *Alexandrium* et *Tintinnidium*. Leur omniprésence peut indiquer soit un bon équilibre écologique, soit au contraire un déséquilibre si certains d'entre eux sont associés à des phénomènes tels que l'eutrophisation ou les proliférations phytoplanctoniques.

3. Étude qualitative de la communauté zooplanctonique

3.1. Taxonomie du genre Zooplanctonique

Tableau 07: systématique du zooplancton

Systématiques	<i>Keratella</i>	Sites	- / +
Royaume : Eukaryota Règne : Animalia Embranchement : Rotifera Classe : Monogononta Ordre : Ploima Famille : Brachionidae Genre : <i>Keratella</i>	 Grossissement : (×10)	S1 S2 S3 S4 S5	+ - - - +

Systématiques	<i>Podon</i>	Sites	- / +
Royaume : Eukaryota Règne : Animalia Embranchement : Arthropoda Classe : Branchiopoda Ordre : Calanoida Famille : Podonidae Genre : <i>Podon</i>	 Grossissement : (×10)	S1 S2 S3 S4 S5	- + + - -
Systématiques	<i>Calanus</i>	Sites	- / +
Royaume : Eukaryota Règne : Animalia Embranchement : Arthropoda Classe : Crustacea Ordre : Calanoida Famille : Calanidae Genre : <i>Calanus</i>	 Grossissement : (×10)	S1 S2 S3 S4 S5	+ + + + +
Systématiques	<i>Brachionus</i>	Sites	- / +
Royaume : Eukaryota Règne : Animalia Embranchement : Rotifera Classe : Monogononta Ordre : Ploima Famille : Brachionidae Genre : <i>Brachionus</i>	 Grossissement : (×10)	S1 S2 S3 S4 S5	- + - + +
Systématiques	<i>Pseudodiaptomus</i>	Sites	- / +
Royaume : Eukaryota Règne : Animalia Embranchement : Arthropoda Classe : Maxillopoda Ordre : Calanoida Famille : Pseudodiaptomidae Genre : <i>Pseudodiaptomus</i>	 Grossissement : (×10)	S1 S2 S3 S4 S5	+ + + + +

Systématiques	<i>Keratella</i>	Sites	- /+
Royaume : Eukaryota Règne : Animalia Embranchement : Rotifera Classe : Monogononta Ordre : Ploima Famille : Brachionidae Genre : <i>Keratella</i>	 Grossissement : (×10)	S1 S2 S3 S4 S5	- - + + -
Systématiques	<i>Pseudodiaptomus</i>	Sites	- /+
Royaume : Eukaryota Règne : Animalia Embranchement : Arthropoda Classe : Maxillopoda Ordre : Calanoida Famille : Pseudodiaptomidae Genre : <i>Pseudodiaptomus</i>	 Grossissement : (×10)	S1 S2 S3 S4 S5	+ + + + +
Systématiques	<i>Polyarthra</i>	Sites	- /+
Royaume : Eukaryota Règne : Animalia Embranchement : Rotifera Classe : Monogononta Ordre : Ploima Famille : Synchaetidae Genre : <i>Polyarthra</i>	 Grossissement : (×10)	S1 S2 S3 S4 S5	- - - + -

Systématiques	<i>Testudinella</i>	Sites	- /+
Royaume : Eukaryota Règne : Animalia Embranchement : Rotifera Classe : Monogononta Ordre : Flosculariaceae Famille : Testudinellidae Genre : <i>Testudinella</i>	 Grossissement : (×10)	S1 S2 S3 S4 S5	- - - + -

Systématiques	<i>Pseudodiaptomus</i>	Sites	- / +
Royaume : Eukaryota Règne : Animalia Embranchement : Arthropoda Classe : Hexanauplia Ordre : Calanoida Famille : Pseudodiaptomidae Genre : <i>Pseudodiaptomus</i>	 Grossissement : (×10)	S1 S2 S3 S4 S5	- - - + +
Systématiques	<i>Anuraeopsis</i>	Sites	- / +
Royaume : Eukaryota Règne : Animalia Embranchement : Rotifera Classe : Monogononta Ordre : Ploima Famille : Brachionidae Genre : <i>Anuraeopsis</i>	 Grossissement : (×10)	S1 S2 S3 S4 S5	- - - + +
Systématiques	<i>Metacyclops</i>	Sites	- / +
Royaume : Eukaryota Règne : Animalia Embranchement : Arthropoda Classe : Copepoda Ordre : Cyclopoida Famille : Cyclopidae Genre : <i>Metacyclops</i>	 Grossissement : (×10)	S1 S2 S3 S4 S5	- - - + +

3.2. La Fréquence d'occurrence des Genres du zooplancton dans le barrage de Tabllout

Selon les données représentées par l'histogramme (Fig. 67), les genres *Calanus* et *Pseudodiaptomus* sont les plus fréquents parmi les copépodes identifiés dans l'ensemble des cinq stations de prélèvement. Leur dominance est constante dans toutes les stations, ce qui suggère qu'ils occupent une place écologique importante dans la communauté zooplanctonique de la zone étudiée. En ce qui concerne les autres genres, on observe une variabilité significative de leur abondance relative. En effet, leurs proportions fluctuent entre 20 % et 80 % selon le genre et la station. Cette variation peut être attribuée à plusieurs facteurs environnementaux, tels que la salinité, la température, les nutriments disponibles ou encore les interactions interspécifiques. Ces différences soulignent l'hétérogénéité spatiale de la composition du zooplancton dans la région étudiée, ainsi que l'importance de l'adaptation écologique propre à chaque genre.

