REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université 20 Août 1955 Skikda

Faculté des Sciences

Département des Sciences Agronomiques

Filière : Sciences Agronomiques

Option: Aménagement hydro-agricole

Mémoire de fin d'études :

En vue de l'obtention du diplôme de Master II en Sciences Agronomiques

Thème :

Qualité des eaux de surface Wilaya de skikda

(*Oued Safsaf*- Region de Skikda)

Présenté par :

- **Bouhouche sami**
- **Zouiyed mohamed**

Membres de Jury:

Mr : **Merabet Khaled**	(MAA)	**Président**	Université du 20 Août 1955 – Skikda
Mme : **Chekroude H**	(MAA)	**Examinatrice**	Université du 20 Août 1955 – Skikda
Mr : **Sadoune Abdelaziz**	(MCA)	**Promoteur**	Université du 20 Août 1955 – Skikda

Année universitaire :
2025/2026

Remerciements

Merci à Dieu de m'avoir achevé ce travail Qui sans lui toutes mes efforts seront veines. Ce ne sont pas des mots si personnels soient-ils qui arriveront à exprimer ma gratitude et mes remerciement et ma reconnaissance à tous ceux qui m'ont aidé à réaliser ce modeste travail. Je m'adresse en premier lieu à mon encadreur de thèse Mr dr. SAADUNE ABDELAZIZ, qui n'a cessé de me prêter son soutien scientifique et moral depuis qu'il a accepté de diriger ce travail.

Je le remercie pour sa gentillesse et ses conseils judicieux car depuis ma première inscription et bien avant cela, Il n'a pas cessé de m'apporter son aide tout au long de cette période et je ne pourrai jamais lui exprimer ma reconnaissance.

J'adresse également mes sincères remerciements aux membres du jury qui ont accepté d'évaluer se travail et malgré leur occupations, ils ont eu le temps d'évaluer ce travail et nous faire part de leurs critiques qui ne feront qu'améliorer la qualité de ce travail. Je cite en particulier :

Pr **HEBAL .A** Université de Skikda

Pr **Chekroude H** Université de Skikda

Dédicaces

Avant tous je remercie le dieu « Allah » qui m'a donné la puissant de m'avoir guidé et donné la fois et le courage pour accomplir ce travaille

A La mémoire de mon père abdellah .A ma mère A ma femme chacun et en son nom pour leurs encouragement permanents et mes chers enfants «baraa.tayma.hidaya.et abdou» A mon frère et ma sœur A toute ma famille. A mes collègues «sami khaled.hichem…..»

«…….»,
soutien moral.,

Résumé

Résumé :

Cette étude porte sur l'évaluation de la qualité physico-chimique des eaux superficielles de l'Oued Saf-Saf, situé dans la wilaya de Skikda. L'objectif principal est d'apprécier l'état de la ressource en eau et d'identifier les facteurs naturels et anthropiques susceptibles d'influencer sa qualité.

Des campagnes d'échantillonnage ont été réalisées au niveau de plusieurs stations réparties le long de l'oued. Les analyses ont concerné les principaux paramètres physico-chimiques tels que la température, le pH, la conductivité électrique, l'oxygène dissous, les matières en suspension,les matiere organique DBO5 et DCO,les eleiments nitritifs (NO3,NO2,NH4) ainsi que les ions majeurs (Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}, K^{+}, Cl^{-},).

Les résultats obtenus ont été comparés aux normes et recommandations nationales et internationales relatives à la qualité des eaux de surface.

L'interprétation des résultats met en évidence une variabilité spatiale et temporelle de la qualité des eaux de l'Oued Saf-Saf. Cette variabilité est liée aux caractéristiques géologiques du bassin versant, aux conditions hydrologiques et aux activités humaines, notamment les rejets domestiques, agricoles et industriels. Malgré une minéralisation globalement modérée, certains paramètres présentent des valeurs élevées au niveau de certaines stations, traduisant l'impact des pressions anthropiques sur le milieu aquatique.

L'étude hydro chimique montre que la composition chimique des eaux est principalement contrôlée par les processus de dissolution des formations géologiques traversées par l'oued, auxquels s'ajoutent les apports issus des activités humaines. Les analyses statistiques et hydro chimiques réalisées permettent de mieux comprendre les mécanismes responsables de la variation de la qualité des eaux.

En conclusion, les résultats obtenus soulignent l'importance d'un suivi régulier de la qualité des eaux de l'Oued Saf-Saf afin de préserver cette ressource essentielle et de garantir une gestion durable des eaux superficielles dans la région de Skikda.

Mots-clés : Oued Saf-Saf, qualité des eaux superficielles, hydrochimie, paramètres physico-chimiques, pollution, bassin versant, Skikda, Algérie.

,

ملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم الجودة الفيزيائية والكيميائية للمياه السطحية لوادي الصفصاف الواقع بولاية سكيكدة وذلك من خلال تحليل مجموعة من المؤشرات الفيزيائية والكيميائية التي تعكس حالة هذا المورد المائي ومدى تأثره بالعوامل الطبيعية والبشرية.

تم إجراء حملات أخذ عينات مائية من عدة محطات موزعة على طول الوادي، حيث شملت التحاليل قياس درجة الحرارة، والأس الهيدروجيني(pH) والناقلية الكهربائية، والأكسجين المذاب، بالإضافة إلى دراسة تراكيز الأيونات الرئيسية مثل الكالسيوم والمغنيسيوم والصوديوم والبوتاسيوم والكلوريدات والكبريتات والبيكربونات. وقد تمت مقارنة النتائج المتحصل عليها بالمعايير الوطنية والدولية الخاصة بجودة المياه السطحية.

أظهرت النتائج وجود تباين مكاني في نوعية مياه وادي الصفصاف، ويرجع ذلك إلى تأثير الأنشطة البشرية المختلفة كالتصريفات المنزلية والزراعية والصناعية.

وتؤكد هذه النتائج أهمية المراقبة الدورية لجودة مياه وادي الصفصاف واتخاذ الإجراءات اللازمة للحد من مصادر التلوث، بما يضمن حماية هذا المورد المائي وتحقيق الاستغلال المستدام له.

الكلمات المفتاحية: وادي الصفصاف، المياه السطحية، الجودة الفيزيائية والكيميائية، الهيدروكيمياء، التلوث المائي.

Summary

During the last decade, Algeria has been under an intense dryness witch touched the north in general and the use of surface waters is therefore more than necessary. The Skikda area, which is located in the north East of Algeria, has always got problems in relation with quality and quantity of surface water since underground waters are very limited.

This situation is the result of the demographic growth, the industrial extension and the agricultural evolution. Hence, the resource in surface water is exposed to potential risks of both episodic and chronic deterioration. This situation is due partially to urban and industrial releases which are usually tiped directly in watercourse.

This study aims to analyse and interpret physical chemistry samples data taken from Oued SAFSAF in Skikda. These data have been analysed by molar reports on chemical elements.

The determination of these surface waters pollution origin was approached by means of both physical parameters and heavy metals

Keywords : Surface water, releases, pollution, toxic metals

Sommaire

Dédicaces .....

Remerciements .....

Sommaire i

Liste des Figures ix

Liste des Tableaux xi

Liste des d'abréviation.....xii

Introduction general……01

CHAPITRE I : Cadre générale

Introduction……02

1. Situation géographique de Skikda……02

2. Démographie……02

2.1. Le densité……03

3. Géologie……..04

4. Les Reliefs……05

4.1. Les montagnes……05

4.2. Les plaines……06

4.3. Les Pentes……06

5. Les ensembles géologiques……06

5.1. Les formations quaternaires……06

5.1.1. Les alluvions……06

5.1.2. Les dunes anciennes……07

5.2 Formations du tertiaire……07

5.2.1. Formations d'oligocène……07

5.2.2. Les dépôts néogènes……07

5.2.3 Formations métamorphiques des terrains primaires paléozoïques……08

6. Aperçu sur les Systèmes Aquifères……08

7. Le Climat……08

8. La végétation et contexte Agricole……09

Conclusion……10

CHAPITRE II : HYDROCLIMATOLOGIE

Introduction……11
1.Les réseaux hydrographiques de la région de Skikda……11
2 .La station de référence……13
3. Etude des facteurs climatiques……14

3.1. Les précipitations……14
3.1.1. Variation des pluies moyennes annuelles……14
3.1.2. Variation des pluies moyennes mensuelles……16
3.1.3. Répartition des pluies moyennes saisonnières……16
3.1.4. Coefficient pluviométrique……17
3.2. Températures……18
3.2.1. Variation des températures annuelles……18
3.2.2. Variation des températures Mensuelles……20
3.2.3. Détermination du type du climat (Indice De Martonne) ……21
3.2.4. Utilisation d'abaque de Martonne : ombrothermique……22
3.3. L'humidité……22

3.3.1. Variation d'humidité annuelle……22
3.3.2. Variation d'humidité Mensuelle……24
4. Estimation de l'évapotranspiration réelle (ETR)……24
5. Estimation du ruissellement (R)……25

6. Estimation de l'infiltration (I) ……25
7. L'évapotranspiration potentielle (ETP) : ……25
8. Bilan hydrique ……26
Conclusion……28

CHAPITRE III :HYDROCHIMIE

Introduction……29
1. Définition des eaux……29
2. Les paramètres de qualité des eaux……29
2.1.1. La turbidité (NTU) ……29
2.1.2. La couleur……30
2.1.3 L'odeur……30
2.2 Le paramètre physico-chimique……30

2.2.1 La température T (C°)…….….30
2.2.2 PH……..…….30
2.2.3 La conductivité…….30
2.2.4 La salinité……...…….31
2.2.5 L'oxygène Dissous (mg d'O2/l) …….32
2.2.6 L'alcalinité…….……..33
2.2.7 La Dureté totale (TH)…….……..34
2.2.8 Les chlorures(Cl)…….35
2.2.9 Les sulfates……..……...……..……35
2.2.10 La salinité……..…….……...…….36
2.2.11 Le paramètre indésirable…….…….…….36
2.2.12 Les nitrates et les nitrites……..……..…….36
2.2.13 Matière en suspension (MES)…… ……...……..37
2.2.14 Matières organiques……..…….…….36
2.2.15 Demande Biochimique en oxygène (DBO5)……..…… ……...……36
2.2.16Demande chimique en oxygène (DCO) (mg/l d'O2)…… ……..……..……38
2.2.17Matières azotées)…… ……..……..……...……38
2.2.18Composés phosphorés)… ……..……38
2.2.19Certains métaux)……..……...…… ……..……38
2.2.20Le plomb ……..……..……38
3. Origine et effet des principaux polluants des eaux……..……..……39
3.1 Sources de pollution ……..……...…….39
3.1.1 Effluents urbains ……..……..……...……39
3.1.1.a Eaux de ruissellement ……..……..……...…….……39
II.3.1.1.b Eaux domestiques……..……..……...……..…..……39
3.1.2 Effluents agricoles……..……..……..…...……..40
3.1.3 Effluent industriels……..…….……..40
3.2 Principaux polluants de l'eau:……..……..41
3.2.1 Les matières en suspension: :……..41
3.2.2 Les matières organiques: :……..41
3.2.2.a Les hydrocarbures..……..41
3.2.2.b Les biphénylpolychloré ……..……42
3.2.2.c Les détergents……..……42
3.2.2.d Les pesticides:……..……43

3.2.3 Pollution microbiologique……..……44
3.2.4 Les matières fertilisantes……..……44
3.2.4.1Azote……45
3.2.4.2 Phosphore……...45
3.2.5 Les polluants métalliques……..……..45
3.2.6 Les sels minéraux…….……..…46
3.2.6. Pollution thermique…..……..……..…46
3.3.1 Les mortalités organismes liées aux altérations de la physico-chimie…….……..…….47
3.3.2 L'eutrophisation des milieux……..…….47
3.3.3 Des effets toxiques sur les êtres vivants……...47
3.3.4 La contamination microbiologique des êtres vivants……..……..…..48
Tableau 22: Les principales maladies d'origine hydrique ……..…….48
3.3.5 Les effets sur les écosystèmes et la biodiversité……..…….48
4.Cadre réglementaire et législatif……..…….49
4.1 La Loi n° 05-12 du 4 août 2005 relative à l'eau ……..…….49
4.1.1 Objectifs de la loi……..……..….49
4.1.2 Définition des eaux superficielles…….…….49
4.1.3. Protection des eaux superficielles……..49
4.1.3.1 Protection contre la pollution……..…….49
4.1.3.2 Périmètres de protection qualitative……..……..…….49
4.1.3.3 Restauration des milieux aquatiques. ……..……..…….50
4.2 Normes de qualité des eaux superficielles. …….…….50
4.3 Organismes chargés de l'application de la réglementation…….…….50
4.4. Autre documents législatifs ……..……..….50
Conclusion:…….…….51

Chapitre VI :Matériel et méthodes

1.Échantillonnage……..……...52
2. Station et période de prélèvement……..……..……..52
3. Matériel et technique de prélèvement ……..……..54
3.1. Prélèvement des échantillons ……..……...54
3.2. Principe D'échantillonnage: ……..……54
3.3. But d'échantillonnage ……..……..……55
3.4. Matériel Utilise ……..……..……55
3.5.Appareillage ……..……55

3.6.Autres ……..……55
3.7.REACTIFS ……..……..56
3.8. Mode Opératoire……..……..56
3.9. Remplissage des Bouteilles……..56
3.10. Etiquetage……..……..56
3.11. Mode de transport et conservation des échantillons……..……..57
4. Méthode d'analyse des eaux……..……..57
4.1. Détermination du pH (méthode électrométrique) ……..…59
4.1.1.Principe de la méthode ……..……59
4. 1.2.Appareillage ……59
4. 1.3. Mode opératoire ……..……59
4. 2. Détermination de la conductivité électrique ……59
4. 2.1. Principe de la méthode ……..……59
4. 2.2.Appareillage ……..……59
4. 2.3.Mode opératoire ……59
4. 3. Détermination de l'oxygène dissous ……..…59
4. 3. 1.Principe de la méthode ……59
4. 3. 2.Appareillage ……..……59
4. 3. 3.Mode opératoire ……..….60
4. 4. Détermination de La matières en suspension ……..……60
4. 4. 1.Principe de la méthode……..……60
4. 4. 2. Appareillage : ……..……60
4. 4. 3.Materiels :……..….60
4. 4. 4. Mode Opératoire……..60
4.5. Détermination De La Demande Chimique En Oxygène ……..……..…61
4.5. 1. Principe……..……..…61
4.5. 2. Produits chimiques et reactifs……..…..……..…61
4.5.3. Mode Opératoire……..……..…61
4.6. Détermination De La Demande Biochimique En Oxygène DBO5…….……..…62
4.6.1. Principe ……..……..…62
4.6.2. Appareillage Manometrique ……62
4.6.3. Les Réactifs ……..……63
4.6.4.Mode Opératoire……..……..……63
4.7. Détermination des Ortho phosphates ……..64
4.7.1. Principe de la méthode……..64

4.7.2. Appareillage……..64
4.7.3. Mode opératoire…….……64
4.8. Détermination de l'ammonium ……..…….……..64
4.8.1. Réactifs…….……..……..64
4.8.2. Résultat d'analyse……..……..……..65
4.9. Détermination des chlorures ……..……...……..65
4.9.1. Appareillage ……..65
4.9.2. Mode opératoire …….……..……..65
4.10. Détermination des nitrates ……..65
4.10.1. Principe De La Methode……..……..……..65
4.10.2. Appareillage……...……..65
4.10.3. Réactifs ……..……..65
4.10.4. Préparation de la courbe d'étalonnage …….……66
4.10.5. Mode Operatoire_…….……66
4.11. Détermination des Nitrite ……..……66
4.11.1. Principe……...……66
4.11.2. Réactifs……66
4.11.3. Établissement de la courbe d'étalonnnage…….……..67
4.11.4. Mode opératoire…….……..67
4.12. Détermination De La Turbidite ……..67
4.12.1. Principe…….…..……..67
4.12.2. Appareillage ……..……..67
4.12.3. Réactifs……...……..67
4.12.4. Mode Opératoire ……68
4.13. Détermination de la dureté totale ……..……68
4.13.1. Principe de la méthode……..……68
4.13.2. Appareillage …….……68
4.13.3. Mode opératoire …….……..……68
4.14. Détermination du calcium ……..……..69
4.14.1. Principe_…….……..69
4.14.1. Réactifs …….……..69
4.14.2. Mode opératoire …….……..69
4.15. Détermination du magnesium…….…..69
4.16. Détermination des Chlorures (Methode volumetrique)…….……..……70
4.16.1. Principe_…….…..70

4.16.2. Appareillage ……..……..……..70
4.16.3. Réactifs ……..……..…..70
4.16.4. Mode opératoire ……..……...……..70
4.17. Détermination des Coliformes totaux (filtration par membrane……...…..70
4.17.1. Principe……...…...70
4.17.2. Appareillage ……..….71
4.17.3. Réactifs : ……..…...71
4.17.4. Mode operatoire ……..…...71
4.18. Détermination des Coliformes thermotolérants ……..…..…72
4.18.1. Principe……..…..……..….72
4.18.2. Appareillage ……..…..…….……72
4.17.3. Réactifs : ……..……72
4.17.4. Mode opératoire ……..……..……...…72
Figure 31 : Résulta d'analyse bactériologie ……..……...…….73

Chapitre V : Résultats et duscussion

1.Résultats des analyses physico-chimiques ……..…..…..…74
2. interprétation des résultats des paramètres physico-chimiques……..……...…74
2.2. La Température…….……74
1.2.1. Potentiel d'hydrogène (pH) ……..……...…..…75
1.2.2. La Conductivité électrique……..……..…...76
1.2.3. Oxygène dissous……..……..……..…78
1.2.4. La Salinité……...…….…...….79
1.2.5. Turbidité…….……..…79
1.2.6. La Demande Biochimique en Oxygène DBO……....……..80
1.2.7. La Demande Chimique en Oxygène ……..……..…….81
1.2.8. Les Matières en Suspension…….……..……...83
1.2.9. Les nitrites……..……...…83
1.2.10. Les nitrates ……..……..……...…….84
1.2.11. L'azote ammoniacal……..…..……..……..…84
1.2.12. Les phosphates……..……..……...85
2.2. interprétations des résultats des analyses microbiologiques…..…….85
2.1. Résultats et dénombrement des germes de contamination fécale……...…86
2.1.1. Dénombrement des Coliformes totaux……..……86

2.1.2. Dénombrement des Coliformes fécaux……..……87
3.Analyse en Composantes Principales……..……..…89
3.1.Interprétation des axe……...…..……89
3.1.1. Axe minéral F1 ……...……..……89
3.1.2. Axe pollution organique F2……..……89
3.2. Interprétation des stations…….…...…89
Conclusion…….…...……
Références.....…….……
bibliographiques Résumé…….…..……
Abstract…….…..……
الملخص…….…..……
Annexes…….…...……

Liste des figures

Figure 01 : Situation géographique de la willaya de Skikda 2

Figure 02 : diagramme représente la démographie de Skikda 4

Figure 03 : carte de la géologique de la région de Skikda.....4

Figure 04 : carte des régions physiques de la wilaya de skikda.....8

Figure 05 : La carte climatique du Nord Algérien 9

Figure 06 : Carte simplifiée des zones bioclimatiques de l'Est algérien 11

Figure 07 : Carte des réseaux hydrographiques de Skikda 11

Figure 08 : géographique du bassin versant du Saf-Saf 11

Figure 09 : Situation hydrologique du bassin versant du Saf-Saf 14

Figure 10 : Précipitations annuelles moyennes en mm (2000-2001 / 2019-2020**)** 15

Figure 11 : précipitation moyennes mensuelles (2000-2001 / 2019-2020) 26

Figure 12 : Répartition saisonnière des précipitations (2000-2001 / 2019-2020) 17

Figure 13 : Variation des températures annuelles minimal, moyenne et maximal(2000/2001-2019/2020) 21

Figure 14 : Variation des températures mensuelles minimal, moyenne et maximal (2000/2001-2019/2020) Détermination du type du climat (Indice De Martonne) 21

Figure 16 : Variation de l'humidité annuelle (2000/2001-2019/2020) 23

Figure 17: Variation de l'humidité mensuelle (2000/2001-2019/2020) 4

Figure 18: Variation de l'ETP en fonction des précipitations (mm) de la station de SKIKDA (2000/2001-2019/2020) 27

Figure 19: Cycle hydrologique de la région de Skikda) 4

Figure 20: Molécules d'eau ,A liaison des molécules;B Structure *de l'eau à l'état vapeur* 29

Figure 21: incident de déversement de l'hydrocarbure dans les eaux de l'oued 42

Figure 22: mousse persistance (détergents) sur la couche superficielle des eaux de l'oued commune sebet 43

Figure 23: bouteilles des pesticides rejetées après utilisation Commune *Bekouche Lakhedar* wilaya de Skikda 43

Figure 24: Observation microscopique (mortalité de poissons ,oeud safsaf 44

Figure 25: Sacs des engrais rejetés après utilisation Commune *Bekouche Lakhedar* 45

Figure 26: Position des stations de prélèvements (google earth 2026) 53

Figure 27: Points de Prélèvements S1,S2,S3 etS4 54

Figure 28: étiquetage des échantillons 57

Figure 29: Matériels de transport et conservation des échantillons 57

Figure 30: Multi paramètre Type de (WTW)antillons 58

Figure 31: Résulta d'analyse bactériologie 73

Figure 32: Variations de la température de l'eau de l'Oued Saf-Saf 75

Figure 33: Variations de pH de l'eau de l'Oued Saf-Saf 76

Figure 34: Variations de La conductivité électrique l'eau de l'Oued Saf-Saf 77

Figure 35: Variations de l'oxygène dissous de l'eau de l'Oued Saf-Saf 78

Figure 36: Variations de la Salinité de l'eau de l'Oued Saf-Saf 79

Figure 37: Variations de la turbidité de l'eau de l'Oued Saf-Saf 80

Figure 38: Variations de la demande biochimique en oxygène de l'eau de l'Oued Saf-Saf 81

Figure 39: Variations de la demande chimique en oxygène de l'eau de l'Oued Saf-Saf 82

Figure 40: Variations des matières en suspension de l'eau de l'Oued Saf-Saf 83

Figure 41: Variations des Nitrites de l'eau de l'Oued Saf-Saf 83

Figure 42: Variations des des Nitrates de l'eau de l'Oued Saf-Saf 84

Figure 43: Variations des de l'ammonium de l'eau de l'Oued Saf-Saf 85

Figure 44: Variations des Nitrites de l'eau de l'Oued Saf-Saf 85

Figure 45: Estimation des coliformes totaux dans l'eau de l'Oued Saf-Saf 86

Figure 46: Estimation des coliformes fécaux dans l'eau de l'Oued Saf-Saf 87

Figure 47: Analyse en Composantes Principales de l'eau de l'Oued Saf-Saf 89

Liste des Tableau

Tableau 01 : la densité dans les grandes agglomérations de la wilaya de SKIKDA 89
Tableau 02 : Les coordonnées de la station météorologique de SKIKDA 13
Tableau 03 : Précipitations annuelles moyennes en mm (2000-2001 / 2019-20201 15
Tableau 04 : distribution des précipitations moyennes mensuelles (2000-2001 / 2019-2020) 89
Tableau 05 : Réparation saisonnières des précipitations (2000-2001 / 2019-2020) 16
Tableau 06 : Coefficient pluviométrique (2000-2001 / 2019-2020) 18
Tableau n° 06 contient les valeurs moyennes annuelles mesurées à la station de Skikda durant la période d'observation allant de l'année 2000/2001 à 2019/2020 21
Tableau 07 : Variation des températures annuelles minimal, moyenne et maximal (2000/2001-2019/2020) 19
Tableau 08 : Variation des températures mensuelles minimal, moyenne et maximal (2000/2001-2019/2020) 20
Tableau 09 : Variation de l'humidité annuelle (2000/2001-2019/2020) [11] 23
Tableau 10 : Variation de l'humidité mensuelle (2000/2001-2019/2020) 24
Tableau 11 : Bilan hydrique de la station de SKIKDA (2000/2001-2019/2020) 23
Tableau 12 : classes de turbidité usuelles (NTU, néphélométrie Turbidité unit) 30
Tableau 14 : Grille d'appréciation de la qualité de l'eau en fonction de de la conductivité électrique.
Tableau 15 : classification des eaux d'après leur saturation en oxygène dissous..... 32
Tableau 16 : classification des eaux d'après leur concentration en oxygène dissous 33
Tableau 17 : classification des eaux d'après leur Dureté totale 34
Tableau 18 : classification des eaux d'après leur Demande Biochimique en oxygène..... 89
Tableau 19 : La composition des effluents domestiques..... 39
Tableau 20 : La composition des effluents domestiques -Rejet des eaux d'assainissement700 log 40
Tableau 21 : Classement Les pesticides 44
Tableau 22: Les principales maladies d'origine hydrique 48
Tableau 23: Périodes et sites de prélèvement et informations sur le climat 52
Tableau 24: liste des paramètres physico-chimiques effectués 89

Liste d'abréviation

DEW : Direction de l'environnement de la wilaya

DRE : Direction des ressources en eau

ADE : Algérienne des Eaux

AEP : Alimentation en eau potable

ONA : Office Nationale d'Assainissement

ONEDD : Observatoire National De L'environnement Et Du Developpement Durable

DBO5 : Demande Biologique en Oxygène à 5 jours

DCO : Demande chimique en Oxygène

Hab : Habitant

SDEM : Station de dessalement d'eau de mer

MES : Matières en Suspension

PEHD : Production de Polyéthylène à haute Densité

L/ hab/j : Litre par habitant par jour

m3/j : Mètre cube par jour

ETP : évapotranspiration potentielle

ETR : évapotranspiration réelle

OMS : Organisation mondiale de la santé

Introduction générale

Si la terre et appelée la planète bleue, ce n'est pas un hasard, elle est recouverte à 71% d'eau et d'une belle couleur bleue clairement visible depuis l'espace. L'eau douce, essentielle à nos besoins, ne représente que 1% du total des mers et des océans présents sur terre. Elle est donc un capital limité et fragile car menacée par une consommation croissante et par de multiples pollutions. Elle est aussi une ressource naturelle indispensable, non renouvelable, qu'il faut impérativement préserves. **[06]**

De l'eau nait la vie sur terre. Elle est essentielle à tous les êtres vivants, en particulier à l'homme. Ainsi, l'eau douce devient de plus en plus difficile sous la pression de grands besoins. C'est pourquoi nous sommes passés de l'utilisation des eaux souterraines à l'utilisation des eaux de surface.

La problématique de cette recherche s'articule autour d'un certain nombre de questions et son but est d'essayer de donner des éléments de réponse :

L'objectif principal de notre travail consiste à étudier la qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau d'Oued Saf-Saf de la région Skikda.

Ce travail est subdivisé en quatre chapitres articulés des manières suivantes :

Le premier chapitre nous avons fait une étude approfondie de la région de Skikda (situation géographique, la démographie, Le densité...etc.)

Le deuxième chapitre nous avons étudié le climat et les caractéristiques de la région de Skikda (Les réseaux hydrographiques, Précipitations annuelles moyennes, Températures...etc.)

Le troisième chapitre la partie hydro-chimique qui étudie les cinq familles des paramètres polluants des eaux ses origines et le traitement des eaux usées,

- ✓ Dans le troisième chapitre, nous exprimons les méthodes et les protocoles d'analyses respectés pour réaliser ce travail (échantillonnage ; les analyses physico-chimiques et microbiologiques La recherche et le dénombrement des germes qui peuvent être responsables d'une pollution fécale : les coliformes totaux, les coliformes fécaux.
- ✓ Le quatrième chapitre est consacré à la présentation et à la discussion des différents résultats obtenus.

CHAPITRE I : CADRE GENERALE

Introduction

Dans le but de réaliser des études régionales pour la région de Skikda, il est nécessaire d'abord tout ce qui est étroitement lié à l'eau et toutes les principales caractéristiques morphologiques qui l'affectent : hydrologique, socio-économique.

1. Situation géographique de Skikda

La wilaya de SKIKDA, issue du découpage territorial de 1974, est située au Nord-est algérien à des latitudes 36° 20 et 37° 00 au Nord, les longitudes 6° 15 et 7° 30 à l'Est. Elle comprend 13 daïras regroupant 38 communes.

Elle regroupe une population de 898 680 habitants en 2008 et s'étend sur une superficie de 413 768 km2, soit près de 6 % de la superficie totale du pays. Elle dispose de 140 km de côtes (soit 12 % de la côte algérienne) qui s'étalent d'El Marsa à l'Est jusqu'à Oued Zhour aux fins fonds du massif de Collo à l'Ouest.

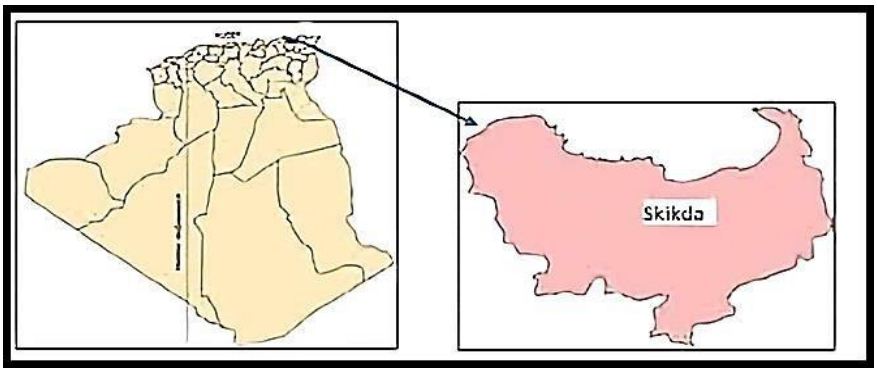


Figure 01 : Situation géographique de la willaya de Skikda.**[28]**

2. Démographie

La population de la Wilaya était estimée à 325071 hab. en 1966, en 1998 elle comptait

788 385 hab., et elle a atteint 906130 hab. en 2008, soit presque un doublement en quatre décennies**. [5]**

La population estimée à 1 115 380 habitants en 2021, répartie sur 13 daïras et 38 communes.

[20]

A l'horizon 2025 cette population devrait atteindre 1 123 517 Hab Skikda est confrontée, pour longtemps

encore, à une croissance démographique soutenue, prolongeant l'accélération passée et qui risque, si elle est mal repartie et mal gérée, d'exercer, à terme, une pression insupportable sur

les ressources déjà limitée en eau et en bonnes terres. Une telle évolution risquera de compromettre les possibilités d'instaurer un développement économique viable. [5]

Les parties les plus peuplées, aussi nommées grandes agglomérations, où les habitants se concentrent particulièrement dans les zones de Skikda, Azzaba, El-Harrouche, Tamalous, Collo, (précisément dans les zones chef lieux), dont 25% de la population se situe dans la daïra de Skikda avec 276 105 habitants. **[12]**

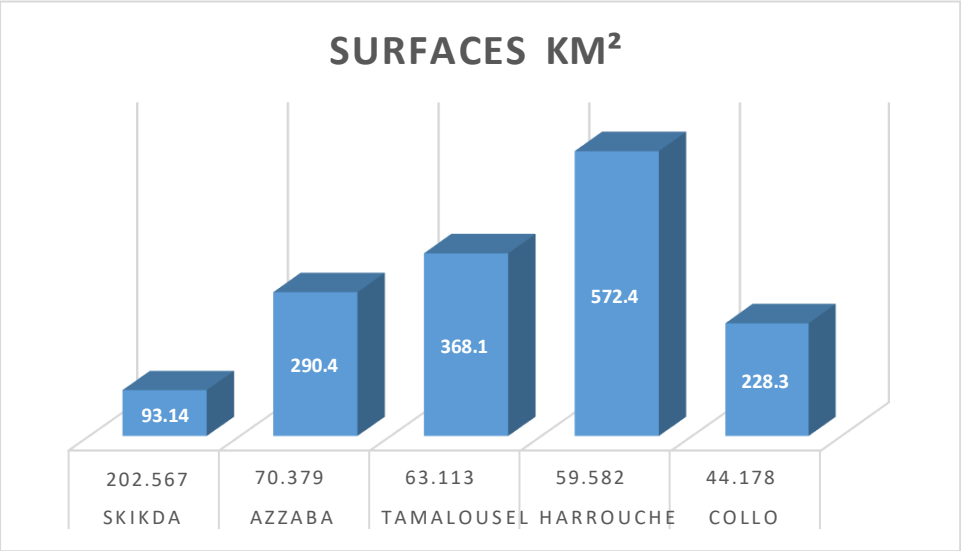


Figure 02 : diagramme représente la démographie de Skikda.**[4]**

2.1. Le densité

La commune de Skikda se détache nettement avec une densité urbaine de 2174.87 habitants /km^2

Les communes de Collo. Tamalous El-Harrouch, Azzaba ont Également des densités élevées,

La population dans la wilaya de Skikda se distribue en trois groupes :

- « Etiré » dans la vallée du Saf-Saf
- Plus dense à Collo et Azzaba. **[5]**

Et la densité dans les grandes agglomérations est interprétée dans le tableau suivant :

Tableau 01 : la densité dans les grandes agglomérations de la wilaya de SKIKDA [6]

Daïras	**Population en 2021[3]**	**Surfaces Km² [3]**	**densité par Km²**
SKIKDA	202.567	93,14	2174.87
Azzaba	70.379	290,4	242.35
Tamalous	63.113	368,1	171.46
El Harrouch	59.582	572,4	104.09

Collo	44.178	228,3	193.51

3. Géologie

Du point de vue géologique au sens régional,l'Algérie du Nord comprend trois ensembles qui sont:

1.Le domaine des massifs primaire Kabyles.
2.Le domaine tellien.
3.Le domaine prés saharien composé :-Des hauts plateaux de l'Atlas saharien.

