

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



Université 20 Août 1955 Skikda

Faculté des Sciences

Département des Sciences Agronomiques



Mémoire de fin d'études

En Vue de l'obtention du Diplôme de Master

Filière : Sciences Agronomiques

Option : Aménagement hydro-agricole

Thème

Etude des analyses physico-chimiques de l'eau de l'oued Saf-Saf –SKIKDA-

Présenté par :

- Mr. BOURAS Fateh
- Mr. MANSOURI Sidi Ahmed
- M^{elle} EULMI NACER EDDINE Wiam
- M^{me} BOUTERAA Rahma

Membres de jury :

Mr HANNACHI. A	(MCA)	Président	Université du 20 Août 1955 – Skikda
Mme BOUCENNA. N	(MAA)	Promotrice	Université du 20 Août 1955 – Skikda
Mme MELLAL. N	(MAA)	Examinatrice	Université du 20 Août 1955 – Skikda

Année Universitaire :2022-2023

Résumé

L'eau de l'oued Safsaf à Skikda en Algérie a été analysée pour évaluer sa qualité physique et chimique. Les paramètres tels que la température, le pH, la conductivité électrique, la salinité, l'oxygène dissous, les matières solides dissoutes, la demande chimique et biologique en oxygène, les ions (ammonium, calcium, sodium, potassium, etc.), la turbidité, ont été mesurés.

Les résultats ont montré des différences significatives dans les valeurs de ces paramètres selon les différents points de prélèvement de sorte que certains paramètres ont dépassé les normes recommandées, tandis que d'autres étaient inférieurs. Ces différences peuvent être attribuées à divers facteurs environnementaux et anthropogéniques.

L'étude fournit une base scientifique pour comprendre la qualité de l'eau de ce Oued et recommande des mesures de gestion et de protection de l'environnement.

Mots clés : Oued Saf-saf, digramme de Piper, Analyses physico-chimique ,diagramme Wilcox-log irrigation, SKIKDA.

Abstract

The water of the Saf-saf wadi in Skikda, Algeria, was analyzed to assess its physical and chemical quality. Parameters such as temperature, pH, electrical conductivity, salinity, dissolved oxygen, dissolved solids, chemical and biological oxygen demand, ions (ammonium, calcium, sodium, potassium, etc.), and turbidity were measured.

The results showed significant differences in the values of these parameters at different sampling points, with some parameters exceeding recommended standards while others were below. These variations can be attributed to various environmental and anthropogenic factors.

The study provides a scientific basis for understanding the water quality of the Safsaf wadi and recommends environmental management and protection measures.

Key words: Oued Sa-fsaf, diagram Piper, analysis Physico-chemical, diagram Wilcox-log, irrigation, SKIKDA.

ملخص:

تم تحليل مياه وادي الصفصاف في سكيكدة بالجزائر لتقييم جودتها الفيزيائية والكيميائية حيث تم قياس عدة خصائص مثل درجة الحرارة والرقم الهيدروجيني والناقلية الكهربائية والملوحة والأكسجين المذاب والمواد الصلبة المذابة والطلب الكيميائي والبيولوجي للأكسجين والأيونات (الأمونيوم والكالسيوم والصوديوم والبوتاسيوم، إلخ) والعاكسة.

أظهرت النتائج اختلافات كبيرة في قيم هذه الخصائص حسب نقاط الأخذ المختلفة، حيث تجاوزت بعض النتائج المعايير الموصى بها، بينما كان البعض الآخر أقل وبالتالي يمكن ربط هذه الاختلافات بعوامل بيئية وبشرية متنوعة.

في الأخير تقدم الدراسة أساساً علمياً لفهم جودة مياه وادي الصفصاف وتوصي باتخاذ تدابير إدارية وحماية بيئية.

كلمات المفتاحية: وادي الصفصاف، مخطط بايبر، تحاليل فيزيوكيميائية، مخطط ويلكوكس، الري، سكيكدة

Remerciements

Nous remercions tout d'abord, **ALLAH, Le Tout Puissant**, d'avoir nous donné le courage pour mener à terme ce modeste travail.

Nous tenons à remercier particulièrement, notre promotrice **M^{me} Boucenna Nawel**, pour ses précieux conseils, sa disponibilité et sa compréhension tout au long de la période de réalisation de ce projet.

Nos vifs remerciements s'adressent, également, aux membres du jury pour avoir accepté avec un bon cœur d'évaluer cette étude et d'avoir apporté les critiques nécessaires.

Le président de jury **Mr HANNACHI. Abdelhakim**. L'examinatrice **Mme Mellal Nour Elhouda**.

Enfin, nous tenons à remercier toutes les personnes qui nous ont sincèrement apportés, d'une façon ou d'une autre, leur contribution au bon déroulement de ce présent mémoire.

Dédicaces

En terme de reconnaissance, je dédie ce modeste travail à :

***Dieu** qui nous a donné le courage pour réaliser ce modeste
travail.*

*Je dédie ce travail à Mon cher **père** et à ma chère **mère**, pour leur
patience et leur soutien, matériellement et moralement et aussi
d'avoir m'encourager à la réalisation de ce modeste travail.*

*Et aussi à mes frères **Karima, Kenza, Fatima et Amer***

*A mon ami **Radouane***

Tous mes amis chacun avec son nom et à toute la promotion.

*Je dédie ce travail à Mr Hafsi Zakaria pour leur aide et soutien
envers moi que Dieu la protège à leurs familles.*

Et à tous ceux qui m'ont encouragée durant ma vie.

Bouras Fateh

DÉDICACE

JE DÉDIE LE FRUIT DE MON TRAVAIL :

AU CHÈRE QUE J'AI PERDU CETTE ANNÉE MON GRAND PÈRE ALLAH YÉRAHMOU !

À l'être le cher au monde dans lequel le paradis se trouve sous ses pieds,

Pour la personne qui éclaire toutes mes journées et qui guide le chemin de ma vie,
Celle qui m'a porté pendant 9 mois, la personne par laquelle je ne pourrai jamais lui rendre
la pièce de la monnaie,

Pour toi ma très chère mère (**Moufida**),

Que **DIEU** la bénisse dans ce monde ici-bas, mais, aussi dans l'autre monde !

Pour celui qui m'a élevé depuis mon enfance et m'a mis sur les rives de l'éducation, dont il a
forgé une connaissance qui m'a permis d'arriver à ce niveau,

Pour ma première école dans la vie, pour toi mon cher et précieux oncle (**Salim**).

Pour tous ceux qui ont partagé un seul et même ventre,

Pour tous ces cœurs nets et propres,

Pour ma famille (**mes frères, ma grand-mère cherifa, mes tantes et tout...**)

Pour toutes les personnes que je connais dont j'ai de bons souvenirs et dont la vie sans eux
n'a aucun sens.

Pour toutes les personnes qui ont abrité mon cœur et dont le stylo à oublier de le
mentionner!!!!



Sidou

Dédicace

Chère famille et chers amis,

Je tiens à vous exprimer ma profonde gratitude pour votre soutien inconditionnel tout au long de mon projet de fin d'études. Votre présence, vos encouragements et votre amour m'ont été d'une valeur inestimable.

Maman et Papa, vous avez été mes plus grands supporters, me poussant à donner le meilleur de moi-même. Votre soutien constant et vos conseils avisés m'ont aidé à surmonter les obstacles et à persévérer.

Mes frères et sœurs, vous avez été mes alliés, mes compagnons de route. Vos encouragements et votre soutien moral m'ont donné la force de continuer, même dans les moments les plus difficiles.

À mes amis, vous avez été mes piliers, mes confidentes. Votre présence joyeuse et vos mots d'encouragement ont allégé les charges et ont rendu cette expérience plus agréable.

Chacun de vous a joué un rôle essentiel dans mon parcours. Votre confiance en moi et votre soutien indéfectible ont été ma motivation quotidienne.

Je suis profondément reconnaissant d'avoir une famille aussi aimante et des amis aussi merveilleux. Vous avez rendu cette aventure de fin d'études mémorable et significative.

Je ne saurais jamais assez vous remercier pour tout ce que vous avez fait pour moi. Votre amour et votre soutien resteront à jamais gravés dans mon cœur.

Avec tout mon amour et ma reconnaissance sincère,

Wiam

DEDICACE

JE DÉDIE CE MODESTE TRAVAIL A,

MA MAMAN,

Qui m'a soutenu et m'a encouragé durant ces années d'études...

Qu'elle trouve ici le témoignage de ma profonde reconnaissance.

MON PAPA,

MES ADORABLES SŒURS

MES CHERES AMIES,

...A TOUS CEUX QUI M'AIMENT...

...A TOUS CE QUE J'AIME ...



Rahma

Liste des figures

Chapitre I: Synthèse bibliographique

Figure 1: Carte de Situation Géographique de la wilaya de Skikda.....	04
Figure 2: Répartition de la population par tranche d'âge.ANIREF/Monographie de la wilaya de SKIKDA.....	06
Figure 3: Les principaux Oueds de Bassin de Saf-Saf(CCIS Saf-Saf2017).....	07
Figure 4 : Carte de Situation Géographique du Bassin Versant de l'OuedSaf-Saf (Maou, 2011)	07
Figure 5: Principaux affluents de l'Oued Saf-Saf (Khelfaoui et al., 2010).....	09
Figure 6: Variation des températures moyennes mensuelles (2002-2022)	10
Figure 7: Variation des températures moyennes maximales et moyenne minimale (2002-2022).....	10
Figure 8: Variation de précipitations moyennes mensuelles (2002-2022)	11
Figure 9: Variation mensuelle de l'humidité relative durant la période (2009-2018) (ONM-Skikda, 2019)	11
Figure 10: Variation mensuelle de vent durant la période (2009-2018) (ONM-Skikda, 2019)	12
Figure 11: Variation mensuelle d'évaporation durant la période (2009-2018) (ONM-Skikda, 2019)	13
Figure 12: Diagrammes ombrothermique pour notre station étudiée (Skikda).(2002-2022).....	13
Figure 13: Abaque de l'indice annuel de Martonne.....	14
Chapitre II : Matériels et méthodes	
Figure1: Situation des points de prélèvement (Google Earth Juin 2023)	20
Figure2: les différents points de prélèvements.....	21
Figure 3: PH mètre.....	23

Figure 4: Un oxymètre mètre.....	24
Figure5 : Un Conductimètre.....	25
Figure 6 : Appareil multi paramètre.....	25
Figure 07: Agitateur magnétique.....	27
Figure8 : Mode d’analyses volumétriques (Titration).....	29
Figure 09 : Matières En Suspension MES.....	30
Figure 10 : Turbidimètre.....	33