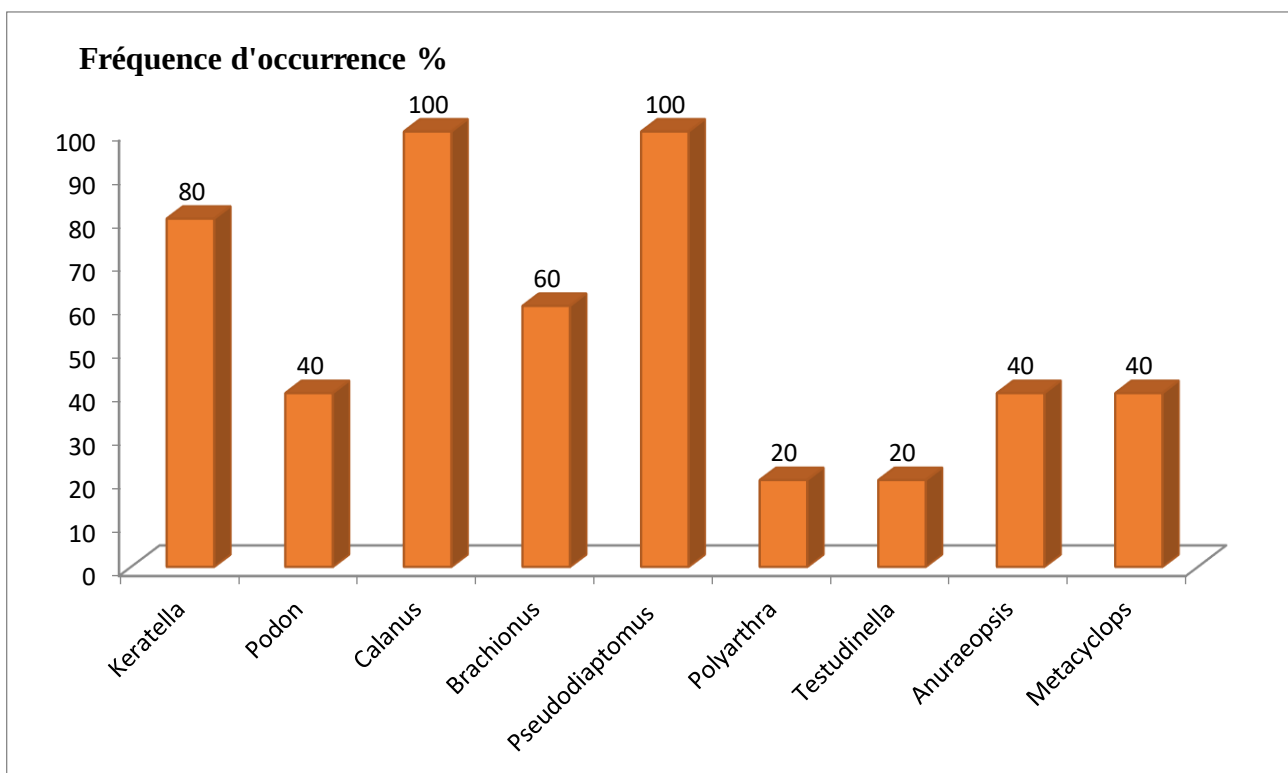


Figure 67 : Les fréquences d'occurrence (%) des Genres du zooplancton dans le barrage de Tabellout.

3.3. Classes de Fréquence d'occurrence (%) des Genres du zooplancton

Tableau 08 : Classes de Fréquence d'occurrence (%) des Genres du zooplancton dans le barrage de Tabellout (avril 2025).

Classe	Accidentelles	Accessoires	Régulières	Constantes	Omniprésente
	0-25%	25-50%	50-75%	75-100%	100%
Nombre de genre	02	03	01	01	02
Pourcentage %	22,22	33, 33	11,11	11,11	22,22

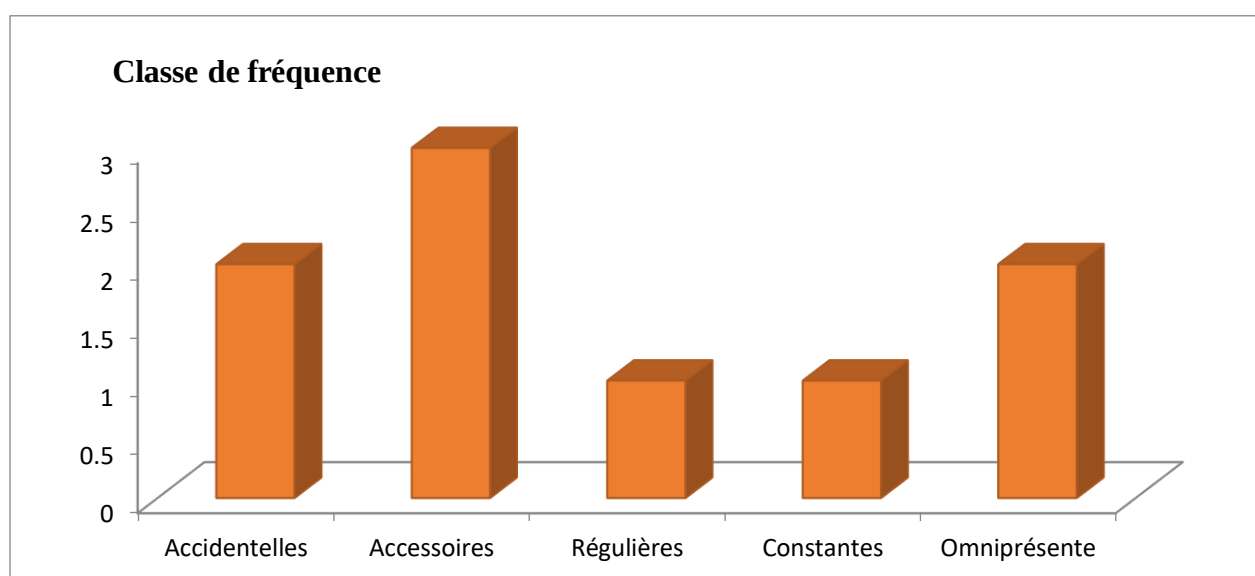


Figure 68 : Les classes de fréquence d'occurrence(%) des Genres du zooplancton dans le barrage de tabellout.