Notre secteur d'étude fait partie de l'ensemble géologique des massifs primaires kabyles. Il est séparé des bassins d'El Harrouch, Salah Bouchaour, Emdjaz-Ed-Chich et RamdaneDjamel par une ligne de relief de direction NE-SW.

L'analyse géologique est fondamentale à l'étude hydrogéologique. Cette analyse permet d'identifier les matériaux et les structures des formations susceptibles, de conduire l'eau des précipitations en profondeur, tout en permettant la détermination du type d'aquifère.

La structure géologique du terrain de la commune de Skikda présente est compliquée due à l'âge, la genèse des roches, le genre et les valeurs physico-chimiques des dépôts, ainsi que la partie Ouest, Sud-Ouest et Sud de la commune y compris la ville de Skikda est de la formation stratigraphique ancienne composée par des roches métamorphiques, précambriennes et paléozoïques, sous l'influence d'érosion intense. Ces roches sont très altérées et recouvertes d'une couche d'altération superficielle argileuse d'une épaisseur variant de 0 à 2 mètres.

Les alluvions de vallées qui sont formées d'argiles limoneuses, d'argiles sableuses et dévases, remplissent les vallées de Saf-Saf et Zeramna. Leurs épaisseurs dépassent parfois les30 mètres. Cette zone d'alluvions s'étend de la limite sud de la commune à l'embouchure de Oued Saf-Saf

La zone des dunes intérieures provenant des dépôts marines anciens et des dépôts éoliens anciens, ont une largeur de 1 à 2 Km, se prolonge parallèlement au bord de la mer, de la vallée de Saf-Saf à Oued Kob

Skikda se trouve dans la petite Kabylie qui fait partie de la chaîne alpine des Maghrébines.

Elle s'étend entre le massif des Babors à l'ouest et le massif de l'Edough à l'Est sur plus de150 kilomètres le long du littoral. Donc on distingue du nord vers le sud les quatre grandes unités structurales suivantes :

1-Le socle kabyle 2-La dorsale kabyle

3-Les séries à caractère flyschs 4-Les séries telliennes

5-L'Oligomiocène Kabyle 6-Les roches éruptives

7-Le Quaternaire. **[4]**

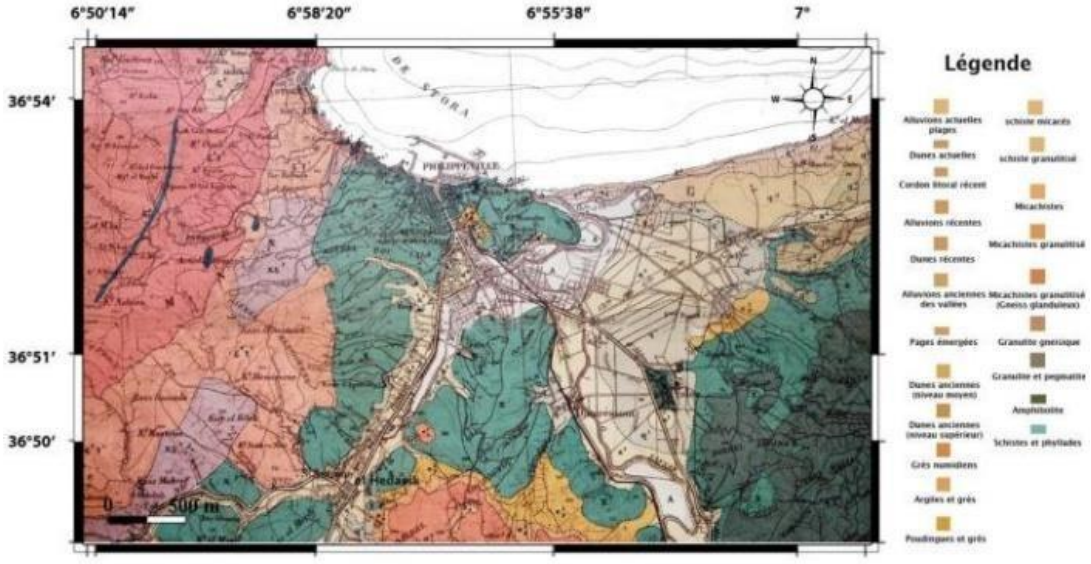


Figure 3 : Carte géologique de la région de Skikda.**[55]**

4. Les Reliefs

L'étude des reliefs permet de déterminer l'accessibilité de la région et d'évaluer sa «disponibilité géographique » à accueillir des investissements.

Le relief de la région de Skikda est assez, accidenté, particulièrement dans sa partie littorale et dans le massif de Collo. **[1]**

4.1. Les montagnes

Elles constituent 60% de la superficie globale de la wilaya. Le territoire Skikda se caractérise d'abord par un relief de montagne mais un relief relativement aéré par un dispositif de basses terres : Couloirs fluviatiles, plaines côtières et bassin intérieurs. Les zones de montagne, qui se subdivisent en plusieurs parties sont constituées par des massifs, les djebels les plus importants sont :

· Au sud : djebel Sidi-Driss, 1 364 mètres d'altitude ; djebel Hadjar- Chouat, 1 220 mètres.
· A l'ouest : djebel Goufi, 1 183 mètres.
· A la limite des vallées des oueds Guebli et Saf-Saf :

a) Djebel Staïha, 572 mètres.

b) Djebel Abdelhadi, 564 mètres.

· A la limite des Oueds Saf-Saf et Kébir est : Djebel Fil-Fila, 586 mètres.
· Au nord : Cap Bougaroun et Cap De Fer.**[1]**

4.2. Les plaines

Les plaines de la vallée du Saf-Saf : Allongée dans une direction sud-est / nord-ouest, la vallée du Saf-Saf débute à El-Harrouch et déborde sur la petite plaine de Skikda par un long couloir partageant la wilaya en son centre, épousant les contours de l'oued Saf-Saf.

Les plaines de la vallée de l'oued Guebli : La vallée débute à Oum-Toub, s'évase au niveau de Tamalous, s'effile jusqu'à Collo, où elle s'évase de nouveau.

Les plaines de la vallée de l'oued El-Kébir : Arrosées par l'oued El-Kébir, elles s'étendent d'Es-Sebt à Azzaba et jusqu'àDjendel, où elles présentent un étranglement débouchant à Aïn- Charchar et Bekkouche-Lakhdar. Une zone tampon sépare cette zone plane de la dépression qui débute au lac Tonga. **[1]**

4.3. Les Pentes

Les pentes faibles : (0 à 3%) : occupent les plaines de l'ouest, notamment la plaine de Ben-Azouz et un petit bout de la ville de Skikda et sa plaine côtière ; elles occupent
9% du territoire.

Les pentes moyennes : (3 à 12%) : elles représentent 23% du territoire.
Les pentes fortes : (12% et plus) : elles occupent 69% de la superficie totale de la wilaya, c'est la zone de hauts piémonts de montagnes. **[11]**

5. Les ensembles géologiques

De point de vu environnement géologique, la zone d'étude se présente complexe du fait qu'elle comprend deux ensembles de terrains géologiques différents : d'origine métamorphique et d'origine sédimentaire.

5.1.Les formations quaternaires

5.1.1. Les alluvions

On distingue trois types différents :
-Les alluvions actuelles : représentées par des sables, des limons du lit moyen d'OuedSaf-Saf et Zeramna et des sables des plages.
-Alluvions récentes : constituées de limons et de galets.

-Des alluvions anciennes des vallées, d'âge Pléistocène : ce sont des terrasses de limons, de

cailloux roulés pouvant atteindre une épaisseur égale à 20m

5.1.2. Les dunes anciennes

Les dunes anciennes se trouvent au Nord-Est de la plaine de Skikda, le long de la côte. Elles Sont constituées par trois niveaux :

Le niveau inférieur, qui atteint une élévation de 40 à 50 m, contient les alluvions récentes du Saf-Saf.

Le niveau moyen, qui atteint 80 m, contient les alluvions anciennes.

Le niveau supérieur développé sur les schistes paléozoïques. Ceci s'observe dans la forêt du Djebel El Alia dans la partie Nord-Est du secteur d'étude.

5.2 Formations du tertiaire

5.2.1. Formations d'oligocène

Elles sont représentées par :

Les grés Numidiens : ce sont des grés jaunâtres à grains fins. Ils présentent à divers niveaux des minces lits argilo sableux. Ce faciès gréseux prédominant au centre du secteur d'étude au niveau de Djebel Tefifera.

Grés et poudingues : les poudingues sont formées de cailloux roulés, de micaschistes, de gneiss et surtout de quartez filoniens qui s'intercalent les assises gréseuses ou argileuses.

La puissance de l'ensemble varie de 10 à 50m.**[11]**

5.2.2. Les dépôts néogènes

Les dépôts néogènes comprennent des sédiments du Miocène supérieur et du Pliocène. Ils sont composés de conglomérats à la base, surmontés de dépôts argilo-marneux et de sables.

Les argiles et les marnes contiennent des évaporites.**[11]**

5.2.3 Formations métamorphiques des terrains primaires paléozoïques

Schistes et Phyllades : gris bleuâtres, argileux ou satinés, recoupés de nombreux Filon nets, souvent lenticulaires de quartez laiteux. Ces roches forment une grande Partie de Dj Soubouyou et Dj Alia, trouvées au centre, à l'Est et à l'Ouest de SKIKDA.

Schistes granulosités (gneiss) : ils présentent la texture des gneiss glanduleux, mais ils sont liés aux schistes dont ils se distinguent par la présence de nombreux cristaux de feldspath. Cette

formation se trouve au niveau de Dj Alia au Nord-Est de secteur d'étude.

Micaschistes granulosités : gneiss schisteux alternant parfois avec des micaschistes, ils forment un passage du vrais gneiss ou micaschistes, ils se trouvent à l'Ouest de Secteur d'étude au niveau du Dj Messiquéne.

Schistes micacés : c'est le passage des schistes argileux aux micaschistes et gneiss schisteux. **[11]**

6. Aperçu sur les Systèmes Aquifères

Les nappes de la région de Skikda peuvent être regroupées en cinq formations aquifères essentiellement formées par des dépôts alluvionnaires du quaternaire :

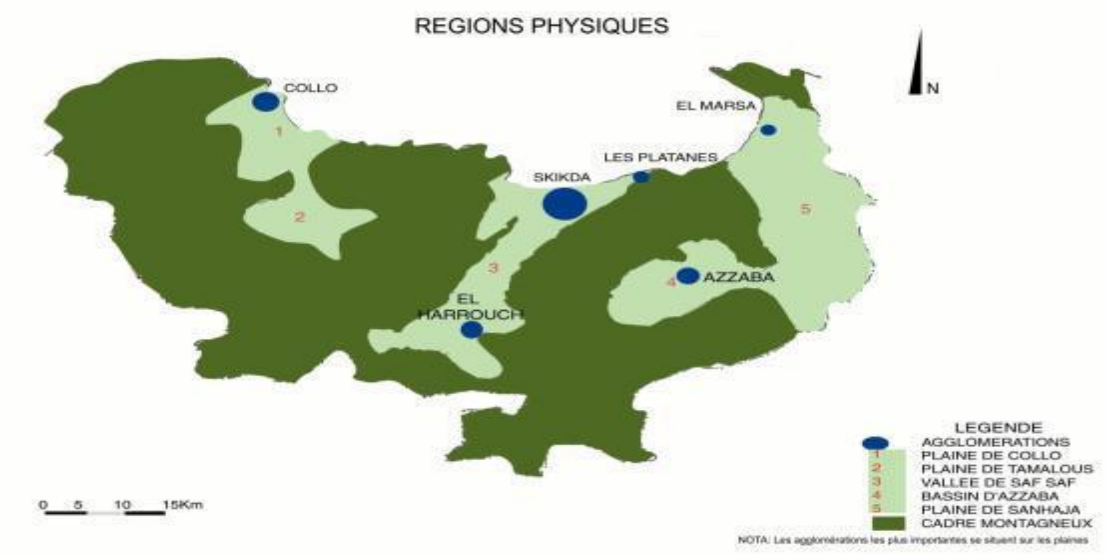


Figure 04 : carte des régions physiques de la wilaya de skikda.**[05]**

- La plaine de Collo
- La plaine d'oued Zhour
- Vallée de Safsaf
- La plaine de Zeramna
- La plaine d'Oued Kebir Ouest
- Massif dunaire de Guerbe**z.** [11]

7. Le Climat

Skikda bénéficie d'un climat tempéré et chaud et est classée parmi les régions les plus humides d'Algérie, avec des hivers doux et humides et des étés chauds et secs, et est également affectée par sa proximité avec la mer Méditerranée.

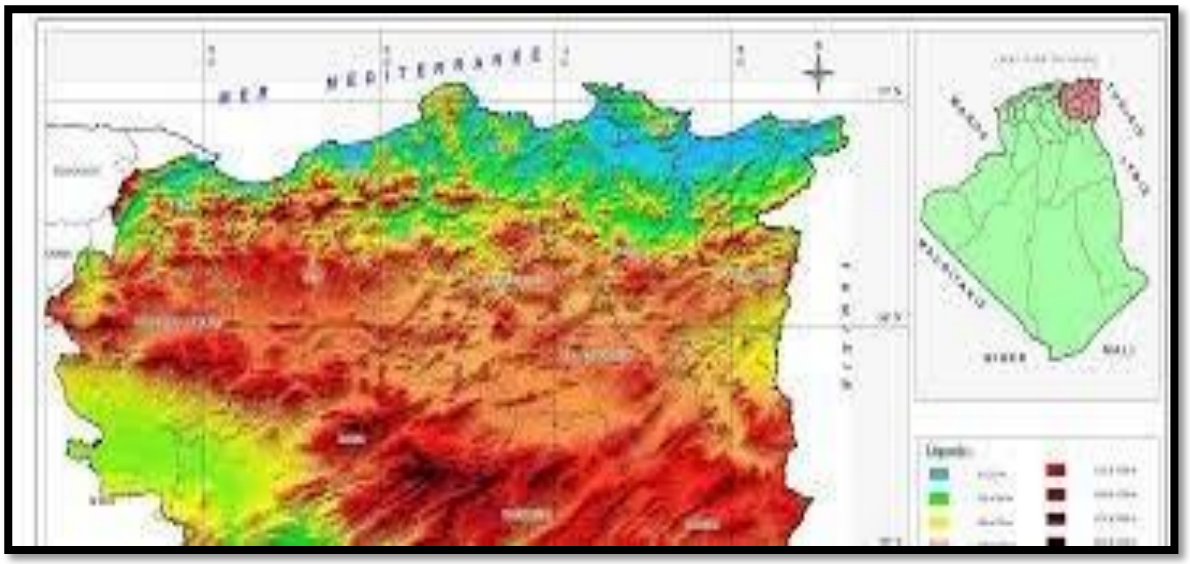


Figure 05 : La carte climatique du Nord Algérien.**[53]**

8. La végétation et contexte Agricole

La flore de la région appartient au type méditerranéen. Elle se compose de plantes annuelle set de plantes vivaces car le cycle de floraison dépend étroitement des conditions climatiques, les massifs forestiers de Skikda, Filial et El Hadaeik sont constitués de chêne liège. **[11]**

La wilaya de Skikda (près de 500 km à l'est d'Alger) a connu un développement intense. Avec sa superficie agricole avoisinant 132 000 ha, regroupant 19 000 agriculteurs et 5 barrages, elle a décroché le titre de première productrice de tomate industrielle (50 % de la production nationale), de pomme de terre et sa semence. Skikda alimente 20 autres wilayas, de même pour la filière de l'apiculture. Elle est également connue pour sa production d'agrumes (2 852 ha) et de fraises, reconnues pour son excellence.

Cet espace périurbain fait transition entre l'ancienne ville de Skikda et le pôle pétrochimique assez polluant qui couvre une superficie de plus de 1600 hectares. **[11]**

Conclusion

Dans ce chapitre on à présenter la région d'étude (Skikda) dans son contexte général. Apparu clairement que la position stratégique de Skikda et les différentes caractéristiques géographiques, hydrologiques et géologiques ce qui lui a donné l'importance sur le plan du secteur agricole qui a contribué à donner son importance hydrologique de la région (Skikda).

CHAPITRE II : HYDROCLIMATOLOGIE

Introduction

L'Algérie se subdivise du Nord au Sud, en cinq zones bioclimatiques en relation avec le relief et les précipitations fig. N°III-01(A) **[15]**

La wilaya de Skikda appartient au domaine bioclimatique humide à subhumide fig. N°III-1(B). L'étage humide couvre toute la zone occidentale montagneuse, ainsi que les sommets à l'Est et au Sud avec une variante douce ou tempérée au littoral et froide à l'intérieur. L'étage subhumide couvre le reste de la wilaya, notamment les plaines. La variante chaude ou douce se localise sur le littoral et la variante tempérée ou froide à l'intérieur [22].

La wilaya de Skikda est sous l'influence du climat marin, les précipitations accusent un retard des maxima au cours de l'année. Cette influence se marque moins en hiver qu'en été, puisque le minima des précipitations n'accuse pas de retard au mois de janvier, ce qui explique facilement l'opposition thermique entre le versant Nord et le versant sud [22].

Les températures à Skikda ville sont douces en hiver et chaudes en été, cela est valable pour le littoral où les amplitudes thermiques sont faibles. Dans les montagnes, elles sont fraîches.

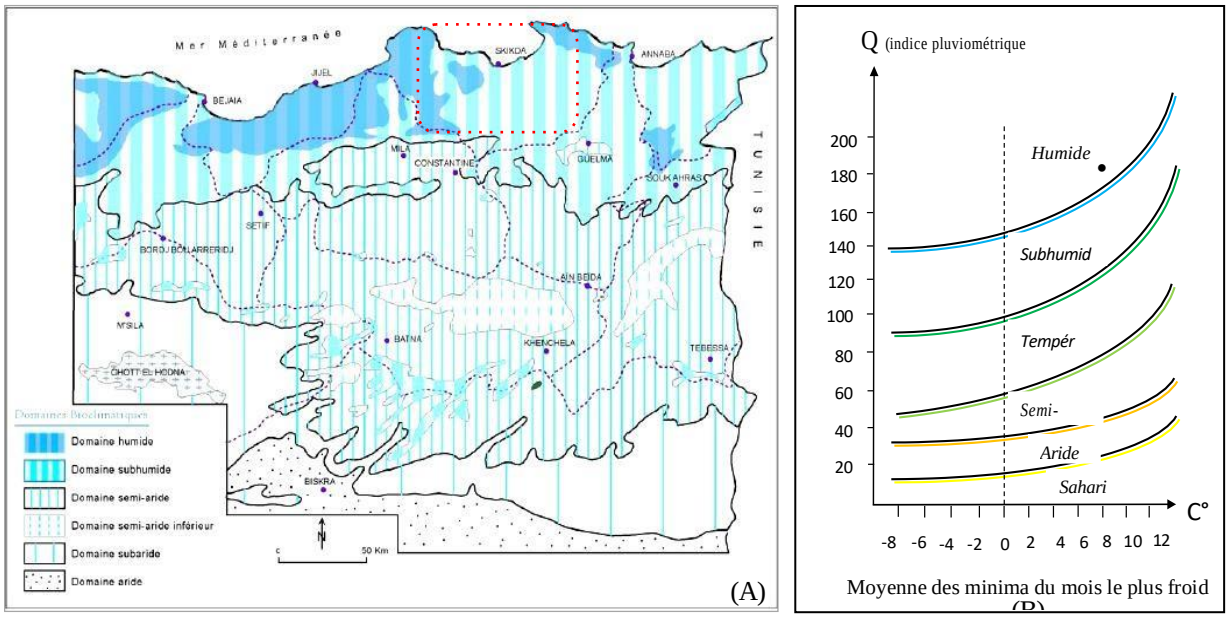


Figure N°06 : *Carte simplifiée des zones bioclimatiques de l'Est algérien* [18].

Les réseaux hydrographiques de la région de Skikda

Là l'Est, oued Saf-Saf au centre oued Guebli à l'ouest. Sept bassins hydrographiques wilaya de Skikda est traversée par trois principaux cours d'eau à savoir ; oued kebir à sont alors identifiés

au niveau de la région :



Figure 07 : Carte des réseaux hydrographiques de Skikda [34]

- A l'ouest : ont identifiés les deux bassins hydrographiques suivant :
  - Le bassin côtier du Cap Bougaroun.
  - Le bassin de l'oued Guebli.
- Au centre : ainsi pour le centre, possède deux bassins hydrographiques :
  - Le bassin de l'oued Bibi.
  - Le bassin de l'oued Saf-Saf.
- A l'est : trois bassins hydrographiques s'identifiés :
  - Le bassin côtier de Fil fila.
  - Le bassin côtier du kebir ouest.
  - Le bassin côtier du kebir ouest cote Magroun.

La zone d'étude est traversée par :

Oued Saf-Saf qui s'écoule suivant un tracé Sud-Nord rejoignant la mer.

Oued aZermna avec un écoulement Sud-Ouest - Nord Est qui est un affluant de Oued Saf-Saf. [**11**]

Ces deux oueds reçoivent les eaux de plusieurs Oueds temporaires et Châaba.

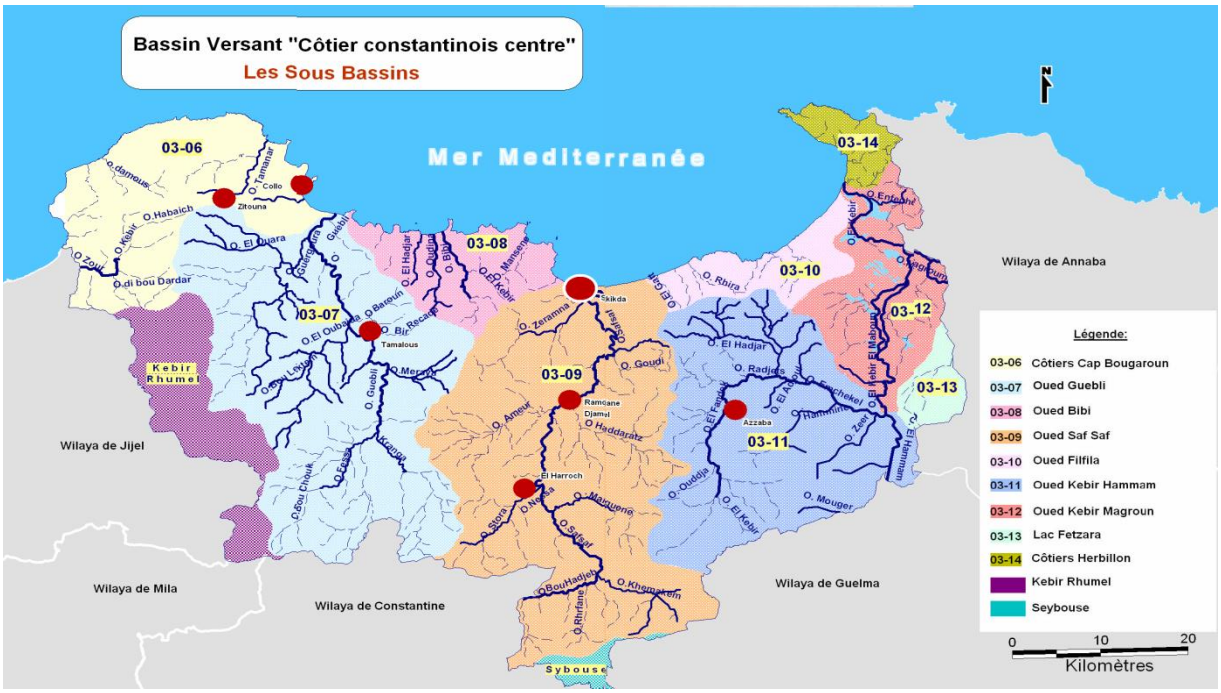


Figure 08 : :géographique du bassin versant du Saf-Saf [**34**]

2 .La station de référence

Stations de mesure : L'étude hydro climatologique est basée sur l'interprétation des données météorologiques enregistrées au niveau de la station de SKIKDA (nouveau port) Dans cette station, on a des observations faites sur une période de 20 ans (2000-2020). [**11**]

Tableau 02 : Les coordonnées de la station météorologique de SKIKDA **[20]**

Station	**Longitude**	**Latitude**	**Altitude**	**Période**	**Eloignement de la mer**
SKIKDA	06°56 E	36°53 N	10m	2000-2020	0km

3. Etude des facteurs climatiques

3.1. Les précipitations

Les précipitations constituent un phénomène physique qui décrit le transfert d'eau dans sa phase liquide (pluie) ou solide (neige, grêle…) entre l'atmosphère et le sol. Elles jouent un rôle prépondérant dans le comportement hydraulique des cours d'eaux et dans l'alimentation éventuelle des nappes souterraines. D'après le rapport de la direction de l'environnement, La wilaya de Skikda est l'une des régions les plus arrosée d'Algérie, la pluviométrie annuelle enregistrée est très forte. Les pluies sont généralement torrentielles. [**25**]

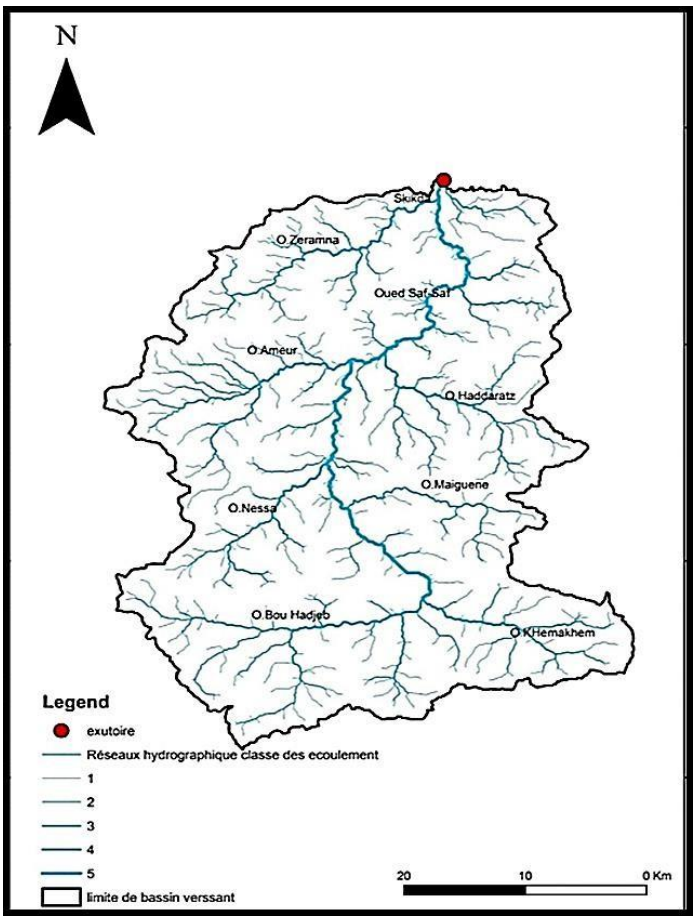


Figure 9: Situation hydrologique du bassin versant du Saf-Saf **(Bousekaa et Laouar, 2021)**

3.1.1. Variation des pluies moyennes annuelles

Elles sont assez importantes, elles varient entre 310 mm et 1074.74 mm, la moyenne annuelle de 20 ans d'observation est 742.20 MM.

Tableaux 03 : Précipitations annuelles moyennes en mm (2000-2001 / 2019-2020[**11**]

Année	Précipitations annuelles en (mm)
2000-2001	538,82
2001-2002	538,1
2002-2003	587,47
2003-2004	1074,1
2004-2005	864,65
2005-2006	949,3
2006-2007	624,1
2007-2008	796,9
2008-2009	607,4
2009-2010	839,73
2010-2011	964,4
2011-2012	896,21
2012-2013	788,5
2013-2014	789,2
2014-2015	798,6
2015-2016	918,9
2016-2017	545,2
2017-2018	464,1
2018-2019	402,03
2019-2020	856,6
Moyenne	**747,62**

L'étude des précipitations annuelles montre une grande différence entre l'année la plus arrosée (2003-2004) avec 1074.1 mm/an et l'année la plus sèche (2018-2019) avec 402.03 mm/an.

