

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
جامعة 20 أوت 1955 - سكيكدة-
UNIVERSTATION 20 AOUT 1955- SKIKDA



Faculté des Sciences
Département Ecologie et Environnement

Mémoire Présenté en Vue de l'Obtention du Diplôme de Master
Filière : Ecologie et Environnement
Spécialité : Protection des Ecosystèmes
Intitulé :

« Diagnostic de la qualité des eaux
d'Oued El Saf-Saf, -wilaya de Skikda-»

Présenté par :

- M^{elle} MEHTOUR Hadjer
- M^{elle} BEGHIEL Khouloud
- M^{elle} NEGHOUC Houda
- M^{elle} DJEBABRA Asma

Membre de Jury:

Président : Dr ZAOUI Lilia.	MCA	Université 1955. Skikda
Promoteur : M ^{me} BOUADILA Soulef.	MAA	Université 1955. Skikda
Examineur : Dr ABBACI Samah.	MCB	Université 1955. Skikda

Année universitaire 2024-2025

Remerciement

"Louange à Allah qui nous a guidés à ceci.

Nous n'aurions pas été guidés, si Allah ne nous avait pas guidés "

Nous remercions Dieu, le tout puissant, de nous avoir données la force et la patience pour achever ce travail et nos parents pour tous ce qu'ils ont fait pour nous.

Nous tenons à remercier notre encadrante **Mme. BOUADILA SOULEF**

pour l'aide précieuse qu'elle nous a donné, pour ses remarques et ses conseils. Si ce travail est présentable aujourd'hui, c'est grâce à ses efforts inlassables à nous offrir une bonne formation.

Merci également pour votre patience, votre compréhension et d'avoir toujours cru en nos capacités. Nous tenons également à remercier les membres du jury **Dr. ZAOUI L.** et **Dr. ABBASI S.** ayant laissé leurs multiples occupations pour examiner ce travail.

Nous leur sommes infiniment reconnaissants pour leurs critiques et suggestions qui contribuerons certainement à rehausser la valeur scientifique de notre travail.

Les analyses physico-chimiques ont été réalisées au niveau du laboratoire de (**Ra2K**) Sonatrach Skikda, pour cela nous voudrions remercier monsieur **Bouchama Fatah** et tous les responsables et agents de laboratoire qui nous ont beaucoup aidés aux cours des expériences. Nous remercions vivement nos frères qui nous ont beaucoup soutenus durant les moments difficiles et un spécial remerciement pour nos amis proche. Merci à tous ceux qui ont participé de près ou de loin dans la réalisation de ce travail.

Nous ne saurions finir sans remercier à tous les professeurs et les enseignants du département de l'écologie spécialement **Dr. HadeF.A** pour leurs soutiens, formation et leur effort qu'ils ont fournis depuis la première année d'étude jusqu'à la fin de cycle universitaire.

Dédicace

A L'aide de **DIEU** le tout puissant que j'ai dédié ce modeste travail :

A Mes parents, ma mère **NORA** et mon père **MOHAMED**, mes anges, mon monde entier,

Grace à leurs encouragements et leurs grands sacrifices,
leurs amours, ils ont rêvé toujours de me voir terminer mes études et m'ont guidé sur le
chemin difficile de la vie.

Aucune dédicace ne pourrait exprimer mon respect, ma considération et mes sentiments
profonds pour eux. Je prie le bon dieu de les bénir, de veiller sur eux, en espérant qu'ils seront
toujours fières de moi.

A mes sœurs **Asma, Aya** et à mes frères **Oussama, Abed EL Halim** qui n'ont cessé d'être
pour moi des exemples de courage et de générosité.

A mon fiancé « **Akram** », qui m'a toujours entouré et motivé à sans cesse devenir meilleur.

A les enfants de ma sœur **Daya dine, Bara dine, Quamar al-Doha.**

Aux femmes de mes frères **Rania** et **Hala.**

A toute ma famille Mehtour pour leur aide et support dans les moments difficiles.

À notre encadreur, « **Mme Bouadila soulef** » pour son soutien moral et son
encouragement.

A mes chers collègues **Houda, Khouloud, Asma** pour leurs encouragements,
soutiens et pour tous les bons moments que nous avons passés ensemble.

A tous mes amis proches.

A tous mes collègues de la promotion Protection des écosystèmes 2025.

Hadjer

Dédicace

Tout d'abord je remercie **ALLAH** qui m'a donné la force, le courage et la Patience pour réaliser ce modeste travail.

A mes parents **Beghiel Kherias, Beghiel Rabia**, mon monde entier, vous êtes pour moi une source de tendresse, d'amour et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi.

Ce travail est le fruit de vos sacrifices pour mon éducation et me guider sur le difficile chemin de la vie

A mes chers frères, et mes chères sœurs: **Aymen et Chahinez, Meriem, Chaïma** je leur exprime à travers ce travail mes sentiments de fraternité et d'amour.

A ma famille, petite et grande veuillez trouver dans ce travail tous mes expressions de mon amour et affection

A Mes chère amis **Imane, Abir, Youssra**, mes collègues **Houda, Hadjer, Asma, Marwa, Sana**

Aucune dédicace, ne saurait exprimer à sa juste valeur le profond amour que je vous en porte.

Tous simplement A tous ceux qui j'aime.

Merci!

Khouloud

Dédicace

À ceux qui ont été la lumière sur mon chemin et le soutien dans mes pas,
je dédie ce travail en signe de fidélité et de gratitude inestimable

À mes chers parents **Negouche Azouz et Khoualed Khadîdja**,
source d'amour et de tendresse,

sans vos prières ni vos sacrifices, je n'aurais jamais atteint ce chemin.

À mes frères et sœurs **Soheyb, Adam, Takidin, Louey, kinda**,
qui ont été mes amis et mes appuis dans chaque moment.

À mes oncles et tantes, maternels et paternels, cœurs bienveillants et mains toujours ouvertes,

À mes fidèles ami **khouloud, Asma, Hadjer**,

qui ont partagé la route avec sincérité,

et qui ont été un soutien dans les moments de doute comme dans les instants de joie.

Et à mes professeurs respectés,

qui ont éveillé en moi l'amour du savoir et allumé la flamme de l'inspiration.

À vous tous, je dédie humblement le fruit de cet effort,

car il n'aurait vu le jour sans votre présence, votre amour et votre soutien sincère

Houda

Dédicace

Avant tout, je remercie **Dieu** Tout-Puissant pour Sa grâce et Son aide.

Louange à **Dieu** le Très-Haut.

Je dédie ce travail à ma mère **Halima** et à mon père **Sebti**.

Merci à toi, ma chère maman, et à toi, mon tendre et bon papa.

Que **Dieu** vous protège et vous garde.

Je le dédie aussi à ma famille, à mes sœurs **Nadira, Meriam, Wafa, Samira,**

à mes frères **Bilal et Abdelhaq,**

à tous mes amis : **Houda, Kholoud, Hadjer, Hassina, Amani, Romaissa, Chahra,**

ainsi qu'à mes proches, ma tante **Ghania** et mon fiancé **Farès**.

Merci à vous tous pour votre soutien et votre amour.

Je suis vraiment heureuse de vous avoir autour de moi.

Vous êtes le secret de ma réussite.

Je tiens également à saluer Madame **Bouadila Soulaf**

et à la remercier sincèrement pour son soutien.

Ce travail a été formidable et agréable.

Je souhaite de tout cœur qu'il vous plaise et qu'il vous soit utile dans votre travail.

Merci beaucoup, et que Dieu vous garde.

Asma

Résumé :

Les eaux de surface, comme celles des Oueds, jouent un rôle crucial tant sur le plan écologique que pour les usages humains et économiques. Leur qualité, pourtant, est aujourd'hui gravement compromise par des pollutions agricoles, industrielles et urbaines.

Le mémoire se propose donc de dresser un diagnostic précis des caractéristiques physico-chimiques d'Oued El Saf-Saf dans la wilaya de Skikda, à travers des prélèvements réalisés en mars-avril sur trois stations clés : Zerdaza (amont), Salah Boualchour (centre) et Lilo (aval). En laboratoire, on analyse des paramètres essentiels — température, couleur, turbidité, pH, oxygène dissous, salinité, matières organiques et inorganiques — pour évaluer la qualité de l'eau et identifier ses usages potentiels (eau potable, irrigation, écologie...).

Nos résultats montrent qu'Oued El Saf-Saf, particulièrement en aval, présente des niveaux alarmants de chlorures et de turbidité — signes de pollution, probablement due aux rejets industriels. En amont, la plupart des paramètres physico-chimiques restent dans les normes, sauf aux stations S2 et S3 où des intrusions domestiques et industrielles ponctuelles sont observées. Bien que le pH, la température et les solides dissous soient acceptables, la conductivité élevée indique une forte minéralisation liée à la pollution saline.

Au total, cette situation reflète un écosystème fragile, menacé par une contamination à multiples sources — en premier lieu industrielle — avec des répercussions sur la faune aquatique et les riverains.

Mots Clés : Oued El Saf-Saf, Skikda, paramètres physico-chimiques, eaux, pollution.

Abstract:

Surface water, like that of wadis, plays a crucial role both ecologically and for human and economic uses. However, its quality is currently seriously compromised by agricultural, industrial, and urban pollution.

This thesis therefore aims to provide a precise diagnosis of the physicochemical characteristics of Oued El Saf-Saf in the wilaya of Skikda, through samples taken in March-April at three key stations: Zerdaza (upstream), Salah Boualchour (center), and Lilo (downstream). In the laboratory, key parameters—temperature, color, turbidity, pH, dissolved oxygen, salinity, organic and inorganic matter—are analyzed to assess water quality and identify its potential uses (drinking water, irrigation, ecology, etc.). Our results show that Oued El Saf-Saf, particularly downstream, exhibits alarming levels of chlorides and turbidity—signs of pollution, likely due to industrial discharges. Upstream, most physicochemical parameters remain within normal limits, except at stations S2 and S3 where occasional domestic and industrial intrusions are observed. Although pH, temperature, and dissolved solids are acceptable, the high conductivity indicates significant mineralization linked to saline pollution.

Overall, this situation reflects a fragile ecosystem, threatened by contamination from multiple sources—primarily industrial—with repercussions for aquatic fauna and local residents.

Keywords: Oued El Saf-Saf, Skikda, physicochemical parameters, water, pollution.

ملخص

تلعب المياه السطحية، شأنها شأن مياه الأودية، دورًا حيويًا من الناحية البيئية والبشرية والاقتصادية. إلا أن جودتها تتعرض حاليًا لخطر كبير بسبب التلوث الزراعي والصناعي والحضري.

لذا، تهدف هذه الأطروحة إلى تقديم تشخيص دقيق للخصائص الفيزيائية والكيميائية لوادي الصفصاف في ولاية سكيكدة، من خلال عينات أخذت خلال شهري مارس وأبريل من ثلاثة مواقع رئيسية: زردازة (أعلى النهر)، وصلاح بو الشور (الوسط)، وليلو (أسفل النهر). في المختبر، تُحلل المعايير الرئيسية - درجة الحرارة، واللون، والعكارة، ودرجة الحموضة، والأكسجين المذاب، والملوحة، والمواد العضوية وغير العضوية - لتقييم جودة المياه وتحديد استخداماتها المحتملة (مياه الشرب، والري، والبيئة، إلخ). تُظهر نتائجنا أن وادي الصفصاف، وخاصةً أسفل النهر، يُظهر مستويات مُقلقة من الكلوريدات والعكارة - وهي علامات على التلوث، يُرجح أنها ناجمة عن التصريفات الصناعية. في المنبع، تبقى معظم المعايير الفيزيائية والكيميائية ضمن الحدود الطبيعية، باستثناء المحطتين S2 و S3 حيث تُلاحظ أحيانًا تغلغلات منزلية وصناعية. على الرغم من أن الرقم الهيدروجيني (pH) ودرجة الحرارة والمواد الصلبة الذائبة مقبولة، إلا أن الموصلية العالية تُشير إلى وجود تمعدن كبير مرتبط بالتلوث الملحي.

بشكل عام، يعكس هذا الوضع نظامًا بيئيًا هشًا، مُهددًا بالتلوث من مصادر متعددة - صناعية في المقام الأول - مع تداعيات على الحيوانات المائية والسكان المحليين

الكلمات المفتاحية: وادي الصفصاف، سكيكدة، المعايير الفيزيائية والكيميائية، المياه، التلوث.

Liste des abréviations :

- **C °** : Degrée Celsius.
- **Ca²⁺** : Calcium.
- **CaCO₃** : Carbonate de Calcium.
- **CE** : Conductivité électrique.
- **E** : Echantillon
- **RA2K** : Raffiné de condensat de Skikda 2.
- **MES** : Matières en suspension.
- **Mg²⁺** : Magnésium.
- **Mg/L** : Milligramme par Litre.
- **NaCl** : Chlorure de Sodium.
- **NO₃⁻** : Nitrates.
- **NTU** : Unité de Turbidité Néphélométrie.
- **PH** : Potentiel d'hydrogène.
- **T** : Température.
- **TDS** : Taux des sels dissout.
- **THT** : Titre Hydrographique Total.
- **µS/m** : Micro-Siémens par centimètre.
- **OD** : oxygène dissous.
- **TA** : titre alcalimétrique
- **TAC** : titre alcalimétrique complet
- **NH₄⁺** : Ammonium.
- **S** : Station
- **PO₃⁻** : Phosphate

Liste des figures :

Figure 1 : Le cycle naturel de l'eau.....	4
Figure2: situation géographique de la willaya de Skikda.....	15
Figure 3: carte de situation géographique de l'Oued El Saf-Saf.	16
Figure 4: La variation de la température maximale, minimale et moyenne	17
Figure 5 : La variation de la pression atmosphérique au niveau de la mer	18
Figure 6 : La variation de l'humidité relative moyenne	18
Figure 7: La variation de précipitations et/ou la fonte des neiges total.....	19
Figure8 : Station de prélèvement1 zardaza	21
Figure9 : Station de prélèvement2 Salah bouchaour	21
Figure10 : Station de prélèvement3 Lilou	22
Figure 11: Carte hydrographique du station de prélèvement.	22
Figure 12: Présentation schématique de l'échantillonnage	23
Figure13 : Matériel de transport et conservation d'échantillons.....	24
Figure 14 : PH/Conductimètre.....	25
Figure 15 : Spectromètre.....	25
Figure 16 : Dosage du Chlorure	26
Figure17 : Photographie d'un turbidimètre.....	26
Figure 18 : Dosage du Calcium.....	27
Figure 19 : Dosage du TA/TAC.....	27
Figure 20 : Dosage du TH.....	28
Figure 21: variation de Conductivité des trois stations étudiée d'oued El Saf-Saf.....	29
Figure 22: variation de TC °des trois stations étudiée d'oued El Saf-Saf.....	30
Figure 23: variation de PH des trois stations étudiée d'oued El Saf-Saf.....	31
Figure 24: variation de TDS des trois stations étudiée d'oued El Saf-Saf.....	32
Figure 25: variation de MES des trois stations étudiée d'oued El Saf-Saf.....	33
Figure 26: variation de chlorure des trois stations étudiée d'oued El Saf-Saf.....	34
Figure 27: variation de turbidité des trois stations étudiée d'oued El Saf-Saf.....	35
Figure 28: variation de Ca ⁺² des trois stations étudiée d'oued El Saf-Saf.....	36
Figure 29: variation de TAC des trois stations étudiée d'oued El Saf-Saf.....	37
Figure 30: variation de Mg ⁺² des trois stations étudiée d'oued El Saf-Saf.....	38
Figure31: variation de TA des trois stations étudiée d'oued El Saf-Saf.....	39

Figure 32: variation de TH des trois stations étudiée d'oued El Saf-Saf.....40

Liste des tableaux :

Tableau 1 : La variation de visibilité moyenne, vitesse moyenne du vent, vitesse maximale du vent soutenu et vitesse maximale du vent.19

Tableau 2 : La variation de Indiquez s'il y a eu de la pluie ou de la bruine, Indicateur de neige, Indiquez si y avait du brouillard et Indiquez si y avait du brouillard.20