D'après l'analyse des résultats présentés dans la [figure 68](#) et le [tableau 08](#), la répartition des genres étudiés selon leur fréquence d'apparition dans les échantillons peut être classée en cinq catégories écologiques : accidentelle, accessoire, régulière, constante et omniprésente. Deux genres, *Testudinella* et *Polyarthra*, sont qualifiés d'accidentels, car leur fréquence d'apparition est inférieure à 25 %, ce qui suggère qu'ils apparaissent rarement et de manière aléatoire dans le milieu, probablement en raison de conditions environnementales momentanément favorables. Trois genres, *Podon*, *Anuraeopsis* et *Metacyclops*, sont classés comme accessoires (fréquence entre 25 et 50 %), ce qui indique qu'ils sont présents dans une partie notable des échantillons, mais sans être dominants, témoignant ainsi d'une présence occasionnelle liée à certains facteurs écologiques spécifiques. Le genre *Brachionus* est considéré comme régulier (50-75 %), reflétant une présence stable et significative dans le

milieu, ce qui peut traduire une certaine tolérance aux variations environnementales. Le genre *Keratella* est qualifié de constant (75-100 %), ce qui traduit une présence quasi systématique dans les échantillons, signe d'une bonne adaptation aux conditions locales. Enfin, deux genres, *Calanus* et *Pseudodiaptomus*, sont omniprésents, avec une fréquence d'apparition de 100 %. Cela signifie qu'ils ont été observés dans tous les échantillons analysés, ce qui suggère qu'ils sont des éléments structurants et caractéristiques de la communauté étudiée. Cette classification écologique permet ainsi de mieux comprendre la dynamique et la stabilité des peuplements en fonction de la fréquence d'apparition des différents genres.

Conclusion

Conclusion

Les barrages jouent un rôle fondamental dans la gestion des ressources en eau, en assurant de multiples fonctions indispensables aux sociétés humaines. Ils alimentent les populations en eau potable, soutiennent l'agriculture par l'irrigation, fournissent de l'eau pour l'industrie, contribuent à la régulation des crues, et participent à la préservation de la biodiversité aquatique. Cependant, ces fonctions ne peuvent être assurées efficacement que si l'on comprend et maîtrise les dynamiques hydrologiques et écologiques associées à ces ouvrages. Dans ce contexte, l'étude menée sur le barrage de Tabellout a permis de dégager plusieurs conclusions majeures concernant la qualité de l'eau et son influence sur la biodiversité planctonique :

1. Richesse en nutriments : un moteur essentiel de la productivité biologique

L'analyse chimique des eaux du barrage a révélé la présence de nutriments indispensables au développement du phytoplancton et du zooplancton, tels que les phosphates (PO_4^{3-}), ammonium (NH_4^+), nitrates (NO_3^-), nitrites (NO_2^-), silicates (Si(OH)_4) et autres ions dissous (sulfates, carbonates, bicarbonates...). Ces nutriments, qui peuvent provenir à la fois de sources naturelles (érosion, apports fluviaux) et anthropiques (rejets agricoles ou domestiques), sont inégalement répartis selon les stations échantillonnées. Cette variabilité spatiale conditionne fortement la productivité primaire (croissance des algues) et la structure des chaînes alimentaires aquatiques, influençant ainsi la richesse et la composition des communautés planctoniques.

2. Diversité phytoplanctonique : reflet des conditions environnementales

Le phytoplancton observé dans le barrage de Tabellout présente une diversité relativement élevée, avec une dominance de cinq genres principaux : *Ceratium*, *Oscillatoria*, *Gymnodinium*, *Alexandrium* et *Tintinnidium*. Ces genres se distinguent par leur capacité d'adaptation à différents gradients environnementaux (pH, température, lumière, nutriments). Cependant, d'autres genres ont été observés de manière plus sporadique ou localisée. Leur répartition hétérogène s'explique par la combinaison de facteurs abiotiques (turbidité, salinité, oxygénation) et biotiques (compétition, prédation). La richesse spécifique observée témoigne d'un écosystème dynamique, dont l'équilibre dépend de la stabilité des paramètres physico-chimiques.

3. Zooplancton : dominance des copépodes adaptatifs

Le zooplancton, maillon crucial entre le phytoplancton et les niveaux trophiques supérieurs (poissons, invertébrés), est dominé par deux genres de copépodes : *Calanus* et *Pseudodiaptomus*. Leur présence constante et abondante dans toutes les stations étudiées

traduit une grande tolérance écologique, leur permettant de prospérer dans un large éventail de conditions environnementales. À l'inverse, d'autres genres de copépodes présentent une abondance variable, influencée par la composition du phytoplancton disponible (nourriture), l'oxygène dissous, ou les micro-variations locales de température et de turbidité. Cette diversité traduit la complexité de l'écosystème planctonique et l'interdépendance étroite entre les différentes composantes de la chaîne alimentaire aquatique.