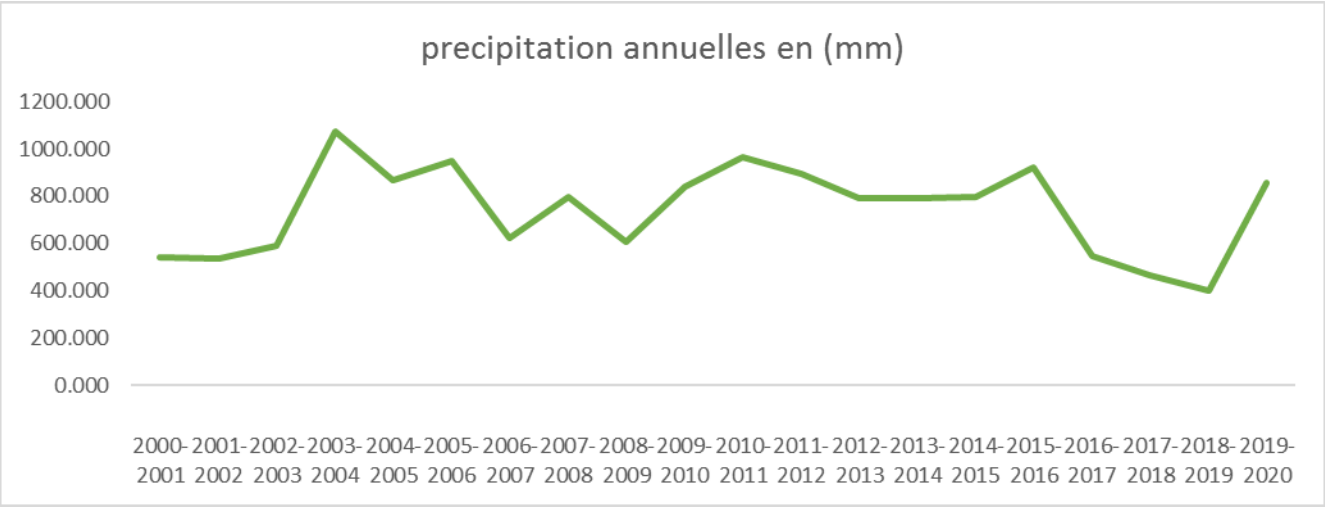


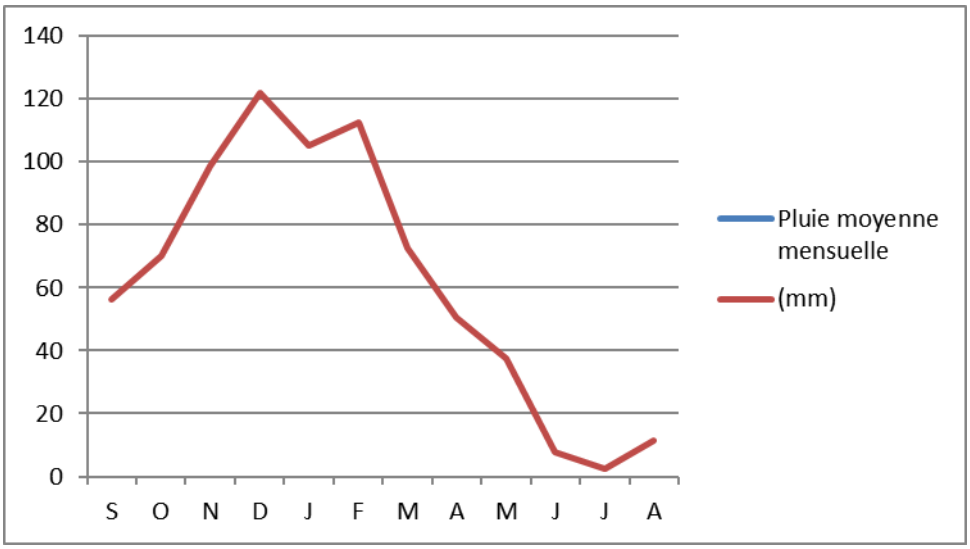
Figure 10 : Précipitations annuelles moyennes en mm (2000-2001 / 2019-2020)[**26**]

3.1.2. Variation des pluies moyennes mensuelles

La répartition mensuelle des précipitations est inégale, la majeure partie tombe pendant la période la plus froide de Novembre à Mars. Le mois le plus pluvieux est le mois de décembre, sa pluviométrie peut atteindre parfois les 127.33 mm [4]

Tableaux 04 : distribution des précipitations moyennes mensuelles (2000-2001 / 2019-2020) [**11**]

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Pluie moyenne mensuelle (mm)	56,46	70,32	98,69	121,72	105,10	112,71	72,65	50,58	37,73	7,7	2,38	11,6



Figures 11 : précipitation moyennes mensuelles (2000-2001 / 2019-2020) [**26**]

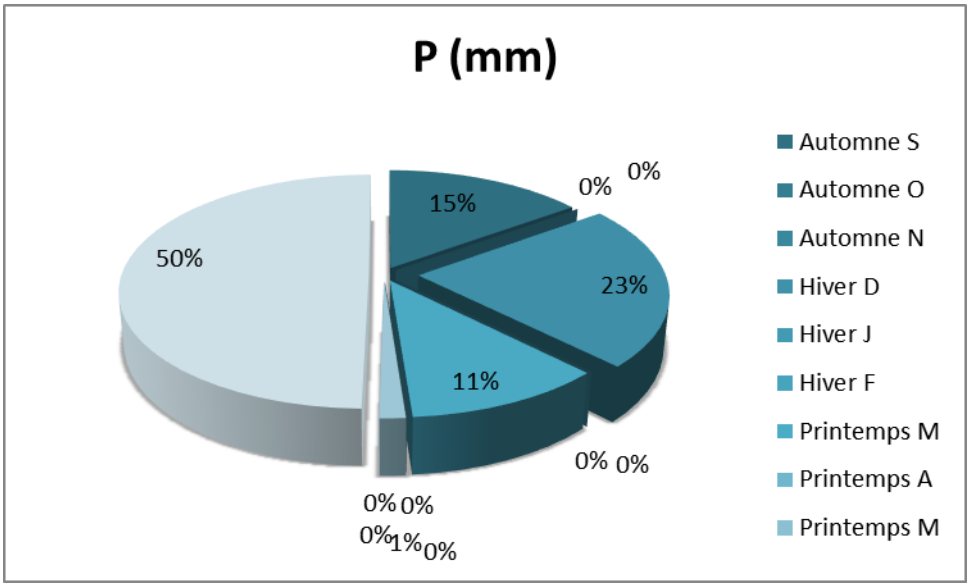
3.1.3. Répartition des pluies moyennes saisonnières

L'étude des précipitations saisonnières permet de donner une idée sur la distribution de la lame d'eau précipitée durant une année et selon les quatre saisons. Elle se fait de la façon désignée dans le tableau suivant :

Tableaux 05 : Réparation saisonnières des précipitations (2000-2001 / 2019-2020) [**11**]

	Automne			Hiver			Printemps			ETE			Total
	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	
P (mm)	225,47			339,35			168,95			21,68			747,62
P (%)	31,29			43,62			21,98			3.11			100

La représentation saisonnière ci - dessus montre que la saison la plus pluvieuse est l'Hiver par contre l'Eté est la saison la plus sèche



- **Figure 12 :** Répartition saisonnière des précipitations (2000-2001 / 2019-2020) [**26**]

3.1.4. Coefficient pluviométrique

Le calcul du coefficient pluviométrique (Cp) permet de déterminer si l'année est déficitaire ou excédentaire, Obtenue par le rapport de la pluviométrie d'une année (P) à la pluviométrie moyenne e toute la série d'observation (P moye). Il est donc en relation proportionnelle avec la pluviométrie et on a :

Cp = P / P moye

Une année est dite déficitaire (AD) si : Cp < 1.

Une année est dite excédentaire (AE) si : Cp > 1 [3] Le tableau suivant récapitule les résultats des calculs :

Tableau 06 : Coefficient pluviométrique (2000-2001 / 2019-2020) [**11**]

Année	Précipitations Annuelles en (mm)	Déficitaire / Excédentaire
2000-2001	538,82	Déficitaire
2001-2002	587,47	Déficitaire
2002-2003	1074,1	Excédentaire
2003-2004	578,4	Déficitaire
2004-2005	1119,9	Excédentaire
2005-2006	624,1	Déficitaire
2006-2007	796,9	Excédentaire
2007-2008	607,4	Déficitaire
2008-2009	839,73	Excédentaire
2009-2010	964,4	Excédentaire
2010-2011	896,21	Excédentaire
2011-2012	788,5	Excédentaire
2012-2013	789,2	Excédentaire
2013-2014	789,6	Excédentaire
2014-2015	919,9	Excédentaire
2015-2016	545,2	Déficitaire
2016-2017	362,6	Déficitaire
2017-2018	310	Déficitaire
2018-2019	801	Excédentaire
2019-2020	807	Excédentaire

D'après le calcul du coefficient pluviométrique, durant une série de vingt ans nous avons remarqué que la plupart des années sont excédentaires (12 ans), dont 08 ans sont déficitaires.

3.2. Températures

La température est l'un des éléments climatiques qui a un rôle très important, influençant le climat et la végétation, et intervient dans l'évaporation et l'évapotranspiration et la chimie de l'eau. Elle est très importante dans l'évaluation de l'écoulement qui entre dans l'estimation du bilan hydrique. **[25]**

3.2.1. Variation des températures annuelles

Les températures mensuelles minimales (Min), maximales (Max) et moyennes (Moye) de la série de 20 ans (2000-2020) sont représentées :

Tableau 07 : Variation des températures annuelles minimal, moyenne et maximal (2000/2001-2019/2020) [**11**]

Année hydrologique	T min	T moye	T max
2000/2001	15,37	18,43	23,68
2001/2002	14,84	18,73	22,82
2002/2003	16,23	19,93	23,89
2003/2004	15,84	19,55	23,27
2004/2005	15,53	19,42	22,13
2005/2006	15,01	19,01	22,27
2006/2007	15,81	19,49	23,44
2007/2008	14,82	18,41	21,89
2008/2009	15,07	18,80	22,77
2009/2010	15,05	18,89	23,00
2010/2011	15,26	18,65	22,66
2011/2012	15,55	18,85	23,80
2012/2013	15,32	18,62	22,23
2013/2014	15,65	18,98	22,53
2014/2015	16,13	19,63	23,36
2015/2016	16,13	19,03	23,47
2016/2017	18,01	19,25	21,33
2017/2018	18,17	20,17	21,17
2018/2019	19,00	20,33	21,08
2019/2020	18,33	19,92	21,50
Moyenne	**16,06**	**19,20**	**22.49**

Les températures les plus basses sont enregistrées pour l'année 2007/2008 et la plus élever était en 2002/2003.

Les variations de la température durant la période s'étalant de 2000 à 2020 montrent que les températures moyennes sont de l'ordre de 18,41°C à 20,33°C.

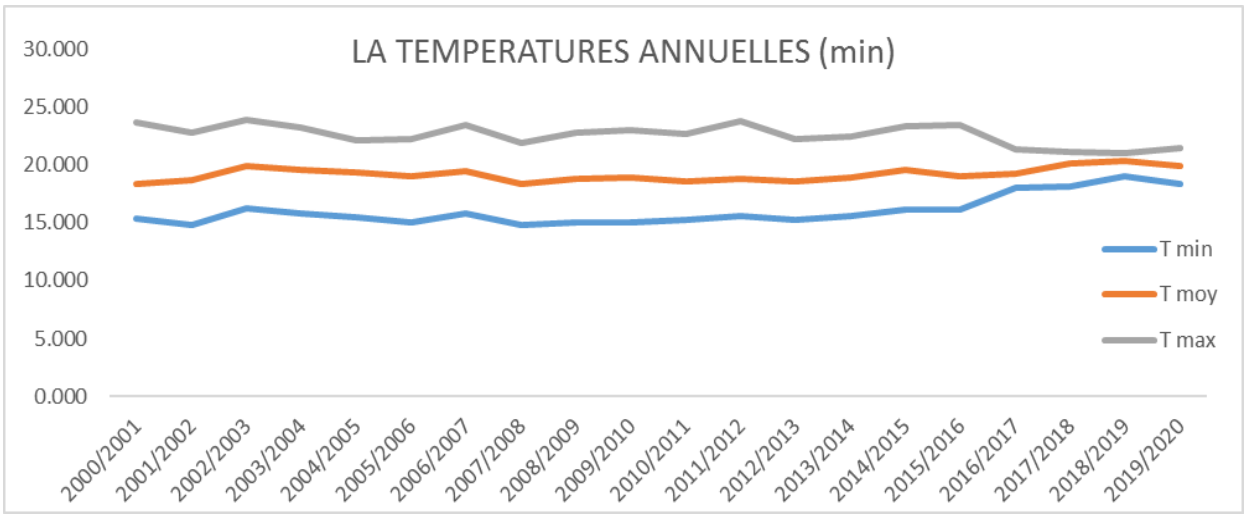


Figure 13 : Variation des températures annuelles minimal, moyenne et maximal(2000/2001-2019/2020) [11]

Les valeurs de température annuelle (moyenne, maximale et minimale) varient de la même manière, et elles ne dépassent pas 24°C, et pas moins de 14°C.

3.2.2. Variation des températures Mensuelles

Le tableau suivant collecte (n°5) des données de température mensuelle (Min, Max et Moye) observées pendant une période de 20 ans (2000-2020) à la station de SKIKDA. [**11**]

Tableau 08 : Variation des températures mensuelles minimal, moyenne et maximal (2000/2001-2019/2020) [11]

	Automne			**Hiver**			**Printemps**			**Eté**		
Mois / **T °C**	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
minimal mensuelle	21,63	18,49	14,25	10,80	9,79	9,60	11,50	13,69	16,36	20,03	23,14	23,77
moyenne mensuelle	24,32	21,73	17,27	13,93	12,99	12,95	14,72	16,84	19,51	23,09	26,28	26,70
maximal mensuelle	27,56	25,14	20,99	17,93	16,59	16,21	18,22	20,19	22,74	26,36	29,10	29,57

L'analyse des données de la température mensuelle moyenne montre que le mois le plus froid est le mois de Février (12,95°C), alors que le mois le plus chaud est celui d'Août (26,70°C).

La température mensuelle oscille entre 09°C à 13°C durant la période hivernale et 23°C à 26° C pendant l'été

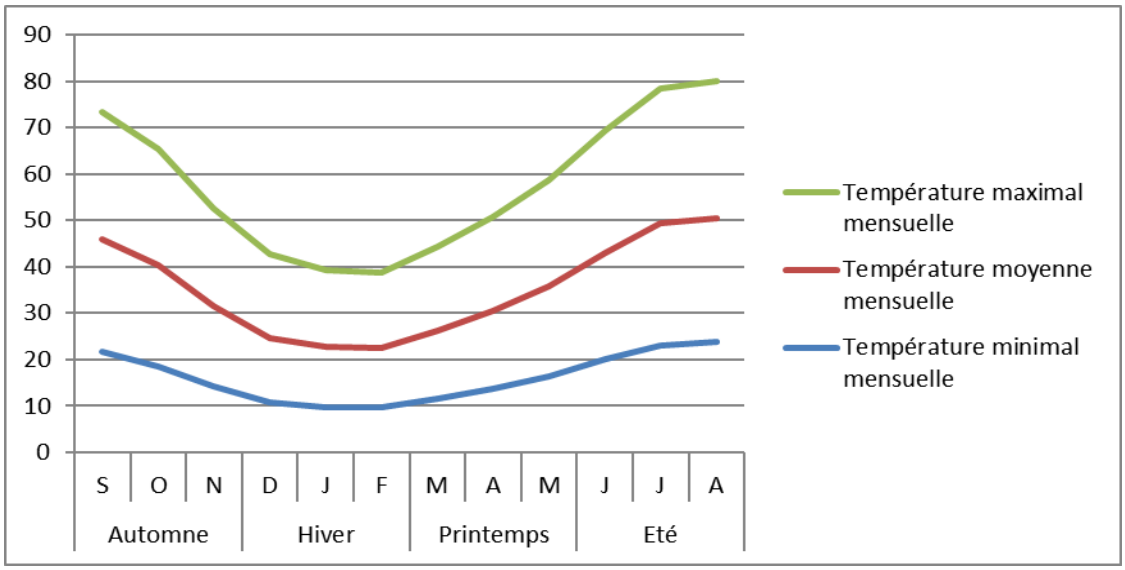


Figure 14 : Variation des températures mensuelles minimal, moyenne et maximal (2000/2001-2019/2020) [**11**]

L'allure de la courbe Figure (14) de la température de la série analysée, montre que la température de l'air décroît de Septembre jusqu'à Février et ensuite elle augmente pour atteindre son maximum pendant le mois d'Août.

3.2.3. Détermination du type du climat (Indice De Martonne)

Pour la détermination du type de climat De Martonne (1925) a proposé une formule climatologique appelée indice d'aridité qui est fonction de la température moyenne annuelle et des précipitations moyennes annuelles :

$$I = P / T+10$$

- Annuel I : Indice d'aridité.
- P : précipitation moyenne annuelle en mm : p = 742.2 mm
- T : Température moyenne annuelle C° : T = 19.2 °C. Selon De Martonne :
- Si I<5 : il s'agit d'un climat hyper aride.

- Si 5<I<10 : il s'agit d'un climat très sec (Désertique).
- Si 10<I<20 : il s'agit d'un climat sec (Semi-aride). [4]
- Si 20<I<30 : il s'agit d'un climat tempéré.
- Si I>30 : il s'agit d'un climat humide (écoulement abondant) [4].

Les résultats de l'indice d'aridité trouvés pour la station d'étude (Skikda) montrent que le climat est tempéré (I=25.41).

3.2.4. Utilisation d'abaque de Martonne : ombrothermique

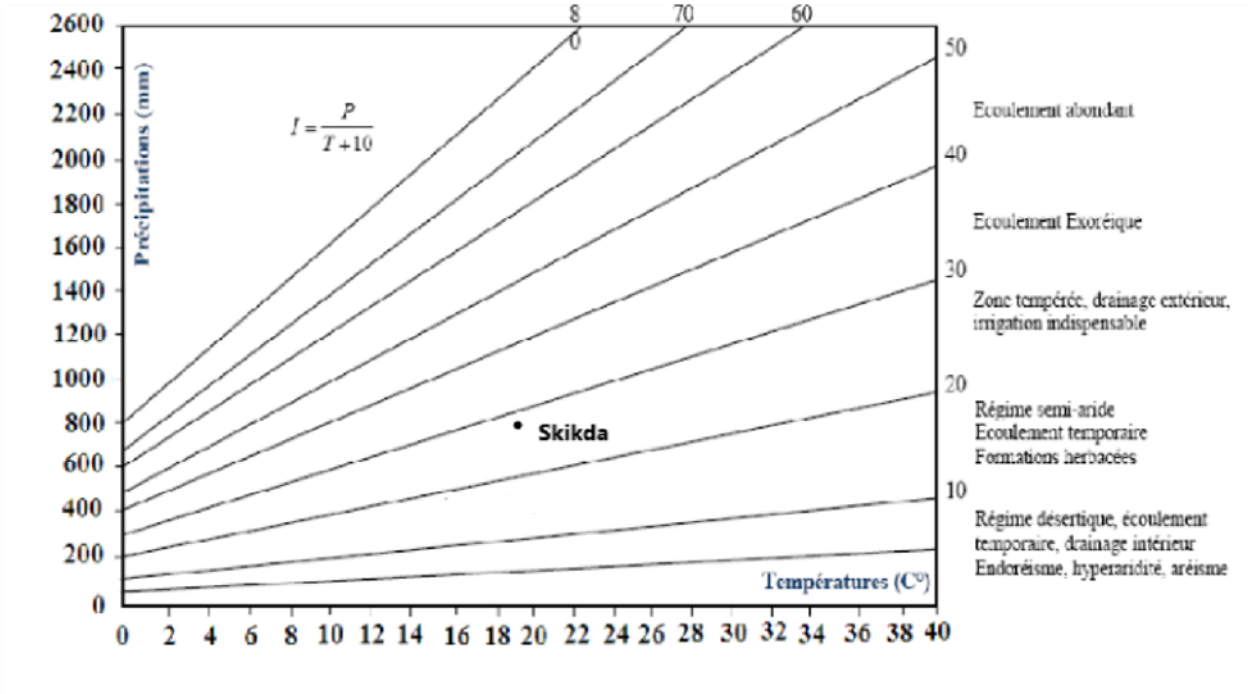


Figure 15 : Abaque de Martonne [**11**]

3.3. L'humidité

L'humidité relative est le rapport exprimé en (%) de la tension de vapeur à la tension maximale correspondant à la température mesurée au thermomètre sec. [**11**]

L'humidité relative est l'un des paramètres principaux du cycle hydrologique. Elle conditionne l'évaporation**.** [**36**]

Elle dépend de plusieurs facteurs climatiques comme la pluviométrie, la température et le vent [**08**]**.**

3.3.1. Variation d'humidité annuelle

Le tableau n° 06 contient les valeurs moyennes annuelles mesurées à la station de Skikda durant la période d'observation allant de l'année 2000/2001 à 2019/2020.

Tableau 09 : Variation de l'humidité annuelle (2000/2001-2019/2020) [11]

Année Hydrologique	H moye	Année hydrologique	H moye
2000/2001	72,03	**2010/2011**	68,41
2001/2002	75,52	**2011/2012**	69,63
2002/2003	74,69	**2012/2013**	68,32
2003/2004	73,12	**2013/2014**	69,14
2004/2005	74,07	**2014/2015**	68,73
2005/2006	73,46	**2015/2016**	69,36
2006/2007	72,5	**2016/2017**	72,5
2007/2008	73,13	**2017/2018**	75,01
2008/2009	69,61	**2018/2019**	72,67
2009/2010	68,41	**2019/2020**	73,33
Moyenne		**72,654**	

La valeur d'humidité la plus élevée enregistrée dans cette série était en 2001/2002, avec 75.52%, sachant que les valeurs sont très proches en générale (entre 66% et 76%).

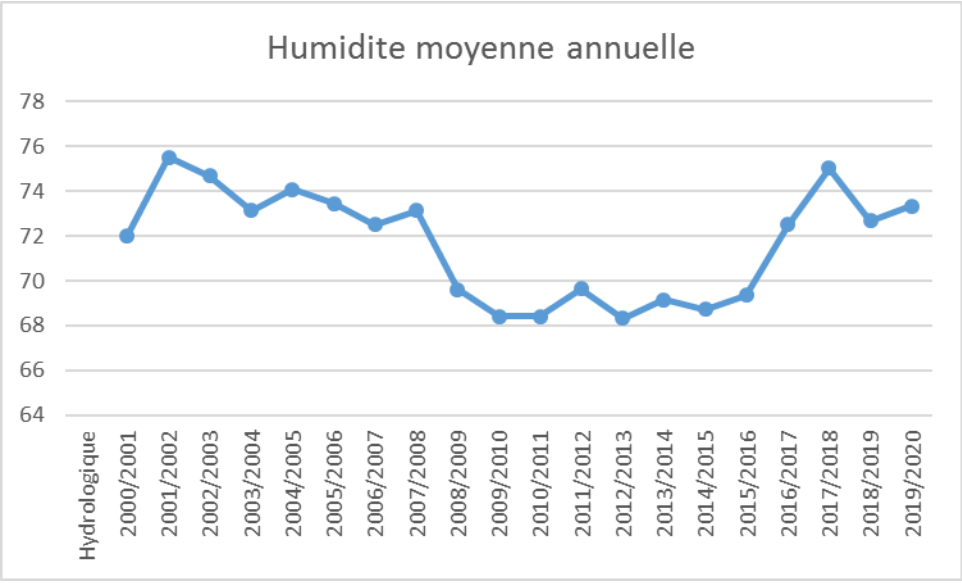


Figure 16 : Variation de l'humidité annuelle (2000/2001-2019/2020) [4]

3.3.2. Variation d'humidité Mensuelle

Tableau 10 : Variation de l'humidité mensuelle (2000/2001-2019/2020) [11]

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Humidité %	71,47	71,39	70,75	72,49	72,69	70,42	70,63	69,44	71,20	70,58	70,10	70,75

L'humidité maximale est observée au mois de Janvier avec une valeur de l'ordre de (72.69%), alors que la valeur minimale est observée au mois de Juillet (70.10 %).

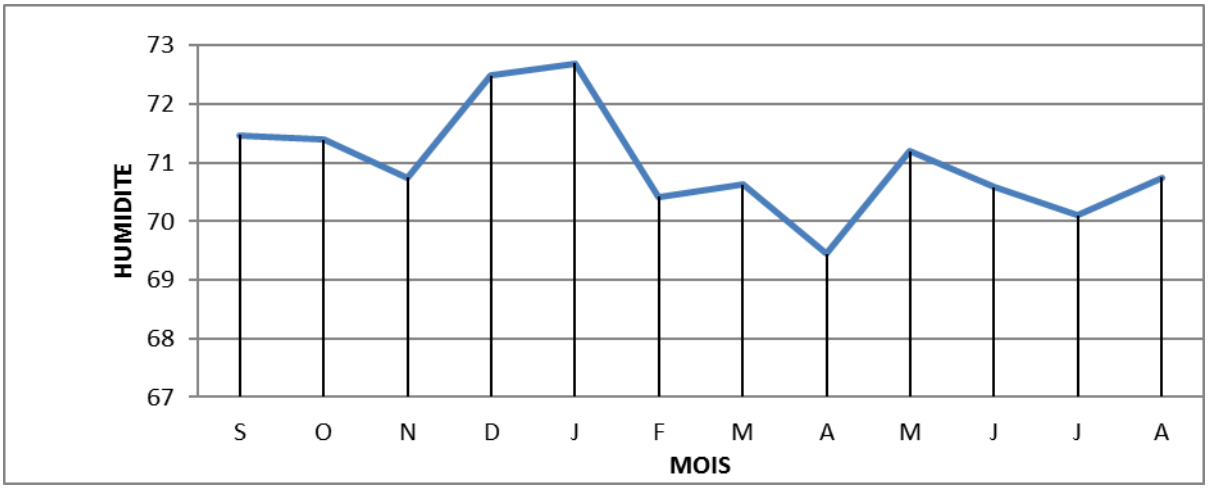


Figure 17 : Variation de l'humidité mensuelle (2000/2001-2019/2020) [**25**]

4. Estimation de l'évapotranspiration réelle (ETR)

C'est la somme des processus de l'évaporation et la transpiration de l'eau sur une surface donnée et pendant une période définie, les paramètres agissant sur ce processus sont la température de l'air, la température de l'eau, le degré d'humidité du sol, le rayonnement solaire, le vent et la pression atmosphérique. On peut l'estimer avec la formule de L.TURC (1961) :

$ETR = P / (0.9 + P^2 / L^2)^{½}$ (mm/an) Avec :

$L = 300 + 25T + 0.05\ T^3$ (facteur qui tient compte des échanges de chaleur. P : Précipitation moyenne annuelle en mm

T : Température moyenne annuelle en °C. [11]

L= 300 + 25*(19.18) + 0.05 * $(19.18)^3$ =1132.29

ETR = 747.62 / $[(0.9 + (747.62 /1132.29)^2]$ ½= 646.82 mm/an soit 18.22 % des précipitations annuelles.

5. Estimation du ruissellement (R)

Le ruissellement (R) peut être calculé par deux formules :

Tixeront Berkallof avec la condition de P > 600 mm → **$R = P^3/ 3$** Tixeront Berkallof modifiée par Romantchouk (1974). Avec la condition de P < 600 mm → **$R = P^3/3.(ETP)^2$.**

R : ruissellement en m.

Avec : P : précipitation moyenne mensuelle en m.

ETP : évapotranspiration potentielle en m [4].

$R = 0.747^3/3 = 0.139$ m = 139.28 mm, soit 18.22 % des précipitations annuelles.

Les précipitations enregistrées dans la région d'étude dépassent 600 mm, la formule utilisée est celle de Tixeront (première).

6. Estimation de l'infiltration (I)

D'après le bilan hydrologique l'infiltration efficace peut être calculée par (Castany 1982) comme suit [26] :

L'infiltration dans la ville de Skikda est nulle. [11]

7. L'évapotranspiration potentielle (ETP) :

Pour le calcul de l'évapotranspiration potentielle on utilise la formule de Thornthwaite qui est liée simplement à l'action des facteurs climatiques et ne fait pas intervenir la nature du sol :

ETP (mm/mois) = 16 (10T/ I)^a. k

Do not: i = (T/5)1.514, I = Σ i et a = (1.6/100) I + 0.5 (a = 2.008)

T : température moyenne du mois considère en °C.

ETP : évapotranspiration potentielle du mois considéré en mm

K : coefficient de correction de l'altitude.

I : indice thermique annuel (Evaluation de l'évapotranspiration).

i : indice thermique mensuel. [11].

8. Bilan hydrique :

Tableau 11 : Bilan hydrique de la station de SKIKDA (2000/2001-2019/2020) [11]

Mois	T	P	K	i	ETP	P-ETP	Déficit Pluviométrique	EXCEDENT
S	24,32	56,46	1,06	10,97	113,76	-57,30	57,30	0
O	21,79	70,32	0,92	9,28	79,17	-8,85	8,85	0
N	17,26	98,69	0,76	6,53	40,99	57,71	0	65,83
D	13,93	121,72	0,7	4,72	24,53	97,19	0	102,8
J	12,91	105,10	0,74	4,21	22,28	82,82	0	76,76
F	12,85	112,71	0,78	4,18	23,26	89,45	0	85,63
M	14,71	72,65	1,02	5,12	39,90	32,75	0	38,79
A	16,82	50,58	1,15	6,28	58,87	-8,29	8,29	0
M	19,56	37,73	1,33	7,89	92,15	-54,43	54,43	0
J	22,92	7,70	1,36	10,02	129,57	-121,87	121,87	0
J	26,35	2,38	1,37	12,38	172,75	-170,37	170,37	0
A	26,79	11,60	1,25	12,69	162,87	-151,128	151,128	0
Total		747,62		94,27	960,10	-212,48	572,39	369,81

T : température (°C).

P : précipitation moyenne (mm).

ETP : évapotranspiration potentielle (mm).

ETR : évapotranspiration réelle (mm).

K : coefficient de latitude.

I : indice thermique.

Les différents éléments du bilan nous permettent de déterminer le volume entrant et sortant dont le déficit commence à partir du mois d'Avril et se poursuit jusqu'à Octobre de l'ordre de 572.39 mm/an, et à partir du Novembre les précipitations deviennent supérieures à l'ETP, et se poursuit jusqu'à Mars, on enregistre un excédent de 369.81 mm qui atteint leur maximum au mois de Décembre avec 102.8 mm

Les différents éléments du bilan nous permettent de déterminer le volume entrant et sortant dont le déficit commence à partir du mois d'Avril et se poursuit jusqu'à Octobre de l'ordre de 572.39 mm/an, et à partir du Novembre les précipitations deviennent supérieures à l'ETP, et se poursuit jusqu'à Mars, on enregistre un excédent de 369.81 mm qui atteint leur maximum au mois de Décembre avec 102.8 mm [11]

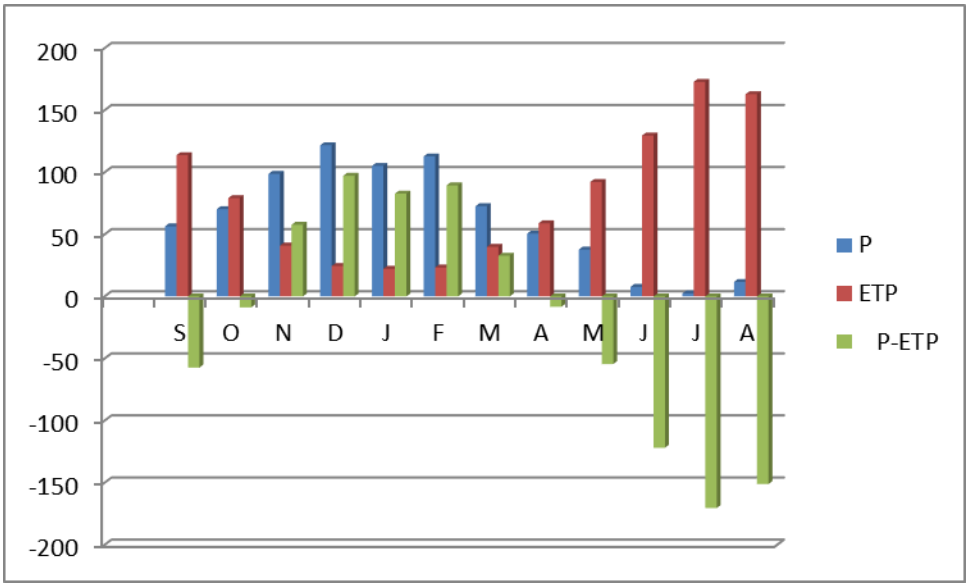


Figure18 : Variation de l'ETP en fonction des précipitations (mm) de la station de SKIKDA (2000/2001-2019/2020) [**25**]

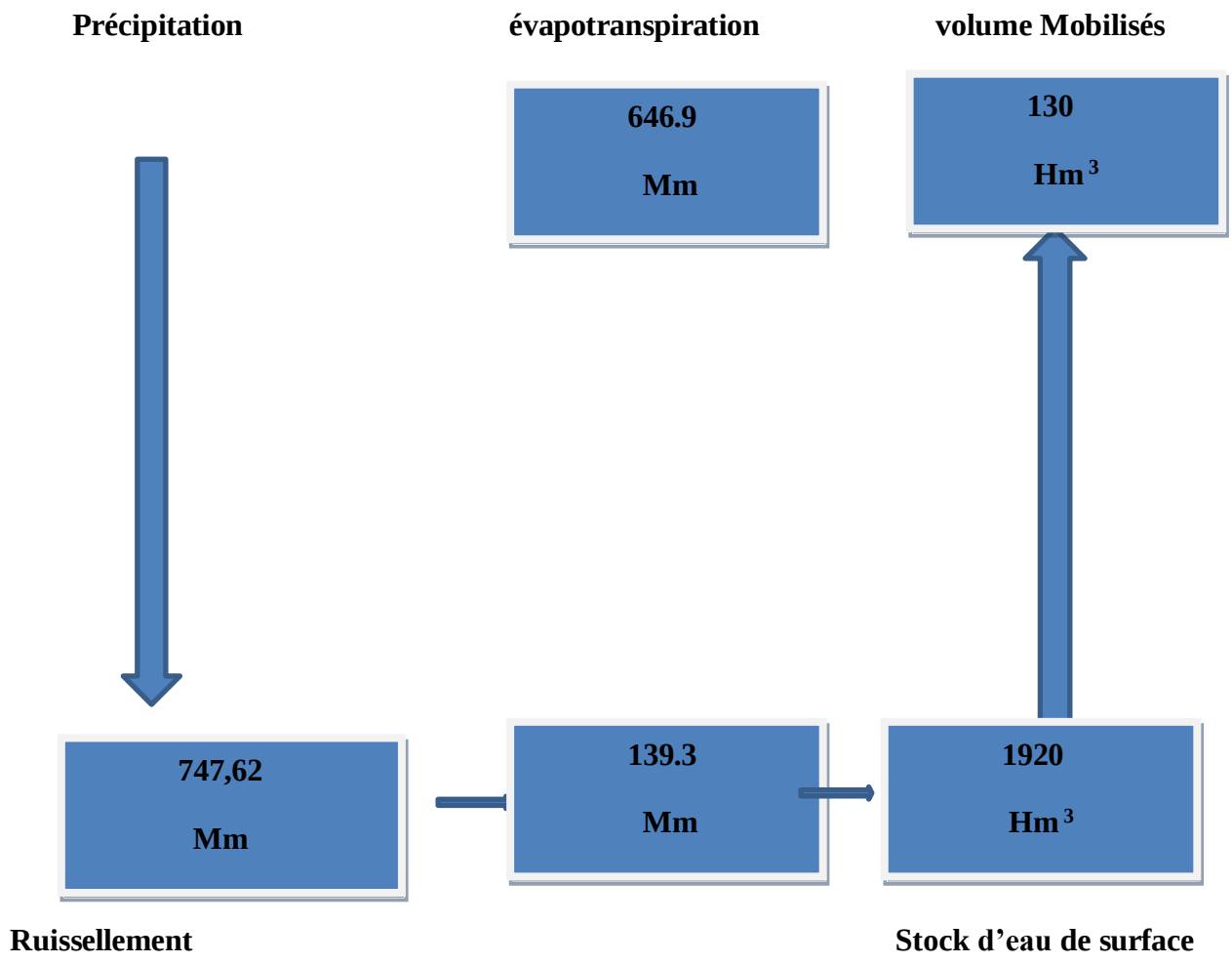


Figure 19 : Cycle hydrologique de la région de Skikda **)** [**25**]

Conclusion

Nous avons conclu à travers cette étude, qui a été sur la région de Skikda, qui se caractérise par deux saisons distinctes, le premier froid et humide, et l'autre chaude et sèche.