CHAPITRE III : Résultats & Discussion

Figure 1: Le graphe de variation de température en fonction des points de prélèvement.....	38
Figure 2: Le graphe de variation de ph en fonction des points de prélèvement...39	
Figure3: Le graphe de variation de conductivité en fonction des points de Prélèvement.....	39
Figure 4 : Le graphe de variation de salinité en fonction des points de Prélèvement.....	40
Figure 5 : Le graphe de variation de Turbidité en fonction des points de prélèvement	41
Figure 6: Le graphe de variation de Oxygène% en fonction des points de prélèvement.	41
Figure 7 : Le graphe de variation d’Oxygène en fonction des points de prélèvement.....	42
Figure 8: Les graphes de variation de TDS en fonction des points de prélèvement.	42
Figure 9 : Le graphe de variation de TH en fonction des points de prélèvement.	43
Figure 10: Le graphe de variation de TAC en fonction des points de prélèvement.	43

Figure 11: Le graphe de variation de NH_4^+ en fonction des points de prélèvement	44
Figure 12: Le graphe de variation de Ca^{2+} en fonction des points de prélèvement.	44
Figure 13: Le graphe de variation de Na^+ en fonction des points de prélèvement	45
Figure 14: Le graphe de variation de Mg^+ en fonction des points de prélèvement	45
Figure 15: Le graphe de variation de K^+ en fonction des points de prélèvement	46
Figure 16: Le graphe de variation de Sulfate en fonction des points de prélèvement.	46
Figure 17: Le graphe de variation de Bicarbonate en fonction des points de prélèvement	47
Figure 18: Le graphe de variation de Chlorure en fonction des points de prélèvement.	47
Figure 19: Le graphe de variation de NO_2^- en fonction des points de prélèvement	48
Figure 20: Le graphe de variation de DCO en fonction des points de prélèvement.	48
Figure 21: Le graphe de variation de DBO_5 en fonction des points de prélèvement	49
Figure 22: Le graphe de variation de Mes en fonction des points de prélèvement.	49
Figure 23: Variation par prélèvement et des cations (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} et Mg^{2+})	50

Figure 24: Variation par prélèvement des anions (NO_2^- , CL^- , SO_4^- et HCO_3^-)	51
Figure 25: Représentation graphique des faciès chimiques sur le diagramme de Piper	52
Figure 26 : Représentation graphique des points de prélèvement sur le diagramme de Wilcox Log	55

Liste des tableaux

Chapitre I : Synthèse bibliographique

Tableau 1: Répartition de population par commune et densité de la population au km²05

Tableau 2: Types de bioclimats établis par De Martonne (1923)14

Chapitre II : Matériels et méthodes

Tableau 1:Dates et informations sur le climat et la situation géographique des différents points de prélèvement02

Chapitre III : Résultats et discussions

Tableau 1 :Classes de turbidités usuelles (NTU).....40

Tableau 2 :Classification des eaux par leur degré d'aptitude à l'irrigation par la méthode du S.A.R (Indice croisé SAR/conductivité).....53

Liste des abréviations

An : Année.

°C : Degrée de température.

CCIS : la chambre de commerce et d'industrie Saf-Saf, Skikda

CE : Conductivité électrique .

CL⁻ :Chlorure

CO₂:le dioxyde de carbone .

DBO₅ : Demande biochimique en oxygène.

DCO : Demande chimique en oxygène.

FAO : Organisation des national unies pour l'alimentation (Food and Agriculture Organization)

H : Humide.

HA : Hyper-aride.

I : Indice de marionne

JORA : Journal Officiel de La Republique Algerienne.

Km : Kilomètre.

Km² : kilomètre carré.

Km/s :kilomètre/ second.

M :Température maximal

m : Température minimal

mm : Millimètre

M³ :mètre cube .

MES : matière en suspension

MO : Matière Organique

NO₂ : Nitrites.

NO₃ : Nitrates.

NTU : Unités Néphélogétrie de Turbidité

OH : hydroxydes

OMS : Organisation mondial de la santé

ONM :Office national de la météorologique interne

O₂ :Oxygène .

.P : Pluviométrie.

pH : Potentielle d'hydrogène

SAR : Ration d'absorption du sodium.

SH : Semi-humide.

T° : Température

TA : Titre alcalimétrique

TAC : Titre alcalimétrique complet

TDS : taux du sel dissous

TH : titre hydrotimétrique (dureté)

.

.

Remerciements
 Dédicaces
 Liste des figures
 Liste des tableaux
 Liste des abréviations

Sommaire

Introduction	1
Chapitre I : Synthèse bibliographique	
I. Présentation de la wilaya de Skikda	4
1.1 Situation géographique	4
1.2 Perspectives démographiques des communes de Skikda	5
1.2.1 Population de la wilaya (2020)	5
2. Présentation de la zone d'étude	6
2.1. Situation du sous bassin de Skikda	6
2.2 Situation géographique de l'Oued Saf-Saf	8
2.3 Principaux affluents de l'Oued Saf-Saf	8
2.3.1 Oued Zeramna	9
2.3.2 Oued Ghbel	9
2.3.3 Oued Haddarats	9
2.4. Caractéristiques climatiques de la zone d'étude	10
2.4.1 Température (moyenne, maximale, minimale)	10
2.4.2 Précipitations	12
2.4.3 Humidité	12
2.4.4 Vent	13
2.4.5 Evaporation	14
2.4.6 synthèse climatique	15
2.4.6.1 Indice de Bagnouls et Gaussen (1953) et diagramme Ombro-thermique	15
2.4.6.2 Indice d'aridité de Martonne	15

2.5 Agriculture	17
2.5.1 Surfaces bien protégées en permanence	17
2.5.2 Surfaces incomplètement protégées	17
2.5.3 Surfaces mal protégées ou nues	17
2.5.4 Dangers menaçant le cours d'eau Saf-Saf	17
2.6 Le sol	18
2.7 Aperçu géologique	18
2.7.1 Le socle kabyle	18
2.7.2 La dorsage kabyle	19
2.7.3 Le domaine des flysh	19
2.7.4 Les séries telliennes	20
2.7.5 L'oligo-miocène kabyle	20
Chapitre II : Matériels et méthodes	
II.1 Choix du site de prélèvement	21
2. mode d'échantillonnage	22
3. mode des analyses des paramètres physico-chimiques	22
3.1 pH	23
3.2 oxygéné dissous et TDS	24
3.3 la température	24
3.4 conductivité électrique	25
3.5 salinité	26
3.5 analyses volumétriques	26
3.5.1 Alcalinité (TAC)	26
3.5.2 le titre alcalimétrique (TA)	27

2.5.3 dureté (TH)	28
2.6 chlorure (Cl ⁻)	29
2.7 calcium	29
2.8 potassium (K ⁺)	30
2.9 sodium (Na ⁺)	30
2.10 Matières en suspension MES	31
2.11 demande biologique en oxygène (DBO)	32
2.12 demande chimique en oxygène (DCO)	33
2.13 turbidité	34
2.14 sulfates	34
2.15 les nitrites (NO ₂)	35
2.16 Nitrates (NO ₃)	35
2.17 Matière organique(MO)	36
Chapitre III : résultats et discussion	
III.1. Représentations graphiques des résultats par éléments	38
1.1. Les paramètres physico-chimiques :	38
1. température	38
2. Le pH	38
3. Conductivité électrique	38
4. salinité	38
5. La turbidité	40
6. Oxygène dissous %	41
7. oxygène (O ₂) mg / L	42
8. Total de matières solides dissoutes (TDS)	42

9. Le TH	43
10. Le TAC	43
11. Ammonium (NH ₄ ⁺)	44
12. Calcium (Ca ²⁺)	44
13. Sodium (Na ⁺)	45
14. Magnésium (Mg ⁺)	45
15. Potassium (K ⁺)	46
16. Sulfate (SO ₄ ⁻)	46
17. Bicarbonate (HCO ₃ ⁻)	47
18. Chlorure (Cl ⁻)	47
19. NO ₂ ⁻	48
1.2.les paramètres indicateurs de pollution	
1. Demande chimique en oxygène(DCO)	48
2. Demande biologique en oxygène (DBO ₅)	49
3. Les Matières En Suspension (MES)	49
III. 2.Représentations graphiques des éléments majeurs :	
2.1. les cations	50
2.2. les anions	50
III.3.Représentation graphique des analyses par les Diagramme	
3.1.Le diagramme de Piper	51
3.2. Diagramme Wilcox -Log	53

Introduction générale

Introduction générale

L'eau revêt une importance capitale en Algérie en raison de sa rareté et de son rôle essentiel dans de nombreux aspects de la vie quotidienne, de l'agriculture à l'industrie en passant par l'approvisionnement en eau potable. En effet, notre pays est essentiellement aride et semi-aride, avec des précipitations rares et irrégulières, ce qui rend la gestion de l'eau un défi majeur (Banque Mondiale, 2017).

Skikda est une ville située dans le nord-est de l'Algérie et dispose de plusieurs oueds sur son territoire. Un exemple significatif dans la région de Skikda est l'oued Safsaf. Cet oued traverse la ville de Skikda et joue un rôle vital dans l'approvisionnement en eau de la région. Il fournit de l'eau pour l'irrigation des terres agricoles avoisinantes et peut également être utilisé pour l'approvisionnement en eau potable de certaines localités (Hani et *al.*, 2019).

De plus, les analyses physico-chimiques de l'eau sont également importantes pour l'agriculture, car elles permettent de déterminer la qualité de l'eau utilisée pour l'irrigation. L'eau contaminée peut avoir des effets néfastes sur les cultures, réduisant les rendements et la qualité des produits agricoles. En identifiant les paramètres chimiques de l'eau d'irrigation, il est possible de prendre des mesures appropriées pour maintenir la fertilité des sols et la santé des cultures (Havelaar et *al.*, 2015).

Plusieurs études ont été menées pour évaluer la qualité de l'eau d'oued saf-saf (Belhadj et *al.*, 2016 ; Bekkouche, et *al.*, 2018 ;Djebar et *al.*,2018 ; Hani et *al.*, 2019 ...etc.). Ces études ont donnés des informations détaillées sur les analyses physico-chimiques réalisées pour l'Oued, en évaluant la qualité de l'eau et en identifiant la présence de contaminants. Aussi, elles fournissent une base scientifique solide pour comprendre la situation de l'eau dans cette région spécifique et pour prendre des mesures appropriées en matière de gestion de l'eau et de protection de l'environnement.

L'objectif de ce travail est faire des analyses physico-chimiques de l'eau d'Oued Safsaf afin d'évaluer sa qualité. Cela nous permettre à surveiller l'état de l'environnement à travers des mesures appropriées pour préserver l'écosystème local et protéger la santé publique.

Après l'introduction, ce présent mémoire est subdivisé en trois chapitres :

- Un premier chapitre vise le contexte bibliographique l'oued de Saf-saf à Skikda.
- Un deuxième pour le matériel et les méthodes suivies pour faire notre analyse physique-chimiques.
- Et un troisième qui illustre les résultats obtenus avec une discussion bien détaillée.