Références bibliographiques

Les références bibliographiques

- ABH., 2009. Agence des bassins hydrographiques est inspirai du SEQ (Système d'Evaluation de la Qualité des eaux superficielles) pour classer les eaux superficielles.
- Alligui, S., 2010. Contribution à l'étude hydrobiologique « planctonique » du barrage de Ourkis dans la wilaya d'OEB compagne printanière de suivi 2017.
- Amiot, A., 2004. Hydrologie des écosystèmes marins : paramètres et analyses. Editions Quae. Annales de Géographie. 66° année° 335 :193-220 p.
- Aminot, A. et Chaussied, M., 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. 395 p.
- Amoros, C., 1984. Crustacés cladocères. Introduction pratique à la systématique des organismes des eaux continentales françaises. Bull. Soc. Linn. Lyon, 53. 71-143.
- ANBT., 2009. Géologie, géomorphologie et caractéristiques géomécaniques de deux sites de barrage à Tabellout (w. Jijel) RAPPORT N° 400-07, pages 37.
- Anctil, F., 2008. L'eau et ses enjeux. Canada : les presses de l'université Laval. p.226.
- Anneville, O., Kaiblinger, C., Tadonlélé, R.D., Druart, J.C. et Dokulil, M.T., 2008. Contribution of Long-Term Monitoring to the European Water Framework Directive Implementation. Proceedings of Taal 2007: The 12th World Lake Conference. Sengupta, M. et Dalwani, R. (eds). pp 1122-1131.
- ANRH., Caractéristique du bassin versant de l'oued Djendjen. Rapport
- Beaudry, J. P., 1984. Traitement des eaux. Ed Le Griffon d'Argile, Québec.
- Becker, E. W., 1983. Limitations of heavy metal removal from waste water by means of algae. *Wat. Res.* 17(4) pp: 459-466.
- Belghiti, M., Bengoumi, D., 2013. Etude De La Qualité Physico -Chimique Et Bactériologique Des Eaux Souterraines De La Nappe Plio-Quaternaire Dans La Région De Meknès (Maroc). *Larhyss Journal*. Issn 1112-3680. N°14. Pp : 21-36.
- Blundell, G., Papa, B., Edwards, S., & Holmes, R., 2004. The source water protection
- Benayache, N.Y., Nguyen-Quang, T., Hushchyna, K., McLellan, K., Afri-Mehennaoui, F.Z., and Bouaicha, N., 2019. An Overview of Cyanobacteria Harmful Algal Bloom (CyanoHAB) Issues in Freshwater Ecosystems; in "Limnology - Some New Aspects of Inland Water Ecology," ISBN : 978-1-83880-789-4- DOI: 10.5772/intechopen.84155. pp 13-37.

- Bensaoula , F., Adjim, M. et Bensalah, M., 2007. L'importance Des Eaux Karstiques Dans L'approvisionnement En Eau De La Population De Tlemcen. Larhyss Journal, N° 06, Pp. 57-64.
- Bremond, R. et Vuichard, R., 1973. Paramètres de la qualité des eaux, Edition OSPEPE, Paris.
- Bremond, R., Vuichard, R., 1973. Paramètres de la qualité des eaux, OSPEPE, Paris.
- Boeglin, J.C., 2006 . Propriétés Des Eaux Naturelles. Dans : Techniques De L'ingénieur W1 : Technologie Des Eaux. Techniques De L'ingénieur. Chap.G1 110, pp: 1-8.
- Boucenna, F., 2009. Cartographie par les différentes méthodes de vulnérabilité a la pollution d'une nappe cotière: cas de la plaine alluviale de l'oued djendjen (Jijel,Nord-est algerien) mémoire de magister université- Annaba, p. 115.
- Boufakane., 2003. cartographie de la vulnérabilité à la pollution de l'aquifère Alluvionnaire de la plaine de l'oued Djendjen et modélisation, de la nappe /Mémoire de Magister. Université d'Alger.
- Bouziani, M., 2000. L'eau de la pénurie aux maladies. Ed Ibn Khaldoun.
- Cadier, M., 2016. Diversité des communautés phytoplanctoniques en relation avec les facteurs environnementaux en mer d'Iroise : approche par la modélisation 3D. Sciences de la Terre. Université de Bretagne occidentale - Brest, 2016. Français. ffNNT : BRES0030ff. fftel-01383247ff.
- Cardot, C., 1999 . Les Traitements Des Eaux (Procédés Physicochimiques; Cours Et Problèmes Résolus), Ellipses. 247p.
- Castany,G.,1998 . Hydrogéologie principes et méthodes. Paris : DUNOD. p.564.
- Champiat, D. et Larpent, J.P., 1994. Biologie des eaux: Méthodes &Techniques, 2ème tirage. pp : 24, 37, 39.
- Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec., 2016. Détermination de la silice réactive dans l'eau : méthode par spectrophotométrie UV-visible, MA. 303 – SiO2 1.0, rév. 1, Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, 11 p.
- Chorus, I. & Bartram, J., 1999. Toxic cyanobacteria in water. A guide to their public health consequences, monitoring and management. *E & FN Spon.*, London. 415 p.
- Colyer, C.L., Kinkade, C.S., Viskari, P.J. et Landers, J.P., 2005. Analysis of cyanobacterial pigments and proteins by electrophoretic and chromatographic methods. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 382 : 559-569.