La zone est caractérisée par un taux d'infiltration et de ruissellement de 0 % et 18.22 % respectivement.

La période étudiée (20 ans), à partir de laquelle il a été constaté que L'année la plus sèche est (2000/2001) avec une pluviométrie moyenne de 402.03 mm/an et l'année la plus arrosée est (2003/2004) avec une pluviométrie de 1074.1 mm/an.

Avec la découverte d'un déficit du bilan hydrique du mois d'Avril jusqu'au mois d'Octobre, le taux l'évapotranspiration potentille est de 960.10 mm/an.

CHAPITRE III : HYDROCHIMIE

Introduction

L'hydrochimie étudie les processus chimiques qui affectent la distribution et la circulation des composés chimiques des eaux. Est ce chapitre l'à consiste à donner un aperçu sur la qualité des eaux de surface, ainsi définir les différents paramètres de la qualité des eaux superficielles, et l'origine de ces éléments.

Les cours d'eaux sont des masses d'eaux qui s'écoulent continuellement dans une même d'direction

1. Définition des eaux

L'eau est un composé chimique ubiquitaire sur terre, essentiel pour tous les organismes vivants. Le corps humain est composé de 70% d'eau.

L'eau est présente sous trois états, en générale à l'état liquide, c'est notamment un Solvant très efficace incolore et inodore. La formule chimique de l'eau pure est H2O.

Les substances se trouvant dans l'eau se présentent sous l'une des formes : en Suspension, colloïdale et dissoute. Lorsqu'elle gèle, elle augmente de volume, elle se Solidifie et flotte en milieu liquide.[37]

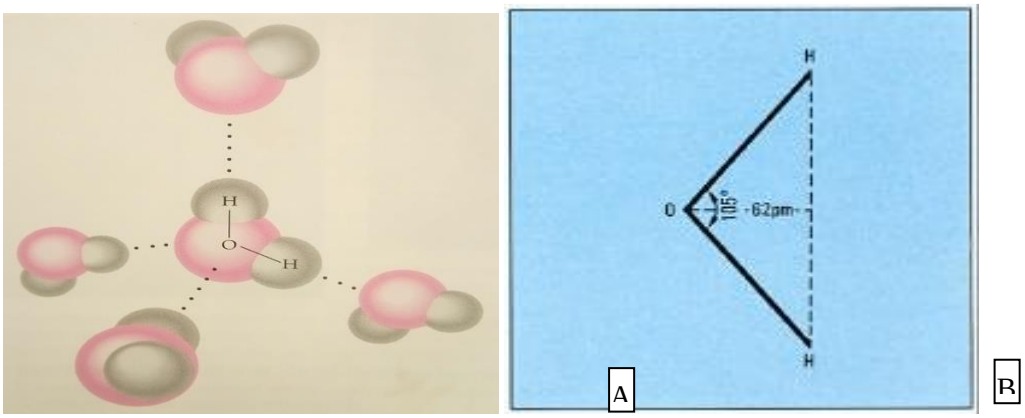


Figure 20:Molécules d'eau ,A liaison des molécules.[45]
;B *Structure de l'eau à l'état vapeur* [46]

2. Les paramètres de qualité des eaux

Les paramètres de qualité des eaux se divisent en cinq grandes familles :

2.1. Les paramètres organoleptiques

2.1.1. La turbidité (NTU)

La turbidité représente l'opacité d'un milieu trouble .C'est la réduction de la transparence d'un

liquide due à la présence de matière non dissoutes. Elle est causé, dans les eux, 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. [24]

Tableau 12 : classes de turbidité usuelles (NTU, néphélométrie Turbidité unit) [46]

NTU < 5	Eau claire
5 < NTU < 30	Eau légèrement trouble
NTU > 50	Eau trouble

2.1.2. La couleur

La couleur de l'eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution, elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration .L'eau de boisson ne doit pas présenter une coloration qui dépasse 15 mg/l à l'échelle platine. [**M.BOUCHEMAL** 14]

2.1.3 L'odeur

Une eau destinée à l'alimentation doit être inodore. La présence d'une odeur est un signe de pollution ou de la présence de la matière organique en décomposition. [10]

2.2 Le paramètre physico-chimique

2.2.1 La température T (C°)

La température est l'un des éléments climatiques autre que la pluviométrie, qui a un rôle très important, influençant le climat. L'étude de l'évolution de la température dans le temps a une grande importance à l'hydrologie et l'hydrochimie du fait qu'elle constitue le paramètre principal qui conditionne le phénomène d'évaporation. Par conséquent, la concentration (ou la dilution) a une grande influence sur le bilan hydrique et la chimie de l'eau.

La température doit être mesurée in situ .Les appareils de mesure de la conductivité ou du ph possèdent généralement un thermomètre intégré. [50]

2.2.2 PH

Le pH (potentiel Hydrogène) mesure l concentration en ions H+ de l'eau .Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14,7 étant le pH de neutralité. Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique et dépend de facteurs multiples, dont l'origine de l'eau.

Le pH doit être impérativement mesuré sur le terrain à l'aide d'un pH-mètre ou par colorimétrie. [**46**]

Tableau 13 : classification des eaux d'après leur Ph[50]

pH < 5	Acidité forte présence d'acides minéraux ou organique dans les eaux naturelles
pH =7	pH neutre
7 < pH < 8	Neutralité approchée majorité des eaux de surface
5,5 < pH < 8	Majorité des eaux souterraines
pH = 8	Alcalinité fort, évaporation intense

Le pH influence la forme et la disponibilité des éléments nutritifs dans l'eau d'irrigation. Le pH de l'eau d'irrigation devrait se situer entre 5,5 et 6,5.

2.2.3 La conductivité

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La plupart des matières dissoutes dans l'eu se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau. [55]

Tableau 14 : Grille d'appréciation de la qualité de l'eau en fonction de de la conductivité électrique. [46]

Conductivité électrique (µs/cm)	**Qualité des eaux**
>4000	pollution
4000	Médiocre
3500	Passable
3000	Bonne
2500	Excellente

2.2.4 La salinité

Les principaux sels responsables de la salinité de l'eau sont les sels de calcium (Ca 2+), de magnésium (Mg2+), de sodium (Na+), les chlorures (Cl-), les sulfates (SO42-) et les bicarbonates (HCO3-). Une valeur élevée de la salinité signifie une grande quantité d'ions en solution, ce qui rend plus difficile l'absorption de l'eau et des éléments minéraux par la plante. Une salinité trop élevée peut causer des brûlures racinaires.

La salinité peut se mesurer de deux façons, soit par les matières dissoutes totales (MDT) exprimé en

mg/L ou, plus couramment, par la conductivité électrique.

La conductivité électrique est exprimée en millisiemens/centimètre (mS/cm).

Annexe 11 : la classification des eaux selon la salinité .[13]

La qualité de l'eau	**la salinité**
Eaux douces	Moins de 0, 5 g/l
Eaux oligohalines (légèrement saumâtres)	0,5 à 5 g/l
Eaux mésohalines (saumâtres)	0, 5 à 18 g/l
Eaux polyhalines (très saumâtres)	18 à 30 g/l
Eaux salées	30 à 45 g/l
Eaux hyperhalines	30 à 45 g/l

2.2.5 L'oxygène Dissous (mg d'O_2/l)

Les concentrations en oxygène dissous constituent, avec les valeurs de pH, l'un des plus importants paramètres de qualité des eaux pour la vie aquatique.

L'oxygène dissous dans les eaux de surface provient essentiellement de l'atmosphère et de l'activité photosynthétique des algues et des plantes aquatiques.

les eaux superficielles peuvent en contenir des quantités relativement importantes proches de la saturation ; par contre, les eaux profondes n'en contiennent le plus souvent que quelques milligrammes par litre.

Tableau 15 : classification des eaux d'après leur saturation en oxygène dissous [34]

30 %	Médiocre
50%	Passable
70%	Bonne
90%	Excellente

La concentration en oxygène dissous varie de manière journalière et saisonnière car elle dépend de nombreux facteurs tels que la pression partielle en oxygène de l'atmosphère, la température de l'eau, la salinité, la pénétration de la lumière, l'agitation de l'eau et la disponibilité en nutriments. Cette concentration en oxygène dissous est également fonction de la vitesse d'appauvrissement du milieu en oxygène par l'activité des organismes aquatiques et les processus d'oxydation et de décomposition de la matière organique présente dans l'eau. **(j Rodier 1304)**

Tableau 16 : classification des eaux d'après leur concentration en oxygène dissous .[27]

< 1 mg/l	un état proche de l'anaérobie (la rivière à absorber la pollution est grande)
1 à 2 mg/l	une rivière fortement polluée mais de manière reversible ;
4 à 6 mg/l	une eau de bonne qualité ;
>teneur naturelle (6 mg/l)	Eutrophisation du milieu se traduisant par une activité photosynthétique intense

2.2.6 L'alcalinité

L'alcalinité est une mesure du pouvoir de l'eau à neutraliser les acides, c'est un peu comme le «pouvoir tampon de l'eau». En d'autres termes, l'alcalinité mesure la résistance à tout changement de pH. Le pouvoir neutralisant de l'eau est attribué principalement à la présence de bicarbonates de calcium et de magnésium dissous dans l'eau (également dans une moindre mesure, des hydroxydes, des bases organiques, des borates, des ions ammoniums, phosphates et silicates) .

Tant que l'acide n'a pas maîtrisé les ions responsables de l'alcalinité, le pH ne bouge pratiquement pas. Une fois le processus d'acidification enclenché, la réaction produit alors de l'eau (H20), du dioxyde de carbone (C02) qui est libéré dans l'air ainsi que le cation accompagnateur (soit le calcium ou le magnésium) .[27]

.Elle peut détermine par deux paramètre :

Le Titre Alcalimétrique (TA) correspond à la première neutralisation des ions carbonates (CO_3^{2-}), selon la réaction suivante :

$CO_3^{2-} + H_3O + HCO_3 + H_2O$

On considère que la réaction est terminée lorsque le PH du milieu a atteint 8.3. La quantité de protons nécessaire à la réalisation de cette réaction dans un litre d'eau est appelé le Titre Alcalimétrique.

Le TA s'exprime en milliéquivalent par litre (me/l) ou en degrés français (°F). C'est une unité de concentration : 1°F = 0.2 mg/l et 1 mg/l de TA correspond à une milli mole de (CO_{32}^-).

Le Titre Alcalimétrique Complet (TAC) correspond à la neutralisation de la totalité des espèces carboniques dissociées et s'obtient en poursuivant la neutralisation :

$HCO_3^- + H_3O + H_2CO_3 + H_2O$

On considère que cette réaction est terminée lorsque le pH du milieu atteint 4.4. La quantité totale de protons nécessaire à la réaction de cette réaction dans un litre d'eau est appelée le Titre Alcalimétrique Complet. En pratique, on détermine le TAC à l'aide d'une solution étalon d'aide fort (acide chlorhydrique ou sulfurique) en présence d'un indicateur coloré, l'hélianthine, qui vire à pH 4.4. Le TAC dose la totalité des ions hydroxydes, hydrogénocarbonates et carbonates selon la formule :

$TAC = [OH^-] + [HCO_3^-] + [CO_{32}-]$.

Les ions hydroxydes [OH-] étant considérés comme négligeables, on obtient : $TAC = [HCO_3^-] + [CO_{32}^-]$.

Le TAC s'exprime également en me/l ou °F.

La concentration initiale en ions hydrogénocarbonates $[HCO_3^-]$ s'obtient finalement par la relation suivante :

$[HCO_3^-] = TAC - 2TA$ (me/l). [10]

2.2.7 La Dureté totale (TH)

L'expression « dureté de l'eau » semble venir de ce qu'il était « dur » de laver avec une telle eau. Sauf exceptions très particulières, la dureté a un caractère naturel lié aulessivage des terrains traversés et correspond à la teneur en calcium et en magnésium. Il n'est pas facile de définir un niveau entre ce qui constitue une eau dure et une eau douce.

La dureté fait référence à la quantité de calcium et de magnésium contenue dans l'eau. La teneur en calcium est habituellement plus élevée que le magnésium dans les eaux souterraines et suprficiellee Par contre, là où on trouve de la contamination par l'eau de mer, la concentration en magnésium peut être plus élevée que celle du calcium. [Isabelle Couture[

Tableau 17 : classification des eaux d'après leur Dureté totale [46]

<75mg/L de CaCO3 (<30 mg/L de Ca)	eau douce
>75mg/L de CaCO3	eau dure

Les eaux provenant de terrains calcaires et surtout de terrains gypseux peuvent avoir des duretés très élevées susceptibles d'atteindre 1 g/L de CaCO3 .

les eaux en provenance de terrains cristallins, métamorphiques ou schisteux auront des duretés très faibles.

Les eaux de surface, généralement moins riches en acide carbonique et en oxygène dissous que les eaux souterraines, ont une dureté moins élevée que ces dernières.

En ce qui concerne la vie aquatique, les eaux dures (plus de 150 mg/L) peuvent gêner le développement de la couverture biologique des eaux. Par contre, une eau douce peut contrarier le développement des mollusques et des crustacés. [46]

2.2.8 Sodium et potassium ($Na^+ + k^+$)

Le sodium est l'un des éléments les plus indésirables dans l'eau d'irrigation. Cet élément origine de l'altération de la roche et du sol, des intrusions d'eau de mer, des eaux traitées et des systèmes d'irrigation.

Le problème principal avec une grande quantité de sodium est son effet sur la perméabilité du sol et sur l'infiltration de l'eau. Le sodium remplace le calcium et le magnésium adsorbés sur les particules d'argile et provoque la dispersion des particules du sol. Il y a donc éclatement des agrégats du sol ce qui provoque un sol dur et compact lorsqu'il est sec et excessivement imperméable à l'eau. La perméabilité des sols sableux peut ne pas se détériorer aussi vite que les sols plus lourds lorsqu'irrigués avec une eau de forte teneur en sodium, cependant un problème potentiel existe.

Le sodium contribue aussi directement à la salinité totale de l'eau et peut être toxique pour des cultures sensibles comme les carottes, les haricots, les fraises, les framboises, les oignons, pour en nommer quelques unes.

De grande quantité de sodium combiné avec du chlorure donne à l'eau un goût salé. Si l'eau passe par un système d'aspersion et que le calcium et le magnésium sont bas, des teneurs moyennes à élevées de sodium peuvent défolier les plantes sensibles.

La concentration de sodium dans l'eau d'irrigation est estimée par le ratio d'absorption du sodium (RAS).

Le RAS décrit la quantité de sodium en excès par rapport aux cations calcium et magnésium, qui eux, peuvent être tolérés en relativement grande quantité dans l'eau d'irrigation.[**27**]

$$\mathbf{RAS} = \frac{Na^+}{\sqrt{(Ca^{2+} + Mg^{2+})^2}}$$

2.2.9 Les chlorures(Cl)

Ils sont rencontrés en grandes qualités dans les eaux souterraines. Elles peuvent pouvoir de la contamination par les eaux usées d'origine domestiques et industrielle, et de la dissolution des sels naturels par le lessivage des terrains salés. Le Cl^- est aussi un bon traceur des activités anthropiques (salage, pollution agricole).

Les concentrations en chlorures montrent des valeurs variables, qui dépassent parfois les normes

fixées par l'OMS à 250 mg/l, pour atteindre une valeur maximale qui tourne autour de 300 mg/l près des cours d'eau, le premier lieu des rejets domestiques et industriels.[**40**]

2.2.10 .Les sulfates

Les sulfates sont présents dans l'eau en teneurs très variables, et leur présence est liée en premier lieu à la dissolution des terrains de Moi-Pliocène, suite à la légère solubilité des sulfates de calcium ($CaSO_4^-$). [40]

2.2.10 .La salinité

Les principaux sels responsables de la salinité de l'eau sont les sels de calcium (Ca 2+), de magnésium (Mg2+), de sodium (Na+), les chlorures (Cl-), les sulfates (SO42-) et les bicarbonates (HCO3-). Une valeur élevée de la salinité signifie une grande quantité d'ions en solution, ce qui rend plus difficile l'absorption de l'eau et des éléments minéraux par la plante. Une salinité trop élevée peut causer des brûlures racinaires.

La salinité peut se mesurer de deux façons, soit par les matières dissoutes totales (MDT) exprimé en mg/L ou, plus couramment, par la conductivité électrique.

La conductivité électrique est exprimée en millisiemens/centimètre (mS/cm).

2.3 .Le paramètre indésirable

Ont dites indésirables certaines substances qui peuvent créer soit un désagrément pour le consommateur : gout et odeur (matières organique, phénols, fer), couleur (fer, manganèse...), soit causer des effets gênants pour la santé (nitrates, fluor...).

On surveille donc prioritairement la contamination des eaux par des matières organique (mesurée par l'oxydabilité au permanganate et potassium), la concentration en ammonium, la présence de nitrates et la concentration en fer. [11]

2.3.10 .Les nitrates et les nitrites

Les nitrate se trouve naturellement dans les eaux proviennent 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 $mg.L^{-1}$ dans les eaux superficielles et quelques $mg.L^{-1}$ 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. [24]

Les nitrites constituent une étape importante dans la métabolisation des composée azotés. Ils s'insèrent dans le cycle de l'azote entre l'ammoniaque et les nitrates. Leur présence est due, soit à l'oxydation bactérienne de l'ammoniaque, soit à la réduction des nitrates. Ils ne représentent qu'un

stade intermédiaire et sont facilement oxydés en nitrates, leur présence dans l'eau est donc rare et en faible quantité.[24]

2.3.11 Matière en suspension (MES)

La détermination des matières en suspension dans l'eau est réalisée par filtration ou centrifugation d'un volume aliquote, séchage à 105°C et pesée. Le choix de

L'une ou l'autre des alternatives est guide par la charge en matières en suspension de l'eau à analyser : la centrifugation est préférée pour des eaux chargées (colmatage du filtre).[24]

2.3.12 Matières organiques

La matière organique (OM) contenue dans les eaux est la partie non encore décomposée de la pollution organique (matières vivantes mortes ou déjections de organismes vivants), présentes naturellement dans l'eau, mais à faible concentration. S'il y en a plus, il y a pollution provenant de rejets d'eaux usée domestiques mal épurés, d'effluents agricoles, etc. La MO peut se rencontrer dans l'eau soit dissoute, soit sous forme particulaire visible. La charge de pollution organique est quantifiable par des techniques normalisée : mesure de la DCO, mesure de la DBO5 [11]

2.3.13 Demande Biochimique en oxygène (DBO5) (mg/l d'O2)

La DBO5 comme étant la quantité d'oxygène consommée par les bactéries, à 20°C à l'obscurité et pendant 5 jours d'incubation d'un échantillon préalablement ensemencé, temps qui assure l'oxydation biologique d'une fraction de matière organique carbonée. Ce paramètre mesure la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction des matières organiques grâce aux phénomènes d'oxydation par voie aérobie. Pour la mesurer, on prend comme référence la quantité d'oxygène consommée au bout de 5 jours ; c'est la DBO5.

Elle se résume à la réaction chimique suivante :

Substrat + micro-organisme + $O2 \rightarrow CO2 + H2O$ + énergie + biomasse [35]

Tableau 18 : classification des eaux d'après leur Demande Biochimique en oxygène [j rodier]

$DBO_5 < 3$	Très bonne
$3 < DBO_5 < 5$	Bonne
$5 < DBO_5 < 8$	Moyenne
$DBO_5 > 8$	Mauvaise, voire très mauvaise

2.3.14 Demande chimique en oxygène (DCO) (mg/l d'O2)

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 contenue dans l'eau à l'aide du bichromate de potassium à 150°C. Elle est exprimée en mg O_2/L. La valeur du rapport DCO/DBO indique le coefficient de biodégradabilité d'un effluent, il permet aussi de définir son origine. [35]

2.3.15 Matières azotées

La mesure de $N\text{-}NO_2^-$, $N\text{-}NO_3^-$,$N\text{-}NH_4^{+,\ a}$ été réalisée à l'acide des kits de mesure Merck 00683 et 09713 respectivement selon le protocole du fournisseur.

La mesure en azote total N_{TOT} a nécessité l'utilisation du kit 00683 relatif à la mesure de nitrates. Selon ce protocole, les composés azotés sont d'abord oxydés en nitrate à 120 °C pendant 1 heure. Puis la détermination du N_{TOT} est réalisée par le crack set 14963 fourni par Merck. L'azote Kjedhal (NTK) a été ensuite calculé de la manière suivante :

$NTK = N_{TOT} - N\text{-}NO_3^- - N\text{-}NO_2^-$ [44]

2.3.16 Composés phosphorés

Les phosphates font partie des anions facilement fixés par le sol ; leur présence dans les eaux naturelles est liée à la nature des terrains traversés et à la décomposition de la matière organique.

Les eaux de surface peuvent souvent être contaminées par des rejets domestiques, agricoles ou industriels.

Le phosphore existe à l'état minéral ou organique. Chaque fraction peut être séparée analytiquement en ortho phosphates, phosphate hydrolysable et phosphore organique. [55]

2.3.17 .Certains métaux

2.3.17.1 Le plomb : provient d'anciennes canalisations en eau potable, des peintures utilisées au début du XXe siècle et était ajouté comme additif à l'essence. Les États-Unis sont les premiers à avoir interdit le plomb dans l'essence, en 1975, l'Europe l'a interdit en 1998 seulement.

L'OMS estime que l'exposition au plomb (le saturnisme) chez les enfants serait chaque année à l'origine d'environ 600000 nouveaux cas de handicap intellectuel.

3. Origine et effet des principaux polluants des eaux:

3.1 Sources de pollution :

L'évolution spectaculaire que connaît l'environnement urbain et industriel pose dans de nombreux pays le problème de la pollution de l'eau.

3.1.1 Effluents urbains :

3.1.1.a Eaux de ruissellement :

L'eau est capable de dissoudre un grand nombre de composés solides ou gazeux au cours de son périple, notamment pendant les périodes orageuses. L'eau de pluie se charge d'impuretés au contact de l'air (fumées industrielles), puis, en ruisselant, des résidus déposés sur les toits et les chaussées des villes (huiles de vidange, carburants, résidus de pneus et métaux lourds...) [01].

II.3.1.1.b Eaux domestiques:

Les eaux usées domestiques se présentent comme un mélange complexe de matières non dissoutes dans une solution aqueuse de matières organiques et minérales.

Dans le tableau (1) figurent les valeurs indicatives moyennes concernant la composition des effluents domestiques **produite par une personne utilisant de 150 à 200 litres d'eau** [56]

Tableau 19 : La composition des effluents domestiques

indicateur	**Quantité en gramme**
matières en suspension	70 à 90
matières organiques	60 à 70
matières azotées	15 à 17
Phosphore	4

On y trouve également, des huiles minérales et des débris de matières cellulosiques (emballages végétaux) et animales des détergents synthétiques qui sont d'un usage très répandu, ce sont des tensioactifs, favorisent l'apparition de mousses, ils gênent d'auto épuration naturels, provoquent des goûts désagréables [25].

Tableau 20 : La composition des effluents domestiques -Rejet des eaux d'assainissement700 log - Oued zeramna. [41]

Paramètres	Unités	Résultats	Méthode
Température	°C	21	Multi-Paramètres
pH	unité	7.57	
Salinité	%0	1.3	
Conductivité	Usm/cm	2630	
Matières en suspension MES)	mg/l	166	ISO 11923:1997
Azote Total	mg/l	92.4	ISO 5663 : 1984
Phosphore total	mg/l	1.4	Iso 6878 : 2004
Demande chimique en oxygène (DCO)	mg/l	476	ISO 6060:1989
Demande biochimique en oxygène (DBO5)	mg/l	310	ISO5815-1:2003
Hydrocarbure totaux	mg/l	1	ASTDM/7066-04
Coliforme totaux	/100 ml	$2*10^5$	T 90-413 1985
Coliforme fécaux	/100 ml	$7*10^3$	T 90-413 1985
Débit	m^3/h	1.2	calcule
Couleur	grisâtre		
Odeur	présence		
Aspect (limpidité)	trouble		

3.1.2 Effluents agricoles:

Les produits nécessaires aux cultures, tels que l'azote et le phosphore, si importants pour les plantes, peuvent devenir fortement nocifs pour les eaux. En excès, ces substances favorisent la croissance des végétaux aquatiques entraînant une prolifération d'algues microscopiques dont la floraison par trop abondantes détruits l'équilibre écologique avec toute une série de conséquences désagréables ou même dangereuse: production d'odeurs et de goûts, apparition d'espèces secrétant des composés toxiques [9].

3.1.3 Effluent industriels:

Les eaux résiduaires industrielles sont les déchets liquides résultant, selon les activités exercées, de l'extraction ou de la transformation de matières premières en produits industriels. Tant au point de vue de leur volume qu'à celui de leur composition, et contrairement aux eaux résiduaires domestiques, les caractéristiques des eaux résiduaires industrielles sont variables pour chaque branche industrielle [56].

On distingue selon leurs caractères :

-Eaux à caractère minéral dominant : c'est les eaux provenant des carrières (sidérurgie), mines et toute activités d'extraction de minerais « industrie chimique minérale ».

-Eaux à caractère organique dominant : c'est les eaux provenant des usine, résidus industriels alimentaire tels que les laiteries, elles contiennent des graisses, protéines, glucides,…

-Eaux à caractère mixte : contiennent un ou plusieurs constituants biodégradables, mais aussi d'autre constituants provenant des raffineries, usines pétrochimiques, papeteries. En plus de matières organiques, azotées ou phosphorées, elles peuvent également contenir des produits toxiques, des hydrocarbures dissous émulsionnés ou sous forme de film superficiels, tensioactifs, des phénols.

3.2 Principaux polluants de l'eau:

La pollution de l'eau peut être définit comme une dégradation de celle-ci par les éléments qu'elle a accumulée lors de son utilisation. Les principales familles de polluants sont les suivantes :

3.2.1 Les matières en suspension:

En dehors des sables, les eaux usées transportent d'autres matières solides en suspension désignées par le terme MES qui sont des matières insolubles, fines, minérales ou organiques, biodégradables ou non [10].

L'importance des matières en suspension dans l'eau réduit la luminosité et abaisse la productivité du milieu récepteur du fait, d'une chute de l'oxygène dissous consécutive à une réduction des phénomènes de photosynthèse.

3.2.2 Les matières organiques:

Les composés organiques sont des composés à base de carbone, ils sont non polaire et ne sont en général pas ou peu soluble dans l'eau. Elles n'ont pas ou peu de charge électrique.

Il est important de connaître la structure des composés organiques, afin de prévoir leur sort dans les organismes vivants et dans l'environnement.

Il y existe beaucoup de différents types de polluants organiques, dont voici quelques exemples:

3.2.2.a Les hydrocarbures:

Les hydrocarbures sont composés de plusieurs produits chimiques:

-Les composés saturés dits paraffines.

-Les composés cycliques de types cycloalcane

-Les composé aromatiques possédant un noyau benzène.

-Les composés sulfureux, azoté, les métaux lourds, etc [55].

Les hydrocarbures se dissolvent peu et se présentent généralement sous forme d'émulsion ou de surnageant.



Figure 21: incident de déversement de l'hydrocarbure dans les eaux de l'oued commune Skikda [**42**]

Les hydrocarbures contribuant ainsi à la modification des échanges gazeux avec l'atmosphère, ce phénomène prend une importance particulière dans les zones calmes, où le film peut s'étendre sur une grande surface et modifier notablement la tension superficielle de l'eau; parallèlement, ce film influe directement sur les réactions photosynthétiques, ce qui a pour conséquence de freiner une source importante de production d'oxygène au milieu.

Enfin, on retiendra que les effets de toxicité des hydrocarbures, outre leur origine intrinsèque, sont souvent en grande partie liés aux additifs qui y ont été incorporés au stade de leur fabrication industrielle (phénols, amines aromatiques, ...)[37].

3.2.2.b Les biphénylpolychloré:

Les BPC (biphénylpolychlorés) sont des fluides stables et non réactifs entre dans la composition de fluides hydrauliques, de liquide de refroidissement ou d'isolation dans certains dispositif électrique comme les transformateurs, il est aussi utilisé dans les peintures et les plastifiants. Il existe beaucoup de compose BPC différents, aucun d'entre eux n'est soluble dans l'eau. [37].

3.2.2.c Les détergents:

Les détergents sont des composés tensioactifs ont comme principales application le lavage et le nettoyage. ils sont constitués de molécules possédant une partie hydrophile et une partie hydrophobe, et selon la charge du groupe hydrophile ces composés tensioactifs peuvent être anioniques, cationiques, amphotères ou non ioniques.

Les tensioactifs qui sont eux-mêmes relativement peu toxiques peuvent exalter les effet toxiques d'autres substances, qui habituellement traverses peu ou ne traversent pas les membranes des cellules en rendant ces dernières perméables.

Egalement dans le sol, selon leurs concentrations, les tensioactifs peuvent avoir une influence

sur des paramètres de sol comme la teneur en eau, la capacité d'absorption ou l'activité biologique ainsi que sur la mobilité des polluants [40].



Figure 22: mousse persistance (détergents) sur la couche superficielle des eaux de l'oued commune sebet skikda [**43**]

3.2.2.d Les pesticides:

Ces composés chimiques proviennent essentiellement des lessives des terres agricoles. Ils se retrouvent dans les oueds où les retenues d'eau rarement au niveau des stations d'épurations, ils représentent une forme de pollution très difficile à maîtriser car répandus dans le champs agricoles [7].



Figure 23: Des bouteilles des pesticides rejetées après utilisation Commune *Bekouche Lakhedar* wilaya de Skikda (**42)**

Les pesticides sont classés par grandes familles selon un double classement , classement par cible et classemnt par groupe chimique

Tableau 21 : Classement Les pesticides [10]

par cible	**par groupe chimique**
-Les insecticides -Les fongicides -Les herbicides -pesticides spéciaux, tels que les répulsifs de rongeurs.	-Les **organo-azotés**, utilisés comme herbicides. -Les **urées**, utilisés comme herbicides et fongicides. -Les **carbamates**, fongicides et insecticides . -Les **phénox**, herbicides -Les **organochlorés**, Ils sont surtout utilisés comme insecticides en agriculture. -Les **organophosphorés**, eux aussi utilisés comme insecticides .

3.2.3 Pollution microbiologique:

L'eau peut contenir des micro-organismes pathogènes (des virus, des bactéries, des parasites). Ils sont dangereux pour la santé humaine, et limitent donc les usages que l'on peut faire de l'eau (baignade, élevage de coquillage) [24].



Figure 24: Observation microscopique (mortalité de poissons ,oeud safsaf (**ONEDD 2017)**

3.2.4 Les matières fertilisantes:

Certains polluants inorganiques ne sont pas particulièrement toxiques, mais sont un danger pour l'environnement car ils sont employés d'une façon trop intensive. C'est dans cette catégorie que se situent les nitrates et les phosphates [24].



Figure N° 25: Sacs des engrais rejetés après utilisation Commune *Bekouche Lakhedar* [**43**]

3.2.4.1 Azote:

L'azote des nitrates avec, dans une moindre mesure, celui des nitrites et de l'ammoniaque, est l'un des éléments nutritifs majeurs des végétaux. Les nitrates constituent un facteur d'eutrophisation en dessus d'une teneur de 2 à 5 mg/l dans le milieu récepteur.