Enfin, nous avons terminé par une conclusion générale qui résume les résultats obtenues en donnant les perspectives souhaitables.

CHAPITRE I.
Synthèse bibliographique

I. Synthèse bibliographique

1. Présentation de la wilaya de Skikda

1.1 Situation géographique

La wilaya de Skikda se situe dans la partie Nord-est de l'Algérie dans l'espace Géographique compris entre l'Atlas Tellien et le littoral méditerranéen. Entre les altitudes $36^{\circ}5'N$ et $36^{\circ}15'N$ et les longitudes $7^{\circ}15'E$ et $7^{\circ}30'E$. Couvrant une superficie totale de 4137,68km et représentant ainsi 12% du littoral algérien avec 140km de côtes qui s'étalent de la Marsa à l'est jusqu'à Oued Z'hour aux fins fonds du massif de Collo à l'ouest. Elle est limitée par :

- La mer Méditerranée au nord.
- La wilaya d'Annaba à l'est.
- La wilaya de Jijel à l'ouest.
- Constantine et Guelma au sud.
- Mila au Sud-ouest.



Figure 1. Carte de Situation Géographique de la wilaya de Skikda (modèle d'aménagement et des urbanisation des zones d'expansion touristique – Skikda-)

1.2 Perspectives démographiques des communes de Skikda

1.2.1 Population de la wilaya (2020)

La population de la wilaya est estimée à 1115380 habitants en 2020.

Tableau 1. Répartition de population par commune et densité de la population au km².

Commune	Population totale	Superficie (km ²)	Densité /habitant (km ²)
Skikda	202567	52	3896
Hamadikrouma	37637	31	1214
Filfla	35901	65	552
El Hadaiek	22288	48	464
Bouchtata	11415	112	102
Ain zouit	2444	108	23
Ramdanedjamel	36466	144	253
Beni bechir	11932	42	284
Collo	44178	24	1841
Beni zid	25622	139	184
Cheraia	23225	66	352
Zitouna	10342	34	304
Kanoua	8658	68	127
OULED attia	13437	104	129
Khenakemayoune	5676	47	121
Oeudzhor	8351	88	95
Azzaba	70468	178	396
Djendel	10714	212	51
Ain charchar	19463	102	191
Es sebt	18902	244	77
El ghedir	7989	46	174
Ben azzouz	36102	239	151
Bekkouche Lakhdar	18791	150	125
La marsa	7422	112	66
El harrouch	60654	96	632
Salah bouchaour	36851	96	384
Emjezedchich	24855	77	323
Zardeza	15546	102	152
Ouledhabeba	10363	199	52
Sidi Mezghiche	31686	95	334
Beni oulbene	31039	162	192
Ain bouziane	11872	76	156
Tamalous	63467	178	357
Bin el ouidene	26775	104	271
Kerkera	33648	86	391
Ain kechera	30423	143	213
Oukdjaboutbalout	5553	70	79
Oum toub	42658	179	238
Total wilaya	1115380	4118	271

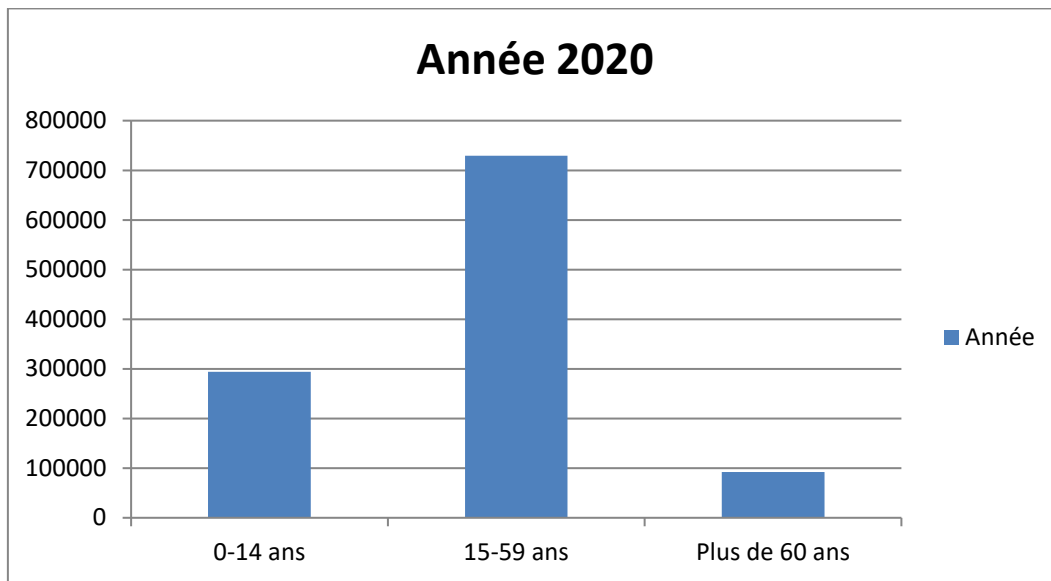


Figure 2. Répartition de la population par tranche d'âge. ANIREF/Monographie de la wilaya de SKIKDA.

Le taux de croissance de la population recensée de 2008 à fin 2020, il est de 1,17%.

2. Présentation de la zone d'étude

2.1. Situation du sous bassin de Skikda

Le bassin versant de l'oued Saf-Saf fait partie de la wilaya de Skikda. Il se situe au Nord-Est de l'Algérie. Faisant partie des bassins côtiers constantinois, il est limité au Sud par le côl d'El Kentour, l'Est par le côl de Bissy, au Nord par la mer méditerranéenne et enfin par le côl de Staiha à l'Ouest. Il s'étend sur une superficie d'environ 1200 Km² drainée par l'oued Saf-Saf d'une longueur d'environ 50 Km.

Les principaux Oueds sont permanents et prennent leur source à quelques kilomètres de la mer sont (CCIS Saf-Saf, 2017) :

- Oued El-Kebir à l'est ;
- Oued Saf-Saf au centre ;
- Oued Guebli à l'ouest ;
- Oued Z'hour à l'extrême Ouest



Figure 3. Les principaux Oueds de Bassin de Saf-Saf(CCIS Saf-Saf, 2017)

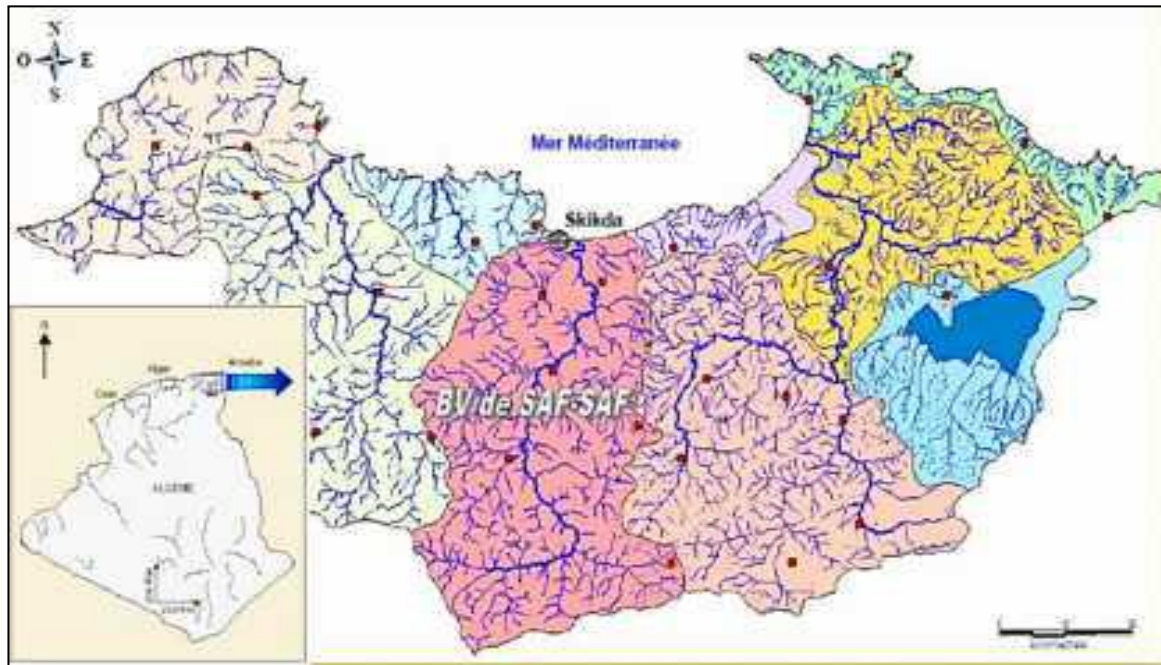


Figure 4. Carte de Situation Géographique du Bassin Versant de l'Oued Saf-Saf (Maou, 2011).

2.2 Situation géographique de l'Oued Saf-Saf

Se trouvant au centre du terrain d'étude, c'est le principal oued dans le bassin versant de Saf-Saf, il débute au Sud dans les monts de Constantine, de direction Nord-Sud sa longueur est de 53.19 km, ses principaux affluents sont l'Oued Zeramna, Oued Haddarat et Oued Ghebli. Le profil en long du cours d'eau principal montre qu'en amont, les pentes sont beaucoup plus élevées qu'à l'aval, elles sont de 11.3 m/km au niveau de l'oued Brahim et Bouadjeb, et de 2.3 m/km au environ d'El Harrouch (**Ben Rabe****h, 2006**). Saf-Saf est une rivière qui borde la (ZIK) par l'ouest sur une longueur de 6 km, sa largeur moyenne est d'environ vingt mètres avec un débit de 569m³/s (**Mezedjrietal.,2008**).

2.3 Principaux affluents de l'Oued Saf-Saf

2.3.1 Oued Zeramna

Le sous bassin versant de l'Oued Zeramna est situé au Nord-Ouest du bassin versant de l'Oued Saf-Saf dont ces latitudes sont : 36°-37° Nord et les longitudes sont : 6°30 et 7°. Il est limité au Nord par la mer Méditerranée, au Sud par la commune d'El-Hadaeik, à l'Ouest par Djebel Ksir-Sasi et à l'est par l'Oued Saf-Saf, ainsi que les communes de HamadiKrouma et Hamrouch Hamoudi(**Boucenna, 2007**).

2.3.2 Oued Ghbel

Le sous bassin drainé par l'Oued Ghbel est assez étendu, de faible pente formée par des formations du Quaternaire peu perméable d'ou la présence de zones marécageuses assez fréquente. D'une longueur de 17.5km, l'Oued Gbel prend naissance dans la région de Mdjez Edchiche, qui se déverse ensuite dans l'Oued Saf-Saf sous le nom de Oued Ameer (**BenRabah, 2006**).