Sommaire

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction générale.....1

Chapitre 1 : Synthèse bibliographique

I. Généralité de l'eau.....	3
I.1. Définition de l'eau.....	3
I.2. L'importance de l'eau.....	3
I.3. Cycle de l'eau.....	4
I.3.1. Évaporation.....	4
I.3.2. Condensation.....	4
I.3.3. Précipitations.....	5
I.3.4. Infiltration.....	5
I.3.5. Ruissellement.....	5
I.4. Les sources de l'eau.....	5
I.4.1. Eau de pluie.....	6
I.4.2. Eau de surface.....	6
I.4.3. Eau souterraines.....	6
II. Pollution de l'eau.....	7
II.1. Définition de la pollution de l'eau.....	7
II.2. Les types de la pollution de l'eau.....	7
II.2.1. Pollution organique.....	7
II.2.2. Pollution minérale.....	8
II.2.3. Pollution microbienne.....	8
II.2.4. Pollution par les métaux lourds.....	9
II.2.5. Pollution industrielle.....	9
II.2.6. Pollution agricole.....	9
II.2.7. Pollution domestique.....	9
III. Evaluation de la qualité des eaux de surface.....	10
III. 1. Paramètres physico-chimique.....	10
III. 1.1. Température (T).....	10
III. 1.2. La dureté.....	10
III. 1.3. Oxygène dissous.....	11
III. 1.4. PH.....	11
III. 1.5. Salinité.....	11
III. 1.6. La conductivité.....	12
III. 1.7. Matière en suspension (MES).....	12
III. 1.8. La demande chimique en oxygène (DCO).....	12
III. 1.9. Demande biochimique en oxygène (DBO5).....	12
III. 1.10. La Turbidité.....	12
III. 1.11. Nitrate.....	13
III. 1.12. Le Cuivre (Cu ²⁺).....	13
III. 1.13. Ammonium.....	14

III. 1.14. Chlorures (Cl ⁻).....	14
III. 1.15. Phosphate (PO ₄ ³⁻).....	14

Chapitre2 : Matériel et méthodes

I Description de station.....	15
I.1. présentation de la zone d'étude.....	15
I.2. Présentation du station d'étude : D'Oued EL- Saf-Saf.....	15
II. Climatologie générale.....	16
II. 1.La température (maximale, minimale et moyenne).....	16
II .2.La pression atmosphérique au niveau de la mer.....	17
II .3.L'humidité relative moyenne.....	18
II .4.Précipitations et/ou chutes de neige totales.....	19
III. Matériels et méthodes.....	21
III.1.Échantillonnage.....	21
III.1.1. Présentation des points de prélèvement.....	21
III .1.2.Plan d'échantillonnage.....	23
III .1.2.Plan d'échantillonnage.....	23
III.4. Enregistrement et étiquetage des échantillons.....	23
III.5. Le transport et la conservation des échantillons.....	24
IV. Les Analyses des paramètres.....	24
IV.1.Analyses physico-chimiques.....	24
1. Détermination Conductivité, Température, PH, TDS.....	24
2. Détermination des matières en suspension (MES)	25
3.Dosage des Chlorures (Cl ⁻).....	25
4. Turbidité.....	26
5. Calcium (Ca ⁺²)	26
6.Mg.....	27
7. L'alcalinité.....	27
7.1. Le titre alcalimétrique complet (TAC)	27
7.2. Le titre alcalimétrique (TA)	27
8. TH.....	28
IV .2.Analyse statistique	28

Chapitre3 : Résultats e discussion

I .Paramètre physico-chimique	29
• PH	31
• TDS.....	32
• MES.....	33
• Chlorure.....	34
• Turbidité.....	35
• Ca ⁺²	36
• Mg ⁺²	37
• TAC.....	38
• TA.....	39
• TH.....	40
II .Discussion.....	41
• La Conductivité électrique.....	41
• La Température	41

• Potentiel hydrogène (pH)	41
• Turbidité.....	42
• TDS	42
• Matière En Suspension.....	43
• Chlorure	43
• Ca ²⁺	43
• Magnésium	43
Conclusion.....	45
Références bibliographique.....	46

Introduction Générale

Introduction Générale

L'eau est une ressource vitale pour tous les êtres vivants. Elle joue un rôle central dans les écosystèmes, l'agriculture, l'industrie et la vie quotidienne des populations. Cependant, cette ressource précieuse est aujourd'hui gravement menacée par la pollution d'origine anthropique. La dégradation de la qualité de l'eau due aux rejets industriels, agricoles et domestiques constitue une crise environnementale mondiale (**UNESCO, 2020**). La pollution de l'eau entraîne des conséquences graves sur la santé humaine, la biodiversité aquatique et les équilibres écologiques.

En Algérie, les ressources hydriques sont particulièrement précieuses compte tenu de la rareté de l'eau dans plusieurs régions. Oued Safsaf, situé dans l'Est algérien dans la wilaya de Skikda le plus grand Oued de la wilaya représente un exemple préoccupant de cours d'eau soumis à une forte pression anthropique. En effet, ce cours d'eau subit une pollution croissante due aux rejets urbains non traités, aux effluents agricoles contenant des pesticides et engrais chimiques, ainsi qu'aux déchets industriels provenant des zones d'activités avoisinantes. Cette dégradation représente une menace sérieuse pour la qualité de l'eau, la biodiversité locale et la santé des populations riveraines (**Boudjemaa et al., 2019 ; Ould Slimane & Berreksi, 2022**).

Ces différentes formes de pollution produisent une modification chimique de l'eau et la rendent impropre aux usages recherchés. (**Khelfaoui et al., 2009**). Saf-Saf est l'un des oueds du réseau de surface de la ville de Skikda, actuellement menacé par les activités humaines (déchets domestiques, urbains, industriels et l'utilisation de l'eau pour les besoins agricoles, etc.). Sur les rives de l'oued Saf-Saf se trouvent 10 villages dont quatre seulement sont équipés de stations d'épuration d'une capacité de traitement de 42000 m³/jour.

Le volume d'eaux usées non traitées est d'environ 16 153,2 m³/jour. La détérioration de la qualité de l'eau dans la région de l'oued Saf-saf entraînerait la perte du patrimoine naturel de la ville et la contamination des eaux souterraines et de l'environnement si des mesures de protection ne sont pas recommandées. (**Sakaa et al., 2015, Khelfaoui et al., 2014**).

A la lumière de tous ces éléments, l'objectif principal de cette étude est d'évaluer l'état de la qualité physico-chimique des eaux de surface d'Oued Saf-saf (wilaya de Skikda), en comparant trois stations représentatifs (amont – Zerdaza, centre – Salah Boualchour, aval – Lilo), à travers des prélèvements effectués durant les mois de mars et avril, afin de diagnostiquer les pressions

Introduction Générale

anthropiques (agricoles, domestiques, industrielles) et déterminer l'aptitude de cette ressource à différents usages (écologique, domestique, irrigation, etc.).

Dans le cadre du contrôle qualité et du suivi, les analyses physico-chimiques jouent un rôle fondamental au sein du complexe Condensat de Sonatrach à Skikda. Elles permettent de caractériser précisément les échantillons d'eau, en évaluant leurs propriétés essentielles. Le protocole de laboratoire adopté repose sur des méthodes normalisées reconnues (ASTM, ISO, AFNOR) couvrant des paramètres clés (température, pH, conductivité, turbidité, teneur en matières organiques). Face aux enjeux liés à la qualité des ressources en eau, une gestion durable et intégrée s'impose : elle doit inclure une surveillance régulière, la sensibilisation des populations et la mise en place d'infrastructures de traitement adaptées.

Notre travail s'articule en plusieurs chapitres :

1. **Première partie – généralités**, présentant les notions fondamentales sur l'eau, la pollution, leurs origines et leurs impacts environnementaux.
2. **Deuxième partie – Matériel et méthodes**, exposant les équipements, protocoles et techniques mis en œuvre pour la collecte et l'analyse des échantillons.
3. **Troisième partie – Résultats et discussion**, où sont présentées les données collectées et interprétées de manière critique.
4. **Conclusion générale**, qui synthétise les principaux enseignements de l'étude et propose des pistes pour des recherches futures.

Chapitre 1 : Synthèse bibliographique

I. Généralité de l'eau

I.1. Définition de l'eau

Nom féminin du latin aqua, l'eau est un corps incolore, inodore, insipide, liquide à la température ordinaire. L'eau est considérée par les anciens comme l'un des quatre éléments de base avec le feu, l'air et la terre. Elle constitue un élément indispensable à la vie. Elle est le substrat fondamental des activités biologiques et le constituant le plus important des êtres vivants (70% de leurs poids en moyenne) (**Bidi et Djidja, 2020**).

Cependant, c'est un composé chimique remarquable. Bien que nous la buvions et que nous l'utilisons pour laver, pêcher ou cuisiner, nous oublions presque toujours la relation spéciale qu'elle a avec nos vies. L'eau semble, à première vue, être une molécule très simple, se composant de justes deux atomes d'hydrogène liés à un atome d'oxygène. En effet, il y a très peu de molécules qui sont plus petites ou plus légères qu'elle. La taille de la molécule d'eau, cependant, montre la complexité de ses actions ainsi que ses capacités uniques et ses propriétés anormales semblent s'adapter idéalement pour créer les conditions de la vie (**Rodriguez, 2004**).

I.2. L'importance de l'eau

L'eau est un élément essentiel à la vie et au fonctionnement global de la planète terre, car elle atteint 70-80% de la surface totale de la terre. Presque 98% de l'eau est une eau salée, impropre à la consommation et moins de 1% de l'eau est potable sont disponibles à l'utilisation, la majorité est enfermée dans les neiges et les polaires (**Lassoued et al., 2008**).

Elle est la plus abondante de la matière vivante (jusqu'à 90% du poids pour certains être vivants, animaux et végétaux...) (**Blandiot, 1986**). L'eau est le principal constituant du corps humain, sa quantité moyenne dans un organisme adulte est de 65%, ce qui correspond à environ 45 litres d'eau pour une personne de 70 kilogrammes. En outre elle remplit les fonctions ci-dessous :

- Participe aux nombreuses réactions chimiques dans le corps humain ;
- Assure le transit d'un certain nombre de substances dissoutes indispensables aux Cellules ;
- Permet l'élimination des déchets métaboliques ;

Chapitre 1 : Synthèse bibliographique

➤ Aide au maintien d'une température constante à l'intérieur du corps (**Monod, 1989**).

I.3. Cycle de l'eau

Aussi appelé cycle hydrologique, il désigne le processus de circulation de l'eau à la surface de la terre. Il s'agit de l'un des cycles biogéochimiques les plus essentiels, au cours duquel l'eau subit diverses transformations physiques sous l'effet de facteurs tels que la chaleur et le froid, ainsi par les trois états de la matière : liquide, solide et gazeux.

Le cycle de l'eau se compose d'une série d'étapes et de processus au cours desquels l'eau change d'état de manière continue et infinie, assurant ainsi son renouvellement perpétuel. (**Figure 1**)

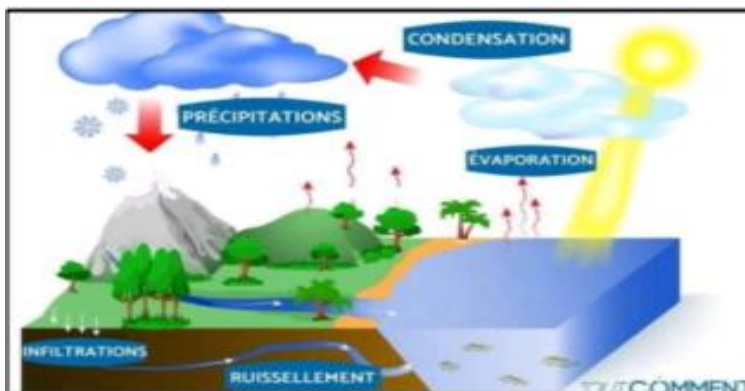


Figure 1 : Le cycle naturel de l'eau

I.3.1. Évaporation

Le cycle hydrologique débute par l'évaporation de l'eau depuis la surface terrestre vers l'atmosphère. Sous l'effet de l'énergie solaire et de la chaleur ambiante, l'eau présente dans les océans et autres étendues d'eau se transforme progressivement de l'état liquide à l'état gazeux. Ce phénomène ne se limite pas aux seules masses d'eau : les êtres vivants y contribuent également, notamment à travers la sudation des animaux et la transpiration des plantes et du reste du monde végétal (**Abdellaoui, 2015**)

I.3.2. Condensation

Chapitre 1 : Synthèse bibliographique

Au cours de cette étape du cycle de l'eau, le vent joue un rôle essentiel en transportant la vapeur d'eau à travers l'atmosphère dans différentes directions. Lorsque cette vapeur des altitudes élevées, la baisse de température favorise sa condensation, entraînant ainsi son passage à l'état liquide sous forme de minuscules gouttelettes. Celles-ci s'accumulent progressivement pour former des nuages. A mesure que la quantité de gouttelettes augmente, les nuages deviennent plus denses et prennent une teinte plus sombre (Abdellaoui, 2015)

I.3.3. Précipitations

A cette étape du cycle de l'eau, les gouttelettes présentes dans les nuages deviennent de plus en plus grosses et lourdes, perturbant ainsi leur équilibre et entraînant la formation de précipitations. Généralement, l'eau tombe sous forme de pluie, constituée de fines gouttelettes liquides.

Cependant, dans les régions où les températures sont particulièrement basses, ces précipitations peuvent prendre des formes solides telles que la grêle, le givre ou la neige (Abdellaoui, 2015)

I.3.4. Infiltration

Une autre phase essentielle du cycle de l'eau est l'infiltration, qui se produit lorsque l'eau atteint la surface terrestre. Une partie de cette eau alimente les océans et d'autres étendues d'eau, tandis qu'une autre est directement utilisée par les êtres vivants. L'eau pénétrant le sol devient alors une réserve souterraine. La quantité d'eau infiltrée varie en fonction de plusieurs facteurs, notamment la pente du terrain, la perméabilité du sol et la couverture végétale. Une fois infiltrée, l'eau peut soit s'évaporer et retourner dans l'atmosphère, soit s'intégrer aux différentes masses d'eau de surface (Abdellaoui, 2015).

I.3.5. Ruissellement

Lorsque l'eau liquide tombe sur un sol déjà saturé et incapable d'absorber davantage d'humidité, elle en s'écoule en surface jusqu'à rejoindre le réseau hydrographique. Ce phénomène, appelé ruissellement, contribue à l'érosion du sol et au transport de sédiments. La zone spécifique où l'eau de ruissellement est drainée est connue sous le nom de bassin versant (Abdellaoui, 2015).

I.4. Les sources de l'eau :

On distingue quatre principales sources d'eau brute : l'eau de pluie, l'eau de surface, l'eau souterraine et l'eau de mer.

Les propriétés générales de ces différentes sources résultent de l'interaction entre l'eau et son environnement naturel.

I.4.1. Eau de pluie

Les eaux de pluie sont des eaux de bonne qualité pour l'alimentation humaine. Elles sont saturées d'oxygène et d'azote et ne contiennent aucun sel dissous. Comme les sels de magnésium et de calcium: elles sont donc très douces. Dans les régions industrialisées, les eaux de pluie peuvent être contaminées par des poussières atmosphériques. La distribution des pluies dans le temps ainsi que les Difficultés de captage font que peu de municipalités utilisent cette source d'eau (Gibraltar constitue, à cet égard, un cas isolé). **(raymond, 2009)**

I.4.2. Eau de surface

Les eaux de surface se subdivisent en trois catégories principales :

- . Les eaux de rivière (partie amont).
- . Les eaux de rivière (partie aval).
- . Les eaux de lac.

Généralement, ces eaux présentent une dureté modérée. Elles englobent les eaux qui circulent ou sont stockées à la surface des continents. Leur origine peut être soit des nappes souterraines émergeant sous forme de sources, soit des eaux de ruissellement alimentant fleuves, rivière, barrages, mares et marigots. Elles se caractérisent par une interface en contact permanent avec l'atmosphère et une circulation relativement rapide **(Degremont, 2005)**.

Chapitre 1 : Synthèse bibliographique

Avant toute utilisation pour la consommation ou les usages domestique, les eaux de surface nécessitent un traitement en plusieurs étapes. Leur emploi brut est impossible. De plus, pour assurer un approvisionnement sûr aux populations, il est essentiel de prévenir l'érosion des sols, les conditions insalubres ainsi que les pollutions, quelles soient accidentelles ou chroniques (**Molinie, 2009**).

I.4.3. Eaux souterraines

Les eaux souterraines protégées des pollutions, présentent une qualité stable facilitant leur traitement. Elles se distinguent par :

- ✓ **Faible turbidité et contamination bactérienne** grâce à la filtration naturelle et l'absence de matières organiques.
- ✓ **Température et débit constants**, indépendants des variations climatiques.
- ✓ **Faible indice de couleur**, car elles ne sont pas en contact avec les substances végétales.

Dureté élevée en raison de la présence de magnésium et de calcium.

- ✓ **Concentration élevée en fer et manganèse**, dissous en l'absence d'oxygène (**Raymond, 1997**).

II. Pollution de l'eau

II.1. Définition de la pollution de l'eau

La pollution désigne une altération de l'environnement provoquée par l'introduction de substances étrangères qui ne s'y trouvent pas naturellement, que ce soit dans l'air, l'eau ou le sol. Cette intrusion perturbe les équilibres écologiques et peut entraîner la disparition ou le déplacement d'espèces incapables de s'adapter à ces transformations. La pollution de l'eau, quant à elle, correspond à toute altération d'origine physique, chimique ou biologique de ses caractéristiques, rendant l'eau nuisible aux organismes vivants qui en dépendent. Lorsqu'elle est consommée par l'être humain, une eau polluée peut avoir de lourdes répercussions sur la santé et devient impropre à l'usage auquel elle était destinée (**Chekirou et al., 2017**).