- Cosandey, C., Bibot, S., Dacharry, M., Gille, E., Laganier, R., & Savador, P.G., 2003 . *Les eaux courantes* (p. 292). Paris : BELIN.
- Costanza, R ., d'Arge, R., Rudolf de Groot, Stephen , F. k, Monica, G, Bruce, H, Karin, L, Shahid, N, R. V. O'Neill, Jose, P, Robert, G. R, Paul, S. k. k & Marjan van den, B., 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital in *Nature's Services* VOL 387.
- Couté, A., Bernard, C., 2001. Les cyanobactéries toxiques. In: Toxines d'algues dans l'alimentation, Frémy, J. M. & Lassus, P. (Ed), Ifremer, Brest, 21-37.
- Dauta, A. & Feuillade, J. 1995. Croissance et dynamique des populations algales. In : Limnologie générale. R. Pourriot et M. Meybeck. Paris, Masson ; Coll. Ecol. (25) : 328-350.
- DCE ; directive européenne du 23 décembre 2000.
- Debieche, T., Boukaroum, M . et Ghemit, Y., 2015. Estimation du ruissellement a partir des barrages. Application au barrage de Kissir (wilaya de Jijel, ne Algerien), Equipe de recherche Eau et Environnement, Laboratoire de Génie Géologique, Université Mohamed Seddik Benyahia – Jijel .
- Degrémont, 2005. Mémento technique de l'eau. p.1718.
- De reviers, B., 2003. Biologie et phylogénie des algues. Belin, Paris. Collection Sup Sciences. Tome 2: 255p.
- De Villers, J., Squilbin, M., yourassowsky , C., 2005. Qualité physicochimique et chimique des eaux de surface. Institut Bruxellois pour la gestion de l'environnement.
- Derwiche, E., Benaabidate , L., Zian,A., Sadki, O., & Belghity,D., 2010 . Caractérisation physicochimique des eaux de la nappe alluviale du haut Sebou en aval de sa confluence avec oued Fés. Larhyss Journal, n° 08, pp.101-112.
- Djellit , H., 2013. Etude néotectonique des chevauchements localisés sur le site du barrage de tabellout au front des massifs anciens de petite kabylie (Algérie/wilaya de Jijel/ Texanna), pages 58.
- Diamond, J.M. , 1979. Community structure: isitrandom or isitshaped by species differences and competition? Oxford, England, pp. 165-181.
- Drenner, R.W.& Mac Comas S.R., 1980. The rôle of zooplankton escape ability and fish sélective feeding and impact of planktivo-rousfish. In: Evolution and ecology of zooplanktoncommunities. W.C. Kerfoot (éd.). Univ. Press of New England, pp. 587-593.

- Drissi, S., 2008 . Qualité Des Eaux De Quelques Sources Dans La Région De Souk-Ahras. Mémoire De Magister. Centre Universitaire De Souk Ahras. 69 P.
- Druart, J.C., & Rimet, F., 2008. Protocoles d'analyse du phytoplancton de l'INRA: prélèvement, dénombrement et biovolumes. INRA-Thonon, RapportSHL Dunod. 283, 96, 237p.
- Domaizon, I., Viboud, S. et Fontvieille, D., 2003. Taxon-specific and seasonal variations in flagellates grazing on heterotrophic bacteria in the oligotrophic Lake Annecy - importance of mixotrophy. *FEMS Microbiology Ecology*. 46 :317-329.
- Domzig, A., 2006 .Déformation active et récente, et structuration tectonosédimentaire de la marge sous-marine algérienne. Thèse de Doctorat, Université de Bretagne occidentale, Brest, France
- Dussart, B., 1969 . Les Copépodes des eaux continentales d'Europe occidentale. Tome II : Cyclopoïdes et Biologie quantitative. Boubée et Cie, Paris. p.292.
- Elegbede Manou , B., Koumolou, L., N'tia , F.F., Atikou, M.I., Labite, H.E., Aina, M., Edorh, P.A., 2019. Inconvenience of traditional fishing practice on aquatic ecosystem of Nokoué Lake in Benin Republic (West Africa). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 13(7): 3032-3038.
- Ergashev, A.E. et Tajiev S.H., 1986.Seasonal variation of phytoplankton in series of waste treatment lagoons (Chmkent, Central Asia): Artificial inoculation and role of algae in sewage purification. *Int. Res. Der. Ges. Hydrobiol.* 17 (4) pp: 545-555.
- Ettl, H., 1978. Xanthophyceae. Ettl, H., Gerloff, J. et Heynig, H. (eds). Süßwasserflora von Mitteleuropa. Gustav Fisher Verlag, Stuttgart.
- Fent, K., 2010.Occurrence, fate and effects of pharmaceutical residues in the aquatic environment, *Review of environmental contamination and toxicology* 1-53.
- Fogg, G.E., Stewart, W.D.P., Fay, P., Walsby, A.E., 1973. The blue-green algae. Academic Press-London and New York. pp. 9-297.
- Ganf, G.G., Heaney, S.I. and Corry. J., 1991. Light absorption and pigment content in natural populations and cultures of a non-gas vacuolate cyanobacterium *Oscillatoria bourrellyi* (= *Tychomema bourrellyi*). *Journal of Plankton Research*. 13 : 1101-1121.
- Garnier,J., Sferratore,A., d'Ayguessives, A., & Pinault, S., 2003.Les sources de silice dans un réseau hydrographique: la Seine *UMR Sisyphe, UPMC, Tour 26, Etage 5, 4 place Jussieu, 75005 Paris Josette .Garnier@ccr.jussieu.fr*
- Genin, B., Chauvin, C.H., Ménard, F., 2003. Cours d'eau et indices biologique. Paris : Educagri. 216 p.