Les nitrites peuvent être présents dans l'eau sous forme non ionisée d'acide nitreux (HNO_2) ou ionisée (NO_2^-). La première forme, est la plus toxique pour les organismes vivants. Dans le milieu naturel, sa toxicité se manifeste à faible dose [10].

Les teneurs en nitrates dans l'eau doit être la plus faible possible, car l'ingestion de nitrates à fortes doses est susceptible, sous certaines conditions, de perturber l'oxygénation du sang chez les nourrissons "maladie bleue". Par ailleurs, ils sont suspectés de participer à l'apparition de cancers digestifs. Associés au phosphore, les nitrates modifient le comportement de certaines espèces végétales. Dans les eaux douces, ils participent aux phénomènes de prolifération d'algues microscopiques [33].

L'azote ammoniacal se trouve dans les eaux sous forme ionisée (NH_4^+), peu néfaste vis-à-vis de la faune aquatique, ou sous forme hydratée (NH_3) qui, en revanche, peut entraîner de graves conséquences sur les milieux récepteurs du fait de sa toxicité.
Souvent, on admet comme teneur maximale en azote ammoniacal non dissocié la valeur de 0,025mg/l, voire 0,005 mg/l afin d'écarter tout risque d'effet toxique à long terme [10].

3.2.4.2 Phosphore:

Les ortho phosphates présentent rarement une toxicité vis-à-vis du poisson et sont d'ailleurs utilisés en pisciculture pour augmenter la biomasse planctonique. Cependant, en trop grandes quantités, ils favorisent l'eutrophisation**.**

3.2.5 Les polluants métalliques:

Les métaux sont naturellement présents dans les roches et les sols. La présence de gisements métallifères contribue à la contamination métallique des eaux. Néanmoins, l'essentiel provient des apports d'origine industrielle, qu'il s'agisse des exploitations minières, des activités industrielles anciennes, ou des activités actuelles [35].

Les éléments métalliques surveillés sont le fer, le chrome, le zinc, le nickel, qui sont utiles au monde vivant en très faible quantité, et les métaux lourds, dont on ne connaît aucune utilité pour l'homme: mercure, cadmium, plomb, arsenic, etc.

Les métaux lourds sont les métaux les plus dangereux. Ils ont une densité supérieure à 5 et c'est pour cette raison qu'on les qualifie de lourd. Les métaux lourds ont un fort caractère bioaccumulatif et ont la particularité de ne pouvoir être éliminés. Ils changent simplement de forme. Au-delà d'un certain seuil, ils deviennent des toxiques importants pour l'homme [18].

3.2.6 Les sels minéraux:

Dans beaucoup de procédés de production ainsi que lors de l'élaboration des matières premières, il se forme parfois des sels en grandes quantités, avant tout des chlorures, des sulfates, qui ont une grande importance vis-à-vis de l'environnement[14].

-Les chlorures : En plus de l'agressivité et de la minéralisation qu'ils confèrent à ces eaux, des taux élevés modifient la saveur de l'eau et contribuent aux dépôts de sels néfastes pour l'agriculture.
Les sulfates :En plus des inconvénients qui caractérisent les chlorures, les sulfates participent aux métabolismes des bactéries contenues dans l 'eau. Les bactéries du soufre « bactéries sulfato-réducteur » transforment les sulfates en sulfures avec un dégagement de gaz sulfureux créant du désagrément à l'environnement [7].

3.2.6 Pollution thermique:

L'incidence des rejets d'eaux usées sur l'environnement peut s'apprécier au regard des élévations de température. Lorsqu'un changement soudain de température arrive, cela a des effets signifiants sur les performances et la survie des organismes aquatiques.
La plupart des réactions chimiques vitales sont ralenties voire arrêtées par un abaissement important de température.

A contrario, des augmentations de température peuvent avoir pour effet de tuer certaines espèces, mais également de favoriser le développement d'autres espèces en entraînant ainsi un déséquilibre écologique. En plus le rejet d'eau plus ou moins chaude diminue la solubilité de l'oxygène dans l'eau et elle pousse aussi les organismes vivants dans l'eau à respirer plus rapidement [17].

3.3 Les effets de la pollution sur la qualité de l'eau

L'eau est l'un des éléments naturels qui fait l'objet d'une surveillance intense à travers le monde. Les objectifs majeurs de la surveillance de la qualité de l'eau sont de préserver la santé des consommateurs **(Tabet-Helal et Ghellal, 2004)**.

La qualité de l'eau est influencée par des rejets directs, tels que ceux provenant d'une usine ou d'une station d'épuration des eaux usées : il s'agit de la « pollution ponctuelle ». Elle est également influencée par la pollution résultant de diverses sources, telles que les engrais et pesticides utilisés dans les activités agricoles et les polluants rejetés dans l'air par l'industrie, qui retombent ensuite au

sol et en mer : c'est ce que l'on nomme la « pollution diffuse » [9].

Les conséquences de la pollution des milieux aquatiques sont multiples. Elles conduisent à des mortalités massives d'espèces, mais elles ont aussi des effets moins visibles : une eutrophisation des milieux, des effets toxiques à plus ou moins long terme, des maladies ou des perturbations endocriniennes **[10]**.

3.3.1 Les mortalités organismes liées aux altérations de la physico-chimie

Les altérations physico-chimiques sont des modifications des caractéristiques des milieux, comme la salinité, l'acidité ou la température de l'eau. Passé un certain seuil, ces modifications deviennent toxiques pour les organismes vivant dans le milieu.

3.3.2 L'eutrophisation des milieux

L'eutrophisation est l'ensemble des symptômes que présente un écosystème aquatique à la suite d'un apport excessif de nutriments - en particulier le phosphore et l'azote - d'origine humaine (en savoir plus sur l'azote et le phosphore). L'apport de substances qui contiennent ces nutriments - comme par exemple les nitrates et les phosphates - stimule fortement la croissance des organismes végétaux, entraînant le développement soudain de plantes ou d'algues, qualifié de "prolifération végétale". Ce phénomène est accentué par les températures élevées, l'abondance de lumière et le faible renouvellement de l'eau.

outre la réduction du taux d'oxygène du milieu aquatique la nuit, on rappellera que les principales nuisances liées à l'eutrophisation sont:

-une modification de l'équilibre carbonique et une élévation du pH le jour par accroissement de la photosynthèse, ce qui peut provoquer des phénomènes de toxicité aiguë de l'ammoniac.

-une gêne pour la production d'eau potable du fait de la prolifération de phytoplancton, qui perturbe la décantation et la filtration, et du fait de la sécrétion de substances toxiques par certaines algues, qui confèrent un goût désagréable à l'eau ;

-une toxicité pour le poisson dans les cas extrêmes, soit par colmatage direct des branchies, soit en raison des sécrétions des algues[10].

3.3.3 Des effets toxiques sur les êtres vivants

À partir d'une certaine dose, les substances polluantes ont un effet toxique sur les êtres vivants. Cela signifie que, lorsqu'elles pénètrent dans l'organisme (essentiellement par ingestion, mais parfois par respiration), elles sont néfastes à sa survie ou sa santé. Une distinction est faite entre la toxicité aigüe et la toxicité chronique.

3.3.4 La contamination microbiologique des êtres vivants

A partir d'une certaine dose, les substances polluantes ont un effet toxique sur les êtres vivants. Cela signifie que, lorsqu'elles pénètrent dans l'organisme (essentiellement par ingestion, mais parfois par respiration), elles sont néfastes à sa survie ou sa santé. Une distinction est faite entre la toxicité aigüe et la toxicité chronique **[**10].

Tableau 22: Les principales maladies d'origine hydrique **(Bouras et Sekfali, 2013)**

Origines	**Maladies**	**Agents**
Bactérienne	Fièvre typhoïde	*Salmonella typhi*
	Fièvre paratyphoïde	*Salmonella paratyphi A*
		Salmonella paratyphi B
		Salmonella paratyphi C
	Gastro-entérites	*E.coli*
		Campylobacter
		Yersinia
Virale	Choléra	*Vibriocholerae*
	Hépatite A et E	*Virus de l'hépatite A et E*
	Poliomyelite	*Virus poliomyelitique*
	Gastro-entérite virale	*Virus Norwalk*
		Rotavirus
		Astrovirus
		Calcivirus
Parasitaire	Dysentérie amibienne	*Entamoebahystolytica*
	Giardiase	*Giardia lamblia*

3.3.5 Les effets sur les écosystèmes et la biodiversité

La pollution exercer des effets qui, différés dans le temps et dans l'espace, induisent des nuisances sur la santé humaine, l'écosystème aquatique et sur la biodiversité.

Les conséquences écologiques de la pollution des ressources en eau se traduisent par la dégradation des écosystèmes aquatiques. Comme tout le milieu naturel, un écosystème aquatique dispose d'une capacité propre à éliminer la pollution qu'il subit : c'est sa capacité « d'autoépuration ». Cependant, lorsque l'apport de substances indésirables est trop important, que cette capacité épuratoire est saturée, les conséquences écologiques peuvent être de différentes natures **[11]**.

4.Cadre réglementaire et législatif

La protection et la gestion des eaux superficielles en Algérie reposent sur un ensemble de textes législatifs et réglementaires visant à assurer l'exploitation durable des ressources hydriques, la prévention de la pollution et la préservation des écosystèmes aquatiques. Le principal texte de référence est la Loi n° 05-12 du 4 août 2005 relative à l'eau, qui constitue le cadre juridique fondamental de la gestion des ressources en eau en Algérie.

4.1 La Loi n° 05-12 du 4 août 2005 relative à l'eau

4.1.1 Objectifs de la loi

La loi vise à assurer :

-La gestion intégrée et durable des ressources en eau ;

-La protection des eaux superficielles et souterraines ;

-La lutte contre la pollution hydrique ;

-La prévention des inondations ;

-La préservation des milieux aquatiques ;

-La satisfaction des besoins en eau des populations et des activités économiques.

4.1.2 Définition des eaux superficielles

Selon l'article 4 de la loi, les eaux superficielles appartenant au domaine public hydraulique naturel comprennent :

-Les oueds ;

-Les lacs ;

-Les étangs ;

-Les sebkhas ;

-Les chotts ;

-Les terrains et végétations compris dans leurs limites.

4.1.3. Protection des eaux superficielles

4.1.3.1 Protection contre la pollution

La loi impose la protection des milieux hydriques contre toute forme de pollution susceptible d'altérer la qualité des eaux et de nuire à leurs différents usages. Les rejets d'effluents industriels, domestiques ou agricoles dans les cours d'eau sont soumis à autorisation préalable et doivent respecter les normes réglementaires en vigueur.

4.1.3.2 Périmètres de protection qualitative

Des zones de protection qualitative peuvent être établies autour :

-Des retenues d'eau superficielles ;

-Des barrages ;

-Des oueds ;

-Des ouvrages de captage et de stockage.

Ces périmètres ont pour objectif de prévenir les risques de pollution et de préserver la qualité des ressources hydriques.

4.1.3.3 Restauration des milieux aquatiques

Les retenues d'eau, lacs et étangs menacés par l'eutrophisation ou la pollution doivent faire l'objet de plans de restauration comprenant :

La suppression des sources de pollution ;

Le traitement des eaux usées ;

La surveillance permanente de la qualité des eaux ;

La mise en place de systèmes d'alerte anti-pollution.

4.2 Normes de qualité des eaux superficielles

Le Décret exécutif n° 11-219 du 12 juin 2011 fixe les objectifs de qualité auxquels doivent répondre les eaux superficielles destinées à l'alimentation en eau potable. Il définit les paramètres physicochimiques et microbiologiques nécessaires à l'évaluation de la qualité des eaux.

4.3 Organismes chargés de l'application de la réglementation

Les principales institutions intervenant dans la gestion et la protection des eaux superficielles sont :

Ministère de l'Hydraulique ;

Agence Nationale des Ressources Hydriques ;

Agence Nationale des Barrages et Transferts ;

Agence Nationale de Gestion Intégrée des Ressources en Eau ;

Office National de l'Assainissement.

4.4. Autre documents législatifs :

-**Décret exécutif n° 93-160** du 10 juillet 1993 réglementant les rejets d'effluents liquides industriels,(annexe)

-**Décret exécutif n° 06-141** du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 avril 2006 définissants les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels (annexe)

-Décret exécutif n° 09-209 du 17 Joumada Ethania 1430 correspondant au 11 juin 2009 fixant les modalités d'octroi de l'autorisation de déversement des eaux usées autres que domestiques dans un réseau public d'assainissement ou dans une station d'épuration (annexe)

-**Arrêté du 23 Safar 1434** correspondant au 6 janvier 2013 fixant les valeurs limites maximales des données particulières relatives aux rejets d'effluents, de déversements ou de dépôts de matières de toute nature ne présentant pas de risques de toxicité ou de nuisance dans le domaine public hydraulique (annexe)

Conclusion:

Dans cette partie, on a présenté un bref rappel sur les principales propriétés physico-chimiques et biologiques de l'eau, ainsi une étude générale sur le cycle de l'eau, les réserves, les ressources, et les caractéristiques des eaux naturelles, l'évaluation des effets néfastes de la pollution des eaux et enfin le cadre juridique qui jurer les eaux superficielles.

CHAPITRE IV :
Matériel et méthodes

Dans cette section, nous décrivons les sites et les techniques d'échantillonnage et détaillons les différents protocoles analytiques utilisés.

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 [46]

2. Station et période de prélèvement

Pour évaluer la qualité physico-chimique et microbiologique de l'*Oued Saf-Saf* de la wilaya de Skikda, trois échantillons ont été prélevés, parmi lesquels 4 points (stations) ont été sélectionnés en fonction de leur localisation par rapport au point de rejet **(Tableau 4) (Hallaci et Mahboubi, 2019)**.

Deux sur trois compagne de prélèvements n'ont pas été effectués lors d'épisodes pluvieux afin d'éviter l'influence du ruissellement et des variations temporaires de débit sur la qualité des eaux et de garantir la représentativité des résultats obtenus, conformément aux recommandations générales de la norme ISO 5667-6 **Tableau 23:** Périodes et sites de prélèvement

Sites de prélèvement	Nombre de prélèvement	Date de prélèvement	Heure de prélèvement	Localization GPS
S1	**03**	19/04/2024	09h10	36.845929, 6.935988
S2	**03**	19/04/2024	09h40	36.859467, 6.937405
S3	03	19/04/2024	10h00	36.877715, 6.935227
S4	03	19/04/2024	10h30	36.879891, 6.931262

Toutes nos analyses sont réalisées au niveau du Laboratoire SSSK /ONEDD (Annexe 1).

La S.S.Sk partage la tâche de surveillance des eaux de *l'Oued Safsaf* avec divers organismes,.

(Annexe 1).

L'analyse physico-chimique des mesures directes sur site a été réalisée selon le type multi-paramètres.

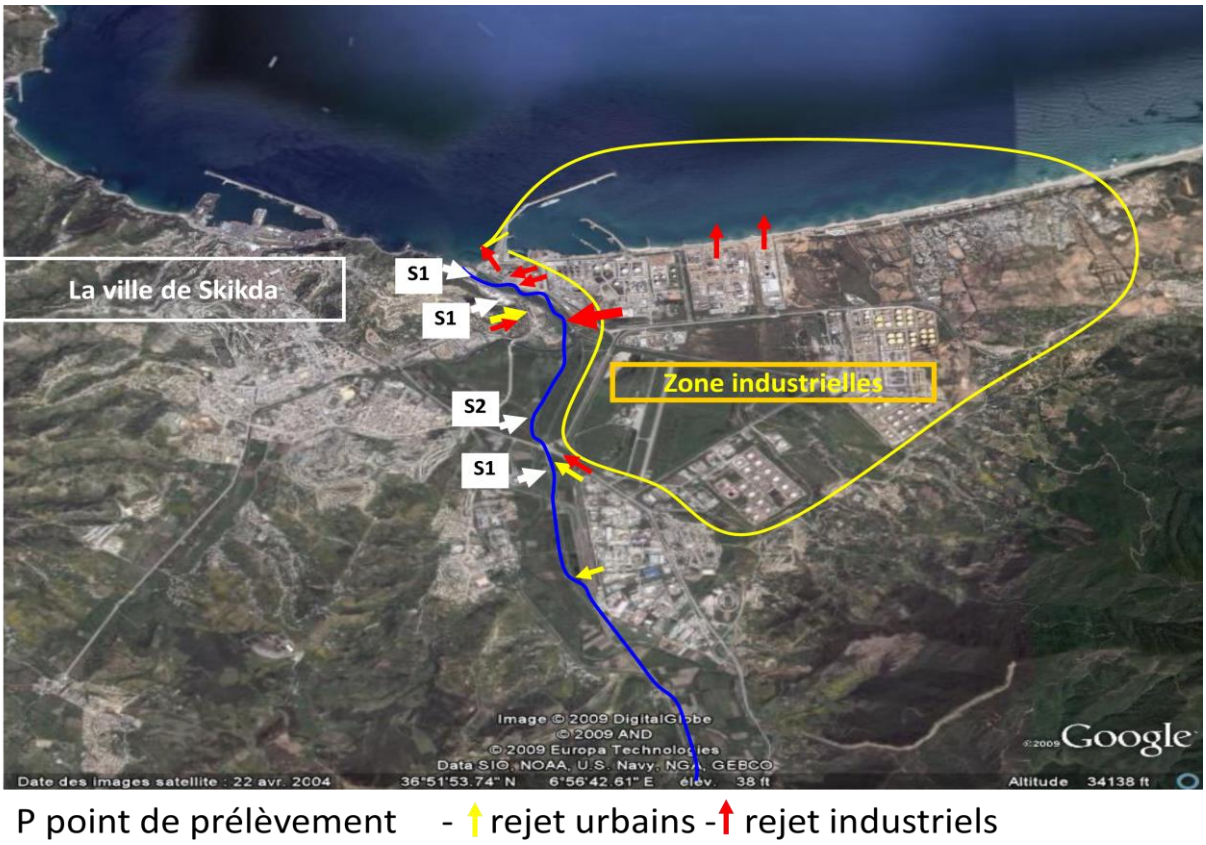


Figure. N° 26 : Position des stations de prélèvements (google earth 2026)

La période de prélèvement des échantillons effectuée dans le mois d'Avril 2026 ; le taux d'échantillonnage est d'une fois par trimestre (Décret exécutif n° 11-219 du 10 Rajab 1432 correspondant au 12 juin 2011 fixant les objectifsde qualité eaux superficielles et souterraines destinées à l'alimentation en eau des populations .

Les Quatre sites de prélèvement dans l'Oued Saf-Saf ont été choisis pour prendre des échantillons d'eau en fonction des éventuels rejets dans le bassin versant a la regione de la Ville de skikda (**Tableau 4)**.

-1^{ére} station **(S1) :** est située en amont de l'Oued Saf-Saf entre la commune de darimou et la commune de skikda.

- 2^{éme} station **(S2) :** est située au Oued Saf-Saf sous le pont du RN 00 aprés les émissions liquides (urbain et industrielles) de la commune de la commune hamadi krouma **(Figure 14)**.

- 3^{éme} station **(S3) :** est située après la confluence de l'oued zeramna avec l'oued saf saf.

-4éme station **(S4) :** est située a l'embouchure de l'oued *SAFSAF* après les aprè aprés les émissions liquides de la zone petro chimique (SPE,GL1K et RA2K)



Figure 27: Points de Prélèvements S1,S2,S3 etS4 **(Prise personnelle par Bouhouche, 2026)**

3. Matériel et technique de prélèvement (ISO : 5667)

3.1. Prélèvement des échantillons

Le prélèvement d'échantillon d'eau est une opération à laquelle le plus grand soin doit être apporté ; il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui sera donnée. Pour cela les bouteilles d'échantillonnage doivent être rincées plusieurs fois avec l'eau a prélever.

3.2. Principe D'échantillonnage:

Le principe d'échantillonnage est de réaliser des prélèvements d'échantillons d'eaux, dans des endroits ou zones d'études prédéfinies dans l'espace et dans le temps ainsi que les points de prélèvement sont déterminé avec précision ;Ces échantillons seront mis dans des récipients en verre ou en plastique de volume défini et ils doivent être bien représentative des points de prélèvement**s.**

3.3. But d'échantillonnage :

- Déterminations des sources de pollutions
- La surveillance continue des milieux
- Quantification de la pollution

3.4. Matériels Utilisés

- Bouteille de prélèvement d'eau en verre de 03 L (prélèvement d'eaux en profondeur)
- Seau en inox ou en plastique pour le prélèvement d'eaux en surface
- Corde
- Glacière avec de la glace pour la réfrigération des échantillons a 4° C
- Flacons en verres de 01 L
- Flacons en PET de 01 l ,02 l
- Etiquettes
- Marqueur

3.5. Appareillage

- Valisette de mesure des paramètres in situ munis de pH-mètre, Oxymétre, Conductimètre
- Débitmètre de terrain pour la mesure de la vitesse et le débit d'écoulement d'eaux
- GPS pour la mesure des coordonnées géographiques

3.6. Autres

- Feuille de paramètres d'analyses in situ
- Papiers
- Gants
- Blouse

- Bottes
- Eau distillée

3.7.REACTIFS

Pour la conservation des échantillons

1) Acide sulfurique (1+1)
2) Acide chlorhydrique (1+1)
3) Acide nitrique (1+1)
4) Sodium hydroxyde (10%)
5) Solutions de calibrations des électrodes de mesure du pH, O_2, Cond., Redox

3.8. Mode Opératoire

En arrivant sur les lieux de prélèvement en commence par la lecture des coordonnées géographique et la l'altitude en utilisant le GPS et en notant toutes les remarques observés aux niveaux des points de prélèvement.

En utilise généralement un seau en acier inoxydable où en plastique et en attache une corde au seau et en procède au prélèvement d'eau au milieu de l'oued (endroit ou le débit d'écoulement d'eaux est important).

3.9. Remplissage des Bouteilles

Après les prélèvements d'eaux on procède au remplissage des bouteilles en verre ou en PET en fonction des paramètres recherchés en les rinçant deux ou trois fois par les mêmes échantillons ensuite en ferme les bouteilles hermétiquement et en met dans la glacière.

3.10. Etiquetage

Chaque échantillon d'eau doit porter une étiquette ou en note le lieu du point de prélèvement, date et numéro de code.

Note :

1- Toutes les bouteilles d'échantillons d'eaux sont fermé hermétiquement et met dans la glacière

2- Le mode de conservation des échantillons dépend des paramètres a analyses (voir tableau de la méthode de conservation des échantillons).



Figure 28: étiquetage des échantillons **(Prise personnelle par Zeddouri, 2024)**

3.11. **Mode de transport et conservation des échantillons**

Les analyses microbiologiques doivent être commencées moins de 6 heures après le prélèvement, le transport doit se faire obligatoirement en glacière à une température inférieure à 4°C. Enfin, les échantillons sont refroidis dès qu'ils arrivent au laboratoire avant le début des analyses (**Figure 16) (Djedadoua, 2017)**.

Pendant le transport, il faut 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 labri de la lumière visible ainsi que dans des températures ambiantes **(Hocine *et al.*, 2022)**.



Figure 29 : Matériels de transport et conservation des échantillons **(Prise personnelle par Messikh, 2024)**

4. Méthode d'analyse des eaux

Les paramètres d'analyses qui peuvent être altéré rapidement pendant le transport des échantillons sont analyses sur terrains, une fiche d'analyse sur terrains (voir fiche) comporte ces paramètres ainsi que toutes les coordonnées concernant le point du prélèvement.



Figure 30: Multi paramètre Type de (WTW) **(Prise personnelle par Bouhouche, 2026)**

Tableau N° 24: liste des paramètres physico-chimiques effectués

N°	Paramètre	Norme d'analyse	Matric
1	Température	Multi paramètre	eau
2	PH	Multi paramètre	eau
3	Conductivité spécifique	Multi paramètre	eau
4	Salinité	Multi paramètre	eau
5	Oxygène dissous	Multi paramètre	eau
6	MES	ISO 5815-1:2003	eau
7	DBO_5	ISO 11923:1997	eau
8	DCO	ISO 6060:1989	eau
9	Nitrate	NF T 90-012	eau
10	Nitrites	J. Rodier-9emé	eau
11	Ammonium	J. Rodier-9emé	eau
12	Ortho-Phosphate	ISO 6878 ; 2004	eau
13	Chlorure	J. Rodier-9emé	eau
14	Chrome +6	ISO 8288:1986	eau
15	Fer	J. Rodier-9emé	eau
16	Dureté total	J. Rodier-9emé	eau
17	Ca+/Mg+	J. Rodier-9emé	eau
18	Hydrocarbure totaux	APE 1664	eau
19	Turbidité	Néphélométrie	eau

4.1. Détermination du pH (méthode électrométrique)

4.1.1.Principe de la méthode

Détermination électrométrique de la concentration des ions hydrogène dans l'eau.

4. 1.2.Appareillage

1- Multi paramètre (PH mètre avec chaîne d'électrode en verre calomel).

2- Bucher 150 ml

4. 1.3. Mode opératoire

1- Tarer le PH mètre avec la solution tampons (4, 7, 10)

2- Laver soigneusement les électrodes avec l'eau distillée.

3- Immerger les électrodes dans l'échantillon agiter.

4- Lire la température de l'échantillon avec un thermomètre et la régler sur le compensateur de température sur PH mètre.

5- Effectuer la lecture du PH

4. 2. Détermination de la conductivité électrique (méthode électrométrique)

4. 2.1. Principe de la méthode

La conductivité électrique offerte d'une eau au passage du courant électrique est fonction directe de la concentration ionique de la solution. Sa détermination donne donc une mesure indirecte des substances dissoutes.

Et cela se présente très bien pour un contrôle rapide du grade de pureté de l'eau.

4. 2.2.Appareillage

-Multi paramètre (Conductimètre avec électrodes et thermomètre).

-Bêcher de 250 ml.

4. 2.3.Mode opératoire:

- Laver soigneusement les électrodes, et plonger dans l'échantillon, agiter.
- Lire la température de l'échantillon et la fixer sur le compensateur du conductivimètre.
- Sélectionner la range avec le bouton approprié.
- Lire la conductivité sur l'échelle.
- Le résultat est exprimé en µS/cm ou MΩ/ cm.

4. 3. Détermination de l'oxygène dissous (méthode électrométrique)

4. 3. 1.Principe de la méthode

Détermination potentiométrique de la concentration des ions Oxygène dans l'eau.

4. 3. 2.Appareillage

1-Multi paramètre (oxymétre avec électrodes et thermomètre).

2-Bêcher de 150 ml.

4. 3. 3. Mode opératoire

1-Tarer le oxymétre mètre avec la l'aire humide

2-Laver soigneusement les électrodes avec l'eau distillée.

3-Immerger les électrodes dans l'échantillon.

4-Effectuer la lecture de l'oxygène dissous en mg/l et %.

4. 4. Détermination de La matières en suspension (Filtration sur Filtre en Fibre de Verre)

4. 4. 1. Principe de la méthode

À l'aide d'un appareil de filtration sous vide ou sous pression, l'échantillon est filtré sur un filtre en fibre de verre. Le filtre est ensuite séché à 105 °C et la masse du résidu retenu sur le filtre est déterminée par pesée.

4. 4. 2. Appareillage :

1-Dispositif de filtration sous vide ou sous pression

2-Disque filtrant en fibre de verre borosilicate, ne contenant aucun liant

La perte de masse dans un essai à blanc doit être inférieure à 0.3mg par filtre. Il est préférable que la masse surfacique soit comprise entre 50 g/m^2 et 100g/ m^2.

3-Etuve de séchage, réglable à 105 ±2 °C

4-Balance analytique, précise à au moins 0.1 mg prés

5-Support de séchage

4. 4. 3.Matériels :

1-Fioles jaugées : de capacité 10ml, 100ml, 1000ml.

2-Pipettes à un trait : de capacité 1ml, 2ml, 5ml, 10ml, 20ml, 25ml, 50ml

3-Micropipettes .

4-Béchers : de capacité 250ml .

4. 4. 4. Mode Opératoire

1-Laissez l'échantillon jusqu à ce qu'il atteigne la température ambiante.

2-Vérifier que la perte de masse du filtre est inférieure à 0.3mg/l.

3-Laisser le filtre s'équilibrer en humidité à l'air ambiant, à proximité de la balance, ensuite le peser.

4-Placer le filtre, partie lisse en bas, dans l'entonnoir de l'appareil de filtration, et connecter le dispositif d'aspiration sous vide (ou sous pression).

5-Agiter vigoureusement le flacon et transférer immédiatement et d'un seul trait un volume convenable dans une éprouvette graduée.

6-Filtrer l'échantillon, puis rincer l'éprouvette graduée avec environ 20ml d'eau distillée
7-Rincer les parois internes de l'entonoir avec une autre portion de 20 ml d'eau distillée.
Si l'échantillon contient plus de 1000mg/l de matières dissoutes, laver le filtre avec trois fois 50ml d'eau distillée. Veiller à laver le bord du filtre.

Calcul :

$$\rho = \frac{1000\ (b-a)}{V}$$

b : masse du filtre après filtration en milligramme
a : masse du filtre avant filtration milligramme
V : volume d'échantillon en millilitre

4.5. Détermination De La Demande Chimique En Oxygène D C O

(Méthode NA : 1134/ ISO : 6060 ; 1989)

4.5. 1. Principe

La Demande Chimique en Oxygène (DCO) est la concentration en masse d'oxygène équivalente a la quantité de dichromate de potassium consommée par les matières organiques dissoutes et en suspension lorsqu'on traite un échantillon d'eau avec cet oxydant dans des conditions définies.

Cette méthode est applicable aux échantillons d'eaux dont la DCO est comprise entre 30 et 700 mg/L dont la concentration en chlorures ne de passe pas 1000 mg/I. Si la valeur de la DCO dépasse 700 mg/L, l'échantillon est dilue.

4.5. 2.Produits chimiques et réactifs:

1- Acide sulfurique (4 mol/l)
2- Sulfate d'argent
3- Dichromate de potassium
4- Ammonium ferreux (II) sulfate
5- Potassium Hydrogenophthalate
6- Indicateur Ferroin

4.5.3. Mode Opératoire :

1- 10 ml d'échantillon d'eau dans le tube à réaction
2- -Ajouter 5.00 ml ± 0.01ml de dichromate de potassium(3) et de la pierre ponce

3- -Ajouter doucement 15ml de sulfate d'argent (2)

4- -Mettre immédiatement les tubes à condensation

5- -Chauffer a la température de 148 – 3°C durant 10mn et continuer de Chauffer pendant 110mn

6- -refroidir jusqu'à 60°C et rincer le réfrigérant avec un petit volume d'eau

7- -Enlever les réfrigérant et diluer les tubes à réaction avec 75ml d'eau

8- - utiliser 1 à 2 gouttes de l'indicateur Ferroin

9-Titrer l'excès de dichromate avec le sulfate de fer (II) ammonium (4), le virage de fait du bleu-vert au rouge- marron

Calcul :

$$\mathbf{DCO} = \frac{\mathbf{8000c\ (V_1 - V_2)}}{\mathbf{V_0}}$$

Où c : la concentration du sulfate d'ammonium ferreux (II) en mol/l

V_0 : le volume d'échantillon utilisé pour le dosage sans dilution ml

V_1 : Volume consommé de sel de Mohr de l'échantillon Témoin ml

V_2 : Volume consommé de sel de Mohr pour l'échantillon d'eau ml

8000 : Masse molaire de ½ O_2 mg/l

4.6. Détermination De La Demande Biochimique En Oxygène DBO5

Méthode NA : 1135 /ISO : 5815-1 ; 2003

4.6.1. Principe

La méthode la plus simple utilisée pour la détermination de la consommation d'oxygène est celle manométrique : selon le principe du respiratoire de Warburg, utilise largement en biochimie.

L'échantillon est agite continuellement durant l incubation ceci afin d éviter la formation de gradients de Concentration**.**

4.6.2.Appareillage Manométrique

Cet appareil travaille selon les principes de la respiration. Dans le quel on peut doser cinq (05) échantillons a la fois ; dote d'échelles interchangeables tarées en ppm d oxygène (entre 0 et 1000) qui Permettent de relever immédiatement la valeur atteinte en fonction du temps.

Chaque bouteille d'incubation est dotée de baguette magnétique qui est mise en rotation par un moteur électrique.

Pour l incubation a température contrôlée, il est disponible un frigo –thermostat**.**

4.6.3. Les Réactifs

-Solution Tampon :Faire dissoudre 8.5 gr de KH2PO4 ; 33.4 gr de Na2HPO4 + 7H2O ; 21.7gr de K2HPO4 et 1.7gr de NH4CL dans 1 litre d'eau distillée, pour avoir un PH = 7.2 .