La pollution de l'eau résulte essentiellement des rejets domestiques et industriels. Les précipitations perturbent les conditions de vie des espèces aquatiques, qu'il s'agisse de

Chapitre 1 : Synthèse bibliographique

la faune ou de la flore. Elles compromettent aussi les usages de l'eau et altèrent l'équilibre de l'écosystème aquatique (Malaoui et Agoudjil, 2015).

II.2. Les types de la pollution de l'eau

II.2.1. Pollution organique

La pollution organique représente la forme la plus répandue de pollution de l'eau. Elle est principalement constituée de composés biodégradables, issus de différentes origines (Malaoui et Agoudjil, 2015).

D'origine urbaine :

Les protides (protéines) : Ils regroupent tous les organismes naturels, y compris les protéines issues d'animaux, de bactéries ou même de virus. Lorsqu'ils entrent en contact avec l'eau, ils subissent une dégradation chimique appelée hydrolyse, qui aboutit à la formation d'acides aminés.

Les lipides (matières grasses) : Il s'agit principalement de graisses animales et d'huiles végétales, habituellement non miscibles avec l'eau domestique. En milieu aérobie, leur décomposition libère du dioxyde de carbone (CO_2), tandis qu'en milieu anaérobie, elle génère à la fois du CO_2 et du méthane (CH_4).

Les glucides : Sous leur forme simple, ce sont des sucres comme le glucose ; à l'état complexe, ils forment des polysaccharides.

(Malaoui et Agoudjil, 2015)

D'origine industrielle :

Ils comprennent des substances organiques toxiques telles que les phénols, les aldéhydes, les composés azotés, les pesticides, les hydrocarbures et les détergents (Malaoui et Agoudjil, 2015).

II.2.2. Pollution minérale

Elle provient principalement des rejets industriels, qui contiennent divers éléments minéraux tels que les sels, les nitrates, les chlorures, les phosphates, les ions métalliques, le chrome, le cuivre ou encore le chlore. Ces composés peuvent entraîner : Des effets néfastes sur la santé humaine.

Chapitre 1 : Synthèse bibliographique

Une altération du fonctionnement des bactéries au sein des stations d'épuration.

Des impacts négatifs importants sur les cultures agricoles (**Malaoui et Agoudjil, 2015**).

II.2.3. Pollution microbienne

La pollution microbienne se manifeste par la présence dans l'eau de micro-organismes pathogènes, susceptibles de provoquer des maladies chez l'homme ou de nuire à la faune aquatique. Elle est généralement causée par le rejet direct d'effluents contaminés non épurés, contenant des matières organiques telles que les excréments. Ces rejets proviennent notamment des eaux usées domestiques et hospitalières, des déjections animales (comme le lisier) ainsi que de certaines industries agroalimentaires.

Les principaux agents responsables sont des micro-organismes pathogènes tels que les virus, les bactéries, les protozoaires et les champignons. Ces derniers peuvent être à l'origine de maladies graves comme le choléra, la typhoïde ou la dysenterie. Dans le passé, ces germes ont été à l'origine d'épidémies majeures à travers le monde.

Ce type de pollution est étroitement associé aux eaux usées urbaines, qui contiennent en grande quantité des coliformes, des bactéries pathogènes, des virus ainsi que divers parasite (**Haslay, 1993**).

II.2.4. Pollution par les métaux lourds

Les métaux lourds tels que le plomb, le mercure, le cadmium, l'arsenic, le cuivre, le zinc et le chrome sont connus pour leur toxicité pour la santé humaine. Bien qu'ils soient naturellement présents dans le sol à l'état de traces, leur accumulation dans certaines zones peut représenter un risque majeur. Par exemple, l'arsenic et le cadmium sont reconnus pour leurs effets cancérigènes. Le mercure, quant à lui, est responsable de mutations et de dommages génétiques. De plus, le cuivre, le plomb et le mercure peuvent entraîner des atteintes au niveau des os (**Malaoui et Agoudjil, 2015**).

II.2.5. Pollution industrielle

Les activités industrielles sont à l'origine de rejets de substances nocives telles que des

Chapitre 1 : Synthèse bibliographique

métaux lourds, des hydrocarbures, des solvants et divers produits chimiques dans les milieux aquatiques. Ces rejets détériorent la qualité de l'eau et perturbent les équilibres écologiques des écosystèmes aquatiques. Les fuites de pétrole ainsi que les déversements de produits industriels en sont des exemples emblématiques (Jickells, T. D., et *al.*, 2005).

II.2.6. Pollution agricole

Les pratiques agricoles intensives impliquent l'usage massif d'engrais, de pesticides et d'herbicides, qui peuvent s'infiltrer dans les nappes phréatiques ou s'écouler vers les rivières et les lacs. Cette contamination contribue à l'eutrophisation, un phénomène causé par l'excès de nutriments tels que les nitrates et les phosphates, entraînant une croissance excessive des algues et une baisse de la qualité de l'eau (Carpenter, S. R., et *al.*, 1998).

II.2.7 Pollution domestique

Les eaux usées d'origine domestique renferment divers polluants tels que les détergents, les graisses, les déchets organiques et les substances chimiques ménagères. Si ces eaux ne sont pas convenablement traitées, elles peuvent polluer les cours d'eau, surtout dans les zones urbaines dépourvues de systèmes d'assainissement efficaces (Metcalf & Eddy, 2014).

III. Evaluation de la qualité des eaux de surface

La qualité d'une eau de surface est évaluée en mesurant différents types de paramètres.

III .1. Paramètres physico-chimique

Les propriétés physico-chimiques des eaux naturelles sont en relation avec le climat, la géologie, la biocénose et le temps (Fouzari, 2009).

Chapitre 1 : Synthèse bibliographique

Ces paramètres sont très variables aux conditions du milieu et ils permettent une estimation de la qualité générale de l'eau. En effet ces paramètres sont très sensibles aux conditions du milieu et sont susceptibles de changer dans des proportions importantes s'ils ne sont pas mesurés sur station (**Sayad, 2008**)

III.1.1. Température (T)

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique, dans la détermination du pH et pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels.

Pour que l'eau potable soit désaltérante, sa température doit se situer entre 8 et 15°C ; entre 20 et 25°C, elle désaltère mal.

Les directives de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) fixent 12°C le niveau guide de la température de l'eau destinée à la consommation humaine, et à 25°C, la température à ne pas dépasser (**Rodier, 2009**).

La température joue un rôle important dans l'augmentation de l'activité chimique, bactérienne et de l'évaporation des eaux. Elle varie en fonction de la température extérieure (l'air), des saisons, de la nature géologique et de la profondeur du niveau d'eau par rapport à la surface du sol.

III.1.2. La dureté

La dureté a un caractère naturel lié au lessivage des terrains traversés et correspond à la teneur en calcaire et en magnésium.

On peut considérer qu'une eau ayant une teneur inférieure à 75mg/l de CaCO₃ ou à 30mg/l de Ca²⁺ est une eau douce et qu'au-dessus il s'agit d'une eau dure. Les eaux provenant de terrains calcaires et surtout de terrains gypseux peuvent avoir des duretés élevées susceptibles d'atteindre 1g/l de CaCO₃, par contre les eaux en provenance de terrains cristallins, métamorphiques ou schisteux auront des duretés très faibles (**Rodier, 2009**).

Chapitre 1 : Synthèse bibliographique

La dureté est mesurée par le titre hydrotimétrique exprimé en °F (degré français); 1 °F correspond à 10 mg de carbonate de Ca^{2+} dans 1 litre d'eau

III.1.3. Oxygène dissous

L'oxygène est l'un des paramètres particulièrement utiles pour l'eau et constitue un excellent indicateur de la qualité. Sa présence dans les eaux de surface joue un rôle prépondérant dans l'autoépuration et le maintien de la vie aquatique. Cependant, sa présence dans les eaux urbaines est considérée comme gênante du fait de la possibilité de la corrosion des distributeurs métalliques.

L'oxygène est l'un des facteurs fondamentaux de la vie. Il entre pour 21% dans la composition de l'air atmosphérique, et représente 35% environ des gaz dissous dans l'eau à pression normale **(El morhit, 2009)**.

III.1.4. PH

L'acidité, la neutralité ou l'alcalinité d'une solution aqueuse peut s'exprimer par la concentration en H_3O^+ (notée H^+ pour simplifier). De manière à faciliter cette expression on utilise le logarithme décimal de l'inverse de la concentration en ion H^+ : c'est le pH

$\text{pH} = \log 1/[\text{H}^+]$ **(Mathieu et Pielain, 2003)**.

Le pH joue un rôle important dans l'épuration d'un effluent et le développement bactérien, la nitrification optimale ne se fait qu'à des valeurs de pH comprises entre 7,5 et 9

(Metahri, 2012).

III.1.5. Salinité

Elle est définie comme la somme des matières solides en solution contenues dans une eau, après conversion des carbonates en oxyde, après oxydation de toutes les matières organiques et après remplacement des iodures et bromures par une quantité équivalente de chlorure **(Bentekhici et Zebbar, 2008)**.

La présence de sel dans l'eau modifie certaines propriétés (densité, compressibilité, point de congélation, température du maximum de densité). D'autres (viscosité, absorption de la lumière) ne

Chapitre 1 : Synthèse bibliographique

sont pas influencées de manière significative. En fin, certaines sont essentiellement déterminées par la quantité de sel dans l'eau (conductivité, pression osmotique) (**Aberkane, 2011**).

III.1.6. La conductivité

Est la propriété que possède une eau à favoriser le passage d'un courant électrique. Elle fournit une indication précise sur la teneur en sels dissous (salinité de l'eau). La conductivité s'exprime en micro Siemens par centimètre et elle est l'inverse de la résistivité qui s'exprime en ohm par centimètre. La mesure de la conductivité permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau (**Rejsek, 2002**).

III.1.7. Matière en suspension (MES)

Les matières en suspension, représentent l'ensemble des particules minérales et organiques contenues dans les eaux. Elles sont fonction de la nature des terrains traversés, de la saison, de la pluviométrie, de régime d'écoulement des eaux, de la nature des rejets, etc. (**Rodier, 1984**).

III.1.8. La demande chimique en oxygène (DCO)

La Demande Chimique en Oxygène (DCO) est la mesure de la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation chimique de toute la matière organique biodégradable ou non biodégradable contenue dans les eaux à l'aide du bichromate de potassium à 150°C. Elle est exprimée en mg O₂/l (**Suschka et Ferreira, 1986**).

III.1.9. Demande biochimique en oxygène (DBO5)

Charge du milieu considéré en substances putrescibles, son pouvoir auto-épurateur et d'en déduire la charge maximale acceptable, principalement au niveau des traitements primaires des stations d'épuration. La demande biochimique en oxygène après 5 jours (DBO₅) d'un échantillon est la quantité d'oxygène consommé par les micro organismes aérobies présents dans cet

Chapitre 1 : Synthèse bibliographique

échantillon pour l'oxydation biochimique des composés organiques et/ou inorganiques (**Haoua, 2007**).

III.1.10. La Turbidité

Selon **Rejsek (2002)**, la turbidité représente l'opacité d'un milieu trouble. C'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes. Elle est causée, dans les eaux, par la présence de matières en suspension (MES) fines, comme les argiles, les limons, les grains de silice et les microorganismes. Une faible part de la turbidité peut être due également à la présence de matières colloïdales d'origine organique ou minérale. Les unités utilisées pour exprimer la turbidité proviennent de la normalisation ASTM (American Society for Testing Material) qui considère que les trois unités suivantes sont comparables :

Unité JTU (Jackson Turbidity Unit) = unité FTU (Formazine Turbidity Unit) = unité NTU (Nephelometric Turbidity Unit)

III.1.11. Nitrate

Les nitrates se trouvant naturellement dans les eaux provenant en grande partie de l'action de l'écoulement des eaux sur le sol constituant le bassin versant. Leurs concentrations naturelles ne dépassent pas 3 mg /l dans les eaux superficielles et quelques mg/L dans les eaux souterraines. La nature des zones de drainage joue donc un rôle essentiel dans leur présence et l'activité humaine accélère le processus d'enrichissement des eaux en nitrates.

L'augmentation de la concentration des nitrates à plusieurs origines:

- **Agricole** : agriculture intensive avec utilisation massive d'engrais azoté ainsi que rejets d'effluents d'élevage.
- **Urbaine** : rejet des eaux épurées des stations d'épuration où l'élimination de l'azote n'est pas totale et qui peuvent rejeter des nitrates ou des ions ammonium qui se transformeront en nitrates dans le milieu naturel.
- **Industrielle** : rejet des industries minérales, en particulier de fabrication des engrais azotés (**Rejsek, 2002**)

III.1.12. Le Cuivre (Cu²⁺)

Chapitre 1 : Synthèse bibliographique

Le cuivre est présent dans la nature sous forme de minéral de cuivre natif, de minéraux oxydés ou sulfatés. A l'air, il se recouvre d'une mince couche de carbonate basique. Biologiquement, ce métal joue un rôle important dans différents métabolismes. On peut le trouver dans certaines eaux naturelles à des teneurs inférieures à 1mg/l. En dehors des pollutions industrielles ou des traitements agricoles, ce métal provient habituellement de la corrosion des tuyauteries de distribution (0.5 à 1mg/l), plus rarement il constitue le résidu d'un traitement des algues par les sels de cuivre (**Rodier et al., 2009**).

III.1.13. Ammonium

L'azote ammoniacal est assez souvent rencontré dans les eaux et traduit habituellement un processus de dégradation incomplète de la matière organique. Il constitue l'un des maillons du cycle de l'azote. L'ammonium est la forme d'azote la plus toxique.

(**Idrissi, L**). Les ions ammonium constituent un excellent indicateur de la pollution des eaux par les rejets organiques d'origine agricole, domestique et industrielle et ont des effets tant sur l'environnement que sur la santé des populations. L'ammonium provient de la réaction de minéraux contenant du fer avec des nitrates. C'est donc un excellent indicateur de la pollution de l'eau par des rejets organiques d'origine agricole, domestique ou industriel (**Rodier 2005**).

III.1.14. Chlorures (Cl⁻)

Les chlorures sont des sels. La présence en concentrations importantes de ces sels dans les cours d'eau s'explique par l'utilisation de sels de voirie sur les routes (chlorures de sodium, le chlorure de calcium, le chlorure de potassium et le chlorure de magnésium). Les chlorures peuvent avoir des effets toxiques aigus et une toxicité chronique à de plus faibles concentrations sur les organismes aquatiques. Certaines concentrations plus faibles encore peuvent avoir un effet sur la structure des populations et des communautés d'algues notamment (**Santé Canada, 2001**).

III.1.15. Phosphate (PO₄³⁻)

Le phosphore se trouve dans le milieu aquatique sous deux formes : dissoute et particulaire. La forme particulaire présente les composés phosphorés associés à la matière organique et aux

Chapitre 1 : Synthèse bibliographique

minéraux du sol grâce à la forte affinité de (PO₄³⁻) pour les minéraux argileux et les oxyhydroxydes. La forme dissoute correspond principalement aux phosphates (PO₄³⁻) qui constitue la forme minérale directement disponible pour les végétaux aquatiques.

L'enrichissement des eaux des milieux aquatiques en azote, en phosphore et en apports de matière organique peut engendrer un phénomène appelé « eutrophisation ». Il consiste à une prolifération excessive de la végétation aquatique, ce qui entraîne une augmentation de la turbidité et un appauvrissement en oxygène dans le milieu aquatique. En conséquence, il présente des risques pour les organismes vivants du milieu (mortalité) (**Burford et al, 2003**). L'utilisation abusive des fertilisants chimiques pour l'agriculture, les activités d'élevage intensives ainsi que les rejets anthropiques sont à l'origine de ce phénomène d'eutrophisation (**Billen et al, 2007**).

Chapitre 2 : Matériel et méthodes

Chapitre 2: Matériel et méthodes

I. Description de station

I.1 présentation de la zone d'étude

La wilaya de Skikda se situe dans la partie Nord-est de l'Algérie dans l'espace géographique compris entre l'Atlas Tellien et le littoral méditerranéen. Entre les latitudes $36^{\circ}5'N$ et $36^{\circ}15'N$ et les longitudes $7^{\circ}15' E$ et $7^{\circ}30' E$.

Couvrant une superficie totale de 4137, 68 km² et représentant ainsi 12% du littoral algérien avec 140 km de côtes qui s'étalent de la Marsa à l'est jusqu'à Oued Z'hour aux fins fonds du massif de Collo à l'ouest. Elle est limitée par :

- La mer Méditerranée au nord ;
- La wilaya d'Annaba à l'est ;
- La wilaya de Jijel à l'ouest ;
- Constantine et Guelma au sud ;
- Mila au sud-ouest (**Figure2**) (**Aniref, 2013**).