- George, D.G.& Edwards, R.W., 1976. The effect of wind on the distribution of chlorophylla and crustaceanplankton in a shallow eutrophic réservoir. *Journal of AppliedEcology*, 13, 667-690.
- Gleick, P .H., 1993. *Water in Crisis. A Guide to the World's Fresh Water Resources*. Oxford University Press: 1314 -1318.
- Goldman, J. C., 1993. Potential role of large oceanic diatoms in new primary production. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers* 40 : 159-168.
- Gordon, R., Losic, D., Tiffany, M. A., Nagy, S. S., Sterrenburg, F. A. S., 2008. The Glass Menagerie: diatoms for novel applications in nanotechnology. *Trends in Biotechnology* 27: 116-127.
- Grogga, N., 2012. Structure, fonctionnement et dynamique du phytoplancton dans le lac de Taabo (Côte d'Ivoire), Thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse Université de Toulouse, 180p.
- Gros Claude, G., 1999.L'eau usage et polluants. Tome 2 Edition INRA Paris. 210p
- Guy, J., 2006 . *Ecologie du plancton*. Edition : TEC & DOC, Lavoisier, Paris, France, 283 p.
- Habila, S., 2008. Etude De L'impact Du Barrage Beni Haroun Sur L'environnement : Effets Eco- Toxicologique. Mémoire De Magister. Université De Jijel., 176 p.
- Hamaidi, F., 2012.Contribution a la connaissance des peuplements planctoniques de six plans d'eau du nord de l'Algérie. These de doctorat université de Blida .
- Hamilton, D. P. & Schladow, S. G., 1997. Prediction of water quality in lakes and reservoirs. Part I - Model description. *Ecological Modelling*, 96, (1-3), 91-110.
- Hansen, G., Turquet, J., Quod, J.P., Ten Hage, L., Lugomela C., Kyewalyanga, M., Hurbungs, M., Wawiye, P., Ogongo, B., Tunje, S. & Rakotoarinjanahary, H., 2001.Potentially Harmful Microalgae of the Western Indian Ocean.Manuals and Guides 41.pp:5, 79.
- Harris, G.J., 1986. *Phytoplankton ecology: Structure, function and fluctuation*. Chapman and Hall, London.
- Hart, R.C., 1990. Zooplankton distribution in relation to turbidity and relatedenvironmental gradients in a large subtropical réservoir: patterns and implications. *Freshwat. Biology*, 24, 241 -263.
- Humenik, F.J. & Hanna G.P., 1971.Algal-bacterial symbiosis for removal and conservation of wastewater nutrients, *J.W.P.C.F.*, 43 (4) pp: 580-594.

- Iltis, A., 1980. Les Algues 1. pp: 55.
- Jacques, G., 1996. Le cycle de l'eau. Directeur de recherches au CNRS, ORSTOM Paris.
- Jean claude, B., 1992. Chimie des eaux 2 eme édition. Les éditions de griffond d'argile p213- 215.
- Jones, G.J. & Poplawski, W., 1998. Understanding and management of cyanobacterial blooms in subtropical reservoirs of Queensland, Australia. *Water Sci. Technol.*, 37 : 161-168.
- Juery, J., 2002. Les procédés membranaires pour le traitement de l'eau. Direction de l'Espace Rural et de la Forêt : France, 165 p.
- Kemp, A. E. S., Pearce, R. B., Grigorov, I., Rance, J., Lange, C. B., Quilty, P., Salter, I., 2006. The production of giant marine diatoms and their export at oceanic frontal zones: implications for Si and C flux in stratified oceans. *Global Biogeochemical Cycles* 20 : 1-13.
- Kerfoot, W.C., 1975. The divergence of adjacent populations. *Ecology*, 56, 1298-1313.
- Kristiansen, J., 2005. Golden algae. A biology of chrysophytes. Liechtenstein: A. R. G. Gantner Verlag, distributed by Koeltz Scientific Books. 167p.
- Kugrens, P. et Clay, B.L., 2003. Cryptomonads. *Dans : Freshwater Algae of North America : Ecology and Classification*. Wehr, J.D. et Sheath, R.G. (eds). Academic Press, Paris.
- Kruk, C., Mazzeo N., Lacerot G. & Reynolds C.S., 2002. Classification schemes for phytoplankton: a local validation of a functional approach to the analysis of species temporal replacement. *J. Plankton Res.*, 24, 901-912.
- Lallemand-Barrés, A., Roux, J.C., 1999 . Périmètres de protection des captages d'eau souterraine destinée à la consommation humaine. Orléans : BRGM Manuals and methods. p.334.
- Lampert, W., 1993. Ultimate causes of diel vertical migration of zooplankton: New evidence for the predator-avoidance hypothesis. *Archiv fur Hydrobiologie Ergebnisseder Limnologie*. 39, 79-88.
- Loose, C., 1993. Daphniadiel vertical migration behaviour: Response to vertebrate predator abundance. *Archiv fur Hydrobiologie Ergebnisse der Limnologie*, 39, 29-36.

- Mackas, D L., Batten ,S. & Trudel, M., 2007. « Effects on zooplankton of a warmer ocean : recent evidence from the Northeast Pacific » Prog. in Ocean.75, no 2: 223–252.
- Mamimeche, K. et Mebarek , A ., 2013. Fracturation et risque de fuites d'eau au niveau de la retenue du barrage de Tabellout - Texanna - wilaya de Jijel,université de Jijel , pages 89.
- Mann, K.H. & Lazier, J.R.N., 1966. Dynamics of marine's ecosystems. Blackwell Science Inc. pp: 394.
- Masmoudi , S., 2014. Dynamique du phytoplancton et caractérisation physiologique et moléculaire de trois espèces autotrophes de la saline de Sfax(Tunisie), un milieu extrémophile. Sciences agricoles.Université du Maine, Français.
- Matthew, F.K., & John R.J, 1989. Summer distribution of nutrients, phytoplankton and dissolvedoxygen in relation to hydrology in Table Rock Lake, a large midwesternréservoir. Arch. Hydrobiol., 83(2), 197-225.
- McQueen, D.J., Post, J.R. & Mills E.L., 1986. Trophic relationships in freshwater pelagic ecosystems. *Can. J. Fish. Aquat. Sci*, 43 : 1571-1581.
- Mebarki., 2005 . Hydrologie des bassins de l'Est Algérien: ressources en eau, aménagement et environnement. Thèse d'état en Hydrogéologie. Université Mentouri, Constantine. 306 p.
- Mehennaoui- Afri, F. Z., 1998. Contribution à l'étude physico-chimique et biologique de l'Oued Kébir-Rhumel et de ses principaux affluents. Mémoire de magistère en Ecologie. Université Mentouri, Constantine. 238 p.
- Meybeck, M. & Vörösmarty, C., 2005. Fluvial filtering of land-to-ocean fluxes: from natural Holocene variations to Anthropocene. *Comptes Rendus Geoscience*, 337(1), 107-123.
- Mollo, P. et Noury, A., 2013. Le manuel du plancton, Éditions Charles Léopold Mayer, Essai N° 195, France, 198p.
- Monod, J., 1989 . Mémento Technique De L'eau. 9ème Edition. T1. Dégrémont. France. 591 p.
- Mur, L.R., Skumberg, O.M., & Utkilen, H., 1999. Cyanobacteria in the Environment. In : Chorus, I. et Bartram, J. (eds.). Toxic Cyanobacteria in water. A guide to their public Health consequences, monitoring and management. WHO Ed. E & FN SPON. pp 41-111.