2.3.3 Oued Haddarats

L'Oued Haddarats draine un terrain relativement large de 9.7km carré marqué par des pentes modérées il s'écoule du Sud vers le Nord en traversant des terrains quasiment Quaternaire avec les sommets des koudiats recouverts de grés numidiens (Figure2) ,(**BenRabah, 2006**).



Figure 5. Principaux affluents de l'Oued Saf-Saf (Khelfaoui *et al.*, 2010).

2.4. Caractéristiques climatiques de la zone d'étude

2.4.1 Température (moyenne, maximale, minimale)

La température est un facteur climatique très important qui réagit directement, avec les autres facteurs météorologiques (précipitation, humidité, etc.), le développement de la végétation et le phénomène de l'évapotranspiration (Figure 10) (Belabed, 2010).

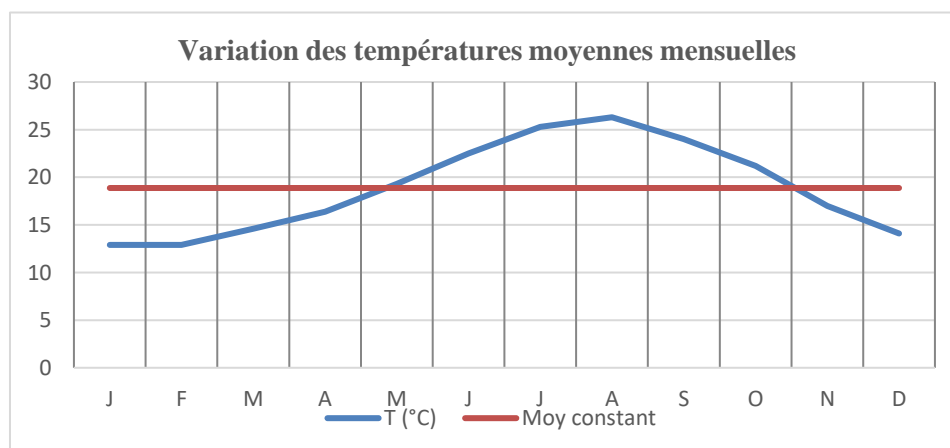


Figure 6. Variation des températures moyennes mensuelles (2002-2022)

La température moyenne mensuelle durant la période 2002-2022 est de l'ordre de 18.87 °c. Celle minimale est enregistré pendant le mois de janvier avec une valeur de 9°c par contre celle maximale est de l'ordre de 30 ° pendant le mois d'aout.

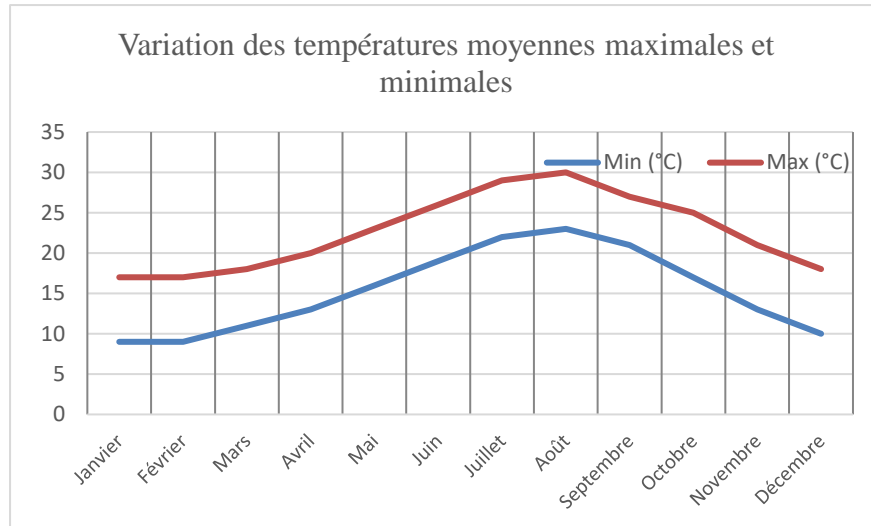


Figure 7. Variation des températures moyennes maximales et moyenne minimale (2002-2022)

La température maximale mensuelle durant la période 2002-2022 varie entre 17 et 30 °C pour les mois d'Aout et janvier, respectivement. Il en est de même pour la température minimale.

2.4.2 Précipitations

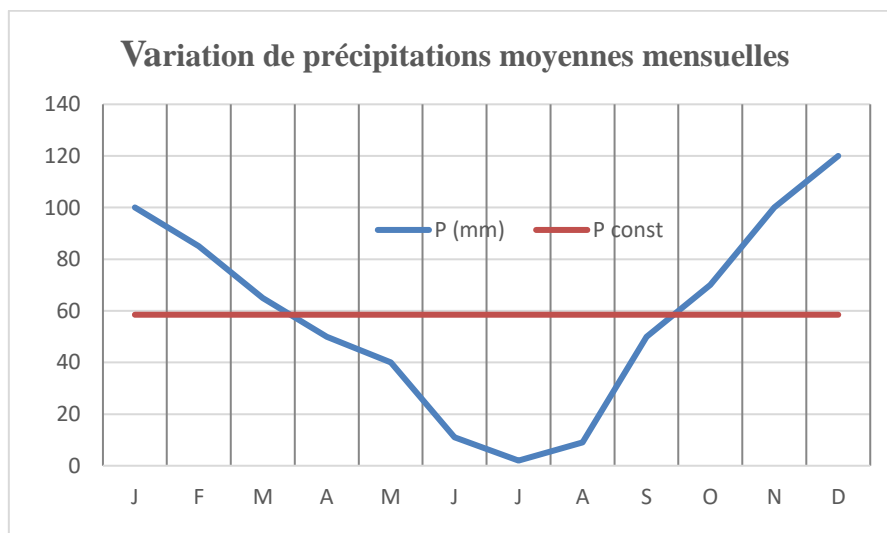


Figure 7. Variation de précipitations moyennes mensuelles (2002-2022)

Les précipitations durant la période 2002-2022 a enregistré une somme avec moyenne de 60 mm. Elles varient entre un maximal pendant le mois de Décembre avec une valeur de 120mm et un minimal est de l'ordre de 0 mm pendant le mois de juillet.

2.4.3 Humidité

La richesse de la région en écosystèmes forestiers (zones montagneuses), la mer, les nombreux plans d'eau contribuent au maintien d'une humidité élevée pendant toute l'année (Figure 12) (Chettibi, 2014).

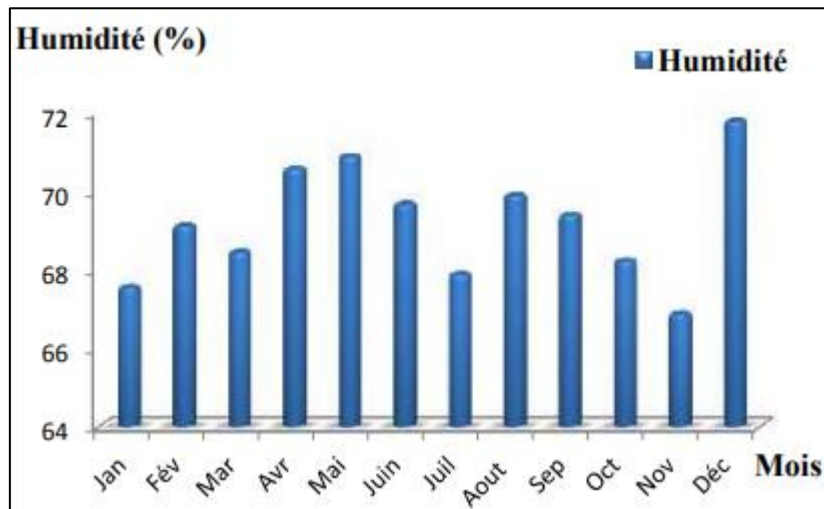


Figure 8. Variation mensuelle de l'humidité relative durant la période (2009-2018) (ONM-Skikda, 2019).

La figure 8 montre d'une humidité élevée pendant toute l'année. La valeur la plus élevée est signalée pendant le mois de décembre avec 71,77% et la valeur la plus moins est observer pendant le mois de novembre avec 66,88%.

2.4.4 Vent

Les vents jouent un rôle très important dans notre région, puisqu'ils interviennent dans la pluviométrie. Ils sont caractérisés par leur fréquence, direction et vitesse (Boumaraf,2010).La zone littorale de Skikda, est particulièrement soumise à des vents violents en entraînant de multiples dommages tant sur la terre que sur la mer. La direction des vents est Sud-Ouest à Sud-Est et elle à une grande influence sur le mouvement des vagues et leur déferlement sur la côte (Figure 9) (Bouzeghayaet al.,2016).

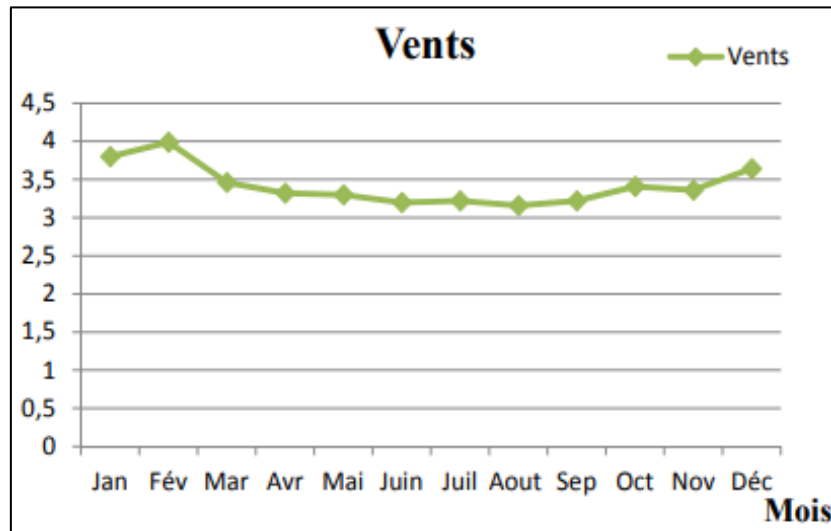


Figure 9. Variation mensuelle de vent durant la période (2009-2018) (ONM-Skikda, 2019).

Selon la figure 9 La vitesse maximale des vents a été enregistrée durant le mois de février avec une valeur de 4,1 m/s.

2.4.5 Evaporation

L'évaporation est un phénomène très important puisqu'il concerne environ la moitié de l'eau issue des précipitations. Mesurée par unité de temps, elle varie bien sur une époque de l'année à l'autre en fonction de la radiation nette, la vitesse du vent et l'humidité de l'air (Vilaginès, 2010).