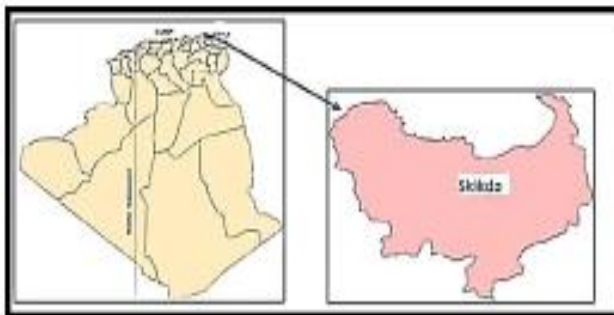


Figure2: situation géographique de la wilaya de Skikda (**Sid Ahmed, 2020**).

I.2.Présentation de la station d'étude : L'oued Saf-Saf

Se trouvant au centre du terrain d'étude, c'est le principal oued dans le bassin versant de Saf-Saf, il débute au Sud dans les monts de Constantine, de direction Nord-Sud sa longueur est de 53.19 Km, ses principaux affluents sont l'Oued Zeramna, Oued Haddaratz et Oued Ghbel. Le profil en long du cours d'eau principal montre qu'en amont, les pentes sont beaucoup plus élevées qu'à

Chapitre 2: Matériel et méthodes

l'aval, elles sont de 11.3 m/Km au niveau de l'oued Brahim et Bouadjeb, et de 2.3 m/Km au environ d'El Harrouch (**Ben Rabe**, 2006).

SafSaf est un oued qui bord la (ZIK) par l'ouest sur une longueur de 6 km. Sa largeur moyenne est d'environ vingt mètres avec un débit de 569m³/s (**Figure3**) (**Mezedjri et al.**, 2008).

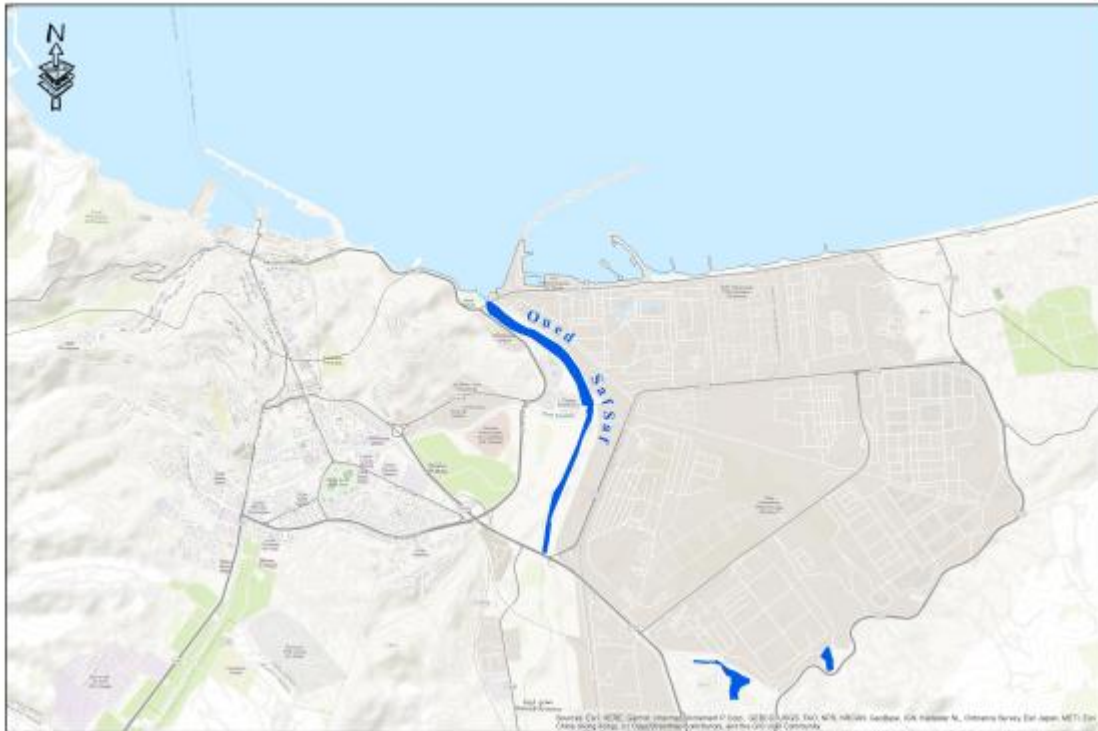


Figure 3 : carte de situation géographique de l'Oued Saf-Saf.

II.. Climatologie générale

Les caractéristiques climatiques jouent un rôle essentiel dans le domaine de l'environnement. Les données recueillies à la station météorologique du port de Skikda sur une période d'une année (Mars 2024-Mars 2025) permettent de définir les grandes tendances climatiques de notre zone d'étude.

Cette région présente un climat typiquement méditerranéen, marqué par un été chaud et sec, ainsi qu'un hiver doux et humide.

Il convient de souligner que la région de Skikda figure parmi les zones les plus arrosées du pays sur le plan pluviométrique (**ANPE, 1994**).

Chapitre 2: Matériel et méthodes

II.. Climatologie générale

III. 1.La température (maximale, minimale et moyenne)

La température augmente progressivement d'avril jusqu'au mois d'août, atteignant un maximum d'environ 31 °C. Elle diminue ensuite jusqu'en décembre, où elle descend à environ 15 °C, avant de se stabiliser puis de remonter légèrement au mois de mars. (Figure4)

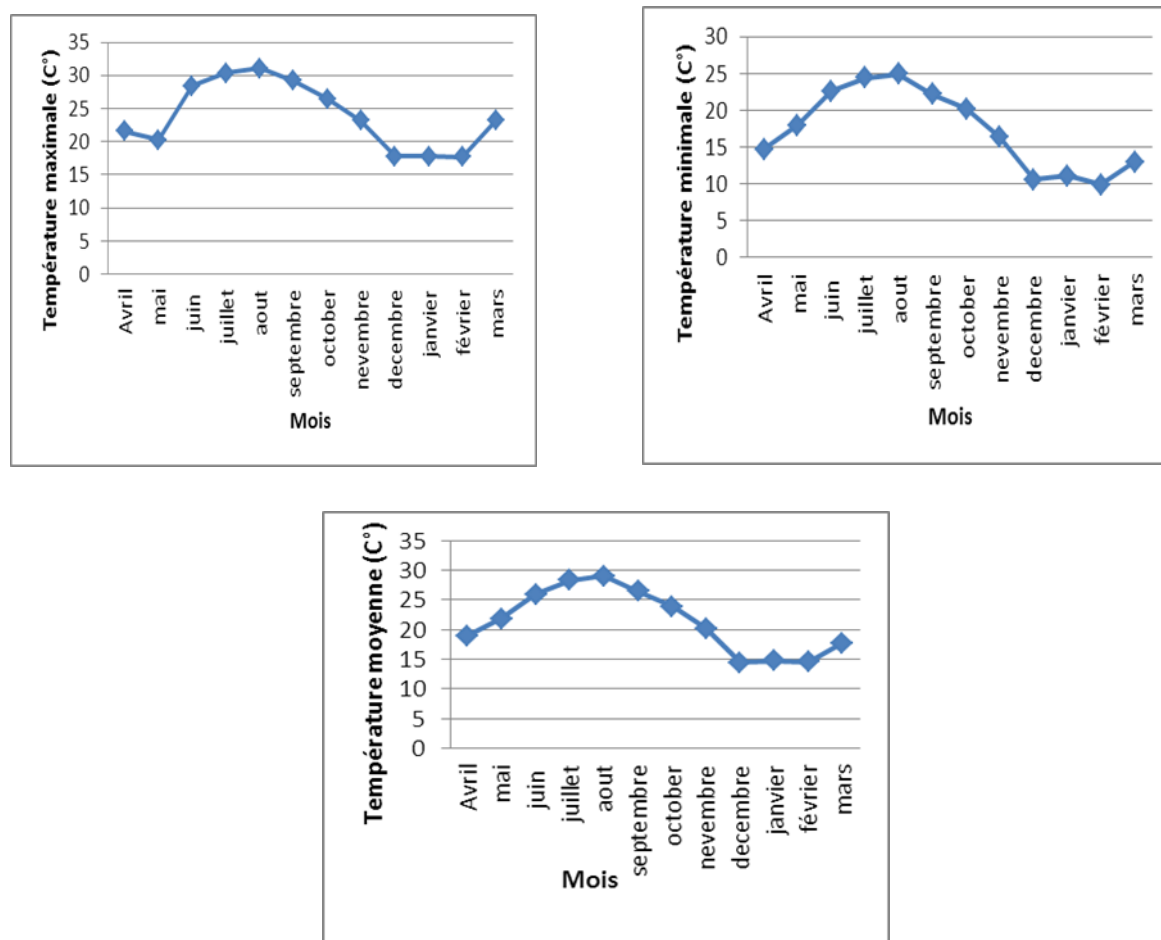


Figure 4 : La variation de la température maximale, minimale et moyenne (Avril 2024., Mars 2025).

II .2. La pression atmosphérique au niveau de la mer

La pression atmosphérique la plus basse a été enregistrée aux alentours du mois d'août, avec une valeur d'environ 1011 hPa. En revanche, la valeur maximale, avoisinant les 1022 hPa, a été observée vers le mois de décembre. (Figure5)

Chapitre 2: Matériel et méthodes

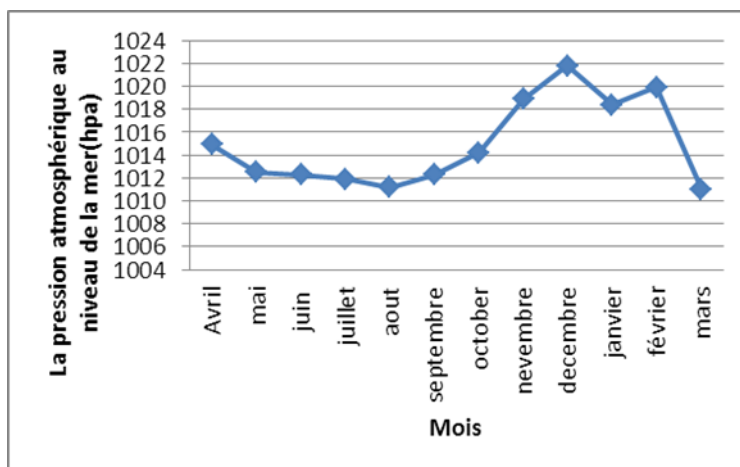


Figure 5 : La variation de la pression atmosphérique au niveau de la mer (Avril 2024....., Mars 2025) .

II.3.L'humidité

relative

moyenne

On observe des variations mensuelles significatives de l'humidité relative moyenne. La valeur la plus basse, estimée à environ 68,5 %, a été enregistrée au mois d'avril. (**Figure 6**)

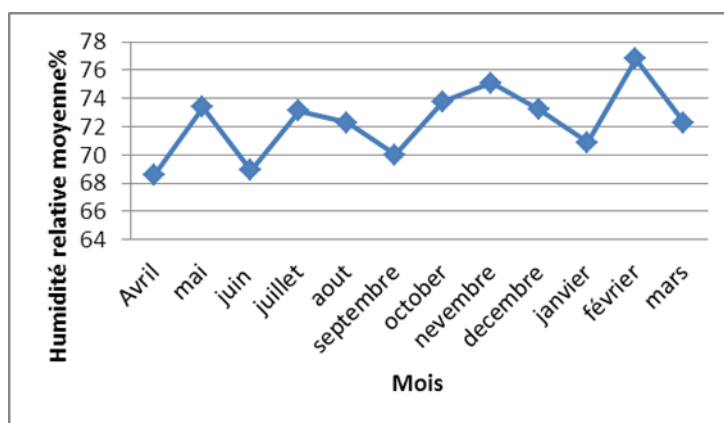


Figure 6: La variation de l'humidité relative moyenne (Avril 2024....., Mars 2025) .

Chapitre 2: Matériel et méthodes

II.4. Précipitations et/ou chutes de neige totales

Les précipitations neigeuses atteignent leur maximum en janvier, en raison des températures hivernales particulièrement basses. À l'inverse, elles sont quasi nulles en août, mois d'été peu propice à la formation de neige. (**Figure 7**)

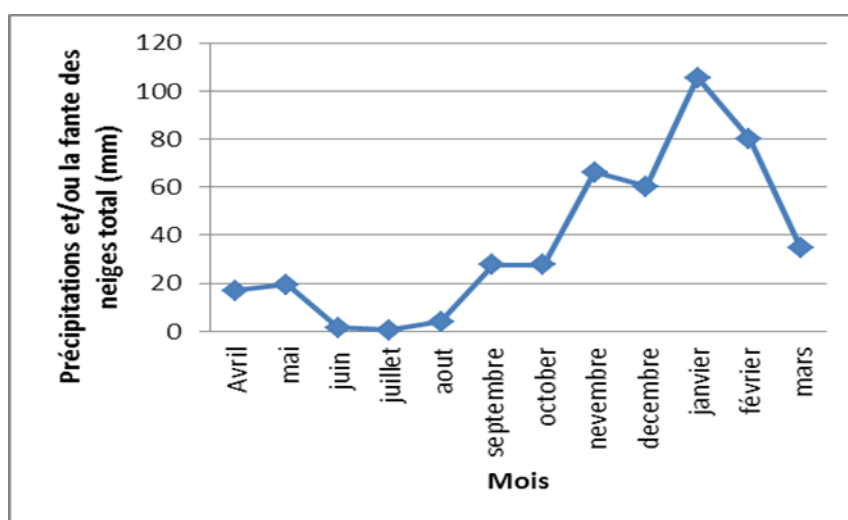


Figure 7: La variation de précipitations et/ou la fonte des neiges total

(Avril 2024....., Mars 2025).

Tableau 1 : La variation de visibilité moyenne, vitesse moyenne du vent, vitesse maximale du vent soutenu et vitesse maximale du vent (Avril 2024....., Mars 2025).

Mois/Paramétrés	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars
VV : visibilité moyenne (Km).	9	9,1	9,1	8,8	8,6	9,2	9,1	8,8	9,2	9	8,8	8,8
V : vitesse moyenne du vent (Km/h).	12	12	12	12	12	12,4	10,2	10	13,7	12,1	11	13,1
VM : vitesse	16	17	16	16,4	17	17,7	15,6	15	18,7	18	16,4	18,1

Chapitre 2: Matériel et méthodes

maximale du vent soutenu (Km/h).												
VG : vitesse maximale du vent (Km/h).	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

- La **visibilité moyenne** est la plus faible en août, avec une valeur de 8,6 km, et atteint son maximum en septembre et décembre, à 9,2 km.
- La **vitesse moyenne du vent** est minimale en novembre (10 km/h) et maximale en mars (13,1 km/h).
- La **vitesse maximale du vent soutenu** varie entre une valeur minimale de 15 km/h en novembre et une valeur maximale de 18,7 km/h en décembre.
- Il est à noter que **les vitesses maximales instantanées du vent** enregistré au cours de l'année sont toutes égales à 0 km/h, ce qui peut indiquer soit une absence de rafales significatives, soit une absence de données mesurées pour ces valeurs.

Tableau 2 : La variation de Indiquez s'il y a eu de la pluie ou de la bruine, Indicateur de neige, Indiquez si y avait du brouillard et Indiquez si y avait du brouillard (Avril 2024....., Mars 2025).

Mois/paramètres	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars
RA : Indicateur de pluie ou de la bruine.	2	2	0	0	1	3	4	5	7	7	4	6
SN : Indicateur de neige	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TS : Indicateur de tempête.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Chapitre 2: Matériel et méthodes

FG :													
Indicateur de brouillard.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

➤ Indicateur de la pluie ou de la bruine

On observe que les valeurs les plus élevées de cet indicateur sont enregistrées durant les mois de décembre et janvier, correspondant à la période la plus humide de l'année. En revanche, les valeurs les plus faibles sont relevées en juin et juillet, mois caractérisés par des conditions plus sèches.

III. Matériel et méthodes

III.1. Échantillonnage

Le prélèvement d'un échantillon est une opération délicate, à laquelle le plus grand soin doit être apporté. Pour ce faire, il doit satisfaire aux conditions ci-dessous :

- ✓ Les échantillons doivent être homogènes et représentatifs.
- ✓ Les échantillons doivent être recueillis, conservés et expédiés dans des flacons stérilisés adéquats s'il s'agit d'analyse bactériologique.
- ✓ Le volume recueilli doit être suffisant pour permettre une analyse précise.

Tous les renseignements utiles sur les échantillons doivent être indiqués et le flacon doit être étiqueté correctement pour éviter les erreurs (**Rodier et al., 2009**).