- NF EN ISO 9963-1 (février 1996). Qualité de l'eau – Détermination de l'alcalinité – Partie 1 : Détermination de l'alcalinité totale et composite (Indice de classement : T90-036).
- Office National de la Météorologie (ONM), 2019. Direction régionale Est. Station météorologique d'Achouat. Jijel. Phénomène enregistré pour la wilaya de Jijel.
- Oudot, C., 1983. La distribution des sels nutritifs (NO₃ - NO₂ - NH₄ - PO₄ - SiO₄) dans l'océan Atlantique intertropical oriental (région du Golfe Guinée) 223-248.
- Ott, D.W. et Oldham-Ott, C.K., 2003. Eustigmatophyte, Raphidophyte and Tribophyte Algae. Dans : Freshwater Algae of North America : Ecology and Classification. Wehr, J.D. et Sheath, R.G. (eds). Academic Press, Paris.
- Padisák, J., 1998. Sudden and gradual responses of phytoplankton to global climate change: case studies from two large, shallow lakes (Balaton, Hungary; Neusiedlersee, Austria/ Hungary). In : George DG, Jones JG, Puncocchar P, Reynolds CS, Sutcliffe DW, eds. *Management of lakes and reservoirs during global change*. Dordrecht; Boston; London : Kluwer : 111-25.
- Parhad, N.M. & Raon. U., 1974. Effect of pH on survival of *Escherichia coli*. *Jourl. Water Poll. Control. Fed.*, 46 pp: 980-986. Paris.
- Parson, S.D., Bierman, J.R.V.J. et Silliman, S.E., 1989. An evaluation of methods for the estimation of tributary mass loads. *Water Resour. Res.*, 25(6): 1379-1389.
- Pearson, H.W., Mara D.D., Mills S.W. & Smallman D.L., 1987. Factors determining algal population in waste stabilization ponds and the influence of algae on pond performance. *Wat. Sci. Tech.* 19 (12) pp: 131-140.
- Prescott, L.M., Harley, J.P. et Klein, D.A., 2003. Microbiologie, 2ème édition. De boeck Université, Bruxelles.
- Potelon, J-L., Zysman, K., 1998. Le guide des analyses d'eau potable, la lettre du cadre territorial. 253p.
- Pouliot, Y. & Delanoue J., 1985. Mise au point d'une installation pilote d'épuration tertiaire des eaux usées par production de microalgues. *Rev. Franç. des sci. de l'eau*, 4 pp: 207-222.
- Pourriot, R., Champ, P., 1982. Consommateurs et production secondaire. Ed, Paris Masson. p 198.
- Ramade, F., 1998. Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'eau .p.786.

- Ramade, F., 2000. Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'eau, biochimie et écologie des eaux continentales et littorales. Science internationale, Paris, p.179.
- Rafiqul, I.M., Jalal, K.C.A. & Alam M.Z., 2005. Environmental Factors for Optimization of *Spirulina* Biomass in Laboratory Culture. *Biotechnology* 4(1) pp: 1922.
- Rejsek, F., 2002. Analyse des eaux ; Aspects réglementaires et technique. 360p.
- Rengrajan, A., 2019. Organic matter in drinking water : sources, treatment and health effects. *Water, Air & soil pollution* 5541-5549.
- Reyjol, Y., Spyrate, S.V., Basilio, L., Archaimbault, V., Argillier, C., 2013. 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 ». ONEMA, Paris.
- Reynolds, C.S., 1988. Functional morphology and the adaptive strategies of freshwater phytoplankton. Dans: Growth and Reproductive Strategies of Freshwater Phytoplankton. Sandgren, C.D. (ed) Cambridge University Press, New York. pp: 388-433.
- Reynolds, C.S., 1998. What factors influence the species composition of phytoplankton in lakes of different trophic status? *Hydrobiologia*, 11 (26) : 369-370.
- Reynolds, C.S., Huszar V., Kruk C., Naselli-Flores L. & Melo S., 2002. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. *J. Plankton Res.*, 24 : 417-428.
- Ringelberg, J., 1969. Spatial orientation of planktonic crustaceans. The swimming behaviour in a vertical plane. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 17, 841- 847.
- Ringelberg, J., 1991. predator-mediated induction of diel vertical migration in *Daphnia hyalina*. *Journal of Plankton Research*, 13, 83-89.
- Rodier, J., 1984. L'analyse de l'eau, Eaux naturelles, Eaux résiduaires et Eaux de mer, 7^{ème} édition, DULOD, Paris.
- Rodier, J., 1996. -L'analyse de l'eau, Eaux naturelles - eaux résiduaires- eau de mer, 8^{ème} éd., Dunod: 1383p.
- Rodier J., Bazin C., Broutin J.P., Chambon P., Champsaur H. & Rodi L., 1996. L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 8^{ème} éd. Dunod. P :4,6.