-MgSO4 : 22.5g dans 1 litre d eau.

-CaCL2 : 27.5g dans 1 litre d eau

-FeCL3 : 0.25g dans 1 litre d eau

-Eau distillée, mettre dans un récipient :

-solution de phosphate

- solution de sulfate de magnésium

- solution de chlorure de calcium

- solution de chlorure de fer

- solution de chlorure d'ammonium

- eau distillée

- **4.6.4.Mode Opératoire**

Préparation de la solution test

Porter l'échantillon a une T° de 20C°, agiter et prendre un volume connu ajouter 2 ml d'allylthiouré et compléter a 1 litre avec la solution d'ensemencement et dilution

Test du blanc

Analyser le blanc en parallèle avec les échantillons en utilisant la solution d'ensemencement et dilution avec 2 mg d'ATU par litre

Mesure de l'oxygène dissous par la méthode électrochimique

-Remplir les flacons DBO avec les échantillons

- dilué a ras et éviter les bulles d'air dans les parois des flacons,

-mesurer la concentration d'oxygène dans chaque flacon de DBO a temps zéro,

-fermer les flacons DBO hermétiquement et mettre les dans l'incubateur a 20 C° pendant 5 jours ;

-après l'incubation (5j) mesurer la concentration de l'oxygène dissous

Calcul :

$DBO_5 = \{(P_1 – P_2) – vt – vs / vt * (P_3 – P_4)\} / vt / Véch$

Où

P_1: Concentration de l'O_2 dissous de la solution test a temps zéro en mg/l

P_2 : Concentration de l'O_2 dissous de la solution test après 5 jours en mg

P_3 : Concentration de l'O_2 dissous de la solution de blanc a temps zéro en mg/l

P_4: Concentration de l'O_2 dissous de la solution de blanc après 5 jours en mg

V éch :volume d'échantillon utilisé pour la préparation de la solution test en ml

vt : volume total en ml de cette solution test

4.7. Détermination des Ortho phosphates (Méthode par spectrométrie d'absorption moléculaire)

4.7.1. Principe de la méthode

L'acide phosphorique forme avec le molybdate d'ammonium le complexe phospho molybdique jaune, réduit avec l'acide 1 amino - 2 naphtol 4 sulfonique en solution acide donne une couleur bleue par formation du bleu de molybdène.

4.7.2. Appareillage

-Spectrophotomètre avec cellules de 10 mm et 40 mm

-Ballon de 50 ml.

-Pipette graduée de 1 ml, division 0,01 ml.

-Pipette graduée de 5 ml, division 0,1 ml.

-Pipette graduée de 10 ml.

4.7.3. Mode opératoire

- prélever 100 ml d'échantillon dans un Cylindre gradué de 100 ml.
- ajouter 1 ml HCL à 15%
- ajouter 0.5 ml acide oxalique
- ajouter 2 ml molybdate d'ammonium
- ajouter 2 ml ANS
- faire passer au spectrophotomètre

-Calcul

$PO4^{-3}$ (ppm) = abs . K . 1000 / V

Abs : l'absorbance K : selon la courbe d'étalonnage

4.8. Détermination de l'ammonium (Methode Titremetrique)

4.8.1. Réactifs

-Réactifs colorées.

-Dichlorocyanurate.

4.8.2. Résultat d'analyse

Prendre 40 ml d'eau à analyser (échantillon) puis nous y ajoutons 04 ml Réactifs colorées , nous continuons avec de l'eau distillée jusqu'à 50 ml, puis nous la laissons se reposer 60 min après l'augmenter 02 ml eau distillée ou qu'il soit la Longueur d'onde 655 nm

4.9. Détermination des chlorures (Méthode par spectrométrie d'absorption moléculaire) (Méthode Titre métrique)

4.9.1. Appareillage

- Matra jaugé de 500 ml
- Cylindre gradué de 250 ml
- Burette de 10 ml à 0,05 ml de graduation
- Micro burette de 5 ml division 0,01 ml

4.9.2. Mode opératoire

-Prendre 100 ml d'échantillon.

-Ajouter 2 gouttes de Chromate de Potassium.

-Titrer avec la solution de Nitrate d'Argent ($AgNO_3$) à 0.02 N

- jusqu'au virage du jaune au rouge brique.

-Calcul :

$$Cl^- (ppm) = (V - blanc) \times 7,1$$

4.10. Détermination des nitrates (Méthode par spectrométrie d'absorption moléculaire)

4.10.1. Principe De La Methode :

La réaction entre nitrates et la "brucine" provoque la formation d'une couleur jaune-soufrée mesurable colorimétrique. Le système n'obéît pas à la loi de Lambert.

4.10.2. Appareillage :

- Spectrophotomètre avec cellule de 40 mm.
- Pipettes.
- Bêcher de 50 ml.
- Ballons de 50 ml.

4.10.3. Réactifs :

- Solution A nitrate de potassium :

- Solution B : prélever 10 ml de la solution A et diluer à 1.000 ml.
- Solution d'arsénite sodique à 0,028 N.
- Solution de brucine-acide sulfo anilique.

4.10.4. Préparation de la courbe d'étalonnage :

- Dans 7 matras de 50 ml introduire O-0,5-1-2-33-4-5 ml, qui correspond à 0,005-0,01-0,03-0,04- 0,05 mg de NO3-, de la solution B, diluer avec 10 ml d'eau déminée.

- Ajouter 1 ml d'H2 SO4 concentré, ajouter 1 ml de la solution d'arsénite de sodium, puis ajouter 0,5 ml de la brucine - acide, agiter puis porter les ballons dans un bain marie pour 20 minutes à 100 °C refroidir sous l'eau courant pendant 30 minutes.

- Ajouter 25 ml d'eau distillée, agiter, mettre dans un bain à 25 °C et compléter à 50 ml avec l'eau déminée.

- Lire l'absorption à une longueur d'onde de 410 mm, comparer à l'eau distillée, utiliser les cellules de 40 mm.

- Reporter les valeurs sur le digramme, et tracer la courbe d'étalonnage.

4.10.5. Mode Operatoire

- Introduire 10 ml d'échantillon et suivre le mode opératoire comme dans les points 2-3-4- de la Préparation de la courbe d'étalonnage.

- Lire la concentration des NO3 sur la courbe d'étalonnage.

CALCUL **:** **ppm de** $NO^{3-} = \frac{A \times 1.000}{V}$

A = mg de NO3- d'après la courbe d'étalonnage.

V = volume d'échantillon en ml.

4.11. Détermination des Nitrite (Méthode par spectrométrie d'absorption moléculaire)

4.11.1. Principe

La diazotation de l'amino-4-benzènesulfonamide par les nitrites en milieu acide et sa copulation avec le dichlorure de N-(naphtyl-1) diamino-1,2 éthane donne un complexe coloré pourpre susceptible d'un dosage spectrométrique.

4.11.2. Réactifs

– Acide orthophosphorique (d = 1,70).

– Réactif de diazotation :

Mélanger dans un bécher 800 mL d'eau déionisée et 100 mL d'acide phosphorique, ajouter

l'amino-4-benzènesulfonamide puis après dissolution, ajouter le dichlorure de N-(naphtyl-1 diamino-1,2 éthane. Agiter jusqu'à complète dissolution. Transvaser la solution dans une fiole jaugée de 1 000 mL, ajuster le volume avec de l'eau déionisée, mélanger.

– Solution mère étalon d'azote nitreux (NO2) à 100 mg/L :

nitrite de sodium 492,8 mg ;eau déionisée q.s.p. 1 000 mL

– Solution fille étalon d'azote nitreux (NO2) à 1 mg/L :

Diluer au 1/100 la solution précédente avec de l'eau déionisée. À préparer extemporanément.

4.11.3. Établissement de la courbe d'étalonnnage

Introduire dans une série de fioles jaugées de 50 mL :

Numéro des fioles	T	I	II	III	IV	V
Solution fille étalon à 1 mg/L (mL	0	1	2.5	5	7.5	10
Eau déionisée (mL)	50	49	47,5	45	42,5	40
Correspondance en milligrammes par litre d'azote nitreux (NO2)	0	0.02	0.05	0.1	0.15	0.20
Réactif de diazotation (mL)	1	1	1	1	1	1

Effectuer les lectures au spectromètre à la longueur d'onde de 543 nm. Construire la courbe d'étalonnage.

4.11.4. Mode opératoire

Introduire 50 mL d'eau à analyser dans une fiole jaugée puis poursuivre le dosage comme pour la courbe d'étalonnage.

Tenir compte de la valeur lue pour le témoin. Se reporter à la courbe d'étalonnage.

Expression des résultats

Pour une prise d'essai de 50 mL, la courbe donne directement la teneur en azote nitreux (NO2), exprimée en milligrammes par litre d'eau.

4.12. Détermination De La Turbidité (Methode Néphluomitrique)

4.12.1. Principe:

La turbidité est déterminée par comparaison avec l'échantillon standard utilisant le turbidimètre, qui est un instrument capable de mesurer optiquement l'interférence sur un faisceau de lumière qui traverse l'échantillon à analyser en comparaison avec un autre à turbidité connue ; posés dans les mêmes conditions de lumination.

4.12.2. Appareillage :

-Turbidimètre avec étendue de mesure de 0-1000 NTU

- cellule de mesure

4.12.3. Réactifs :

1-Solution standard (0.2-2-20-200 NTU).

2-Eau déminée avec absorption de lumière inférieure à 0,05 NTU

4.12.4. Mode Opératoire :

1-Tarer le turbidimètre avec Solution standard (0.2-2-20-200 NTU)

2-Introduire 10 ml de pris d'échantillon dans la cellule de mesure.

3-Effectuer la lecture de la turbidité

4.13. Détermination de la dureté total (Méthode Volumétrique Au EDTA)

4.13.1. Principe de la méthode

C'est un titrage direct avec le sel bi sodique de l'acide éthylène diamine tétra acétique (EDTA) du Ca et Mg en présence de l'indicateur ériochrome noir T, l'eriochrome noir T est un indicateur qui en présence des ions Ca2+ et Mg2+ se colore en rouge ; et vire au bleu quand la quantité d'acide éthylène diamine tétra acétique a suffisamment complexé tous les Ca2+ et Mg2+ présente les déplaçant du complexe avec l'eriochrome noir T.

La solution doit être tamponnée à PH = 10.

4.13.2. Appareillage

- Matra jaugé de 500 ml
- Cylindre gradué de 250 ml
- Burette de 10 ml à 0,05 ml de graduation
- Micro burette de 5 ml division 0,01 ml
- mortier.

4.13.3. Mode opératoire

1 - Prélever 100 ml d'échantillon dans le matra de 500 ml, ajouter 10 ml de la solution tampon, une pincée à l'aide d'une spatule (environ 0,2 gr) de l'indicateur eriochrome noir T.

2 - Mélanger la solution en présence de dureté la solution se colore en rouge-cerfe.

3 - Titrer avec la solution à 0,01 M de l'EDTA jusqu'au virage bleu de l'indicateur en utilisant une micro burette de 5 ml.

4 - En cas de basse teneur de dureté, prélever 250 ml d'échantillon et procéder de la même manière.

5 - Avec un échantillon à haute teneur de dureté, titrer avec la solution à 0,1 M de l'EDTA

Calcule

TH (ppm) = V2 . F .1000 / V1

V2 : volume EDTA en ml

V1 : volume de la prise d'essai

F : facteur de EDTA

4.14. Détermination du calcium

4.14.1. Principe

Quand l'EDTA est ajouté à l'eau contenant du Ca2+ et Mg2+, il se combine premièrement avec le Ca2+, ce dernier peut être déterminé directement avec l'EDTA après avoir porté le PH à 12-13, dans ce cas le Mg2+ se précipite ; on utilise le mirexide comme indicateur capable de se combiner avec le calcium.

4.14.1. Réactifs

1 - Solution d'hydrate sodique 1N : 40 g de NaOH dissoute à 1000

2 - Mélange d'indicateur au mourexide : 0,2 gr avec 100 gr de NaCL solide (ou K2 SO4), et moudre le mélange jusqu'à 40 - 50 mesh.

3 - Solution à 0,01 M d'EDTA (voir dureté totale).

4.14.2. Mode opératoire

- Prélever 100 ml d'échantillon ou une partie aliquote mineure dilué à 100 ml de tel façon que le Ca2+ sera d'environ 5-10 mg.
- Ajouter 2 ml de solution 1 N de NaOH.
- Agiter et ajouter une pincée du mélange de l'indicateur et titrer avec l'EDTA en agitant continuellement jusqu'au virage bleu.

Calcule:

En mg/l $CaCO^{-}_{3}$= $\frac{A \times 1.000 \times F}{V}$

En mg/l Ca^{2+} = $\frac{A \times 400.4 \times F}{V}$

A = ml d'EDTA utilisés lors du titrage

F = mg de Caco3 correspondant à 1 ml d'EDTA

. V = volume en ml d'échantillon

pour V = 100 ml et EDTA à 0,01 M on a : ppm de CaCO3 = A x 10

4.15. Détermination du magnésium

Principe de la méthode :

par différence entre la dureté totale et la dureté du calcium de cette manière, on obtient la dureté du Mg2+ exprimée en ppm de CaCO3.

dureté de Mg2+ en ppm de CaCO3 = dureté - dureté de Ca2+.

4.16. Détermination des Chlorures (Méthode volumétrique)

4.16.1. Principe

Ajouter une quantité notée de nitrate d'argent au titre connu et titrer l'excès de nitrate d'argent avec

l'ammonium sulfo-cyanure en présence du sel ferrique comme indicateur.

Le calcul de la concentration des chlorures est basé sur la quantité de Ag NO3 consommée.

4.16.2. Appareillage :

1 - Cylindre gradué de 100 ml.

2- Micro burette de 3 ml.

3- Pipettes.

4.16.3. Réactifs :

1 - Alun de fer ammoniacal indicateur à 40 %.

2 - Solution standard d'Ag NO3 à 0,02 N.

3 - Solution standard 4 en KSCN à 0,02 N.

4- Acide nitrique 1 : 1.

4.16.4. Mode opératoire :

1 - Prélever 100 ml d'échantillon, acidifier par 5 ml de HNO3 à 1 : 1.

2 - Ajouter un excès d'Ag NO3 à 0,02 N, agiter la solution.

3 - Ajouter 5 - 6 gouttes d'indicateur (alun de fer) et titrer avec KSCN à 0,02 N jusqu'à la coloration rose persistante.

CALCUL :

Cl^- (mg/l) = (V - V1) x 7,1.

V = ml d'Ag NO^-_3 à 0,02 N.

V1 = ml de KSCN à 0,02 N.

4.17. Détermination des Coliformes totaux (filtration par membrane)

4.17.1. Principe

L'analyse bactériologique de l'eau identifie le taux de contamination par les bactéries et qui le rendre inconsommable.

Les germes recherchés dans l'échantillon sont les coliformes totaux (CT) et les coliformes fécaux (CF) telle que (E. coli), et les streptocoques.

4.17.2. Appareillage :

1-équipement de filtration avec un porte-filtre;

2- boîte de Petri stérilisée de Ø 47 mm;

3- filtres de membrane de Ø 47 mm d'une porosité de 0,45µm, avec un carton absorbant;

4- milieu de culture (*m Endo Broth MF*);

5- Eau de dilution stérile;

6- pinces en acier inoxydable;

7- verre en acier inoxydable;

8- bec Bunsen ou une lampe à alcool;

9- pompe à vide (seringue);

10- incubateur biologique.

4.17.3. Réactifs :

1-milieu de culture déshydraté (m Endo Broth MF);

2- Eau distillée;

3-Alcool éthylique à 95%;

4.17.4. Mode opératoire

placer le filtre à membrane dans le porte-filtre avec la pince précédemment flambée et refroidie;

- agiter le flacon contenant l'échantillon au moins 25 fois;
- déboucher et flamber le goulot de la bouteille;
- verser soigneusement 100 ml d'échantillon dans le porte-filtre, en évitant que l'eau n'éclabousse les bords supérieurs;
- allumer la pompe à vide (seringue) et aspirer;
- après avoir filtré l'échantillon, laver trois fois les parois de l'entonnoir avec de l'eau de dilution stérile à hauteur de 20 ml à chaque fois en appliquant le vide;
- après le lavage et le filtration, enlever le vide et retirer l'entonnoir du support;
- retirer le porte-filtre du support et le mettre dans une boîte de Pétri, préparée au préalable, avec le côté quadrillé vers le haut à l'aide d'une pince flambée et refroidie;
- fermer la boîte de Pétri et l'incuber inversée à 35°Cpendant 24 ± 2 heures;
- après la période d'incubation, examiner le filtre et effectuer le comptage des colonies.

-Lecture des résultats

Les colonies de coliformes totales typiques ont une couleur rose au rouge foncé avec un éclat métallique.

Le brillant peut apparaître au centre ou à la périphérie de la colonie. Les non coliformes apparaissent en rouge-clair ou foncé sans le brillant métallique caractéristique.

4.18. Détermination des Coliformes thermotolérants (Méthode de la membrane filtrante)

4.18.1. Principe

Les coliformes fécaux, ou coliformes thermo-tolérants, sont un sous-groupe des coliformes totaux capable de fermenter le lactose à une température de 44°C. L'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est Escherichia coli (E. Coli),

4.18.2. Appareillage :

1-équipement de filtration avec un porte-filtre;

2- boîte de Petri stérilisée de Ø 47 mm;

3- filtres de membrane de Ø 47 mm d'une porosité de 0,45µm, avec un carton absorbant;

4- milieu de culture (*m Endo Broth MF*);

5- Eau de dilution stérile;

6- pinces en acier inoxydable;

7- verre en acier inoxydable;

8- bec Bunsen ou une lampe à alcool;

9- pompe à vide (seringue);

10- incubateur biologique.

4.17.3. Reactifs :

1-milieu de culture déshydraté (m FC Broth Base);

2- Eau distillée;

3-acide rosolique à 1%

4-NaOH 0,2 N

4.17.4. Mode opératoire

placer le filtre à membrane dans le porte-filtre avec la pince précédemment flambée et refroidie;

- agiter le flacon contenant l'échantillon au moins 25 fois;
- déboucher et flamber le goulot de la bouteille;
- verser soigneusement 100 ml d'échantillon dans le porte-filtre, en évitant que l'eau n'éclabousse les bords supérieurs;

- allumer la pompe à vide (seringue) et aspirer;
- après avoir filtré l'échantillon, laver trois fois les parois de l'entonnoir avec de l'eau de dilution stérile à hauteur de 20 ml à chaque fois en appliquant le vide;
- après le lavage et le filtration, enlever le vide et retirer l'entonnoir du support;
- retirer le porte-filtre du support et le mettre dans une boîte de Pétri, préparée au préalable, avec le côté quadrillé vers le haut à l'aide d'une pince flambée et refroidie;
- fermer la boîte de Pétri et l'incuber inversée à 35°Cependant 24 ± 2 heures;
- après la période d'incubation, examiner le filtre et effectuer le comptage des colonies.

Lecture des résultats

examiner le filtre en effectuant le comptage des colonies; les colonies indicatives de coliformes fécaux (thermo tolérants) apparaissent en bleu. Les non coliformes apparaissent avec une coloration claire ou rosée.



Figure 31 : Résulta d'analyse bactériologie [31]

CHAPITRE V : RESULTATS ET DISCUSSIONS

1. Résultats des analyses physico-chimiques

Les résultats des paramètres physico-chimiques de l'eau d'Oued Saf-Saf sont rassemblés dans le tableau en annexe **(voir Annexe II)**.

2. interprétation des résultats des paramètres physico-chimiques

2.2. La Température

La température de l'eau est un paramètre important pour la vie aquatique. En effet, la majorité des paramètres physico-chimiques et biochimiques sont dépendent de la température **(J rodier, 2009).** Les résultats de mesure de la température de l'eau sont résumés ci-dessous **(Figure 32)**:

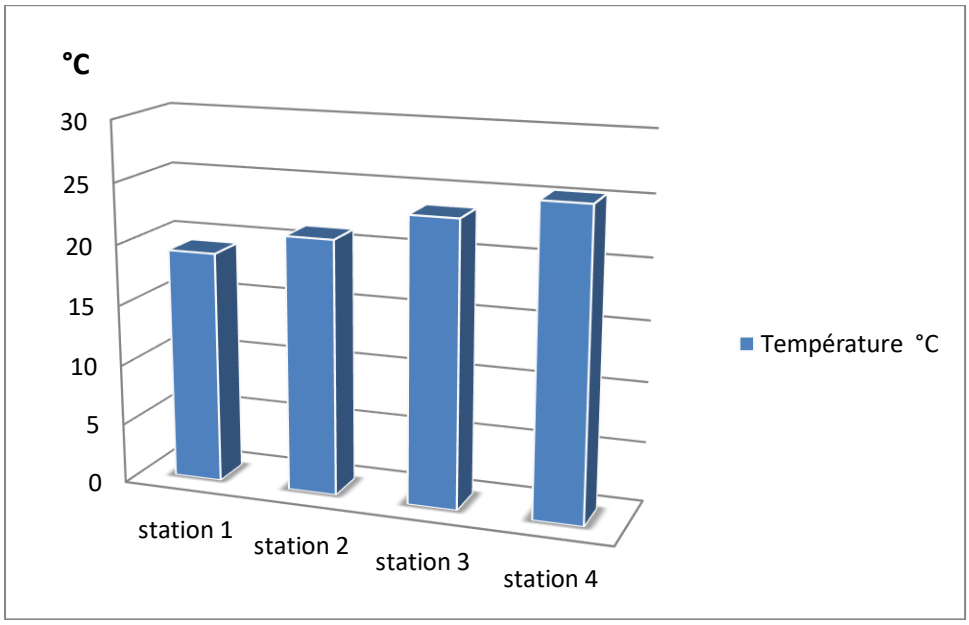


Figure 32: Variations de la température de l'eau de l'Oued Saf-Saf (Avril 2026)

D'après les résultats présentés dans la **figure 32**, nous observons que la valeur maximale de **25.3 °C** a été enregistrée dans la station 4, et la valeur minimale est de **19.2°C** a été enregistrée dans la station 4.

La température moyenne des eaux de l'oued est de 22.3 °c durant la période de prélèvement.
D'après la grille de classification de la qualité de l'eau selon la température, notre eau est considérée comme de qualité normale daprés les normes admissibles des eaux superficielles et souterraines destinées à l'alimentation en eau des populations (< 25 °C) **.**

D'une façon générale, la température des eaux est influencée essentiellement par les variations climatiques.

Plusieurs facteurs peuvent influencer l'augmentation de la température à la station 4 par rapport à la station 1

Cependant, le facteur le plus important est la température des eaux de rejets des (voire Annexe 05). Et cela confirmé par **[28]**.

1.2.1. Potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH des écosystèmes aquatiques est utilisé comme paramètre substitut pour représenter les relations complexes entre la chimie de l'eau et les effets biologiques. Il donne une indication sur l'acidité ou l'alcalinité d'une eau **[46]**.

C'est l'un des paramètres les plus importants pour l'évaluation de la qualité d'eau. Il caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique et dépend de facteurs multiples, dont l'origine de l'eau **(Figure 33)**.

Les résultats de mesure de pH de l'eau sont résumés ci-dessous :

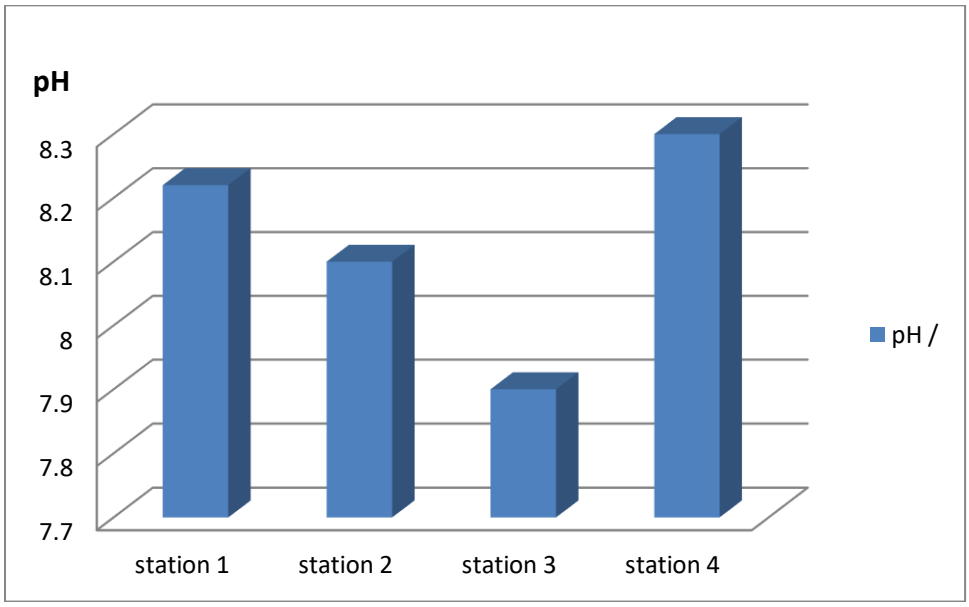


Figure 33: Variations de pH de l'eau de l'Oued Saf-Saf (Avril 2026)

En ce qui concerne le pH, la valeur maximale qui a été enregistrée au niveau de la station 04 est

de **8.30**, avec une valeur minimale de **7.9** au niveau de la station 04 durant le mois d'Avril,

La pH moyenne des eaux de l'oued est de 8.10 durant la période de prélèvement.

Selon la grille de classification des eaux d'Oued Saf-Saf, la qualité d'eau est bonne (< 8) **[34].**

Selon **l'OMS (2004),** le pH d'une eau superficielle doit être compris entre 6,5 et 8,5. La légère alcalinité pourrait être expliquée par l'activité biologique au sein de l'Oued, par la nature des sols traversés et/ou par l'apport des eaux des rejets.

Ces valeurs sont compatibles avec celles rapportées par **[46].,** avec un pH < 8 (très bonne) et avec un pH de 6,5 à 8,5 (bonne).

Cette gamme de pH favorise la croissance des microorganismes. Cette légère alcalinité des eaux des trois sites peut être rapportée essentiellement à la nature chimique des effluents rejetés dans l'Oued **[28]**.

1.2.2. La Conductivité électrique

Une conductivité électrique élevée est synonyme de pollution de l'eau. Elle permet d'avoir une idée sur là de l'eau. Une conductivité élevée traduit soit des pH anormaux, soit une salinité élevée **(Rodier *et al.*, 2009)**.

La conductivité est également fonction de la température de l'eau : elle est plus importante lorsque la température augmente. Elle s'exprime en micro siemens par centimètre **.**

. Les résultats de mesure de la conductivité de l'eau sont résumés ci-dessous :

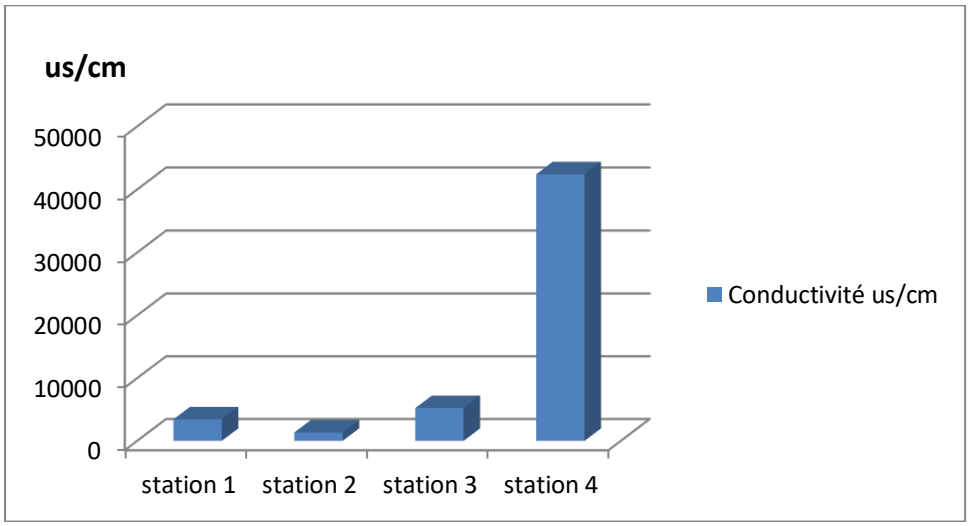


Figure 34: Variations de La conductivité électrique l'eau de l'Oued Saf-Saf ((Avril 2026)

La conductivité enregistrée dans cette étude montre des variations importantes dans les eaux des stations analysées. Elle est comprise entre **42400 µS/cm** dans la station 4 (valeur maximale) pendant le mois d'Avril et **1340 µS/cm** (valeur minimale) qui a été enregistrée au niveau de la station 01.

La conductivité moyenne des eaux de l'oued est de 13080Usm/cm durant la période de prélèvement.

Ceci est dû à l'impectes des eaux des rejets des eaux usées (rejets industriels et urbain). Et cela confirmé par **[42]**.

D'après le Décret exécutif n° 11-219 du 10 Rajab 1432 correspondant au 12 juin 2011 fixant les objectifs de qualité des eaux superficielles et souterraines destinées à l'alimentation en eau des populations. La qualité de l'eau d'Oued Saf-Saf à travers le valeur moyenne de conductivité des quatre prélèvements, donc nous avons conclu que la qualité de l'eau est passable (>2800 uS/cm) et acceptable pour le station 01,02 et 3 (< 2800 uS/cm).

D'après **[46]**, les valeurs supérieures à 1000 µS/cm indiquent une très forte charge d'éléments minéraux.

L'augmentation significative des valeurs CE dans la zone d'étude est due au rejet d'eaux usées domestiques et concernant Les fortes valeurs au niveau de la station N°04 est due aux rejets d'eaux industrielles des centrale thermique (eaux de refroidissement), qui transportent une grande quantité de minéraux conducteurs dissous dans les plans d'eau **[42]**.

1.2.3. Oxygène dissous

L'oxygène est un élément indispensable pour la vie des microorganismes. Il favorise les réactions chimiques qui fournissent de l'énergie. L'eau contient toujours de l'oxygène dissous. Les eaux superficielles peuvent en contenir des quantités relativement importantes par contre les eaux profondes ne contiennent le plus souvent que quelques milligrammes par litre **(Figure 35) [28]**.. Les résultats de mesure de l'oxygène dissous de l'eau sont résumés ci-dessous :

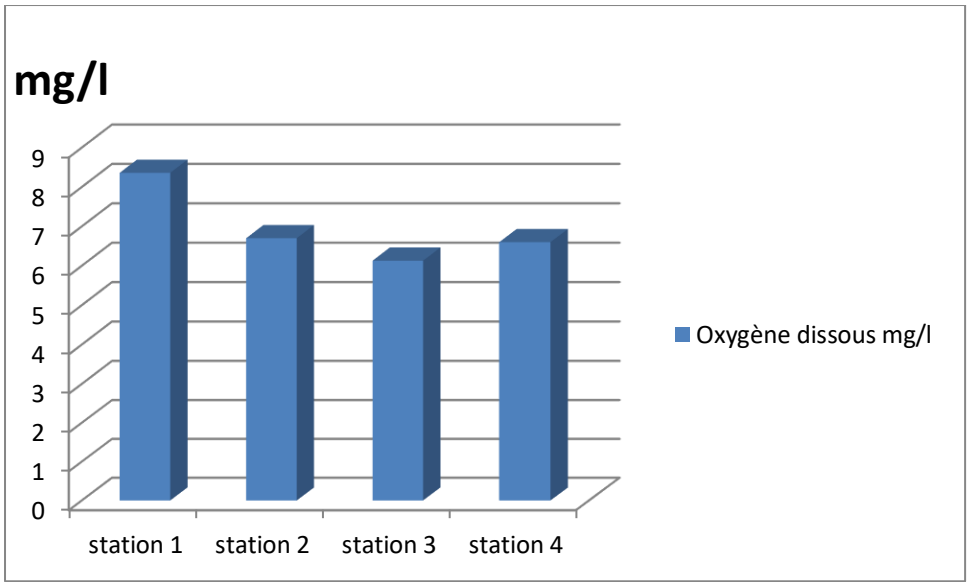


Figure 35 : Variations de l'oxygène dissous de l'eau de l'Oued Saf-Saf (Avril 2024)

L'oxygène dissous enregistré pendant la période d'étude est représenté dans la figure qui suit. La valeur minimale est obtenue durant les mois de prelevemnt dans la station 3 **(7.13 mg/l)** et la valeur maximale est enregistrée au niveau de la station N°1 **(8.36 mg/l)**.
durant la période de prélèvement la valeur moyenne de l'oxygène dissous est de 7.67 **mg/l.**.