III.1.1. Présentation des points de prélèvement

Afin de pouvoir faire un suivi de la qualité physico-chimique, trois stations de prélèvements le long de l'oued (en amont, au centre et en aval) ont été effectués durant les mois de mars et avril -Première station Zerdaza (amont) : Cette station, se trouve au voisinage de trains agricoles. (**Figure 8**)

Chapitre 2: Matériel et méthodes

-Deuxième station Salah Bouchaour (centre) : Cette station, accueille des rejets domestiques et agricoles. Ces eaux sont malgré leur mauvaise apparence, utilisées par les riverains dans l'irrigation et dans les activités domestiques. **(Figure9)**

-Troisième station Lilou (aval) :

Ce point d'échantillonnage est situé à l'embouchure, est lié directement à la mer. **(Figure10)**



Figure8: Station de prélèvement1 Zardaza
(Beghiel, 2025)



Figure9 : Station de prélèvement2 Salah
Bouchaour (Neghouche, 2025)



Figure10: Station de prélèvement3 Lilou (Beghiel, 2025)

Chapitre 2: Matériel et méthodes

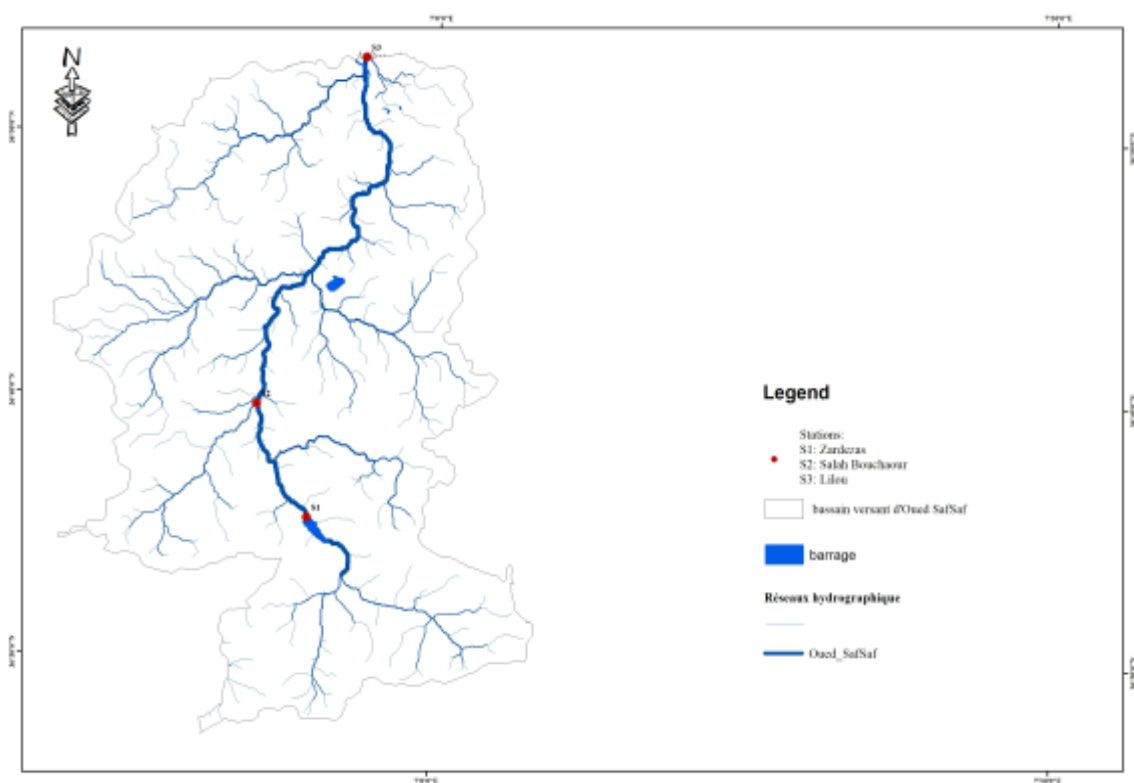
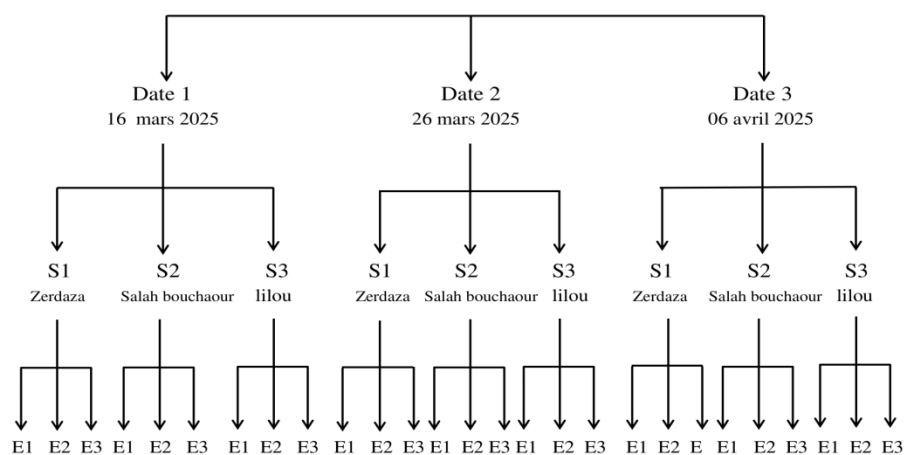


Figure 11 : carte hydrographique de la station de prélèvement (Google earth)

III .1.2. Plan d'échantillonnage



Chapitre 2: Matériel et méthodes

Figure 12 : Représentation schématique de l'échantillonnage.

La figure 12 illustre le plan d'échantillonnage adopté dans le cadre de cette étude. Trois campagnes d'échantillonnage ont été réalisées aux dates suivantes : le 16 mars, le 26 mars et le 06 avril 2025. Lors de chaque date, des prélèvements ont été effectués à partir de trois stations

distinctes : Zerdaza (S1), Salah Bouchaour (S2) et Lilou (S3). Pour chaque station, trois échantillons ont été prélevés (E1, E2, E3), ce qui reflète une méthodologie rigoureuse et équilibrée.

III .1.3. Matériel et technique de prélèvement

Dans le cadre des analyses physico-chimiques, l'eau de surface a été prélevée dans des bouteilles en plastique d'une capacité de 1,5 litre.

Avant leur utilisation, le matériel destiné aux prélèvements doit être soigneusement nettoyés avec un détergent, rincé à l'eau douce, puis à l'eau distillée. Afin de limiter les risques de contamination, les prélèvements doivent être effectués à une profondeur de 20 à 50 cm sous la surface de l'eau, en immergeant directement le flacon dans l'eau, ouverture orientée vers le bas, puis en le retournant à la profondeur souhaitée sans contact direct avec l'air (**Rodier et al.,2009**). Le flacon ne doit pas être rempli complètement afin de laisser un espace d'air nécessaire à l'agitation de l'échantillon avant l'analyse (**Merzoug, 2009**), (**Regam, 2010**).

III.4. Enregistrement et étiquetage des échantillons

Pour faciliter l'exploitation du travail et des résultats tout en évitant les erreurs, il est essentiel que les échantillons soient clairement étiquetés immédiatement avant les prélèvements et que les étiquettes soient lisibles et non détachables. Dans ces derniers, on doit noter avec précision la date, l'heure, les conditions météorologiques, un numéro et toutes circonstances anormales (**Himoud et al., 2016**).

Chapitre 2: Matériel et méthodes

III.5. Le transport et la conservation des échantillons

Les échantillons prélevés sont transportés au laboratoire dans une glacière propre. Ils sont conservés à environ 4°C jusqu'au dosage. Il faut utiliser une glacière pour éviter surtout la destruction de l'échantillon, ou inversement la surcroissance de micro-organismes à l'intérieur de l'échantillon. Ceci peut être obtenu en mettant l'échantillon à l'abri de la lumière visible ainsi que des températures ambiantes (Mayat, 1994). (Figure13)



Figure13 : Matériel de transport et de conservation d'échantillons

IV. Les Analyses des paramètres

IV.1. Analyses physico-chimiques

Les analyses physico-chimiques ont été réalisées selon le protocole de laboratoire du Raffiné RA2K Sonatrach Skikda et laboratoire du complexe sidérurgique El Hadjar Annaba « SIDER ».

1. Détermination Conductivité, Température, PH, TDS

L'analyse se fait selon le mode opératoire suivant :
Prélever 50 ml d'eau à l'aide d'une fiole jaugée, les verser dans un erlenmeyer, puis immerger l'électrode du pH-mètre (Consort C832). (Figure 14)

Chapitre 2: Matériel et méthodes



Figure 14 : PH/Conductimètre (Beghiel, 2025).

2. Détermination des matières en suspension (MES)

On mélange 500 ml d'échantillon dans un mixeur à grande vitesse pendant exactement 2 minutes. L'échantillon homogénéisé est ensuite transféré dans un bécher de 600 ml pour l'analyse selon la méthode 8006, à l'aide d'un spectrophotomètre HACH. (Figure 15)



Figure 15 : Spectromètre (Beghiel, 2025).

3. Dosage des Chlorures (Cl^-)

Chapitre 2: Matériel et méthodes

On prélève 100 ml d'échantillon, on ajoute 2 gouttes de chromate de potassium, puis on titre avec du nitrate d'argent (0,02 N) jusqu'au virage rouge brique. Le calcul se fait par: $CI \text{ (ppm)} = (V - \text{blanc}) \times 7,1$ avec un blanc de 0,4 ml (**Norme ASTM D215**). (**Figure 16**)



Figure 16: Dosage du Chlorure (Beghiel, 2025).

5. Turbidité

Remplir une cuvette propre et sèche jusqu'à la marque (environ 12 ml), puis la fermer. Essuyer la cuvette avec un chiffon doux et non pelucheux. Allumer le turbidimètre. Placer correctement la cuvette dans le compartiment de mesure (Appareil utilisé: Turbidimètre AL450T-IR). (**Figure 17**)



Figure17 : Photographie d'un turbidimètre (Beghiel, 2025).

5. Calcium (Ca⁺²)

Chapitre 2: Matériel et méthodes

Prendre de 100 ml d'échantillon, après ajout de NaOH 1N et de murexide. On titre avec l'EDTA 0,01 N jusqu'au virage mauve, puis on calcule: Ca^{2+} (ppm CaCO_3) = $V_{\text{EDTA}} \times 10$ (**Norme ASTM D511**). (**Figure 18**)



Figure 18 : Dosage du Calcium (**Beghiel, 2025**).

6.Mg :

Calcul: Mg en ppm de CaCO_3 = TH – Ca^{2+} (**Norme ASTM D511**).

7. L'alcalinité :

7.1. Le titre alcalimétrique complet (TAC) :

Pour mesurer l'alcalinité à la demi-équivalence (TAC), on ajoute 2 à 3 gouttes d'un indicateur mixte à la même solution, puis on titre avec de l'acide sulfurique (H_2SO_4) à 0,02 N jusqu'au double virage de couleur. Le volume total ($V = V_A + V_B$) permet de calculer : $\text{TAC} = V \times 10$, exprimé en ppm de CaCO_3 (**Norme ASTM D1067**).

7.2. Le titre alcalimétrique (TA) :

Prélever 100 ml d'échantillon, ajouter 2 à 3 gouttes de phénolphthaléine; si la solution devient rose, titrer avec H_2SO_4 (0,02 N) jusqu'à décoloration. Calcul : TA (ppm CaCO_3) = $V_A \times 10$. (**Figure 19**)

Chapitre 2: Matériel et méthodes



Figure 19 : Dosage du TA/TAC (Beghiel, 2025).

8. TH :

Est déterminée en titrant 100 ml d'échantillon, après ajout d'un tampon et d'un indicateur (couleur rouge cerise), avec de l'EDTA 0,01 M jusqu'au virage bleu. $TH \text{ (ppm CaCO}_3\text{)} = V(\text{EDTA}) \times 10$ (Norme ASTM D1126). (Figure 20)



Figure 20 : Dosage du TH (Beghiel, 2025).

IV .2. Analyse statistique :

Nous avons traité les résultats en utilisant l'application Minitab 19.

Nous avons utilisé le test t de Student pour la comparaison entre les stations deux par deux.

Nous avons utilisé l'ANOVA à deux critères de classification AV2 pour la comparaison entre les stations, les dates, et l'interaction entre station et date.

Chapitre 2: Matériel et méthodes

Chapitre 3 :
Résultats et discussion

Chapitre 3: Résultats et discussion

I. Paramètre physico-chimique

• Conductivité :

La figure 21 indique la variation de Conductivité des trois stations étudiées. Les résultats, montre les valeurs de conductivité. La station 3(aval) présente la valeur la plus forte(8850 μ s/cm) dans la première et la deuxième date. La station 1 a la valeur la plus faible(650 μ s/cm) dans la troisième date.

Selon le test t de Student, il y a une différence hautement significative entre les stations dans les trois dates.

Les résultats de l'analyse statistique, effectuée à l'aide d'une ANOVA à deux critères de classification (AV2), montrent une différence très hautement significative en fonction du facteur temps, des stations, ainsi que de l'interaction entre la date et le station ($p = 0,000$).

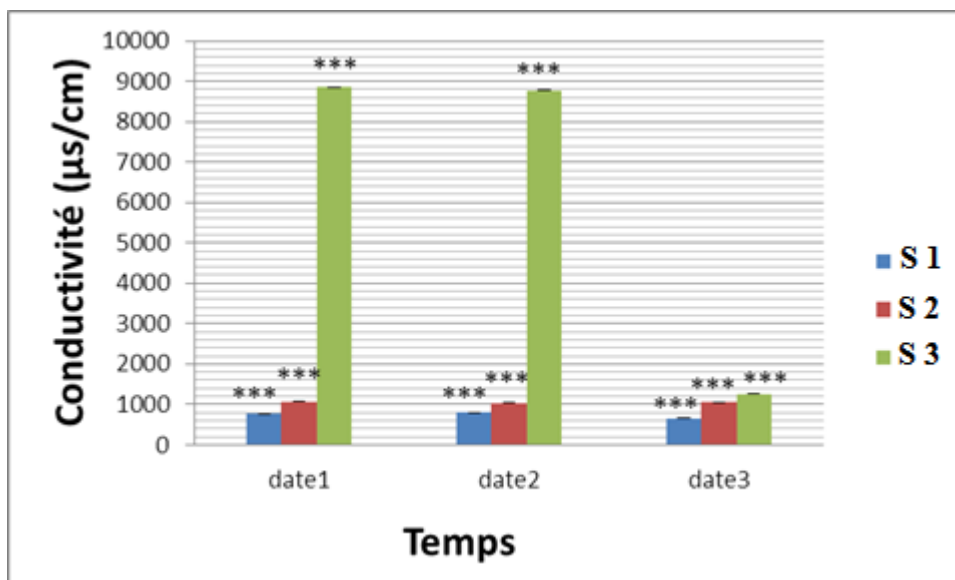


Figure 21 : Variation de Conductivité des trois stations étudiées d'Oued El Saf-Saf.

S1: Amont (Zerdaza), S2: Centre (Sallah Bouchaour), S3: Aval (Lilou).

Date1 : (16/03/2025), date 2 : (26/03/2025), date3:(06/04/2025).

Chapitre 3: Résultats et discussion

• Température (T c°) :

La figure 22 indique la variation de température des trois stations étudiées. On observe que les valeurs de température sont comprises entre (16C°_ 21C°).

Selon le test t de Student, il n'y a pas de différence significative entre S2 et S3, ainsi qu'entre S1 et S3. On observe une différence très significative dans la première et la deuxième date, alors que la différence est très significative et significative dans la troisième date.

Les résultats de l'analyse statistique, effectuée à l'aide d'une ANOVA à deux critères de classification (AV2), montrent une différence très hautement significative en fonction du facteur temps, des stations, ainsi que de l'interaction entre les dates et les stations ($p = 0,000$).

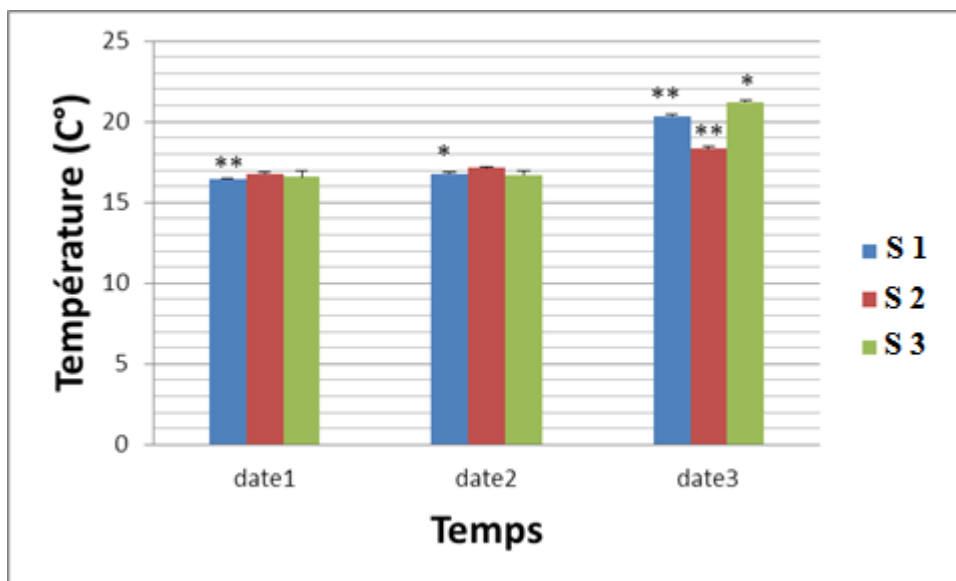


Figure 22 : Variation de TC °des trois stations étudiées d'Oued El SAF-SAF.