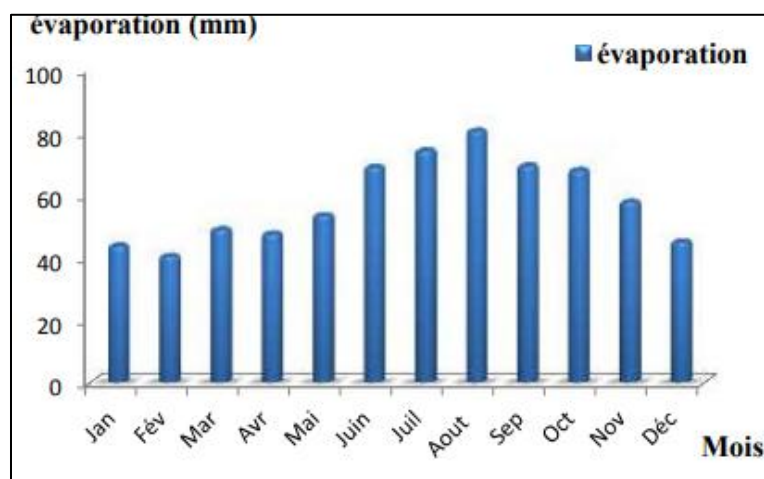


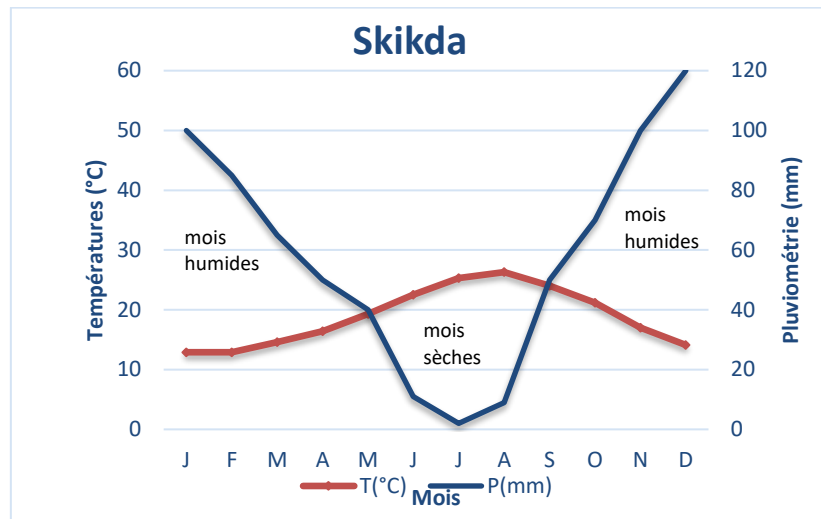
Figure 10. Variation mensuelle d'évaporation durant la période (2009-2018) (ONM-Skikda, 2019).

Selon la figure 10 la valeur maximale de l'évaporation a été enregistrée pendant le mois d'Aout 80,26 mm tandis que la valeur minimale a été enregistrée pendant le mois de Février 41,01 mm.

2.4.6 Synthèse climatique

2.4.6.1 Indice de Bagnouls et Gausсен (1953) et diagramme ombro-thermique

La zone d'étude faisant partie de l'extrême Nord-est de le bassin versant de l'Oued Saf-Saf jouit d'un climat méditerranéen caractérisé l'Algérie, par deux saisons distinctes : la saison humide (septembre-avril) relativement fraîche et la saison sèche (mi-septembre), plus chaude (Figure 11).



**Figure 11. Diagrammes ombro-thermique pour notre station étudiée (Skikda).
(2002-2022)**

2.4.6.2 Indice d'aridité de Martonne

Indice d'aridité de Martonne (1927) caractérise l'aridité du climat par un indice d'aridité combinant la température et les précipitations. Il s'exprime par :

$$I = \frac{P}{T + 10} = 24,94$$

P : Pluviométrie annuelle (mm).

T : Température moyenne annuelle (°C).

p : Pluviosité du mois (mm).

Le I est égal à 24,94, donc d'après Martonne le type de climat est semi humide de type de végétation potentielle prairie naturelle forêt.

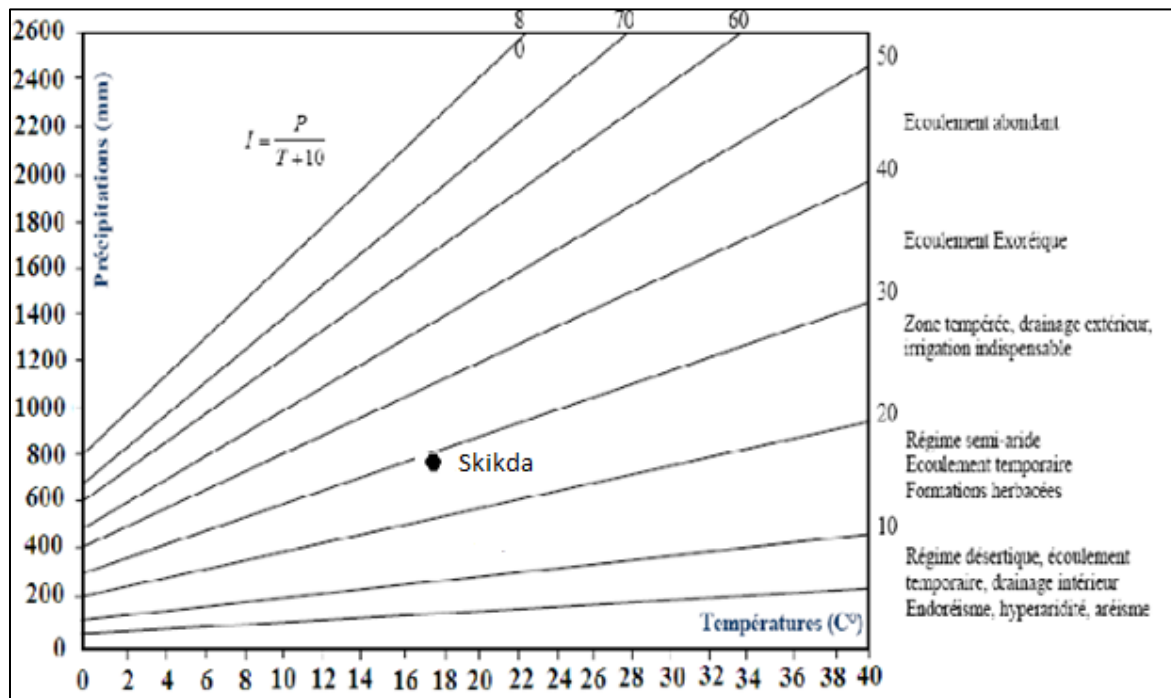


Figure 12. Abaque de l'indice annuel de Martonne

Tableau 2. Types de bioclimats établis par De Martonne (1923)

Types	Valeurs de l'indice
Hyper-aride (HA)	$I_D < 5$
Aride (A)	$5 < I_D < 10$
Semi-aride (SA)	$10 < I_D < 20$
Sub-humide (SH)	$20 < I_D < 30$
Humide (H)	$30 < I_D < 55$
Per-humide (PH)	$I_D > 55$

2.5 Agriculture

La willaya de Skikda reçoit entre 700mm/an et 1200mm/an de pluie par an. Elle dispose d'une superficie agricole de plus de 19000ha avec 91% de la surface agricole occupée par des cultures herbacées et 9% exploitées comme plantations arboricoles.

La grande majorité des terres agricoles productives est localisée dans de la plaine du Saf-Saf avec des cultures prédominantes les agrumes et la fraise (**Bouhayene, 2015**).

2.5.1 Surfaces bien protégées en permanence

Les terrains protégés en permanence correspondent aux forêts, et aux prairies naturelles ou artificielles permanentes. Dans le bassin versant du Saf-Saf, ils couvrent près de 25% de la superficie totale du bassin (28700ha) (**Maou, 2011**).

2.5.2 Surfaces incomplètement protégées

Il s'agit d'une couverture végétale qui laisse le sol partiellement nu en permanence entre les plantes (vergers). La couverture végétale n'occupe densément le sol que pendant une partie de l'année (couverture saisonnière : terres labourées par les cultures maraîchères et de plein champ). Ce type de culture est le plus dominant dans le bassin versant du Saf-Saf (Maou, 2011).

2.5.3 Surfaces mal protégées ou nues

Ce type de surface favorise le ruissellement et l'érosion hydrique. Ce sont des terrains dénudés ou recouverts de broussailles de faible densité (Maou, 2011).

2.5.4 Dangers menaçant le cours Saf-Saf

Les questions de qualité de l'eau sont au cœur des enjeux futurs de la gestion des ressources hydriques dans le bassin du Saf-Saf. En plus de la pression exercée par les différents usagers, les ressources en eau dans le bassin du Saf-Saf se trouvent donc menacées dans leur qualité, sous l'effet des pollutions qu'elles subissent, principalement des pratiques industrielles et agricoles intensives ainsi que celles de l'individu dans son habitat (pollution domestique). Il s'agit donc d'un problème à grande échelle, dont l'extension est constante (Khelfaoui *et al.*, 2010).

2.6. Le sol

La texture des sols dépend de la nature de fragment de la roche mère c'est –à dire de la fraction minérale. Elle correspond à la composition granulométrique du sol (Mathieu C *et al.*, 2007). Les sols de la wilaya sont des sols profonds généralement de texture limono-argileuse (DSA, 2014). Ils sont représentés par des dépôts de sables, gravier et galet à remplissage de limons, sables et argiles (Vnoukov *et Kovalev*, 2000).

2.7 Aperçu Géologique

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

La région de Skikda se trouve dans la petite Kabylie qui fait partie de la chaîne alpine des Maghrebides. Il s'étend entre le massif des Bâbords à l'ouest et le massif de l'Edough à l'Est sur plus de 150 kilomètres le long du littoral.

D'après Villa (1980), on distingue du nord vers le sud les quatre grandes unités structurales suivantes :

2.7.1 Le socle kabyle

Substratum surtout en roches métamorphiques et en degré moindre sédimentaires. Largement représenté dans la région de Collo, il comporte selon Bouillin, trois ensembles superposés : deux sont métamorphiques et le dernier sédimentaire :

- Ensemble inférieur métamorphique : constitué de Gneiss avec des intercalations de marbre et d'amphibolites ainsi que de leptines.
- Ensemble supérieur métamorphique : constitué de phyllades et de schistes avec de nombreux quartz d'exsudation à la base.
- Troisième ensemble : principalement sédimentaire (ou peu métamorphisé) est constitué à la base de grauwaaks, de spilites, d'amphiboles, de schistes et de pélite au sommet, des calcaires puis des schistes et pélites gris verdâtres avec des débris de quartz. Par ailleurs le socle Kabyle a été charrié sur les terrains Mésozoïques et Cénozoïques.