D'après les résultats des variations de l'oxygène dissous dans l'eau d'Oued Saf-Saf, nous avons constaté que : la qualité de l'eau est moyenne **[34]**, contrairement aux résultats de **[28]** qui ont constaté que la qualité de l'eau était médiocre (< 3 mg/L).

Les variations de l'oxygène dissous ont une relation inverse avec la température **[46]**.

Ces variations probablement liées aux échanges entre l'atmosphère et la Surface de l'eau, la température, salinité...etc. **[46]**

1.2.4. La Salinité

La salinité est une mesure qui exprime la masse de sels dissous que contient une eau. Le lessivage intense des sols se traduit par une augmentation de la salinité **[28]** Les résultats de mesure de la salinité de l'eau sont résumés ci-dessous**(Figure 36)** :

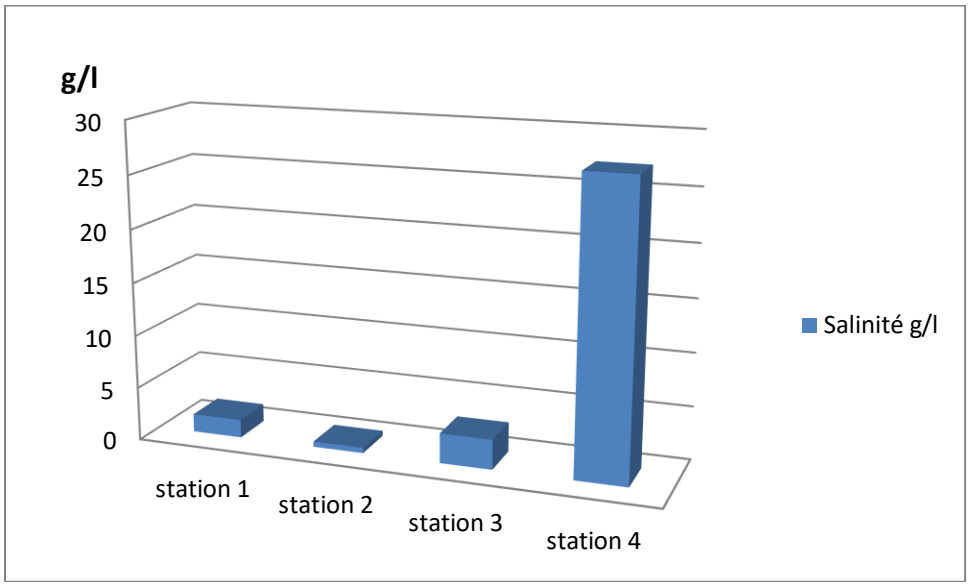


Figure 36: Variations de la Salinité de l'eau de l'Oued Saf-Saf (Avril 2026)

Les variations de la salinité d'eau de l'Oued Saf-Saf entre les 4 stations est très élevée.
La valeur minimale est obtenue durant les mois de prelevemnt dans la station 02 **(0.5 g/l)** et la valeur maximale est enregistrée au niveau de la station N°4 **(27 mg/l)**.

Selon la grille de classification des eaux d'Oued **[34]**, la qualité d'eau de station N° 1,2 et 3 varié entre (0.5 à 2.8 g/L) qui indique est eaux douces. Par contre le S4 varié entre (27.3 g/L) qui indique une eau salée.

Les fortes valeurs au niveau de la station N°04 est due aux rejets d'eaux industrielles des centrale thermique (eaux de refroidissement), qui transportent une grande quantité de minéraux conducteurs dissous dans les plans d'eau **[43]**.

1.2.5. Turbidité

C'est un paramètre important dans le contrôle de la qualité des eaux **[06]**

La turbidité d'une eau est causée par la présence des matières en suspension ou par des substances en solution comme les substances minérales (sable, argiles ou limons), des matières organiques (matières organiques morts ou des végétaux en décomposition, du plancton suspendu) ou d'autres matières microscopiques qui forment un obstacle au passage de la lumière dans l'eau **[28]**. Les résultats de la turbidité des eaux sont présentés sur **la figure 37** ci-dessous :

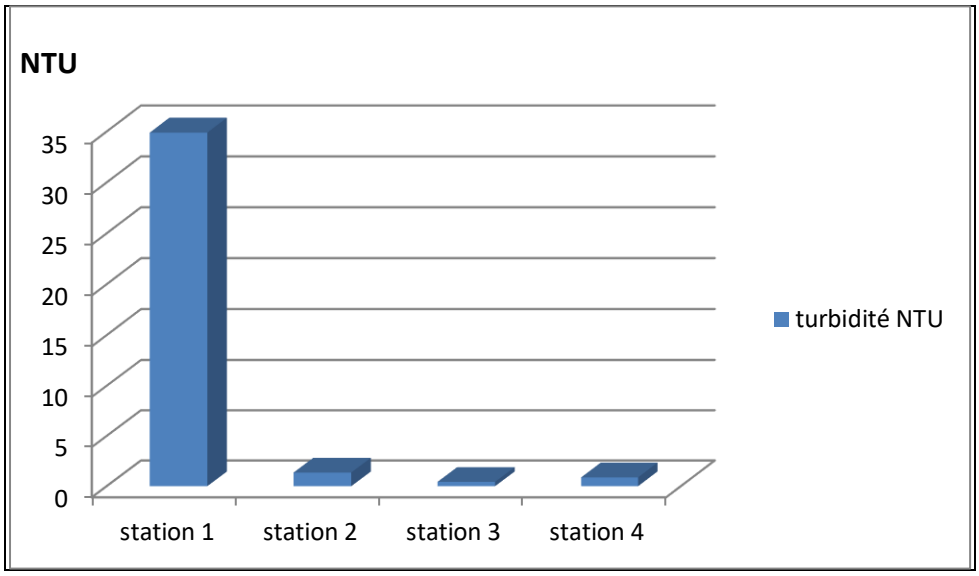


Figure 37 : Variations de la turbidité de l'eau de l'Oued Saf-Saf (Avril 2026)

On a observé que la valeur maximale au niveau de la station 1 pendant le mois d'avril est égale à **34.9 NTU** et la valeur minimale enregistrée est **0.43 NTU** au niveau de la station 3

Selon la grille d'appréciation de la qualité d'eau, la qualité de l'eau d'Oued Saf-Saf de la est bonne. [34]

Certaines conditions météorologiques peuvent modifier la turbidité de l'eau, comme les la pluviométrie, qui sont des facteurs qui augmentent la turbidité **[28]**.

1.2.6. La Demande Biochimique en Oxygène DBO

La DBO un des paramètres qui permettent d'évaluer la teneur en matières organiques biodégradable

Les phénomènes d'autoépurations dans les eaux superficielles résultent par la dégradation des charges organiques polluantes par les micro-organismes. L'activité de ces derniers tend à consommer de l'oxygène et c'est cette diminution de l'oxygène dans le milieu qui est mesurée par la DBO 5.

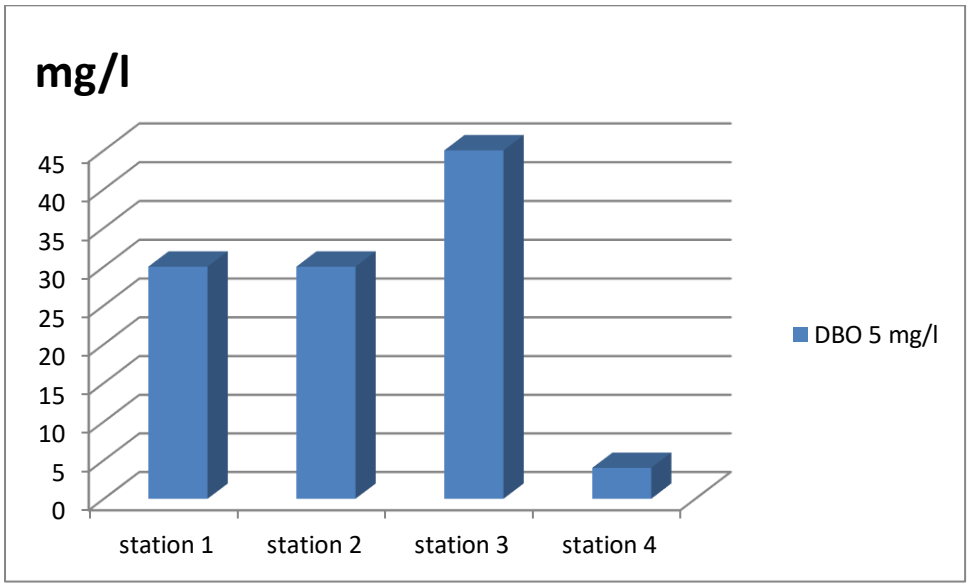


Figure 38 : Variations de la demande biochimique en oxygène de l'eau de l'Oued Saf-Saf (Avril 2026)

Les valeurs enregistrées de la DBO5 des sites 1, 2, et3 sont très élevées, elles sont comprises entre 30 mg/l et 45 mg/l et avec une valeur minimal de 4 mg/l au niveau de la station 4.

La baisse teneure en DBO au niveau de la station 4 est due au phénomène de dilution causée par le fort débet des eaux de rejets des centrales thermique rejetées sur site.

Les valeurs enregistrées de la DBO5 dépassent les normes admissibles des eaux superficielles et souterraines destinées à l'alimentation en eau des populations (7 mg/l).

Selon la grille d'appréciation de la qualité d'eau, la qualité de l'eau d'Oued Saf-Saf de la est de qualitée pollution excessive pour les stations 1,2 et 3 et bonne qualité pour la station 4 **[34]**.

1.2.7. La Demande Chimique en Oxygène DCO

La DCO (Demande Chimique en Oxygène) est la quantité d'oxygène consommée par les matières oxydables dans des conditions de l'essai. Contrairement à la DBO_5 où l'oxydation se fait lentement par l'activité des microorganismes, l'oxydation est provoquée à l'aide d'un

oxydant puissant (bichromate de potassium) et sous des conditions bien déterminées (ébullition, catalyseur,...). Alors que la DBO_5 ne mesure que la matière organique naturellement et rapidement dégradable, la DCO permet de mesurer la majeure partie de la matière organique biodégradable et peu dégradable. C'est pourquoi les valeurs de DCO sont nécessairement supérieures aux valeurs de DBO_5. L'examen de l'évolution de la teneur de la DCO dans l'eau de la cuvette du barrage varie entre une valeur maximale de 85 mg/l et une valeur minimale de 10 mg/l, la moyenne est de l'ordre de 31,8 mg/l. L'évolution globale de ce paramètre montre une tendance positive traduisant l'augmentation de la charge polluante suite à l'action anthropique (Fig. N°VI-12).

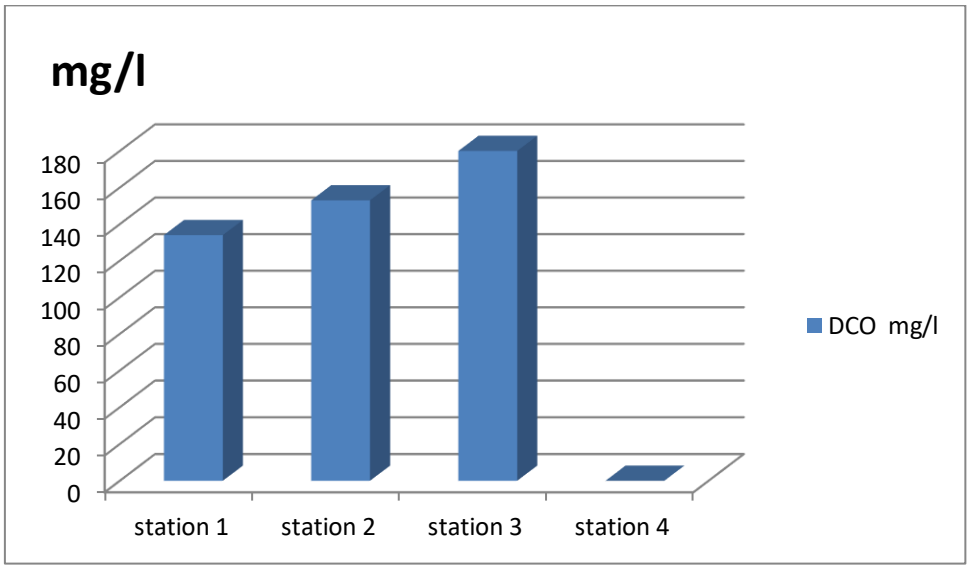


Figure 39 : Variations de la demande chimique en oxygène de l'eau de l'Oued Saf-Saf (Avril 2026)

Les valeurs enregistrées de la DCO des sites 1, 2 et 3 sont très élevées, elles sont comprises entre 134 mg/l (minimum) et 180 mg/l la moyenne est de l'ordre de 155.6 mg/l et dépassent les normes admissibles des eaux superficielles et souterraines destinées à l'alimentation en eau des populations (30 mg/l).

Selon la grille d'appréciation de la qualité d'eau, la qualité de l'eau d'Oued Saf-Saf de la est de qualité pollution excessive pour les stations 1,2 et 3 et bonne qualité **[34]**.

pour la station 4 l'analyse de la DCO n'a pas effectuée a cause que l'application de la méthode sur les échantillons qui ont une concentration du Cl^- >1g/l est à déconseiller (ISO 6060 :1989)

1.2.8. Les Matières en Suspension

Les analyses des MES permettent de connaître la quantité de matière non dissoutes, quelles soient organiques ou minérales

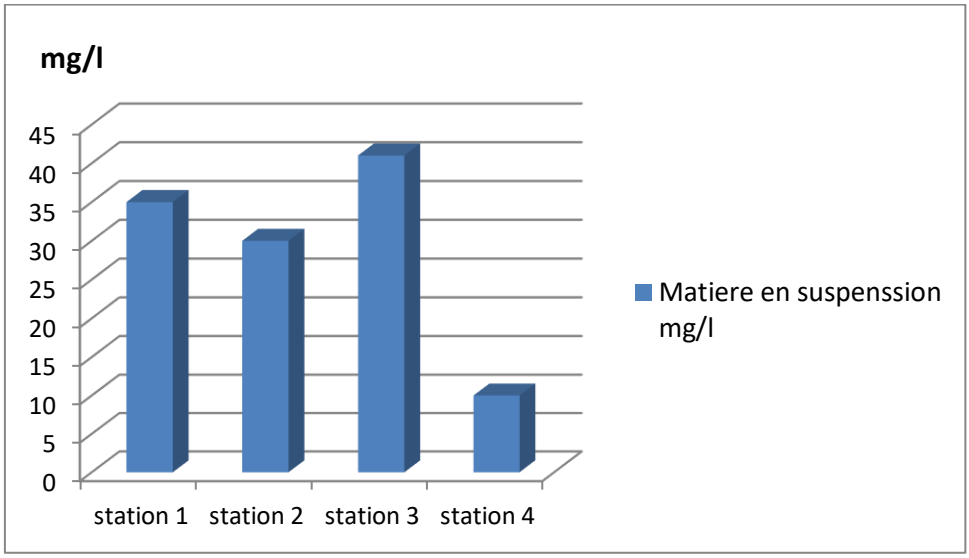


Figure 40 : Variations des matières en suspension de l'eau de l'Oued Saf-Saf (Avril 2026)

Les valeurs enregistrées de la MES des sites 1, 2 et 3 sont très élevées, elles sont comprises entre 34 mg/l et 40 mg/l et dépassent les normes admissibles des eaux superficielles et souterraines destinées à l'alimentation en eau des populations (25 mg/l).

La baisse teneure en MES au niveau de la station 4 est due aux phénomène de dilution causées par les forte débets des eaux de rejets industrielles de la centrale thermique rejetées sur site, en plus la grandes largeur de l'oued sur site qui baisse la viteuse d'ecoulement des eaux et augmnte le phénomène de décantation (embouchure).

1.2.9. Les nitrites

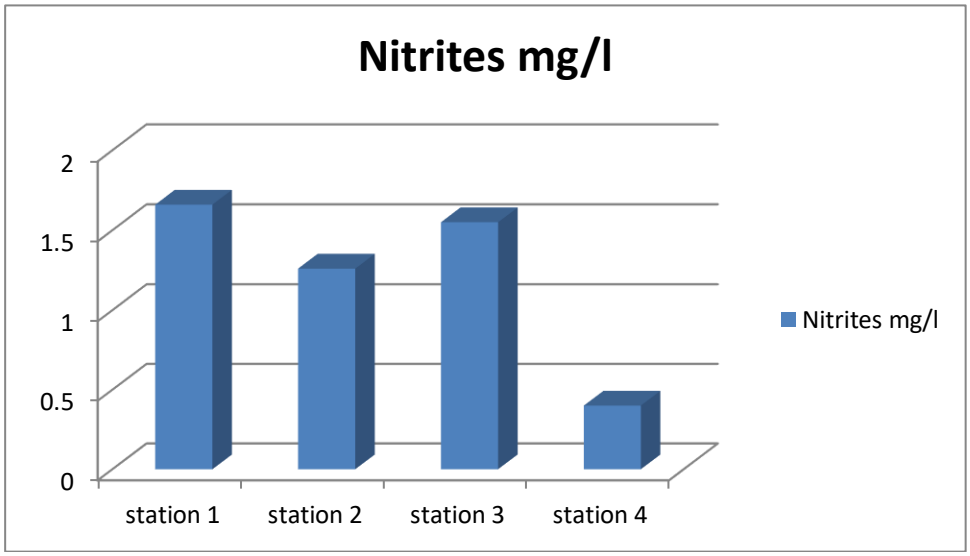


Figure 41 : Variations des Nitrites de l'eau de l'Oued Saf-Saf (Avril 2026)

Les valeurs enregistrées des nitrites des sites 1, 2 et 3 sont très élevées, elles sont comprises entre 1.6 mg/l et 2.6 mg/l et

Selon la grille d'appréciation de la qualité d'eau, la qualité de l'eau d'Oued Saf-Saf est pollution excessive pour les sites 1,2 et 3 (>1) et entre passable et médiocre pour les sites 4 **[34]**.

1.2.10. Les nitrates

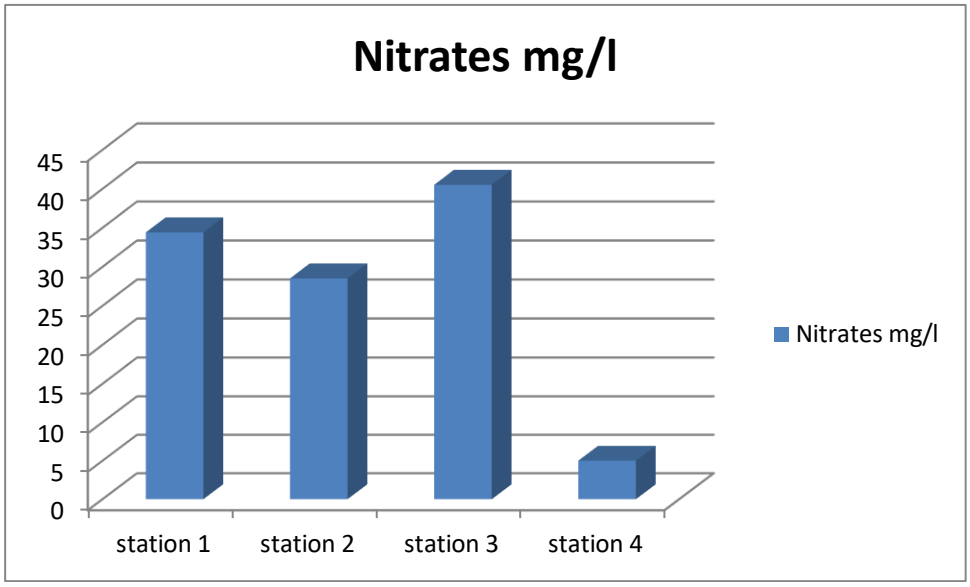


Figure 42 : Variations des Nitrates de l'eau de l'Oued Saf-Saf (Avril 2026)

D'après les résultats obtenus, on remarque que les valeurs des nitrates (NO^-_3) sont faibles et en dessous des valeurs limites maximales des paramètres des eaux des eaux superficielles et souterraines destinées à l'alimentation en eau des populations où la valeur de la (NO^-_3) est égale à 50 mg/l. La valeur la plus importante est celle du site 3 avec 40.5 mg/l.

Selon la grille d'appréciation de la qualité d'eau, la qualité de l'eau d'Oued Saf-Saf est entre passable et médiocre pour les sites 1,2 et 3 et bonne pour les sites 4 **[34]**.

1.2.11. L'azote ammoniacal

D'après les résultats obtenus, on remarque que les valeurs de l'ammonium (NH^+_4) sont depasses les valeurs limites maximales des paramètres des eaux des eaux superficielles et souterraines (4 destinées à l'alimentation en eau des populations où la valeur de l'ammonium est égale à 4 mg/l. La valeur la plus importante est celle du site 3 avec 13.1 mg/l.

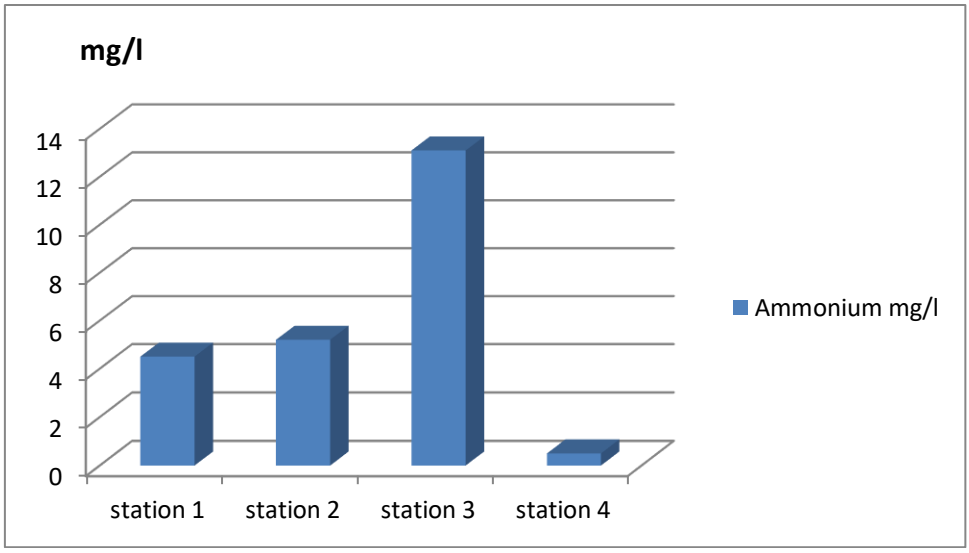


Figure 43 : Variations de l'ammonium de l'eau de l'Oued Saf-Saf (Avril 2026)

Selon la grille d'appréciation de la qualité d'eau, la qualité de l'eau d'Oued Saf-Saf est entre passable et médiocre pour les sites 1 et 2 et a une qualitées de pollution excissive pour la station 3 avec une bonne qualité poue le site 4 **[34]**.

1.2.12. Les phosphates

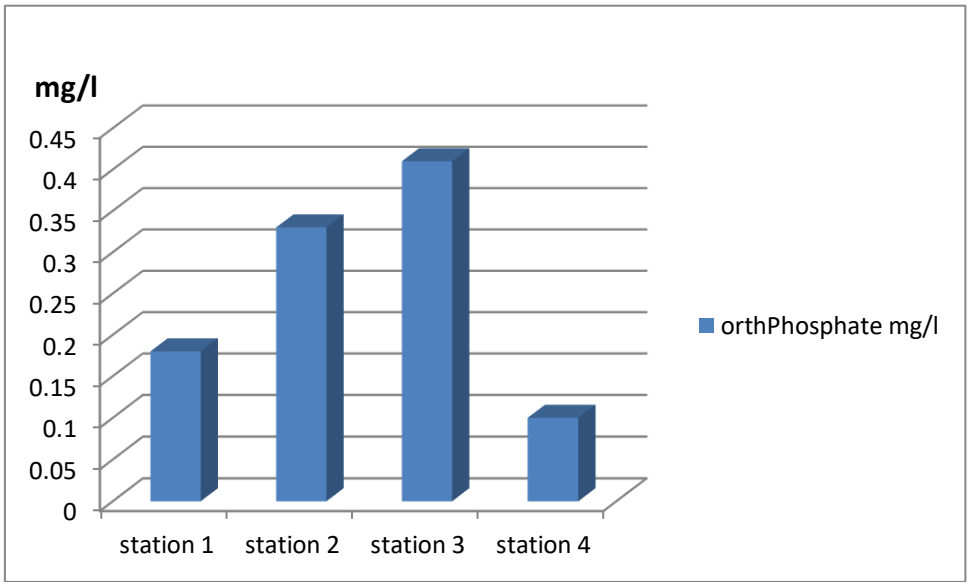


Figure 44 : Variations des Nitrites de l'eau de l'Oued Saf-Saf (Avril 2026)

D'après les résultats obtenus, on remarque que les valeurs des ortho phosphates (PO^{-3}_4) sont faibles et en dessous des valeurs limites maximales des paramètres des eaux des eaux superficielles et souterraines destinées à l'alimentation en eau des populations où la valeur

de la (NO^-_3) est égale à 10 mg/l. La valeur la plus importante est celle du site 3 avec 0.41 mg/l et la valeure minimum de 0.1 mg/l pour la station N° 4.

Selon la grille d'appréciation de la qualité d'eau, la qualité de l'eau d'Oued Saf-Saf est bonne pour les quatre sites **[34]**.

2.2. interprétations des résultats des analyses microbiologiques

Dans les milieux aquatiques, les micro-organismes tel que les bactéries, les moisissures, jouent un rôle important dans l'évolution de la qualité de l'eau. En dehors de toutes agressions, leur nombre est naturellement faible, mais peut être modifié sous l'influence de plusieurs facteurs tels que la température, l'enrichissement du milieu en substances nutritives...etc. **[41]**

Les résultats des analyses microbiologiques sont présentés dans le tableau **(Annexe 12).**

2.1. Résultats et dénombrement des germes de contamination fécale

2.1.1. Dénombrement des Coliformes totaux

Les coliformes totaux sont considérés comme de bons indicateurs de la qualité microbienne de l'eau parce qu'ils peuvent être indirectement associés à une pollution d'origine fécale **[41].**

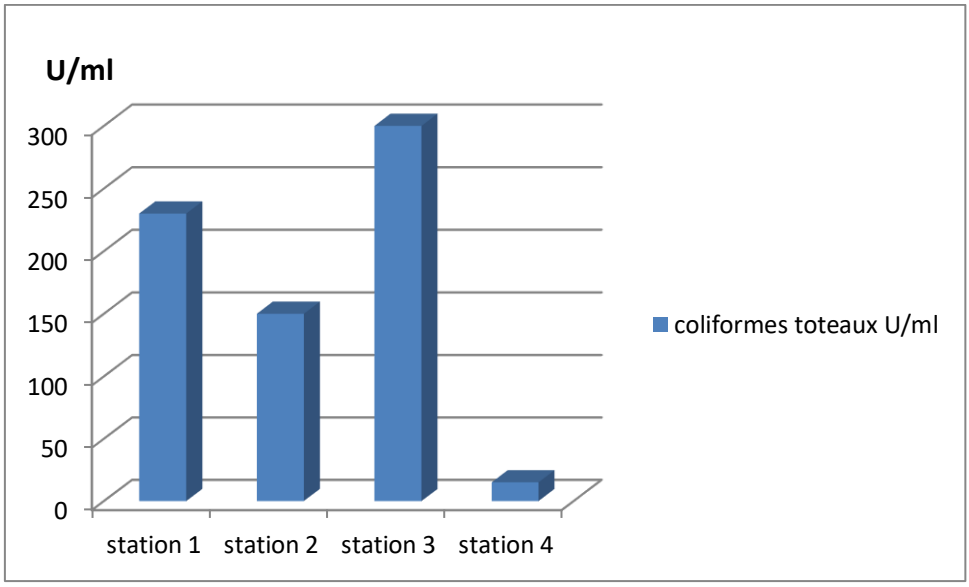


Figure 45: Estimation des coliformes totaux dans l'eau de l'Oued Saf-Saf (Avril 2026)

D'après les résultats de dénombrement des coliformes totaux dans la **figure 39,** on a observée que le nombre des CT est élevée dans les stations à **30 x10^2 CT/ml**. Ce qui suggère une contamination fécale **(Figure 45)**.

L'eau de l'Oued Saf-Saf est très riche en coliformes totaux durant la période d'étude, et aussi les résultats de **[28]**, cette augmentation peut être indiquée par la présence des eaux usées domestiques.

Bien que la présence des coliformes témoigne habituellement d'une contamination fécale, plusieurs coliformes ne sont pas d'origine fécale ; ils proviennent plutôt des eaux enrichies en matières organiques (flore naturelle des eaux et des sols). L'intérêt de la détection de ces germes, à titre d'organismes indicateurs, réside dans le fait que leur suivie dans l'environnement est généralement équivalent à celle des bactéries pathogènes et que leur densité est généralement proportionnelle au degré de pollution produit par les matières fécales **[41].**

2.1.2. Dénombrement des Coliformes fécaux

La présence des coliformes fécaux (thermo tolérants) signe l'existence quasi certaine de la contamination fécale d'une eau **[41].**

Pour le nombre des germes coliformes fécaux est un indice complémentaire confirmatif de la présence *d'Escherichia coli* parmi les coliformes dénombrés précédemment**[28].**

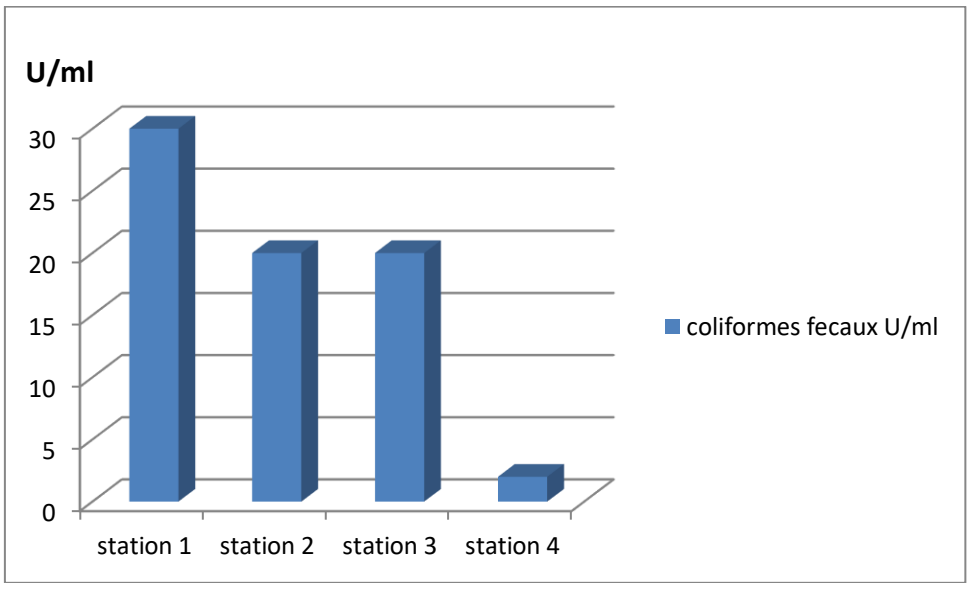


Figure 46: Estimation des coliformes fécaux dans l'eau de l'Oued Saf-Saf (Avril 2026)

D'après le graphique d'évaluation du nombre des coliformes fécaux, on observe que la valeur

maximale est de **14×10^2 CF/ml** notée dans les deux stations pendant le mois de Février, une valeur minimale au niveau de la station 1 pendant le mois de Mars est **30 CF/ml.** Tandis la valeur la plus basse qu'au niveau de la station 2, c'est **20 CF/ml** durant le mois Mars

La présence des coliformes fécaux (*Escherichia coli*) dans l'eau met en évidence une pollution d'origine fécale, humaine ou animale **[41].**

La présence des coliformes thermo tolérants indique une présence d'une contamination fécale de l'eau. Cela peut être dû aux eaux usées déversées dans les eaux de cet Oued, aux rejets domestiques et industriels.