S1: Amont (Zerdaza), S2: Centre (Sallah Bouchaour), S3: Aval (Lilou).

Date1: (16/03/2025), date 2: (26/03/2025), date3:(06/04/2025).

Chapitre 3: Résultats et discussion

●PH :

La figure 23 indique la variation de PH des trois stations étudiées. Les résultats, montrent un ph légèrement basique. En ce qui concerne le ph la valeur maximale a été enregistrée au niveau de station 3 (aval) de la deuxième date (8,38) et la valeur minimale est enregistrée au niveau de station 3 (aval) de la troisième date (7,79).

Selon le test t de Student, il n'y a pas de différence significative entre S1 et S2, tout comme entre S1 et S3, ainsi qu'entre S2 et S3, durant la première et la troisième date. Toutefois, une différence hautement significative a été constatée entre S1 et S2, tandis qu'une différence significative a été notée entre S2 et S3, lors de la deuxième date.

L'analyse de la variance révèle une différence non significative en fonction de la station ($p = 0,075$), une différence très hautement significative en fonction du facteur temps ($p = 0,000$), ainsi qu'une interaction très hautement significative entre la station et le temps.

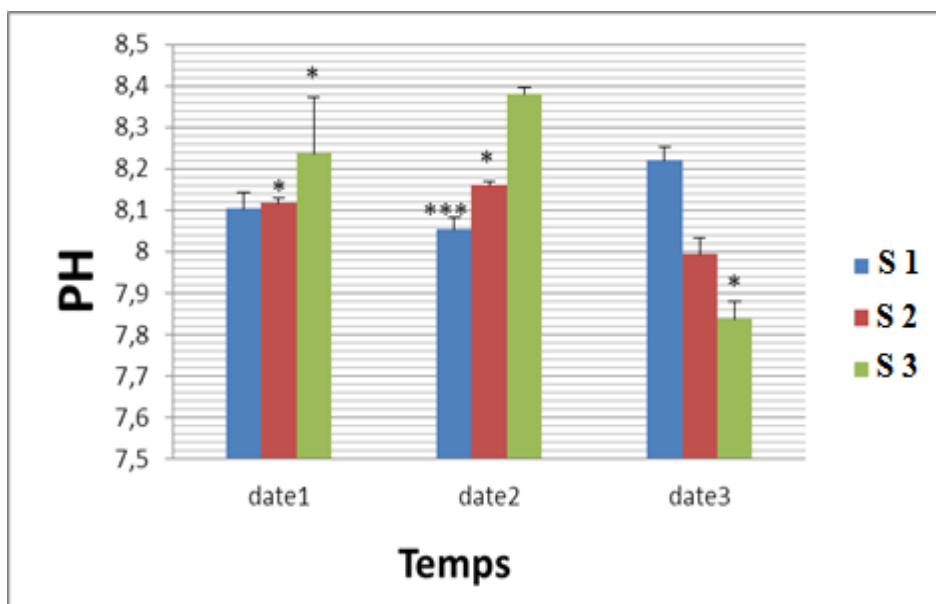


Figure 23 : Variation de PH des trois stations étudiées d'Oued El SAF-SAF.

S1: Amont (Zerdaza), S2: Centre (Sallah bouchaour), S3: Aval (Lilou).

Date1: (16/03/2025), date 2: (26/03/2025), date3:(06/04/2025).

Chapitre 3: Résultats et discussion

•TDS :

La figure 24 indique la variation de TDS des trois stations étudiées.

La variation mensuelle du TDS enregistré un maximum de 678mg/l pour la station 3 de la troisième date et observée une absence totale dans la station 3 aux première et deuxième date.

Selon le test t de Student, il y a une différence hautement significative entre S1 et S2 dans la première et la deuxième date, tandis qu'il y a une différence hautement significative entre les stations dans la troisième date.

Les résultats de l'analyse statistique, effectuée à l'aide d'une ANOVA à deux critères de classification (AV2), montrent une différence très hautement significative en fonction du facteur temps, des stations, ainsi que de l'interaction entre la date et le station ($p = 0,000$).

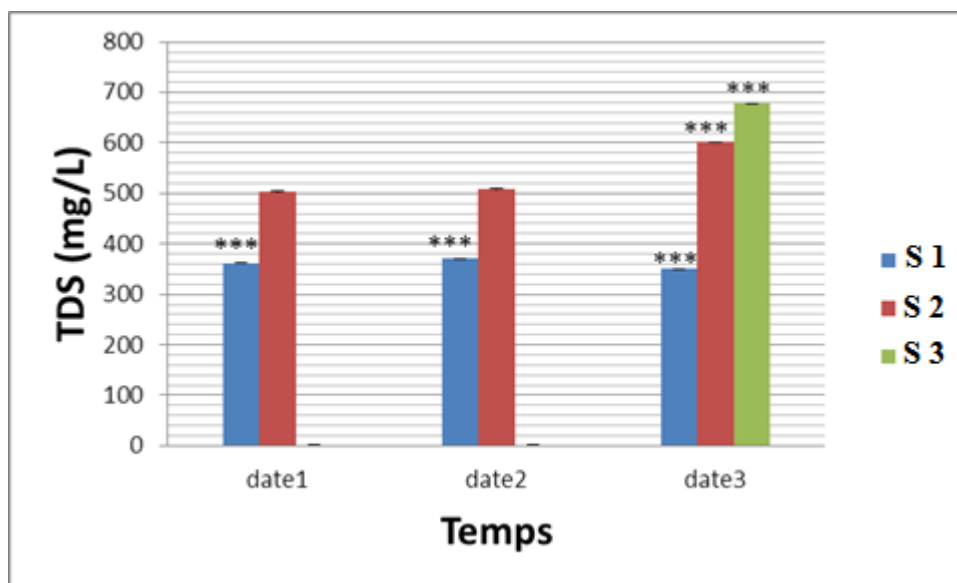


Figure 24 : Variation de TDS des trois stations étudiées d'Oued El SAF-SAF.

S: Amont (Zerdaza), S2: Centre (Sallah Bouchaour), S3: Aval (Lilou).

Date1: (16/03/2025), date 2: (26/03/2025), date3:(06/04/2025).

Chapitre 3: Résultats et discussion

•MES :

La figure 25 indique la variation de MES des trois stations étudiée.

Les teneurs de la matière en suspension dans les eaux de la zone d'étude, augmentent d'une manière régressive. La valeur maximale est observée dans la station 2 et 3 de la troisième date(63,33mg/l). Pendant que la valeur minimale de 6mg/l est rencontrée dans la station 2 de la première date(9mg/l).

Selon le test t de Student, il y a une différence très significative observée entre S1 et S2. Par ailleurs, une différence significative est notée entre les autres stations à la première date, laquelle devient hautement significative lors de la deuxième date, alors que la différence est très significative entre S2 et S3, et non significative dans la dernière date.

Les résultats de l'analyse statistique, effectuée à l'aide d'une ANOVA à deux critères de classification (AV2), montrent une différence très hautement significative en fonction du facteur temps, des stations, ainsi que de l'interaction entre la date et le station ($p = 0,000$).

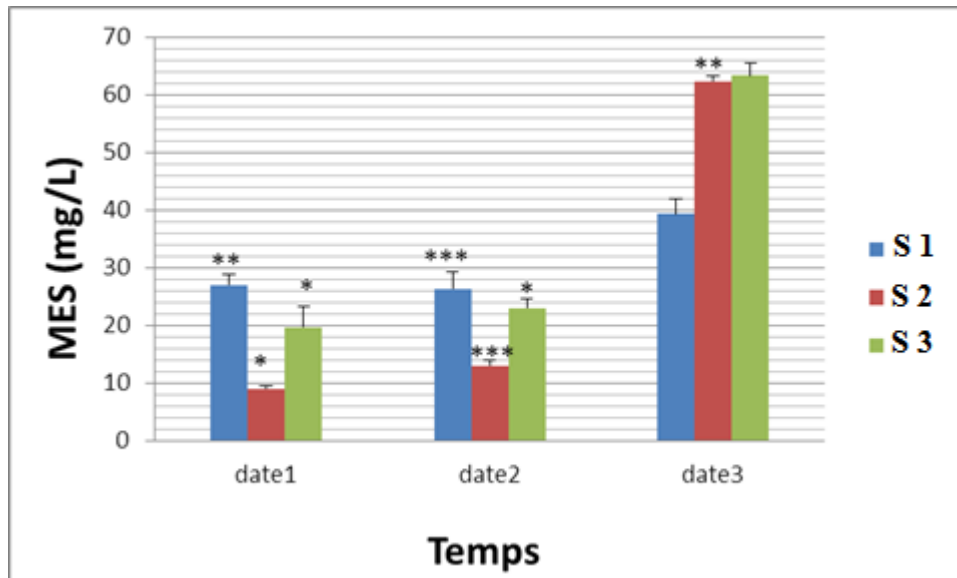


Figure 25 : Variation de MES des trois stations étudiées d'Oued El SAF-SAF.

S1: Amont (Zerdaza), S2: Centre (Sallah Bouchaour), S3: Aval (Lilou).

Date1: (16/03/2025), date 2: (26/03/2025), date3:(06/04/2025).

Chapitre 3: Résultats et discussion

●Chlorure :

La figure 26 indique la variation de Chlorure des trois stations étudiée.

On remarque qu'il y a des fortes concentrations de chlorure(2843mg/l) dans la station 3(aval) de la première et la deuxième date. Par contre des faibles concentration(49mg/l) de station 1 et 2 dans les trois dates.

Selon le test t de Student, on observe une différence significative entre S1 et S2 lors de la première date. Par ailleurs, des différences hautement significatives ont été relevées entre S1 et S2, ainsi qu'entre S2 et S3. En outre, des différences hautement significatives entre les stations ont été constatées aux deuxièmes et troisièmes dates.

Les résultats de l'analyse statistique, effectuée à l'aide d'une ANOVA à deux critères de classification (AV2), montrent une différence très hautement significative en fonction du facteur temps, des stations, ainsi que de l'interaction entre la date et le station ($p = 0,000$).

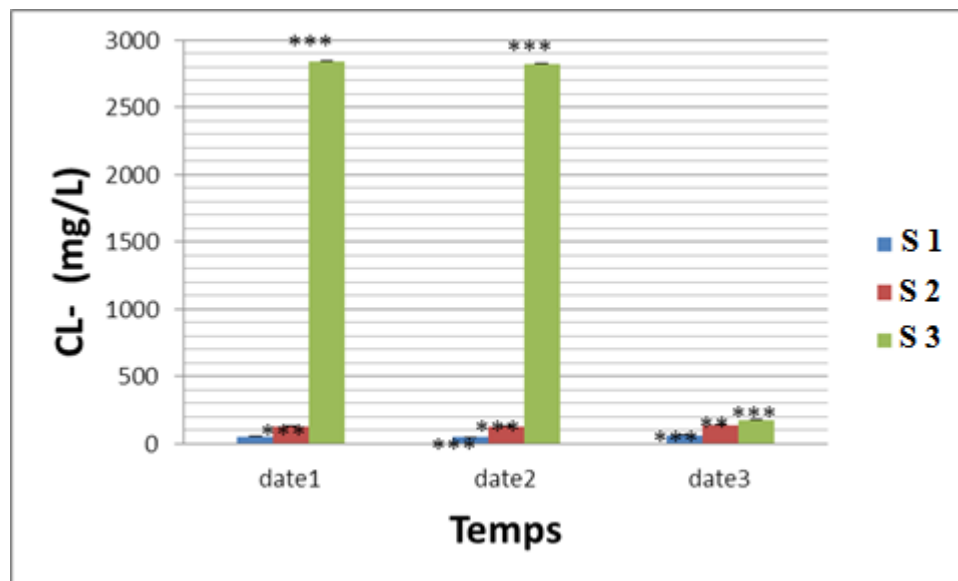


Figure 26 : Variation de chlorure des trois stations étudiées d'Oued El SAF-SAF.

S1: Amont (Zerdaza), S2: Centre (Sallah Bouchaour), S3: Aval (Lilou).

Date1 : (16/03/2025), date 2 : (26/03/2025), date3:(06/04/2025).

Chapitre 3: Résultats et discussion

•Turbidité :

La figure 27 indique la variation de turbidité des trois stations étudiées. Les résultats montrent que le taux de turbidité est légèrement plus élevé au station 1 par rapport aux stations 2 et 3, et ce pour les trois dates étudiées, en particulier lors de la première date.

Le test t de Student révèle des différences non significatives entre les stations S1 et S2 ainsi qu'entre S2 et S3 aux première et troisième date. En revanche, une différence significative est observée entre S1 et S3 à la première date, ainsi qu'entre S1 et S2 à la deuxième date. De plus, une différence très hautement significative est notée entre S2 et S3 à la deuxième date, tandis que des différences hautement significatives sont observées entre S1 et S3 aux deuxième et troisième dates.

L'analyse de la variance montre une différence hautement significative ($p = 0,000$) en fonction du facteur temps (Date 1, Date 2, Date 3), et une différence très significative ($p = 0,003$) est observée en fonction de station. Alors que l'interaction entre date et station montre une différence non significative ($p = 0,217$).

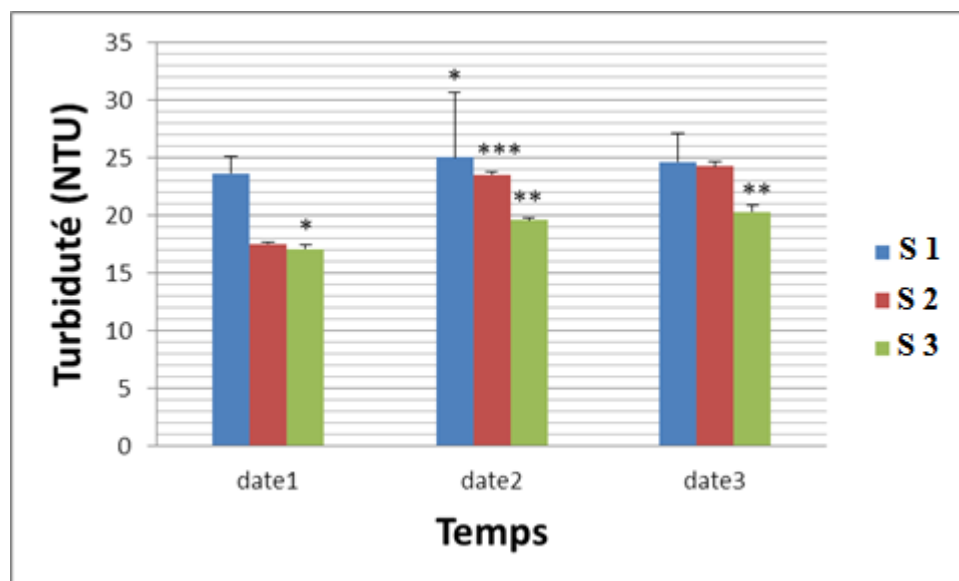


Figure 27 : Variation de turbidité des trois stations étudiées d'Oued El SAF-SAF.

S1: Amont (Zerdaza), S2: Centre (Sallah Bouchaour), S3: Aval (Lilou).

Date1: (16/03/2025), date 2: (26/03/2025), date3:(06/04/2025).

Chapitre 3: Résultats et discussion

•Ca²⁺ :

La figure 28 indique la variation de Ca²⁺ des trois stations étudiées. La variation mensuelle du Ca²⁺ est marqué par un maximum de 255mg/l pour la station 2(centre) de la troisième date et observé une absence totale dans la station 3(aval) de la première et la deuxième date.

Selon le test t de Student, il n'y a pas de différence significative entre les stations lors de la première date. En revanche, une différence hautement significative a été observée lors de la deuxième et de la troisième date.

Les résultats de l'analyse statistique, effectuée à l'aide d'une ANOVA à deux critères de classification (AV2), montrent une différence très hautement significative en fonction du facteur temps, des stations, ainsi que de l'interaction entre les dates et les stations ($p = 0,000$).