- Rodier, J., 2009. L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. Paris: Dunod ; 9eme edition. SHL, 283, 96. Dunod. P 237.
- Roger, P.A., 1996. Biology and Management of the Flood water Ecosystem in Rice fields. IRRI. Editor William H. Smith. pp: 132.
- Rossi, N., 2008. Écologie des communautés planctoniques méditerranéennes et étude des métaux lourds (Cuivre, Plomb, Cadmium) dans différents compartiments de deux écosystèmes côtiers (Toulon, France). Ecologie, Environnement. Université du Sud Toulon Var, Français. ffNNT : ff. fftel- 00439972ff .
- Round, F. E., Crawford, R. M., Mann, D. G., 1990. The diatoms. Biology and morphology of the genera, Cambridge University Press: 747.
- Ruck, E. C. Theriot, E. C., 2011 . Origin and evolution of the canal raphe system in diatoms. Protist. Sous presse.
- Salsamo, N., Morabito, G., Buzzzi, F., Garibaldi, L., Simona, M. et Mosello, R., 2006. Phytoplankton as an indicator of the water quality of the deep lakes south of the Alps. Hydrobiologia. 563 : 167-187.
- Samake, H., 2002. Thèse analyse physicochimique et bactériologique au L.N.S des eaux de consommation de la ville de Bamako durant la période 2000 et 2001.
- Sanders, R.W., Porter, K.G. et Caron, D.A., 1990. Relationship between phototrophy and phagotrophy in the mixotrophic chrysophyte *Poterioochromonas malhamensis*. Microbial Ecology. 19 : 97-109.
- Schagerl, M. et Donabaum, K., 2003. Patterns of major photosynthetic pigments in freshwater algae. 1. Cyanoprokaryota, Rhodophyta and Cryptophyta. Annales de Limnologie. 39 : 35-47.
- Schuddeboom, J., 1993. Nitrates et Nitrites dans les denrées alimentaires. Éditions du Conseil de l'Europe, Strasbourg, 11p.
- Sehili, N., 2022. Contribution à l'étude d'un modèle de distribution spatio-temporelle du zooplancton en milieu lacustre (lagune El Mellah et le lac Oubeira). Thèse de Doctorat, UNIVERSITE BADJI MOKHTAR – ANNABA.
- Sherrard, N.J., Nimmo, M., Llewellyn, C.A., 2006. Combining HPLC pigment markers and ecological similarity indices to assess phytoplankton community structure: an environmental tool for eutrophication. *Sci Total Environ.*, 361(1-3): 97-110.
- Sialve, B. et Steyer J.-P., 2013. Les microalgues, promesses et défis. Innovations Agronomiques, INRA, Paris. N° 26, pp 25-39.

- Skulberg, O.M., 1996. Toxins produced by cyanophytes in Norwegian inland waters health and environment. In : Chemical data as a basis of geomedical investigations. ed. Lag. J., the Norwegian Academy of Sciences and Letters, Oslo. pp. 131-148
- Solheim, A.L., 2005. Reference Conditions of European Lakes. Indicators and methods for the Water Framework Directive Assessment of Reference conditions. Version 5. REBECCA Working Group. 105 pp.
- Stumm, W. & Morgan, J.J., 1996., Aquatic Chemistry: Chemical equilibrium and rates in natural Waters. Wiley. Inter. Science. Publication. Third edition. pp: 1024. Stuttgart.
- Tallha, M., 2020. Sulfites in drinking water : source, occurrence and health effects *.Environmental research and public health* : 2240-2249.
- Tekkouk, M. et Benzaid, R., 2013 . Les Risques géologiques et géotechniques du futur barrage de Tabellout, Texenna Wilaya de Jijel. International Congress on Materials & Structural Stability, 27-30 November 2013, University Mohamed V, Rabat, Maroc.
- Tekkouk, M., Benzaid, R. & Juan Martinez ., 2018. Auscultation géologique, géophysique et géotechnique du site du barrage de Tabellout, Nord-Est Algérien. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment* , Springer-Verlag GmbH Germany, part of Springer Nature 2018
- Trégouboff, G. Et Rose M., 1957. Manuel de planctonologie méditerranéenne. Tome1. CNRS, pp: 128.
- Touchart, L., 2003 . Hydrologie : Mers, Fleuves Et Lacs. Armand Colin. Vuf. 190 p. primer .Canada :Pollution probe. p.58.
- Tortajada, S., 2013. De l'étude du fonctionnement des réseaux trophiques planctoniques des marais de Charente Maritime vers la recherche d'indicateurs. Thèse de Doctorat, Université de La Rochelle, France, 280p.
- Valiron, F., 1989. Gestion des eaux. Paris : Presses de l'école nationale des ponts et chaussées.
- Wetzel, R.G., 2001. Limnology : Lake and River Ecosystems. 3rd Edition. Academic Press, London.
- Zhang, X., 2020. Nitrite in drinking water A review on water sources treatment methods and occurrence, *water research* : 21-38.

Sites webes

- [1] helene.laguerre@educagri.fr
- [2] <https://www.biologiemarine.com/00001/cyanophyce/index.html>.
- [3] https://superrask.xyz/product_details/47469197.html .
- [4] <https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biologicalsciences/xanthophyceae>
- [5] http://rea.deccllic.qc.ca/dec_virtuel/Biologie/101NYA05/Cellule_et_evolution/3.Evolutio_et_ecologie/Ecosysteme/diatome/cddiatomes.htm.
- [6] : <http://www.landcareresearch.con.nz>.
- [7] <https://www.aquaportail.com/dictionnaire/definition/13353/phytoflagelles.html>
- [8] https://www.researchgate.net/figure/Euglenophytes-documented-in-samples-from-Graniczna-Woda-stream-A-Phacus-indicus-B_fig2_275038517
- [9] https://fr.wikipedia.org/wiki/Wilaya_de_Jijel#/media/Fichier:Wilaya_Jijel_Communes.png