2.7.2 La dorsale kabyle

Chaîne calcaire constitue la couverture. Étudiée surtout par J.F. Raoult et J.M. Vila, elle comporte trois sous zones et marque par sa physionomie et ces reliefs la limite entre le socle kabyle au Nord et les zones telliennes plus externes au Sud. D'autre part elle est caractérisée surtout par des formations carbonatées ayant un âge allant du Permo-Trias à l'Oligocène. La chaîne calcaire n'affleure pas dans la Kabylie de Collo.

- **Chaîne calcaire interne** : Elle est globalement caractérisée par des formations qui sont :
 - des grés ;
 - des carbonates;
 - des marno-calcaire;
 - des calcaires sableux; - des carbonates.
- **Chaîne calcaire médiane** : Elle est constituée par les formations suivantes :
 - des argiles, des pélites et des grés;
 - des calcaires fin ou graveleux;
 - des calcaires blancs;
 - des marno-calcaires rouges et des marnes jaunes; - des calcaires fins et des marnes;
 - des marnes argileuses.

• **Chaîne calcaire externe** : Elle est constituée par les formations suivantes :

- des argiles, des pélites et des grés ;
- des dolomies bréchiques;
- des calcaires massifs;
- des calcaires à silex;
- des conglomérats à la base et des marnes au sommet.

2.7.3 Le domaine des flysch

Les flysch sont caractérisés par des formations abyssales mises en place par des courants de turbidités. On reconnaît trois types principaux flysch :

- **Flysch Mauritanien** : observable sur le versant Nord du Djebel Sidi Driss, riche de grés, et laisse la place au bassin de Sidi Mezghiche, creusé essentiellement dans les roches tendres. La série est caractérisée par l'alternance des bancs argileux, calcaires et gréseux.

- **Flysch Marsilien** : la série s'étend essentiellement sur le versant Nord du Djebel Sidi Dris et au col du Kantor, elle présente une part importante de marnes et d'argiles ce qui favorise le développement de toutes les formes de glissement et de ravinement.

- **Flysch numidien** : il existe à Sidi Mezghich où le phénomène de glissement et de ravinement est spectaculaire, nous rencontrons des alternances des roches dures et roches tendres.

2.7.4 Les séries telliennes

Du Nord au Sud, on distingue :

- **Séries ultra telliennes** : se caractérisent par un faciès essentiellement marneux clair avec quelques bancs de calcaire (**Delgua, 1969**).

- **Les séries telliennes (sens strict)** : ces séries présentent des variations de faciès dans le temps. Jurassique plus marneux et Crétacé détritique devient marneux à argilo-calcaire. L'Eocène se caractérise par des marnes.

- **Les séries pénit-telliennes** : affleurent toujours au sud du Tell oriental Algérien. Leur faciès très carbonaté.

2.7.5 L'oligo-miocène Kabyle

C'est une série sédimentaire qui affleure dans toute la Kabylie de Collo et la région de Skikda.

- **Les roches éruptives** : La partie orientale de la petite Kabylie est caractérisée par un important magmatisme Miocène qui a engendré d'importantes masses de granite

(granite Bougaroun, de Beni Touffout et de Fil fila) et microgranite (environ de Collo) ainsi que des coulées et injections de laves acides (région de Collo). Les roches éruptives microgrenues sont visibles essentiellement dans les environs du petit port de Collo et à l'Ouest du bassin de Tamalous se sont en général des microgranites Monzonitiques et des micro granodiorites, elles sont donc plus récentes que les terrains sédimentaires marins.

- **Le Quaternaire** : Dans la zone d'étude le quaternaire est représenté par les alluvions et les dunes anciennes. Les alluvions se composent de trois types différents : des alluvions actuelles représentées par des sables, des limons formant le lit moyen de l'oued Safsaf et celui de Zeramna, alluvions moyennes constituées de limons et de galets et enfin des alluvions anciennes d'âge pléistocène ce sont des terrasses de limons et de cailloux roulés à des épaisseurs de 20 m.

Chapitre II : Matériels et méthodes

II.1.Choix du site de prélèvement :

L'étude expérimentale consiste à effectuer des analyses physico-chimiques de l'eau de l'Oued Saf-Saf. L'étude de qualité de l'eau comporte deux étapes prélèvement et analyse.

Pour mieux évaluer l'impact des rejets liquides des usines sur la qualité physico-chimique de l'eau de Saf-Saf de Skikda, nous avons choisi sept points de prélèvements tout au long du cours d'eau. Les échantillons d'eau ont été prélevés choisis en fonction des rejets éventuels dans le bassin versant de l'Oued Saf-Saf.

Le tableau ci-dessous présente la situation des différents points de prélèvement

Tableau II.1. Dates et informations sur le climat et la situation géographique des différents points de prélèvement.

Le tableau ci-dessous présente la situation des différents points de prélèvement

Échantillons	Date de prélèvement	Coordonnéesgéographiques	Observation
1 : Lilo	23/04/2023	36.879028N 6.932200E	Ensoleillé
2 : Poste -3-	23/04/2023	36.859213N 6.937644E	Ensoleillé
3 : Ramdane Djamel E	23/04/2023	36.755627N 6.908474E	Ensoleillé
4 : Ramdane Djamel S	23/04/2023	36.743664N 6.874333E	Ensoleillé
5 : El Harouche	23/04/2023	36.698838N 6.864743E	Ensoleillé
6 : El Harouche source d'eau	23/04/2023	36.624939N 6.871910E	Ensoleillé
7 : Barrage de Zerdaza	23/04/2023	36.601541°N 6.884426°E	Ensoleillé



FigureII.1. Situation des points de prélèvement (Google Eart Juin 2023, modifier Bouras et al)

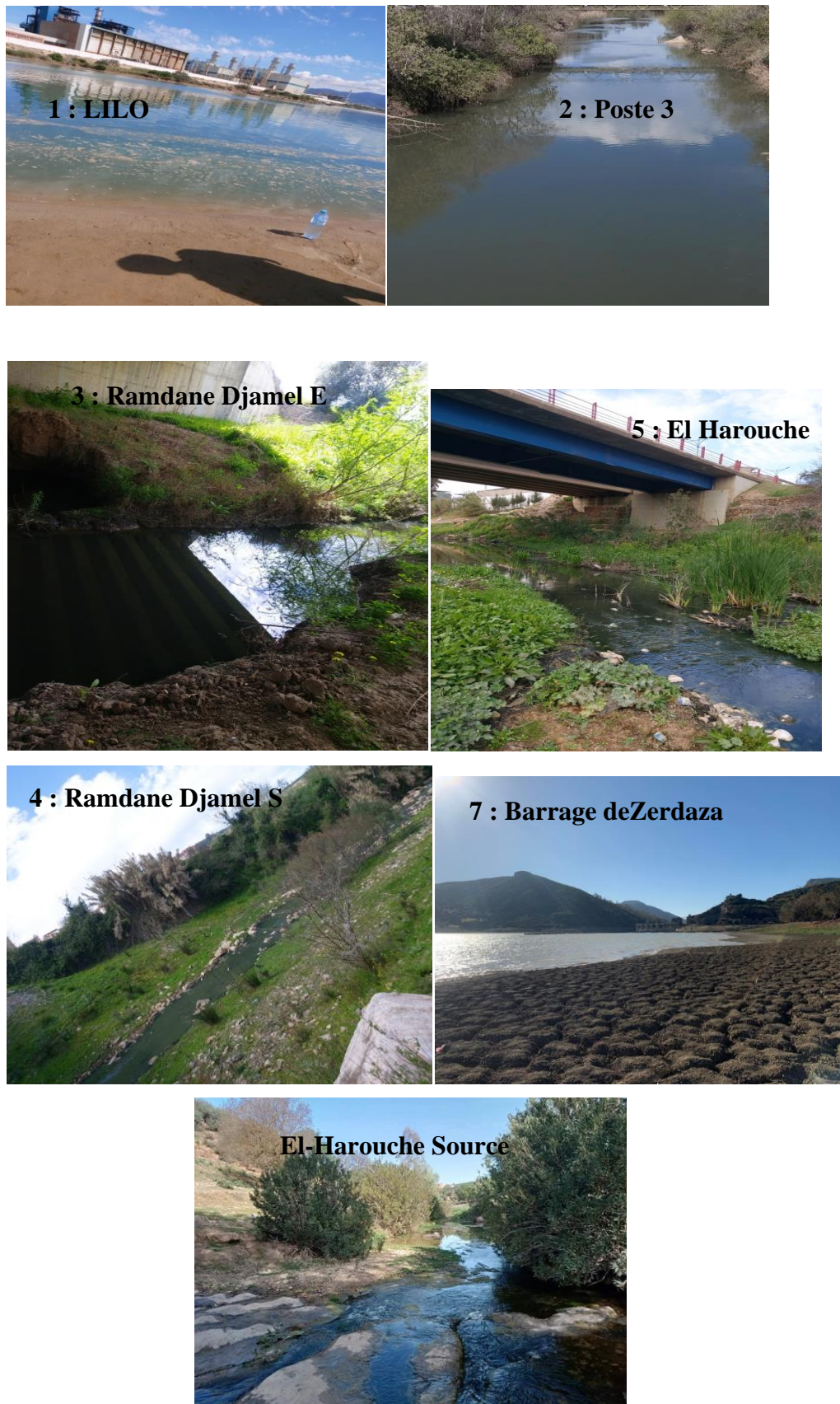


Figure II.2. les différents points de prélèvements

2. Mode d'échantillonnage

L'échantillonnage n'est pas simplement une procédure de prélèvement d'une petite portion pour l'analyse. Il vise à fournir une information sur les caractéristiques physico-chimiques de cette eau prélevée.

Les échantillons sont prélevés à l'aide de flacons en plastique d'eau minérale, d'une contenance de 250ml qui sont lavés et rincés avec de l'eau minérale et celle de prélèvement. Pour éviter les risques de contamination, ces flacons d'échantillonnage ne doivent être ouverts qu'au moment du prélèvement. Une fois l'échantillon est prélevé, les flacons doivent être fermés hermétiquement jusqu'au moment de l'analyse (**Rejsek, 2002 ; Merzoug, 2009 ; Rodier, 2009**).

Les techniques de prélèvement sont variables en fonction du but recherché et de la nature de l'eau à analyser. Pour une eau de surface (eau superficielle), les flacons sont plongés à une distance qui varie de 25 à 30cm de la surface assez loin des bords, ainsi que des obstacles naturels ou artificiels.

Les récipients ne seront jamais remplis complètement. Toujours laisser un espace d'air d'au moins 2,5cm entre la surface du liquide et le bouchon, ce qui facilite l'homogénéisation et un mélange correct de l'échantillon au moment de son analyse en laboratoire (**Hedahdia et al., 2016**).

Il est essentiel que les échantillons soient clairement étiquetés immédiatement avant les prélèvements et que les étiquettes soient lisibles et non détachables. Dans ces derniers, on doit noter avec précision : la date, l'heure, les conditions météorologiques, un numéro et toutes circonstances anormales (**Himoud et al., 2016**).