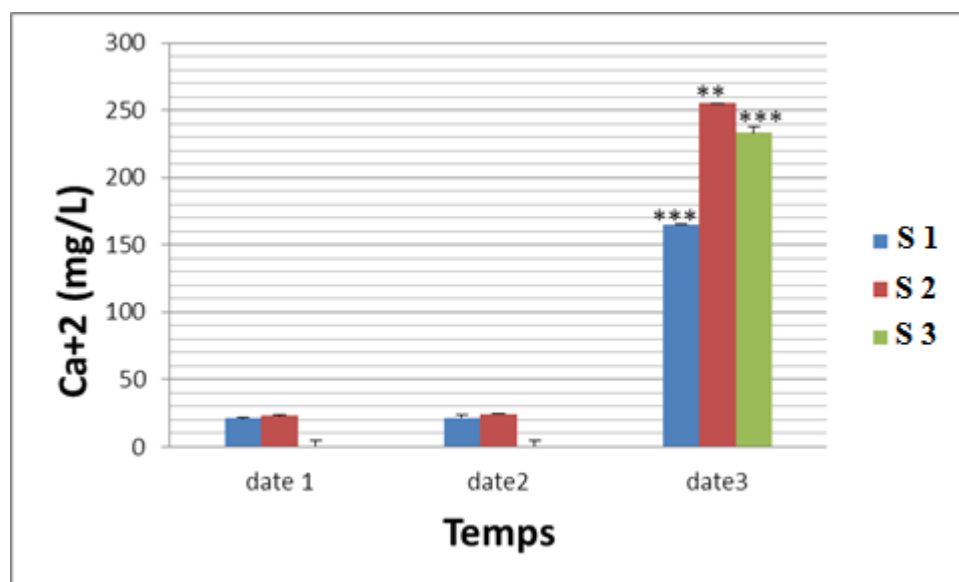


Figure 28 : Variation de Ca²⁺ des trois stations étudiées d'Oued El SAF-SAF.

S1: Amont (Zerdaza), S2: Centre (Sallah Bouchaour), S3: Aval (Lilou).

Date1: (16/03/2025), date 2: (26/03/2025), date3:(06/04/2025).

Chapitre 3: Résultats et discussion

●Mg⁺² :

La figure 29 indique la variation de Mg⁺² des trois stations étudiées. Les résultats montrent que la valeur maximale de 251,66mg/l dans la station 3 de la troisième date observé une absence totale dans la station 3 de la première et la deuxième date.

Selon le test t de Student, il n'y a pas de différence significative lors de la première date. Toutefois, on note une différence hautement significative entre S1 et S3, ainsi qu'entre S2 et S3. De plus, une différence significative a été observée entre S1 et S2 lors de la troisième date.

Les résultats de l'analyse statistique, effectuée à l'aide d'une ANOVA à deux critères de classification (AV2), montrent une différence très hautement significative en fonction du facteur temps, des stations, ainsi que de l'interaction entre la date et le station ($p = 0,000$).

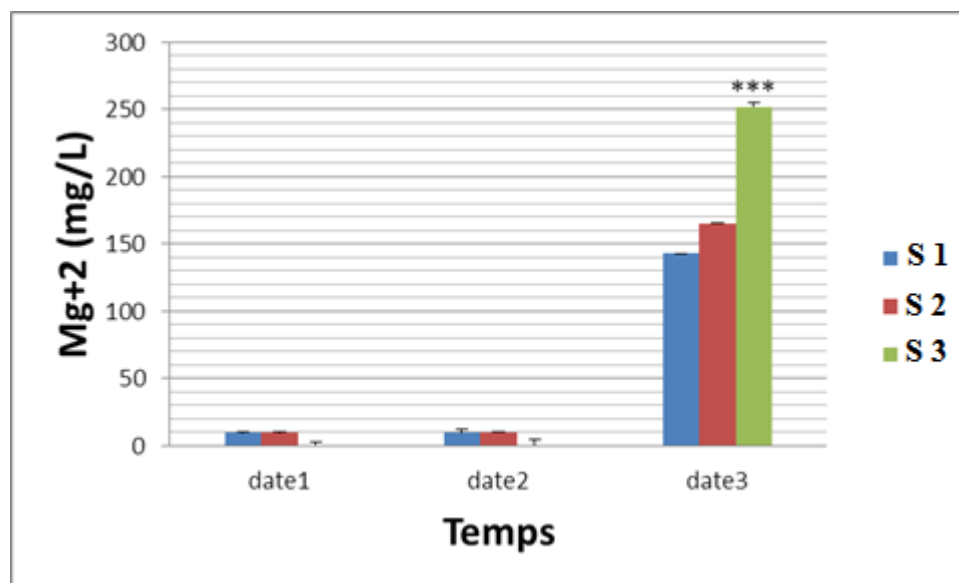


Figure 29 : Variation de Mg⁺² des trois stations étudiées d'Oued El SAF-SAF.

S1: Amont (Zerdaza), S2: Centre (Sallah Bouchaour), S3: Aval (Lilou).

Date1: (16/03/2025), date 2: (26/03/2025), date3:(06/04/2025).

Chapitre 3: Résultats et discussion

•TAC :

La figure 30 indique la variation de TAC des trois stations étudiée.

La variation mensuelle du TAC enregistré au cours de la présente étude est marquée par un maximum de 284mg/l pour le station 2 et 3 de la troisième date et un minimum de 15,4mg/l pour le station 1 dans la première et la deuxième date.

Selon le test t de Student, il existe des différences hautement significatives entre S1 et S2, ainsi qu'entre S1 et S3, lors de la première date. Par ailleurs, des écarts tout aussi hautement significatifs ont été mis en évidence entre S1 et S2, de même qu'entre S2 et S3, aux deuxième et troisième dates. En outre, des différences très significatives ont été enregistrées entre S1 et S3, ainsi qu'entre S2 et S3, aux première et deuxième dates. En revanche, aucune différence significative n'a été notée entre S1 et S3 à la troisième date.

Les résultats de l'analyse statistique, effectuée à l'aide d'une ANOVA à deux critères de classification (AV2), montrent une différence très hautement significative en fonction du facteur temps, des stations, ainsi que de l'interaction entre les dates et les stations ($p = 0,000$).

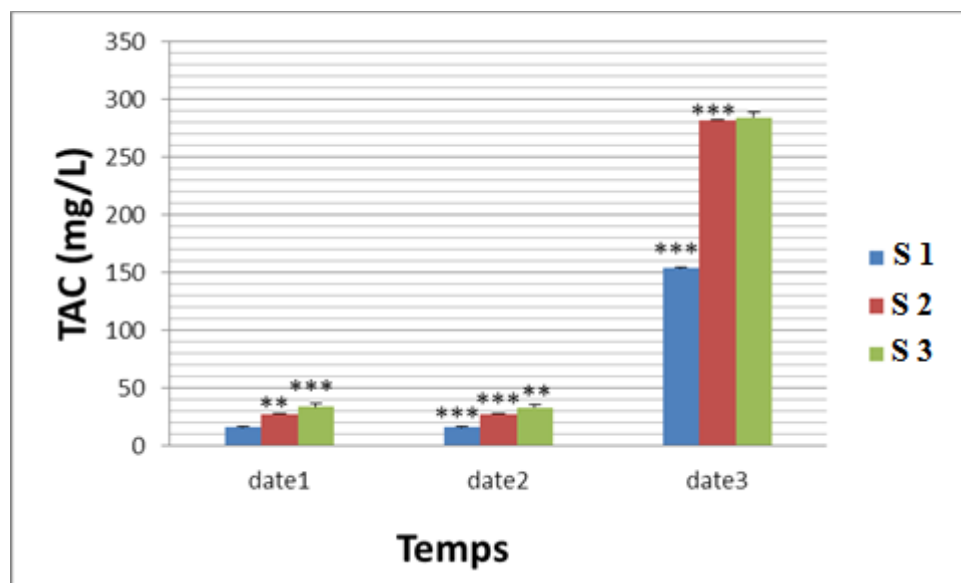


Figure 30 : Variation de TAC des trois stations étudiées d'Oued El SAF-SAF.

S1: Amont (Zerdaza), S2: Centre (Sallah Bouchaour), S3: Aval (Lilou).

Date1: (16/03/2025), date 2: (26/03/2025), date3:(06/04/2025).

Chapitre 3: Résultats et discussion

•TA :

La Figure 31 La valeur 00 observé une absence totale d'alcalinité dans les trois stations à différentes dates.

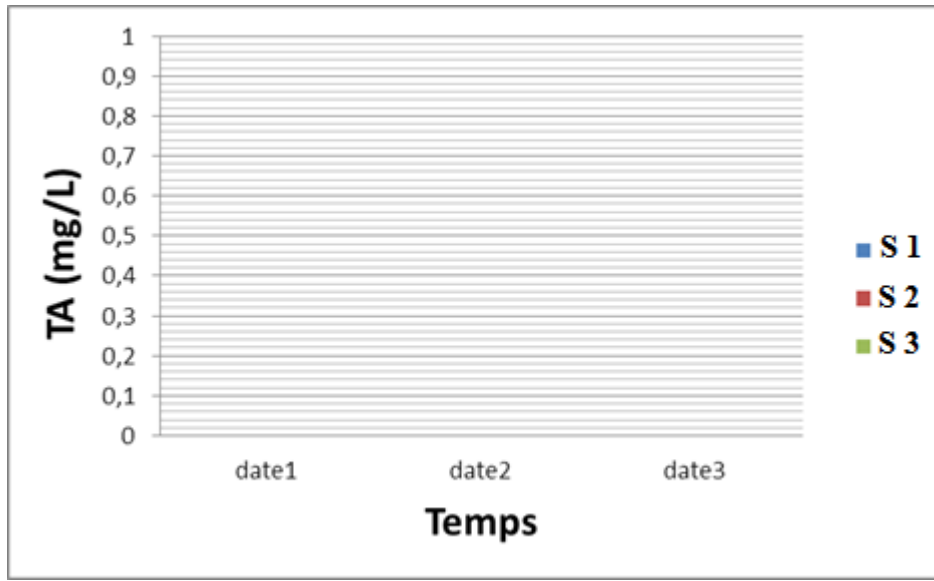


Figure31 : Variation de TA des trois stations étudiées d'Oued El SAF-SAF.

S1: Amont (Zerdaza), S2: Centre (Sallah Bouchaour), S3: Aval (Lilou).

Date1: (16/03/2025), date 2: (26/03/2025), date3:(06/04/2025).

Chapitre 3: Résultats et discussion

•TH :

La figure 32 indique la variation de Ca^{+2} des trois stations étudiée.

La dureté totale de l'eau analysée varie entre une valeur maximale de 465mg/l dans le station 3 de la deuxième date et une valeur minimale de 30,53mg/l dans le station 1et 2 de la deuxième et la troisième date.

Selon le test t de Student, il y a une différence significative est observée entre S1 et S2. Une différence hautement significative est également notée entre S1 et S3, ainsi qu'entre S2 et S3, lors de la première date. En outre, une différence hautement significative est observée entre les stations, lors de la deuxième et de la troisième date.

Les résultats de l'analyse statistique, effectuée à l'aide d'une ANOVA à deux critères de classification (AV2), montrent une différence très hautement significative en fonction du facteur temps, des stations, ainsi que de l'interaction entre les dates et le stations ($p = 0,000$).

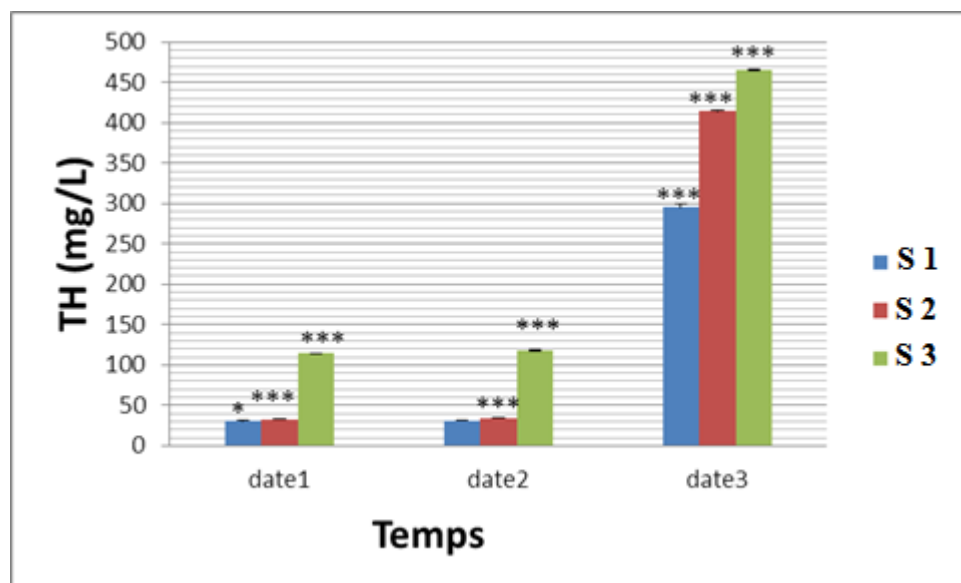


Figure 32 : Variation de TH des trois stations étudiées d'Oued El SAF-SAF.

S1: Amont (Zerdaza), S2: Centre (Sallah Bouchaour), S3: Aval (Lilou).

Date1: (16/03/2025), date 2: (26/03/2025), date3:(06/04/2025).

Chapitre 3: Résultats et discussion

II .Discussion

- **La Conductivité électrique :**

La conductivité électrique est un indicateur important de la qualité de l'eau, car elle reflète la concentration en ions dissous. Des valeurs élevées peuvent signaler une salinité excessive ou un pH anormal (**Rodier et al., 2009**). Elle varie aussi avec la température, augmentant lorsque celle-ci s'élève (**Hedahdia et Aliouche, 2016**).

Dans cette étude, la conductivité a varié entre 650 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (station 1) et 8850 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (station 3), traduisant une charge minérale élevée. Cette hausse peut être liée à l'évaporation, mais aussi aux rejets d'eaux usées domestiques et industrielles (**Amrai et Boudissa, 2023**).

Selon les seuils de qualité l'eau est jugée passable à la station 1 et médiocre à la station 3. **Hallaci et al. (2019)** et **Rodier (1984)** confirment qu'une conductivité supérieure à 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ indique une pollution minérale importante

- **La Température :**

La température de l'eau est un paramètre essentiel pour la vie aquatique. En effet, la majorité des paramètres physico-chimiques et biochimiques dépendent directement de cette variable (**Chibani, 2009**).

Les résultats de mesure montrent une température maximale de 21 °C et une minimale de 16 °C. Selon la grille de classification de la qualité de l'eau basée sur la température, cette plage correspond à une eau de qualité normale (< 20 °C).

D'après **Dib (2009)**, la température des eaux est influencée principalement par les variations climatiques. D'autres facteurs, tels que le moment de la journée où les mesures sont effectuées ou encore les conditions météorologiques, peuvent également jouer un rôle. Cependant, le facteur le plus déterminant reste la température des rejets d'eaux usées, notamment d'origine industrielle. Ce constat est confirmé par **Bouteldja et al. (2016)**.

- **Potentiel hydrogène (pH) :**

Chapitre 3: Résultats et discussion

Le pH est un paramètre essentiel pour déterminer le caractère agressif ou incrustant d'une eau. Il tend à diminuer en présence de fortes teneurs en matières organiques, et à augmenter en période d'été, lorsque l'évaporation est importante (**Reggam et al., 2015**).

Une eau alcaline peut élever le pH du sol à des niveaux inacceptables, entraînant un appauvrissement progressif en fer. Ce phénomène est accentué par un mauvais drainage et l'accumulation de sels (**Plauborg et al., 2010**).

Les résultats des échantillons analysés montrent que l'eau de la région étudiée est légèrement basique, avec un pH variant entre 7,79 et 8,38. Ces valeurs restent conformes aux normes internationales fixées par la **FAO (2003)**, comprises entre 6,5 et 8,4, ainsi qu'aux normes algériennes pour les eaux superficielles (J.O. n°34), qui tolèrent un pH entre 6,5 et 9.

Selon la grille d'évaluation du Ministère algérien des Ressources en Eau et les recommandations de l'OMS, ces eaux peuvent donc être classées dans la catégorie de qualité normale du point de vue du pH.

- **Turbidité**

La turbidité est un paramètre important dans l'évaluation de la qualité des eaux (**Amrai et Boudissa, 2023**). Elle est causée par la présence de matières en suspension ou de substances dissoutes, telles que les minéraux (sable, argiles, limons), des matières organiques (restes de végétaux en décomposition, matières organiques mortes), du plancton ou d'autres particules microscopiques qui réduisent la transparence de l'eau en bloquant le passage de la lumière (**Lebbihi et Derki, 2018**).

Les résultats obtenus montrent une valeur maximale de turbidité de 25 NTU et une valeur minimale de 17,4 NTU.

- **TDS :**

Le TDS (Total Dissolved Solids), ou total des solides dissous, représente la concentration totale des substances dissoutes dans l'eau. Selon les résultats présentés dans la figure X, les valeurs

Chapitre 3: Résultats et discussion

mesurées du TDS dans l'eau de l'Oued Saf-Saf sont toutes supérieures aux normes, avec une valeur atteignant 678 mg/l.

Ces solides dissous peuvent provenir de sources organiques (feuilles, limon, plancton, déchets industriels, eaux usées) ou de l'activité humaine, notamment les ruissellements urbains, l'utilisation d'engrais et de pesticides en agriculture.

- **Matière En Suspension :**

Les valeurs de MES (matières en suspension) varient entre 6 mg/l et 63,33 mg/l, montrant une variation spatiale notable entre les stations situées en amont et celles situées en aval.