3.Analyse en Composantes Principales

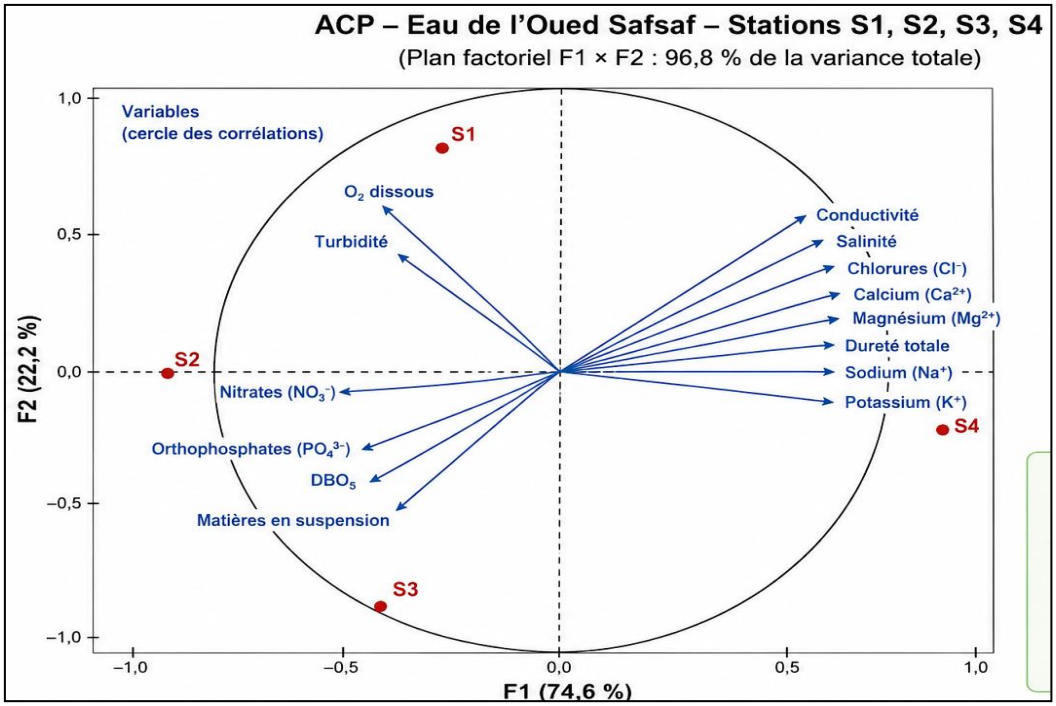


Figure 47: Analyse en Composantes Principales de l'eau de l'Oued Saf-Saf (Avril 2026)

3.1.Interprétation des axe

3.1.1. Axe minéral F1 (74.6)

Fortement corrélation positive avec le conductivité, la salinité, les chlorures, calcium, magnésium, sodium, potassium et la dureté totale

3.1.2. Axe pollution organique F2 (22.2)

Oppose l'oxygène dissous et la turbidité pole positive au nitrate, ortho phosphate, DBO5 et MES (pole négative)

3.2. Interprétation des station

S4 : très forte minéralisation (eau saumâtre) influence des eaux de rejets de refroidissement de la centrale thermique SPE.

S1 : bonne oxygénation et turbidité élevée, faible pollution nutritive

S2 : faible minéralisation, niveau moyenne de nutriment et matières organiques.

S3 plus forte pollution organique et nutritive (nitrate, phosphate DBO5 et MES)

L'Analyse en Composantes Principales a montré que les deux premiers axes factoriels expliquent 96,8 % de la variance totale des données. L'axe F1 (74,6 %) est principalement associé aux paramètres de minéralisation (conductivité, salinité, chlorures, calcium, magnésium, sodium et

dureté totale), permettant d'isoler la station 4 caractérisée par une forte charge saline. L'axe F2 (22,2 %) reflète essentiellement la pollution organique et nutritive, en opposant les paramètres tels que les nitrates, les ortho phosphates et la DBO5 à l'oxygène dissous. Les résultats mettent en évidence une différenciation nette entre la station 4 et les stations amont, suggérant une influence des rejets industrielles importantees au niveau aval de l'oued (les eaux de reroidisemebt ducentral termique).

CONCLUSION

La présente étude a permis d'évaluer la qualité physico-chimique des eaux de l'Oued Saf-Saf, principal cours d'eau de la région de Skikda. Les analyses effectuées sur les différents échantillons prélevés ont fourni une vision globale de l'état de cette ressource hydrique et des facteurs susceptibles d'influencer sa qualité.

Les résultats obtenus montrent que la composition chimique des eaux de l'Oued Saf-Saf est fortement influencée par les caractéristiques géologiques du bassin versant ainsi que par les activités humaines présentes dans la région. Les paramètres physico-chimiques mesurés révèlent une minéralisation variable selon les stations et les périodes d'échantillonnage. Les teneurs observées en ions majeurs traduisent les phénomènes naturels de dissolution des formations géologiques, tandis que certaines variations des nutriments et de la matière organique peuvent être associées aux rejets domestiques, agricoles et industriels.

L'interprétation hydrochimique met en évidence un faciès dominant caractéristique des eaux de surface de la région méditerranéenne, avec une influence notable des processus d'altération des roches et des échanges eau-roche. Les analyses statistiques réalisées ont permis de mettre en évidence les relations existantes entre les différents paramètres étudiés et d'identifier les principaux facteurs contrôlant la qualité des eaux.

Dans l'ensemble, la qualité des eaux de l'Oued Saf-Saf demeure acceptable dans plusieurs secteurs, mais certains points présentent des signes de dégradation liés aux pressions anthropiques. Cette situation souligne la nécessité de renforcer les mesures de protection de cette ressource et de mettre en place un suivi régulier afin de prévenir toute détérioration future.

Ainsi, la préservation de l'Oued Saf-Saf constitue un enjeu environnemental majeur pour la région de Skikda. Une gestion intégrée du bassin versant, associée à un contrôle rigoureux des rejets polluants et à une sensibilisation accrue des différents acteurs, apparaît indispensable pour garantir la durabilité de cette ressource en eau et la protection des écosystèmes aquatiques qui en dépendent.

Recomandation

Renforcer le suivi périodique de la qualité des eaux sur l'ensemble du bassin versant.

Intégrer les analyses microbiologiques et des métaux lourds dans les futurs travaux.

Évaluer l'impact saisonnier des activités agricoles et urbaines sur la qualité des eaux.

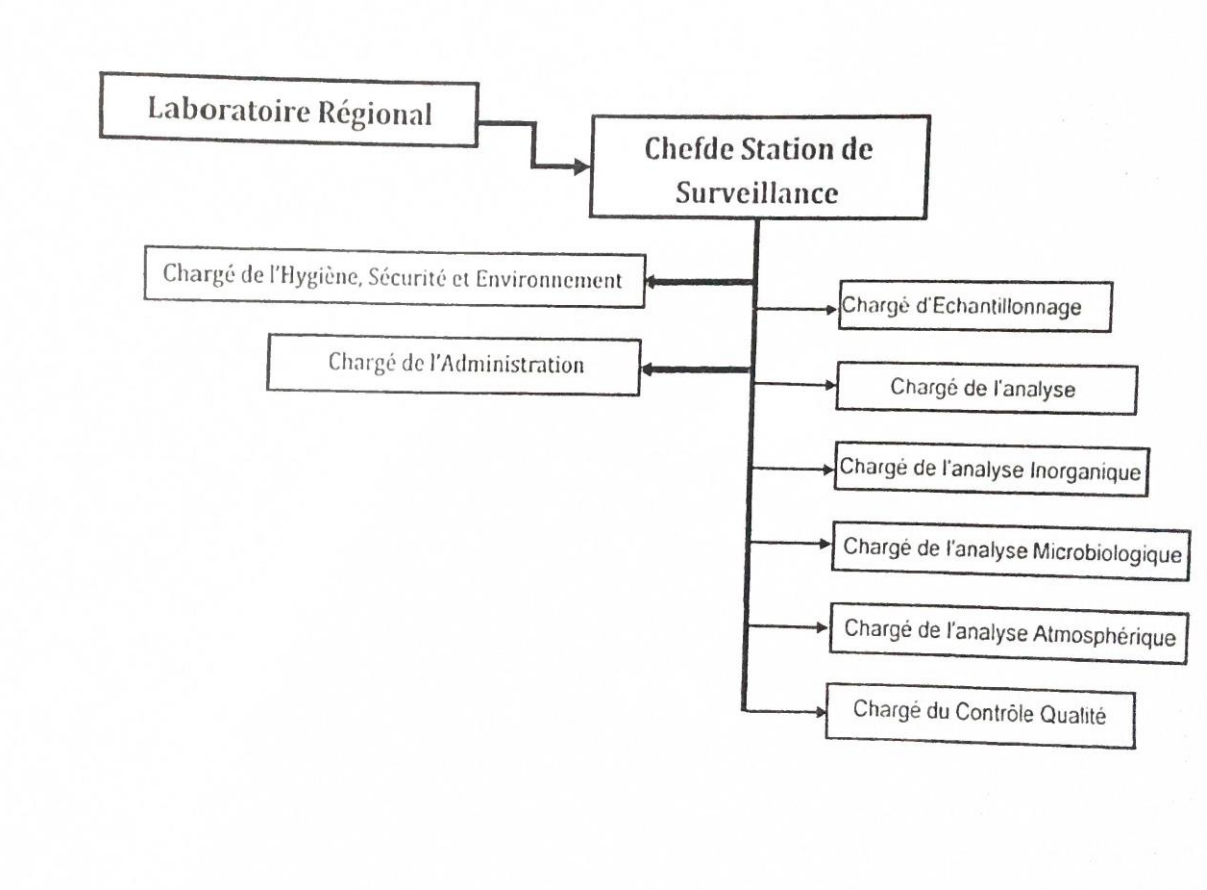
Mettre en œuvre des programmes de réduction des rejets polluants.

Développer une stratégie de gestion durable des ressources en eau du bassin versant de l'Oued Saf-Saf.

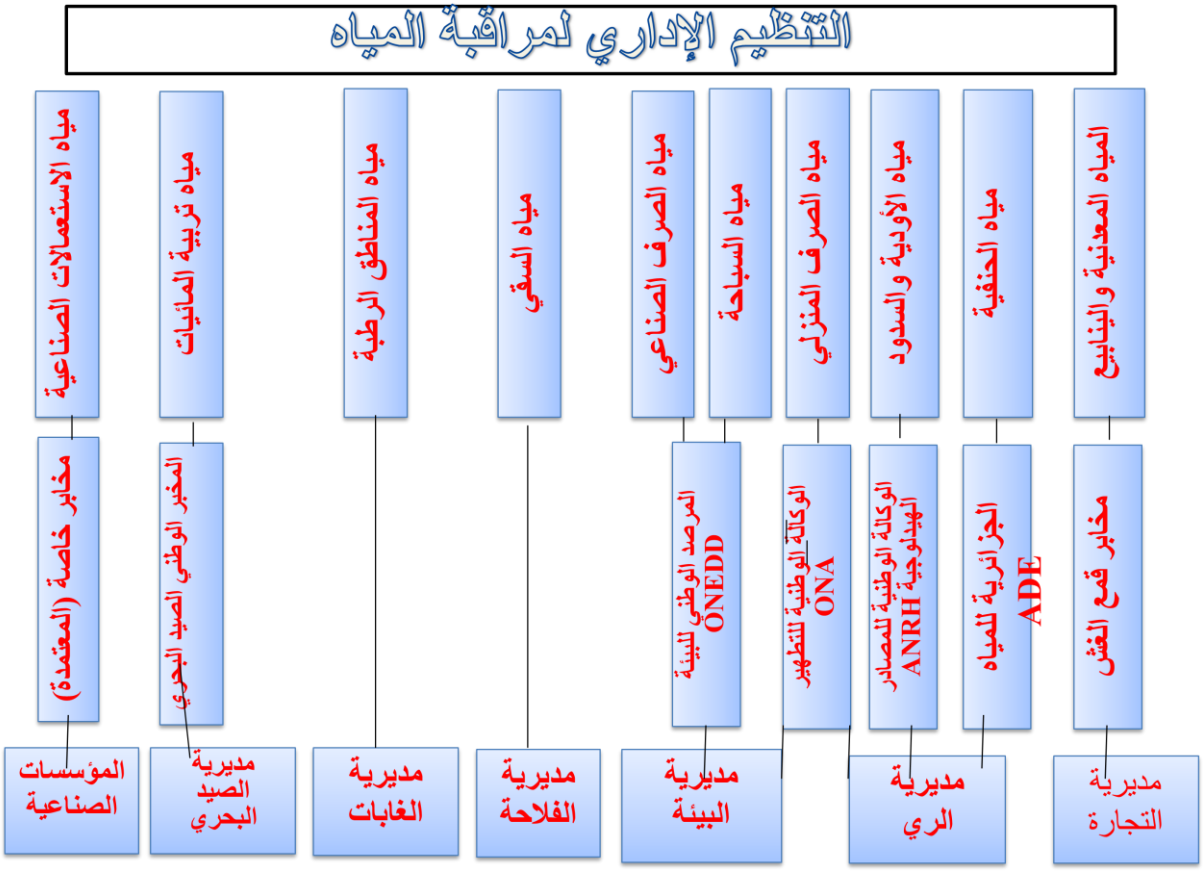
Mots-clés : Qualité des eaux superficielles, hydrochimie, bassin versant, Oued Saf-Saf, Skikda, pollution hydrique, gestion durable des ressources en eau.

ANNEX

Annexe 1 : Organigramme ONEDD/station de surveillance



Annexe 2 :



(ONEDD /SSSk 2020)

Annexe 3 : résultats des analyse physico chimique et bactériologique

Paramètres	Unités	Résultats							Normes d'Analyses
		st1	st2	st 3	st 4	Min	Max	moy	
Température	°C	19,2	21,1	23,5	25,3	**19,2**	**25,3**	**22,27**	Multi-Paramètres
pH	/	8,22	8,1	7,9	8,2	**7,9**	**8,22**	**8,11**	
Conductivité	us/cm	3430	1340	5220	42400	**1340**	**42400**	**13098**	
Salinité	g/l	1,7	0,5	2,8	27,3	**0,5**	**27,3**	**8,07**	
Oxygène dissous	mg/l	8,36	7,7	7,13	7,6	**7,13**	**8,36**	**7,70**	
DCO	mg/l	134	153	180	/	**134**	**180**	**155,67**	ISO 6060:1989
DBO 5	mg/l	30	30	45	4	**4**	**45**	**27,25**	Instrumentale
MES	mg/l	35	30	41	10	**10**	**41**	**29**	ISO 11923 :1997
Nitrates	mg/l	20,4	28,5	40,5	0,5	**0,5**	**40,5**	**22,48**	NF T 90-012
Nitrites	mg/l	1,66	1,26	1,55	0,4	**0,4**	**1,66**	**1,22**	NF T 90-013
Ammonium	µg/l	4,5	5,2	3,1	0,5	**0,5**	**5,2**	**3,33**	DIN 38 406-5:1983
Ortho Phosphate	mg/l	0,18	0,33	0,41	0,1	**0,1**	**0,41**	**0,26**	ISO 6878:2004
turbidité	NTU	34,9	1,36	0,43	0,88	**0,43**	**34,9**	**9,39**	Instrumentale
potassium	mg/l	24	60	158	330	**24**	**330**	**143**	J.Rodier 2009
sodium	mg/l	390	700	1400	9200	**390**	**9200**	**2922,5**	J.Rodier 2009
Dureté total	mg/l	714	426	640	6300	**426**	**6300**	**2020**	NF T 90-003
Calcium	mg/l	330	300	360	950	**300**	**950**	**485**	NF T 90-005
Magnésium	mg/l	384	226	280	5350	**226**	**5350**	**1560**	NF T 90-005
Chlorures	mg/l	1491	160	1562	19500	**160**	**19500**	**5678,3**	NF T 90-036
HGT	mg/l	<2	<2	3.1	5.6	**2**	**5.6**	**3.2**	J.Rodier 2009
coliformes toteaux	U/100 ml	230	150	300	15	**15**	**300**	**173.7**	J.Rodier 2009
coliformes fecaux	U/100 ml	60	20	70	2	**2**	**70**	**38**	J.Rodier 2009

Annexe 4 : Les effluents liquides générés par le pole pétrochimique au niveaude l' *Oued Safsaf*

Etablissement	Localisation	Nature d'activité	Quantité d'eau consommée		Quantité d'eau rejetée (m^3/j)	Type de traitement	Milieu récepteur
			Utilisation	Quantité (m^3/j)			
GNL/K	Zone Industrielle BP 72 Skikda	Liquéfaction du gaz naturel	Production de refroidissement	721550	722235.17 **(m^3/j)**	Fosse de Neutralisation	La mer Oued Saf
			Déminéralisation	1356			
			Autres (Process ; Réseau incendie ; Lavage/nettoyage Sanitaires ;	/			
RA1/K	Zone industrielle BP 108 Skikda	Raffinage du pétrole	Production de refroidissement	4264	657000**(m^3/an)**	//	–Saf, Oued Marhoum la Mer
			Déminéralisation	3300			
			Autres	/			
RTE	Zone Industrielle BP49 Skikda	Transport des hydrocarbures liquides et gaz naturels par canalisation	refroidissement	//	31855**(m^3/an)**		Oued Saf – Saf,
			Déminéralisation	//			
			Sanitaires	1572			
			Autres				
Sks	Zone Industrielle BP 371 Skikda	Production de l'énergie électrique	Proces	23328000	23327054**(m^3/j)**	Station d'épuration	Oued Saf – Saf,
			Lavage/nettoyage	408			
			Domestique/ Sanitaires	960			
			Process	72			
			Autres	//			
CET	Zone Industrielle BP 89 Skikda	Production d'électricité	Process	//	1056095 **(m^3/j)**	Fosse de Neutralisation	- Oued Saf – Saf (oued zeramna),
			Lavage/nettoyage	1825 **(m^3/an)**			
			Domestique/ Sanitaires	172199**(m^3/an)**			
			Autres	388944000 **m^3/an)**			
RA2/K	Complexe topping Condensat BP 363 Skikda	Treatment de Condensat	refroidissement	24	71180 **(m^3/an)**	Station de traitement	Oued Saf – Saf,
			Lavage/nettoyage	49.8 **(m^3/an)**			
			Autres	//			

Autres :Process ; Réseau incendie ; Lavage/nettoyage Sanitaires ; **DEW (2012)**

Annexe 5 : Les effluents liquides générés par la Zone d'activité Hamrouche Hamudi au niveaude l' *Oued Safsaf*

Etablissement	Quantité d'eau consommée		Quantité rejeté (m^3/j)
	Utilisation	Quantité (m^3/j)	
CCLS	Lavage/nettoyage	2182	*//*
Les Moulins de Semoule Hammdi Krouma	Lavage/nettoyage	**3**	***04(m^3/j)***
	Autres	//	
Agroroute	Lavage/nettoyage	0.3	*//*
	Sanitaires	0.1	
	Autres	//	
ORAVIE Hamadi Krouma	Lavage/nettoyage	**30**	***30 m^3/j***
	Autres		
LaiterieSAPLAIT Hamrouch Hammoudi	Refroidissement	160	***15(m^3/j***
	Lavage/nettoyage	15	
	Autres	//	
EURL LaiterieESSAHEL	Process	46	***08(m^3/j)***
	Lavage/nettoyage	10	
	Autres	//	
Coca Cola	Refroidissement	//	***500(m^3/j)***
	Déminéralisation	320	
	Process	200	
	Lavage/nettoyage	60	
	Sanitaires	15	
	Autres	45	

DEW 2015

Références bibliographiques

[01] **BELHADJ .M, «** Qualité des eaux de surface et leur impact sur l'environnement dans la willaya de Skikda »,Thèse de doctorat, université Biskra Mohamad khider, 29/04/2017.

[02] **Hallaci, S. et Mahboubi, L. (2019).** Influence des rejets liquides du complexe GL1/K sur la qualité physicochimique et bactériologique des eaux de l'Oued Saf-Saf – SKIKDA, Mémoire de Master, Université de Guelma.

[03] **ANAT ;** Plan d'Aménagement du territoire de la wilaya de Skikda P hase 1 : Evaluation territoriale et diagnostic 2012

[04] **DEW ;** de la willaya de Skikda (2022)

[05] **BOUKARMA.I**, **BELIZIDIA. H ET BEN AYACHE. A**, « Evaluation et Essai de Gestion des Ressources en Eau dans la Ville de Skikda », Mémoire de master, université Skikda 20 Août 1955, 2021

[06] **ALOUANE .N, BOUCHIFAT .M, «** Gestion des sous-produits de l'épuration des eaux usées urbaines de la station d'épuration de la ville de Bouira », Mémoire de master, Université de Bouira AKLIMOHAND OULHADJ, 2017.

[07] **BELHADJ .M, «** Qualité des eaux de surface et leur impact sur l'environnement dans la willaya de Skikda »,Thèse de doctorat, université Biskra Mohamad khider, 29/04/2017.

[08] **AMIOUR**, « Les zones préférentielles de la mondialisation en Algérie. Exemple de Skikda », Mémoire de master, Université Mentouri Constantine, 2005

[09] **BOUKAMOUM.M, «** Contribution a la prévision de la demande en eau en Algérie (application sur l'agglomération de Sétif) », mémoire de master, Sétif école nationale supérieure d'hydraulique-ARBAOUI Abdellah-,2016

[10] .« https://www.oieau.fr/ReFEA/fiches/AnalyseEau/Physico_chimie_PresGen.htm », consulté le 02/06/2022

[11] **Algérienne des eaux Skikda** (ADE).

[12] **«** Carte des réseaux hydrographiques de Skikda»,disponible sur :https://images.app.goo.gl/rjhGaA1VKtPfLDZ39consulté le 05/05/2022.

[13] **Bouteldja, M. et Haddidi, I. et Melek, I. (2016).** Etude de la qualité le té bactériologique de l'eau du barrage de Zit-Emba et microflore de ‹‹ Barbus callensis› ›, Mémoire de Master, Université de Guelma.

[14] **DPAT,** Annuaire statistique de la Wilaya de Skikda **2013.**

[15] **Cote-1998-in-Bazri**-2015.png

[16] **Les cahiers de l'Agence De Bassin Hydrographique Constantinois-Sybousse-Mellegue**.(ABH CSM -2005)

[17]

[18] **GEUTTAR B.,LEKRAICHI N,NAHAL A,SAHAB** Nada.Gestion des Ressources en Eau, bilan et de la demande actuelle et future (cas de la ville de Skikda) Mémoire de Master II ,Université 20 Août 1955 Skikda **(**2022)

[19] **GAAGAL. A,**« Etude hydrologique et hydro chimique du bassin versant du barrage oued et Arabe région est de l'Algérie », Mémoire de master, Université de Batna, 2009.

[20] **Mansouri Z., (2009).** Les ressources en eau et gestion intégrée du bassin versant de l'Oued Bouhamdane (Nord-Est Algérien). Mémoire de Magister. Université Badji Mokhtar d'Annaba

[21] **Belli, A. et Benendjeddou, Y.et Benzerrouk, M. (2021).** Physico-chimiques Et Microbiologiques Des Eaux Introduites Dans Le Barrage Beni-Haroun (Wilaya De Mila) Mémoire de Master, Université Abdelhafid BOUSSOUF-Mila

[22] **MECHENGUEL.A**et **MEHIDI .H**, « comparaison des paramètres des châssis d'osmose inverse avant et après lavage chimique », Mémoire de master, Université Mostaganem Abdelhamid Ibn Badis, 2019.

[23] **Rodier J.,1998. L'analyse de l'eau.** 8eme édition, Dunod, Paris. p1251

[24] .« Analyse physico-chimique », [en ligne],disponible sur : https://lda.lozere.fr

[25] **Bousekaa, A .et Laouar, N. (2021).** Caractérisation hydrogéologique en utilisant le Système d'information géographique cas du bassin versant du Saf-Saf (Wilaya de Skikda), Mémoire de Master, Université de Guelma.

[26] **Boulkhiout, Kh. Et Chemmakh, R. et Meghadecha, S. (2023).** Etude De La Dynamique Et L'identification Des Populations Phytoplanctonique des Eaux Continentales De Lac Tonga (PNEK), Mémoire De Master, Université De Guelma.

[27] **Isabelle Couture**, ANALYSE D'EAU POUR FIN D'IRRIGATION,AGRI-VISION [2003-2004]

[28] **BOUCHEMAL Met HAMMOUDI .C, «** Analyse de la qualité des eaux de la station de Traitement de Hammam Debegh », Mémoire de master, Université Oum El Bouaghi Larbi Ben M'hide 2016.

[29] **MIHOUBI .N, «** Fonctionnement et gestion hydrogéologique et hydrologique des ressources en eau du bassin de Hammam Grouz », Mémoire de master, Université

Mentouri de Constantine.

[30] **FIGARELLA. J, LEYRAL .G, «** Analyse des eaux : Aspects réglementaire et techniques », Série : Science et Techniques de L'environnement, France, 2002.

[31] **M'METAHRI.S, «** Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes. Cas de la ville de Tizi Ouzo », Thèse de doctorat, Université de Tizi Ouzo Mouloud Mammeri, 2012.

[32] **AMIOUR**, « Les zones préférentielles de la mondialisation en Algérie. Exemple de Skikda », Mémoire de master, Université Mentouri Constantine, 2005

[33] **«** l'eau dans le monde », [en ligne], disponible sur : http://WWW.spge .be/de/l-eau-dans-le mande.

[34] **Merzoug, S. (2009).** Etude de la qualité microbiologique et physicochimique de l'eau de l'écosystème lacustre Garaet Hadj-Taher (Benazzouz, wilaya de Skikda), Mémoire De Master, Université de Guelma.

[35] **BENDAHMANE. I, ZEBBAR .M, «** L'évaluation des Performances D'osmose inverse Membranaire », Mémoire de master, Université de Mostaganem Abdelhamid Ibn Badis, 26/06/2019.

[36] **ONEDD,** SS.Skikda ,Rapport Annuel , (2012)

[37] **37.ONEDD,** SS.Skikda ,Rapport de sortie skikda (2017)

[38] **KHAMMAR.H, «** Hydrochimie et qualité des eaux, Cours et travaux pratiques », Université Oum El Bouaghi Larbi Ben M'hide 2019.

[39] **AHMED AMMAR .Y**,« gestion des ressources en eau dans la commune de ghazaouet bilan et perspectives », mémoire de master, Université AbouBaker belkaid-tlemcen 2014

[40] **BELHADJ M. Z.** Qualité des eaux de surface et leur impact sur l'environnement dans la Wilaya de Skikda ,Université Mohamed Khider Biskra (2017)

[41] **CHENAH. W, «** Analyses physico chimiques et bactériologiques de l'eau traitée par la station de potabilisation des eaux de barrage Tilesdit (Bechloul W.Bouira) », Mémoire,

[42] **MEHAMEDIA .H, «** Le calcul de l'indice d'écoulement de bade dans les oueds du nord de l'Algérie », mémoire de master, Sétif école nationale supérieure d'hydraulique-ARBAOUI Abdellah-,2018

[43] **De Villers Juliette**, Squilbin Marianne, Yourassowsky Catherine, Qualité Physico- Chimique Et Chimique Des Eaux De Surface,.2005]

[44] **MEZEDJRI, L., 2008.** Modélisation de l'Impact de la Pollution Industrielle Hydrique dans le Golfe de Skikda (Littoral Est algérien).Thèse Doctorat ès Sciences de la Mer, Université Badji Mokhtar Annaba.

[45] **PIGENT. S, «** Optimisation du traitement de l'azote et du phosphore des eaux usées domestiques adapté aux filtres plantés de roseaux », Génie Des Procéd2s, Thèse de doctorat,

[46] **BOUZITOUNE. I, MAT .O, GOUAMEZ. Y, «** étude de l'impact de la pollution d'oued Charka sur les eaux souterraines de la plaine de Taleza », Mémoire Du Projet Fin D'étude, Institut national spécialisé de la formation professionnel Skikda, Mars 2018.

[47] **Richard M**, N.A.CAMBEll biologie 3th ed 1993 p41

[48] **Stiti, H. et Benyahyia, H. (2017).** Contribution à l'étude de la qualité de l'eau d'OuedSeybouse (Guelma), Mémoire de Master, Université de Guelma.

[49] **Tabet Hellal M.A. et Ghellal N. (2004).** *Caractérisation des eaux de barrage "Hammam Boughrara" (Algérie nord occidentale) destinées à consommation humaine et à l'irrigation. Pp : 260-270.*

[50] **TANDJIR. L, «** Le Renforcement Des Capacites De Stockage : Une Gestion A La Crise D'eau A Skikda (Est Algerien) », Article, Universite Du 20aout 1955.

[51] **«** Analyses physico-chimiques des eaux », [en ligne], disponible sur : https://lda.lozere.fr

[52] « Carte climatique du Nord Algérien », disponible sur : https://images.app.goo.gl/tS4bPTPkgqaYh9X57 ,consulté le 18/04/2022.

[53] « carte géologique de la région de Skikda », [en ligne], disponible sur : https://images.app.goo.gl/VA4Rqkrajf8MGxNVA consulté le 18/04/2022.

[54] .« Molécule d'eau »,[en ligne],disponible sur :https://images.app.goo.gl/gZG3SAU1B41Pi6z67consulté le 20/05/2022.

[55] .« Situation géographique de la willaya de Skikda », [en ligne],

disponible sur : https://images.app.goo.gl/SCAgHp7rtCeoVzCj7consulté le 15/04/2022.

[56] « Traitement des eaux usées »,[en ligne], disponible sur : https://www.cieau.com

[57] «Certains métaux »**,** [en ligne], disponible sur :https://www.notre-planete.info

[58] **Bouteldja, M. et Haddidi, I. et Melek, I. (2016).** Etude de la qualité le té bactériologique de l'eau du barrage de Zit-Emba et microflore de ‹‹ Barbus callensis› ›, Mémoire de Master, Université de Guelma.

[59] **De Villers Juliette**, Squilbin Marianne, Yourassowsky Catherine, Qualité Physico- Chimique Et Chimique Des Eaux De Surface,.2005]

[60] **JORA,** Journal Officiel De La République Algérienne Démocratique Et Populaire (JO n° 36,2009),Décret exécutif n° 09-209 du 17 Joumada Ethania 1430 correspondant au 11 juin 2009 fixant les modalités d'octroi de l'autorisation de déversement des eaux usées autres que domestiques dans un réseau public d'assainissement ou dans une station d'épuration

[61] **JORA,** Journal Officiel De La République Algérienne Démocratique Et Populaire (JO n° 30,2013),Arrêté du 23 Safar 1434 correspondant au 6 janvier 2013 fixant les valeurs limites maximales des données particulières relatives aux rejets d'effluents, de déversements ou de dépôts de matières de toute nature ne présentant pas de risques de toxicité ou de nuisance dans le domaine public hydraulique

[62] **JORA,** Journal Officiel De La République Algérienne Démocratique Et Populaire (JO n° 11/18). (2011). Décret exécutif n° 11-125 du 17 Rabie Ethani 1432 correspondant au 22 mars 2011 relatif à la qualité de l'eau de consommation humaine.

[63] **JORA,** Journal Officiel De La République Algérienne Démocratique Et Populaire (JO n°46 ;93),Décret exécutif n° 93-160 du 10 juillet 1993 réglementant les rejets d'effluents liquides industriels,

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement
Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université 20 Août 1955 - SKIKDA -
Faculté des Sciences
Dpartement D' Agronomie
Réf : / D S AGRO/2026

Skikda le : .....

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
جامعة 20 أوت 1955- سكيكدة
كلية العلوم
قسم علوم الفلاحة
رقم : /ق ع ف /2026

Autorisation de Dépôt de Mémoire de Master

Je soussigné : **Dr. Merabet Khaled** Président de Jury

Certifie que :

L'étudiant(e) : **Bouhouche Sami**

Spécialité : **Aménagement Hydro-Agricole**

Intitulé : ***Qualité des Eaux de Surface Wilaya de Skikda.***

A apporté les corrections relatives à son travail de mémoire.

Président de Jury

Scanné avec CamScanner

الجمـــهورية الجزائـــرية الديمقراطية الشعبيـــة.

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement
Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université 20 Août 1955 - SKIKDA -
Faculté des Sciences
Dpartement D' Agronomie
Réf : / D S AGRO/2026

Skikda le : .....

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
20 أوت 1955 - سكيكدة
كلية العلـوم
قسم علوم الفلاحة
رقم : / ق ع ف /2026

Autorisation de Dépôt de Mémoire de Master

Je soussigné : **Dr. Merabet Khaled** Président de Jury

Certifie que :

L'étudiant(e) : **Zouied Mohammed**

Spécialité : **Aménagement Hydro-Agricole**

Intitulé : ***Qualité des Eaux de Surface Wilaya de Skikda.***

A apporté les corrections relatives à son travail de mémoire.

Président de Jury

Scanné avec CamScanner