Après un prélèvement toute analyse doit être effectuée le plus rapidement possible. Si la durée du transport dépasse 1 heure, et si la température extérieure est supérieure à 10°C, les prélèvements seront transportés dans des glacières dont la température doit être comprise entre 4 à 6°C. (**Merzoug, 2009 ; Rodier et al., 2009**).

3. Mode des analyses des paramètres physico-chimiques

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

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

Les appareils des paramètres physiques sont toujours étalonné avant l'utilisation après chaque atteindre.

3.1 pH

Le potentiel hydrogène, est un paramètre qui permet de mesurer l'acidité ou la basicité d'une solution .Ce paramètre conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques et dépend de facteurs multiples, dont la température et l'origine de l'eau (**Debieche, 2002**).

- **Mode opératoire** : Rincer l'électrode du PH mètre avec de l'eau distillé puis la plonger dans un bécher qui contient la prise d'essai, on attend la stabilisation des valeurs afficher par le PH mètre.



Figure 03. PH mètre.

3.2 Oxygène dissous et TDS

- **Oxygène dissous** : Les organismes aquatiques ont besoin d'une quantité suffisante d'oxygène dissous dans l'eau pour survivre, ce qui en fait un important critère pour la vie aquatique. Les facteurs qui peuvent mener a la réduction de l'O₂ dissous sont l'augmentation de la température de l'eau et la décomposition de grandes quantités de la matière organique (**Aissaoui, 2017**).La teneur de l'eau en oxygène varie selon plusieurs facteurs L'origine de l'eau (eau superficielle riche ou presque saturée et l'eau profonde contenant quelque mg/l). Latempérature, la pression atmosphérique et

la salinité. La présence au niveau des eaux superficielles, des végétaux, des microorganismes, des algues et des phytoplanctons (Charchar, 2009).

- **TDS** : Le TDS signifie total des solides dissous et représente la concentration totale des substances dissoutes dans l'eau. Le TDS est composé de sels inorganiques et de quelques matières organiques. Les sels inorganiques communs trouvés dans l'eau incluent le calcium, le magnésium, le potassium et le sodium qui sont tous des cations et des carbonates, nitrates, bicarbonates, chlorures et sulfates qui sont tous des anions. Les cations sont des ions chargés positivement et des anions sont des ions chargés négativement (Rodier, 2009).

3.3. Température

C'est une caractéristique physique importante, elle joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la détermination du pH pour la connaissance de l'origine de l'eau des mélanges éventuels (Mazroue *et al.*, 2017).

La température de l'eau dépend d'une série de facteurs : Situation géographique, la saison, la profondeur, la couleur de l'eau, et le volume de l'eau (Bennamounet *et al.*, 2018).

- **Principe** : Elle a été déterminée en laboratoire à l'aide d'une électrode incorporée au conductimètre étalonné. En fait, directement la température exprimée en $^{\circ}\text{C}$.



Figure 04. Un oxymètre mètre.

3.4. Conductivité électrique

La conductivité électrique (EC) est une expression numérique de la capacité d'une solution à conduire le courant électrique. La plupart des sels minéraux en solution sont de bons conducteurs. Par contre, les composés organiques sont de mauvais conducteurs. La conductivité électrique standard s'exprime généralement en milli siemens par mètre (ms/m) à 20°C. La conductivité d'une eau naturelle est comprise entre 50 et 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Devillers *et al.*, 2005).

- **Principe :** La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux (2) électrodes métalliques de 1 cm² de surface et séparées l'une de l'autre 1cm, la mesure se fait au point de Wheatstone en utilisant un conductimètre électrique.

3.5. Salinité

La salinité est une mesure sans unité qui exprime la masse de sels dissous que contient une eau. Le lessivage intense des sols se traduit par une augmentation de la salinité (Angelier, 2000).

- **Principe :** Elle a été déterminée au laboratoire à l'aide d'une électrode incorporée au conductimètre étalonné. On lit directement la salinité exprimée en mg/L
- **Mode opératoire :**
 - Etalonner le conductimètre
 - Rincer l'électrode avec de l'eau distillée
 - Verser dans un bécher une quantité d'eau à analyser
 - Immerger l'électrode dans le bécher



Figure 5 : Un Conductimètre

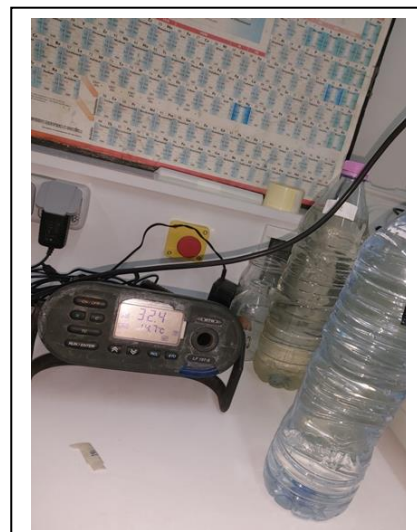


Figure 6 : Appareil multi paramètre.

3.5 Analyses volumétriques

Le principe de l'analyse volumétrique se concerne l'utilisation des méthodes et des réactifs pour estimer la teneur éléments chimique.

3.5.1 Alcalinité (TAC)

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». Le pouvoir neutralisant de l'eau est attribué principalement à la présence de bicarbonates, de calcium et de magnésium dissous dans l'eau. L'alcalinité d'une eau est dosée par un acide fort. Par convention on exprime le T.A (titre alcalimétrique) et le T.A.C (titre alcalimétrique complet) en °F (en France).

Dans l'eau principalement, l'alcalinité est due à la présence d'ions carbonate de formule CO_3^{2-} et d'ions hydrogénocarbonate (appelés très souvent ions « bicarbonate ») de formule HCO_3^- . On donne les PKA des couples acido-basiques CO_2 dissous / HCO_3^- et $\text{HCO}_3^- / \text{CO}_3^{2-}$ $\text{PKa}(\text{CO}_2 \text{dissous} / \text{HCO}_3^-) = 6.35$ et $\text{PKa}(\text{HCO}_3^- / \text{CO}_3^{2-}) = 10.30$ on établit le diagramme de prédominance des trois espèces en y ajoutant les zones de virage des indicateurs colorés : vert de bromocrésol (encore nommé B.C.R ou bromocrésol-rhodamine) et de la phénolphtaléine.

On peut, par conséquent, considérer qu'une eau dont le PH est grand ($\text{PH} > 10.3$) contient essentiellement des ions carbonate et qu'une solution dont le ph est compris entre 6.4 et 10.3 ne contient presque pas d'ions carbonate mais seulement des ions hydrogénocarbonate (Frank. R, 2002).

- **Mode opératoire du TAC :**

- Utiliser le même échantillon traité précédemment (100 ml) d'échantillon dans un Erlenmeyer.
- Verser quelques gouttes de rouge de méthyle (solution bleu verdâtre).
- Titrer avec H_2SO_4 (0,02N) jusqu'à apparition de la couleur rose (pH 4.5) et noter VB

3.5.2 Le Titre Alcalimétrique(TA)

Le TA correspond à la somme des concentrations des ions carbonates (CO_3^{2-}) et des ions hydroxydes (OH^-). Le principe de cette méthode est basé sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué, en présence d'un indicateur coloré.

- **Matériels :** Epruvette ; Burette ; Erlenmeyer ; Agitateur magnétique.



Figure 07. Agitateur magnétique.

- **Réactifs :**Indicateur coloré : phénolphtaléine ; Acide sulfurique (H_2SO_4 (0,02N) ; Rouge de méthyle.
- **Mode opératoire du TA :**
 - Prendre 100 ml d'échantillon dans un Erlenmeyer.
 - Verser quelques gouttes de phénolphtaléine.
 - Si le $pH < 8.3$, la solution ne se colore pas en rose : le TA est = 0.
 - Si le $pH > 8.3$, la solution est rose : le TA est déterminé par titrage avec acide sulfurique.
 - Titrer avec H_2SO_4 (0,02N) en agitant constamment jusqu'à décoloration complète de la solution et noter le volume V.

2.5.3 Dureté (TH)

La dureté fait référence à la quantité de calcium et de magnésium contenue dans l'eau. Ces deux éléments proviennent de l'altération de la roche-mère. En agriculture, une eau dure aide le sol à conserver une bonne structure par les ponts calciques. La dureté peut aussi s'exprimer sous forme d'équivalents de carbonate de calcium ($CaCO_3$) en ppm ou en mg/l (ISABELLE, 2006). La dureté TH s'exprime :

- En degré française ; $TH = V \text{ ml} \times 2 (F^\circ)$.
- En milliéquivalent par litre : $TH = V \text{ ml} \times 4 \text{ (meq/l)} \cdot 10$.
- En PPM de $CaCO_3$: $TH = V \text{ ml} \times 20 \text{ (mg de } CaCO_3)$.
- **Principe:** Formation des complexes des ions Ca^{+2} et Mg^{+2} avec une solution titrée des sels disodiques de l'acide éthylène diamine tétraplégique (EDTA) en milieu tampon à pH 10. La fin de la réaction est indiquée par le noir eriochrome T.
- **Réactifs :** Solution TOMPON ; KCK (10%), EBR.

- **Mode opératoire :**

- Remplir la burette avec la solution d'EDTA jusqu' au trait zéro.
- Introduire 100ml d'eau analyser dans l' erlenmeyer.
- une pincée de NET en poudre (La solution vire au rouge vineux en présence de TH.
- verser la solution d'EDTA jusqu'au virage au bleu franc.
- lire le TH directement en degré français sur la burette.

Si l'analyse est effectuée à l'aide d'une burette graduée en ml et si V ml est le volume d'EDTA utilisé.

2.6 Chlorure (Cl⁻)

Il est présent en petite quantité sur la terre. Ils peuvent causer des dommages lorsqu'ils sont en trop grande quantité dans l'eau d'irrigation, à plus forte raison lorsque c'est par aspersion (Rodier, 1996 ; Valiron, 1989).

- **Principe :** Réaction des ions chlorure avec des ions argent pour former du chlorure d'argent insoluble qui est précipité quantitativement. Addition d'un petit excès d'ions argent et formation du chromate d'argent brun avec des ions chromates qui ont été ajoutés comme indicateur. Cette réaction est utilisée pour l'indication du virage. Durant le titrage, le pH est maintenu entre 5 et 9.5 afin de la permettre la précipitation.
- **Matériel :** Verrerie de laboratoire.
- **Réactifs :** Acide nitrique pur ; Solution de chromate de potassium à 10 % ; Solution de nitrate d'argent 0,1 N.
- **Mode opératoire :**
 - Introduire 100 ml d'eau à analyser (préalablement filtrée si nécessaire).
 - Ajouter : 2 à 3 gouttes d'acide nitrique pur ; une pincée de carbonate de calcium et 3 gouttes de solution de chromate de potassium à 10 %.
 - Titrer avec la solution de nitrate d'argent jusqu'à l'apparition d'une teinte rougeâtre, qui doit persister 1 à 3 minutes.