Selon la réglementation algérienne, la valeur limite admissible est fixée à 30 mg/l. Ainsi, les concentrations enregistrées dans certaines stations dépassent ce seuil, ce qui peut indiquer une pollution d'origine anthropique (rejets domestiques, industriels ou ruissellements agricoles).

- **Chlorure :**

Concernant les chlorures (Cl^-), les concentrations mesurées varient entre 49 mg/l et 2843 mg/l. En se référant aux normes :

- La norme algérienne (J.O. n°34) fixe un seuil de 500 mg/l,
- L'OMS (2013) recommande un maximum de 355 mg/l,
- La FAO (2003) autorise jusqu'à 1065 mg/l pour l'irrigation.

Les valeurs observées, bien que dépassant certaines normes, restent dans un seuil tolérable pour l'irrigation de surface, selon les critères de la FAO. Cela pourrait s'expliquer par une dilution naturelle durant les périodes de crue, lorsque les apports d'eau sont plus importants.

- **Ca²⁺:**

Les concentrations en calcium varient d'une station à l'autre, avec une valeur maximale de 255 mg/l. Ces valeurs dépassent les seuils recommandés, à savoir 100 mg/l selon l'OMS (2004) pour les eaux naturelles de surface, 200 mg/l selon la norme algérienne (J.O. n°34, 2011), et 400 mg/l selon la FAO.

Chapitre 3: Résultats et discussion

L'élévation de la teneur en ions calcium (Ca^{2+}) est probablement liée aux rejets d'eaux usées. Elle peut également s'expliquer par des processus naturels, tels que les échanges de cations liés à l'évaporation, l'activité des micro-organismes (**Garrels, 1976**), ainsi que la nature géologique des terrains traversés par l'eau (**Bremond et Vuichard, 1973**).

- **Magnésium :**

Les concentrations en magnésium dans l'Oued présentent des valeurs variables, avec une valeur maximale de **251,66 mg/l**. Ces valeurs dépassent les seuils recommandés, qui sont de **50 mg/l** selon l'**OMS (2004)** pour les eaux naturelles de surface, et de **150 mg/l** selon la norme algérienne (**J.O. n°34, 2011**).

Cette concentration élevée en magnésium s'explique par la présence de ce métal dans les roches et minéraux environnants. Lorsqu'ils sont soumis à des agents climatiques tels que l'eau, le vent et les variations thermiques, ces roches se décomposent et libèrent du magnésium, qui se dissout alors dans l'eau et est transporté par les courants dans les vallées.

- **La dureté carbonatée :**

- **Titre alcalimétrique complet (TAC) :**

La présence de bicarbonates dans l'eau résulte de la dissolution de formations carbonatées (telles que le cipolin, le calcaire ou la dolomie) par des eaux riches en gaz carbonique. Leur concentration dépend essentiellement de la température ambiante, du pH, de la teneur en CO_2 dissous et de la nature géologique du terrain (**Rodier et al., 2009**).

Les résultats montrent que la TAC (titre alcalimétrique complet) dans l'eau de l'Oued Saf-Saf varie entre 0 mg/l et 255 mg/l, des valeurs généralement supérieures aux seuils fixés par **la norme algérienne (2012)**.

Pour ce qui est du calcium (Ca^{2+}), les concentrations varient selon les stations, avec une valeur maximale de 255 mg/l. Ces niveaux dépassent les valeurs recommandées par :

- **l'OMS (2004) :** 100 mg/l pour les eaux naturelles de surface,
- **la norme algérienne (J.O. n°34, 2011) :** 200 mg/l,
- **la FAO :** 400 mg/l pour l'eau d'irrigation.

Chapitre 3: Résultats et discussion

La teneur élevée en calcium peut être attribuée à plusieurs facteurs : les rejets d'eaux usées, les processus d'évaporation, les échanges de cations, l'activité des micro-organismes (**Garrels, 1976**), ainsi que la géologie des terrains traversés par les eaux (**Bremond et Vuichard, 1973**).

- **Titre Alcalimétrique (TA) :**

Le titre alcalimétrique est nul dans tous les points de prélèvement.

- **Titre hydrométrique (TH) :**

La dureté se mesure en mg de CaCO₃ par litre.

L'eau a enregistré des fluctuations importantes, avec des valeurs oscillantes entre 30.53 à 465 mg/l au analysées dépassent cette limite, donc les eaux de cette région sont très dures, ceci est dû à la nature des terrains géologiques traversés par l'eau, ou à la charge polluante contenue dans les eaux usées déversées.

Conclusion Générale

Conclusion

Conclusion :

Au terme de cette étude menée de mars à avril 2025 sur la qualité physico-chimique des eaux de l'Oued Saf-Saf, trois stations ont été suivies (S1 : Zerdaza en amont, S2 : Sallah Bouchaour au centre, S3 : Lilou en aval).

Les résultats révèlent une dégradation notable en aval, avec des teneurs en chlorures et turbidité dépassant les normes, probablement liées aux rejets industriels — un phénomène fréquemment observé dans des cours d'eau similaires soumis à la pression urbaine ou industrielle.

En amont, les paramètres tels que MES, TH, Ca^{2+} , Mg^{2+} et TAC demeurent globalement conformes, à l'exception des stations S2 et S3 où des apports domestiques et industriels entraînent des anomalies ponctuelles ; par ailleurs, la température, le pH et les solides dissous totaux sont acceptables, mais la conductivité élevée suggère une minéralisation importante, un indice classique de pollution saline selon la littérature.

Ces constats illustrent une qualité écologique préoccupante : l'Oued Saf-Saf est exposé à une contamination multifactorielle — notamment industrielle — qui menace non seulement les écosystèmes aquatiques mais aussi les populations riveraines.

En perspective et au terme de notre étude, il serait intéressant dans les travaux futurs :

De renforcer le protocole d'échantillonnage (plus de stations, périodicité étendue), d'instaurer un suivi régulier et multidisciplinaire (analyses physico-chimiques, microbiologiques, biocénoses, sols), de recourir à des modèles biologiques pour évaluer les toxicités, et d'améliorer la détection des métaux lourds. Enfin, la mise en place de systèmes de traitement des eaux usées, la gestion rigoureuse des déchets et la surveillance continue du bassin versant sont essentielles pour préserver cette ressource vitale, comme le préconisent de nombreuses recommandations en évaluation environnementale.

References bibliographies

Références bibliographique

1. **Abdellaoui H. 2015** : comparative de la qualité de l'eau de mer dessalée par distillation et Osmose inverse « cas de la station de Honaine, Mémoire de Master Université Abou BekrBelkaid, p : 89.
2. **Amrai, I., & Boudissa, S. (2023)**. Caractérisation de la qualité des eaux souterraines dans une région semi-aride du nord-est algérien. *Revue Algérienne des Sciences de l'Environnement et de l'Eau*, 5(1), 12–21.
3. **ANIREF, 2013**. Agence Nationale d'Intermédiation et de Régulation Foncière Rubrique Monographie Wilaya. Wilaya de Skikda .14/10/2013.
4. **APHA (American Public Health Association). (2012)**. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (22nd ed.). Washington, DC.
5. **Benmamar, S., Boutiba, Z., & Taleb, S. (2020)**. Évaluation de la qualité des eaux des oueds dans la région de l'Est algérien : cas de l'oued Bounamoussa. *Revue des Sciences de l'Eau*, 33(2), 101–113.
6. **Ben Rabah S., 2006**. Etat actuel des ressources en eau dans la wilaya de Skikda (essai de synthese) Bilan – Gestion – Perspective. Mémoire de Magistère. Université Badji Mokhtar, Annaba. 29-30 p.
7. **Bidi Z, Djidja C. 2020** : Analyse de quelques paramètres physicochimiques d'une source d'eau au niveau de la commune de mizrana, Université mouloud Mammeri detizi ouzou, p:50.
8. **Billen G, Garnier J, Nemery J. 2007**: A long-term view of nutrient transfers through the Seine river continuum. *Science of the total Environment*. p 375.
9. **Boumediene, F., Kherici, N., & Aissa, A. (2017)**. Étude de la pollution des eaux superficielles dans la région de Guelma (Nor-Est algérien). *Journal Algérien des Régions Arides*, 14(1), 45–54.
10. **Bouteldja, A., Bensoltane, A., & Mahiout, D. (2016)**. Évaluation physico-chimique et bactériologique des eaux de puits utilisées pour l'irrigation dans la région de Sidi Bel Abbès. *Revue des Sciences et Technologies*, 34(2), 45–52.
11. **Bremond et vuichard 1973** : Paramètres de la qualité des eaux. Ministère de Protection de la Nature et de l'Environnement, Ed. La documentation française, Paris, 179 p
12. **Burford MA, 2014** : Costanzo SD, Dennison WC, et al. A synthesis of dominant ecological processes in intensive shrimp ponds and adjacent coastal environments in NE Australia. *Marine Pollution Bulletin*. 2003 ; 46 :p1456–1.

Références bibliographique

13. **Carpenter, S. R., et al. (1998).** Eutrophication and its impacts on the water quality. Springer.
14. **Chekirou, H., Ourdjini A et Ourdjini S. (2017):** Contribution à l'étude physico-chimique et bactériologique et l'origine de la pollution fécale au niveau de l'amont d'oued Seybouse (Guelma). Mémoire de master, Université 8 mai 1945. Guelma.p13.
15. **Chibani, F. (2009).** *Évaluation de la qualité physico-chimique des eaux souterraines dans la région de Bordj Bou Arreridj.* Mémoire de Master, Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi – Bordj Bou Arreridj.
16. **Dunod. Paris, 1383p.plauborg et Al 2015 :** Safe and high-quality food production using low quality waters and improved irrigation systems and management: SAFIR. Agricultural water management, 98(3), 377-384.

17. **Dib, M. (2009).** *Étude de la qualité des eaux de surface destinées à l'irrigation dans la région de Constantine.* Mémoire de Master, Université Mentouri – Constantine.
18. **El morhit, (2009).**Hydrochimie, éléments traces métalliques et incidences
19. a écotoxicologiques sur les différentes composantes d'un écosystème estuarien (Basloukkos). Thèse de doctorat. UnivMouhammed V. Agdal, Rabat, 232p.
20. **FAO, (2003) :** L'irrigation avec les eaux usées traitées. Manuel d'utilisation. Bureau Régional pour le Proche Orient et l'Afrique du Nord. Caire Egypte. 68 p.Reggam et Al 2015.
21. **Garrels 1976:** A survey of low-temperature wter-mineral reactions. In Interpretation of Environmental Isotope and Hydrochemical Data in Ground-Water Hydrology, pp.65-84.
22. **Hallaci S, Mahboubi L 2019 :** Influence des rejets liquides du complexe GL1/K sur laqualité physicochimique et bactériologique des eaux de l'Oued Saf-Saf -SKIKDA mémoire de master Université 8 Mai 1945 Guelma.
23. **Haoua A., (2007) :** «Modélisation de séchage solaire sous serre des boues de station d'épuration urbains». Thèse de doctorat, université Louis Pasteur Strasbourg IDiscipline: Sciences pour l'ingénieur .
24. **Haslay C, Leclerc H, 1993:** Microbiologie des eaux d'alimentation, 10-1993, p496.
25. **Hayzoun H. 2014:** Caractérisation et quantification de la charge polluante anthropiqueet industrielle dans le bassin du Sebou. Thèse de Doctorat. Université de Toulon (France), p 175.

Références bibliographique

26. **Idrissi, L., 2006**, étude et développement de nouvelles méthodes électrochimiques pour la détermination des ions ortho phosphate, nitrite, nitrate et ammonium. Thèse de doctorat d'état. Université Mohammed v – agdal.146p.
27. **J.O.N°34, 2011** : Journal Officiel De La République Algérienne N° 19 juin 2011. Décretexécutif N°11-219 du 10 Rajab 1432 correspondant au 12 juin 2011 fixant les objectifs de qualité des eaux superficielles et souterraines forestier du massif de Collo/Algérie-Instruction d'aménagement du massif de Collo. Deutsche forest service (D.F.S.) GmbH,Deutsch12 juin 2011
28. **Jickells, T. D., et al. (2005)**. "The impact of the industrial revolution on the chemistry of the world's oceans." *Environmental Science & Technology*, 39(8), 2657–2662.
29. **Lassoued K et Touhami N. (2008)** contribution à l'étude de la qualité microbiologique de l'eau du barrage de hammam Debagh. Mémoire de l'ingéniera. Université 8 mai 1945 Quelma.52 p.
30. **Lebbihi, R., & Derki, H. (2018)**. Étude de quelques paramètres physico-chimiques et microbiologiques des eaux potables dans la région d'El-Oued (Mémoire de master, Université d'El-Oued). Département de Biologie Cellulaire et Moléculaire.
31. **Malaoui S et Agoudjil NE. 2015**: "Etude de la Qualité des eaux de surface et des eaux traitées Cas des barrages de Koudint Medaouar & d'Ain Zada, Mémoire de Master en hydraulique Université Larbi Ben M'hidi-OUM EL-BOUAGHIP: 148.
32. **Mathieu C et Pieltain F, 2003**, Analyse chimique des sols : méthodes choisies. Ed TEC et DOC. Paris. France.
33. **Mayat S .1994** : technique de traitement : aliments et eaux, 1ère édition.p1994Regam A. 2010 : Evaluation de la Qualité Physico-Chimique et Bactériologiques des Eaux Potables, Cas de la Station de Traitement de Hammam Debagh-Guelma Mémoire de Master, Université de 08 Mai 194 Eulma, p : 75.
34. **Merzoug S. 2009** : Etude de la qualité microbiologique et physicochimique de l'eau de l'écosystème lacustre Gara et Hadj-Taher (Benmaazouz, wilaya de Skikda), Magister Université 08 Mai 1945 de Guelma p : 115.
35. **Metahri, M.S. (2012)**. Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées par des procédés mixtes. Cas de la STEP Est de la ville de TiziOuzou, Thèse de doctorat, université Mouloud Mammeri de TiziOuzou, 172p.
36. **Metcalf & Eddy. (2014)**. Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery. McGraw-Hill Education.

Références bibliographique

37. **Monod I, 1989.** Ménonto technique de l'eau tome . 9éditions de cinquantenaire .
38. **OMS 2013** : Directives OMS pour l'utilisation sans risque des eaux usées, des excréta et des eaux ménagères. Volume II: Utilisation des eaux usées en agriculture, 121-145.
39. **Qualité physico chimique des eaux de l'Oued Seybouse (Nord-Est de l'Algérie):** a caractérisation et analyse en composantes principales [Physico-chemical quality of the waters of the Oued Seybouse (Northeastern Algéria): Characterization and principal component analysis)]. vol 6, No 5. p1417-1425.
40. **Raymond, 2009,** traitement des eaux 6.
41. **Reggam et Al 2015** : Qualité physico chimique des eaux de l'Oued Seybouse (Nord-Est de l'Algérie): Caractérisation et analyse en composantes principales [Physico-chemical quality of the waters of the Oued Seybouse (Northeastern Algéria): Characterization and principal component analysis)]. vol 6, No 5. p1417-1425.
42. **Rejsek, F. (2002).** Analyse des eaux: Aspects réglementaires et techniques. Centre regional de documentation pédagogique d'Aquitaine (CRDP). Bordeaux. 358 p.
43. **Resjeck.F., (2002).** Analyse des eaux, aspects réglementaires et techniques. Edition : Scerene. p. 166-198.
44. **Rejsek, 2002,** élimination, simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes. Cas de la step est de la ville de tizi-ouzou.
45. **Rodriguez. G. 2004** : " Etude de la congélation comme technique de traitement deseaux applications spécifiques, Thèse de doctorat, Institut National des Sciences appliquéesde Toulouse, p : 09.
46. **Rodier J. (1984)** Analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 7ème édition, Dunot, Paris.
47. **Rodier .J, LEGUBE.B, MERET.N, COLL, (2009),**L'analyse de l'eau, eau naturelles, eaux résiduaires, eau de mère. 9ème édition Dunod, paris, France .
48. **Rodier, 1984** : L'analyse de l'eau, 7ème Edition, Ed. Dunod, Paris.
49. **Rodier J., (2005),** l'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer ,9 ème Edition, Ed. DUNOD. Paris.
50. **Rodier JL. 2009** : "L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer 9ème éd Dunod Éd Paris, p : 1579.
51. **Santé canada. 2001.**
52. **Sayad D. 2008** : qualité physicochimique des eaux de l'écosystème la custrre lac desoiseaux wilaya de tarf. Mémoire de magister, université badji Mokhtar annaba.p110.Aberkane M.,

Références bibliographique

- (2011), évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux d'un écosystème lacustre cas de Garaet hadj Tahar (Skikda), Université 8 Mai 1945 Guelma, 43-62 -79- 84 p).
53. **Sid Ahmed, S. (2020)**. Valorisation touristique et préservation des zones côtières fragiles en Algérie : cas de la zone d'expansion touristique de Skikda. *International Journal of Spaces and Urban Territory*, ,188-195.
54. **Suschka J, Ferreira E,1986**: Activated sludge respirometric measurements. *Water Research*.