2.7 Calcium

Il est un élément chimique et le sel minéral le plus abondant dans l'organisme.

- **Matériel :** Verrerie du laboratoire ; Spectrophotomètre (figure 07).
- **Réactifs :** Solution de potasse KOH 8N, Indicateur NANA, 2-hydroxy-1-2-hydroxy-4 sulfo-1-naphtilazo-3-naphtique, Sulfate de sodium Na₂SO₄, Solution de chlorhydrate d'hydroxylamine 10%, Solution de KCN à 10%, Acide chlorhydrique HCL (1+1), Solution d'EDTA 0,01 M, Chlorure de magnésium (Mg Cl₂, 6H₂O).

- **Mode opératoire :**
 - Prélever 10 ml d'échantillon à analyser.
 - Ajouter 2 ml HCl (1+1).
 - Ajouter 2 ml NH₂OH HCl 10%.
 - Ajouter 1ml de KCN 10%.
 - Ajouter 5 ml KOH 8N.
 - Ajouter 0, 1g d'indicateur Nana.
 - Titrer avec EDTA 0,01 M.
 - Le virage se fait du violet au bleu.

2.8 Potassium (K⁺)

Il est assez abondants sur terre, mais peut fréquent dans les eaux. En effet, il est facilement adsorbé et recombéné dans les sols (sur les argiles notamment). Les sources principales potassium sont les roches cristallines (**Potelon et Zymank, 1998**).

2.9 Sodium (Na⁺)

La concentration de sodium dans l'eau d'irrigation est estimée par le ratio d'absorption u sodium (SAR).Le SAR 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.

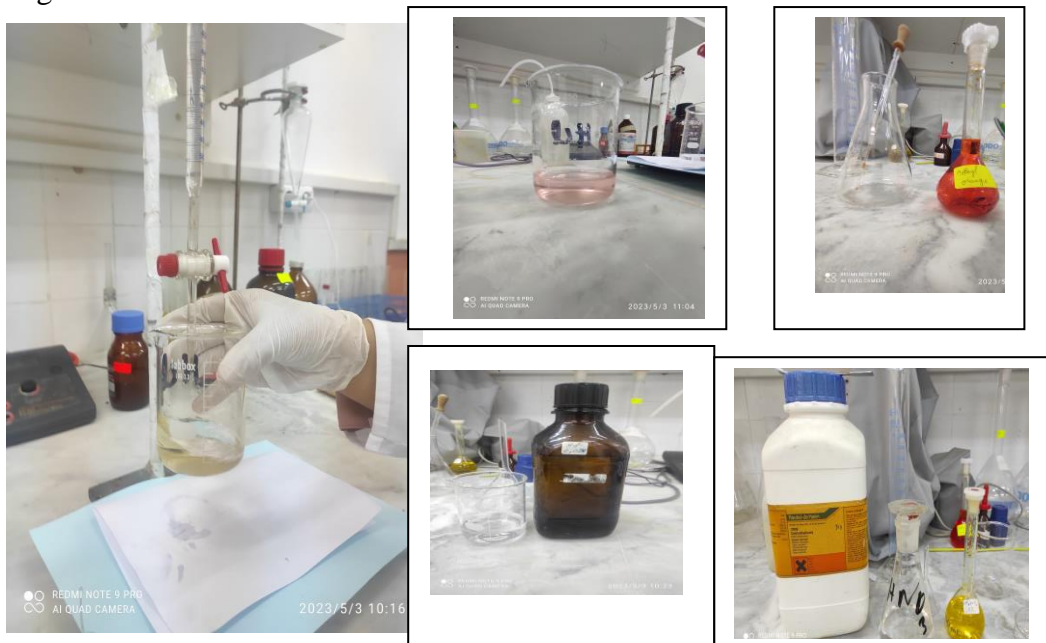


Figure.8 : Mode d'analyses volumétriques (Titrage)

Le SAR est décrit par la relation suivante :

$$\text{S.A.R} = \frac{\text{Na}}{\sqrt{(\text{Ca} + \text{Mg})/2}} \quad \text{Na}^+, \text{Mg}^{2+} \text{ et } \text{Ca}^{2+} \text{ sont exprimés en méq/l}$$

Pour un SAR donné, la vitesse d'infiltration augmente au fur et à mesure que la salinité de l'eau augmente.

On peut définir différentes classes d'eau en fonction de leur SAR (S1 à S4). Le diagramme de Riverside explique mieux la relation entre le SAR et la conductivité (ISABELLE, 2006).

La méthode la plus couramment employée pour évaluer le potentiel de risque est celle du coefficient d'absorption du sodium (SAR)

Quand le SAR dépasse 6 à 9, on peut s'attendre à ce que l'eau d'irrigation pose un problème de perméabilité sur des sols du type gonflant.

Mais la perméabilité est aussi liée à la teneur en carbonate (CO₃) et bicarbonate (HCO₃) de l'eau d'irrigation, ce dont le SAR ne tient pas compte. Quand le sol sèche entre l'arrosage, une partie de CO₃ ou HCO₃ précipité sous forme de carbonate mixte ce CO₃ et Mg, ce qui relative à enlever le Ca et le Mg de la solution du sol et à accroître la proportion relative de Na ; donc le risque lié au sodium.

2.10. Matières En suspension MES

Les matières en suspension contenues dans les eaux résiduaires constituent un paramètre important qui marque généralement le degré de pollution. Ce sont des matières qui ne sont ni colloïdales, ni solubilisés et elles-peuvent être organique ou minérales. La présence des matières en suspension, diminue la concentration en oxygène dissous, ce qui rend les activités des micro-organismes faibles et par conséquent diminution du phénomène d'autoépuration.



Figure 09 : Matières En Suspension MES

L'eau est filtrée et le poids de matières retenues par le filtre est déterminé par pesée différentielle (Rodier, 2009).

- **Principe :** Vaporisation de l'échantillon à une de 105° pendant 2 heures. Détermination des matières en suspension par pesée partielle
- **Matériels:**Appareil, étuve, Température : 105°C Fiole, capsules, filtres, rampe de filtration, balance et dessiccateur.
- **Mode opératoire :**
 - Dans des eaux d'une faible concentration en MES. On utilise des filtres
 - Mouiller le filtre avec de l'eau distillée.
 - Mettre dans l'étuve pendant quelques minutes.
 - Sortir le filtre, puis le mettre dans le dessiccateur pour le refroidissement.
 - Puis peser le filtre sur la balance jusqu'à obtention d'un poids stable.
 - Prendre une fiole de 100 ml. Laver abondamment avec de l'eau du robinet, puis avec de l'eau distillée.
 - Prendre une prise d'essai de 100 ml, placer le filtré dans la rampe de filtration.
 - Verser le volume d'eau (100ml) jusqu'à filtration complète.
 - Récupérer le filtre et le mettre à l'étuve à 150°C pendant 2 heures.
 - Mettre le filtre dans le dessiccateur pendant 15 minutes jusqu'à refroidissement total
 - Peser le filtre.

Formule : $M.E.S - (Pp - Pv / 100) * 100000 = (Pp - Pv) * 1000$

Pp : est le poids du filtre sec.

Pv: est le poids filtre après séchage sortie étuve.

2.11. Demande biologique en oxygène (DBO)

C'est la demande Biochimique en Oxygène exprime la quantité d'oxygène nécessaire dégradation de la matière organique biodégradable d'une eau par le développement organismes, dans des conditions données. Les conditions communément utilisées son (on peut donc avoir une dégradation partielle) à 20°C, à Labri de la lumière et de l'air parle alors de la DBO5. Les classes du DBO usuelle sont les suivantes (Morin, 2008) :

DBO5 < 1 eau normale. \Longrightarrow

DBO5 entre 3 à 5 eaux douteuses. \Longrightarrow

DBO5 > 6 eau pollué. \Longrightarrow

- **Matériels :** DBO mètre ; Plateformes d'agitation, Bouteille d'incubation, Tête de lecture, Joint caoutchouc, Ballon de débordement 432 ml, Barreau magnétique,

Dispositif d'enlèvement du barreau magnétique et Armoires frigorifique pour incubation des échantillons.

- **Réactifs** :Inhibiteur de nitrification et KOH.
- **Mode opératoire** :
 - Rincer la bouteille d'incubation avec l'échantillon à analyser.
 - Mesurer exactement le volume d'échantillon à l'aide du ballon de débordement et le verser dans la bouteille d'incubation à l'aide d'un entonnoir.
 - Ajouter quelque gouttes d'inhibiteur de nitrification.
 - Placer le barreau magnétique dans la bouteille.
 - Placer le joint caoutchouc dans son compartiment puis le remplir avec quelque pastilled'hydroxyde de potassium (KOH).
 - Visser la tête de lecture.
 - Régler le zéro sur la tête de lecture en appuyant sur les deux boutons S et M.
 - Placer la bouteille sur les plateformes d'agitation dans l'armoire frigorifique pour l'incubation des échantillons.
 - Après cinq jours d'incubation à 20°C, lire directement sur la réglette la valeur de la DBO5

2.12. Demande chimique en oxygène(DCO)

La demande chimique en oxygène (DCO) est la consommation en dioxygène par les oxydantschimiques forts pour oxyder les substances organiques et minérales de l'eau.

- **Matériels** :Verrerie de laboratoire, Bain-marie (Lab1217).
- **Réactifs** :AcidesulfuriqueH₂SO₄, Sulfate d'argent, Solution de permanganate de potassium KMnO₄, Solution d'oxalate de sodium Na₂C₂O₄.
- **Mode opératoire** :
 - 20ml d'échantillon dans un erlenmeyer de 300ml, ajusté jusqu'à 100ml avec de l'eau distillée.
 - Ajouter 10ml de H₂SO₄.
 - 1gr de sulfate d'argent en poudre.
 - Mélanger le contenu en secourant vigoureusement. Laisser reposer pendant quelques minutes, puis ajouter.
 - 10ml de KMnO₄.
 - Placer l'erlenmeyer dans un bain-marie bouillant et chauffer pendant 30min.
 - Ajouter 10ml d'oxalate de sodium.

2.13 Turbidité

Cette méthode de dosage s'applique aux eaux de distribution, souterraines et de surface. La zone de détermination de cette méthode est de 0 à 4000 NTU (Unités Néphélométrie de Turbidité). La turbidité d'une eau est causée par des matières non dissoutes (limon, argile, grain, de silice,). Celles-ci atténuent la radiation incidente et les particules insolubles diffusent la radiation de façon inégale. L'appareil employé fonctionne sur le principe de la mesure diffusée. La turbidité est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matière non dissoute (**Rodies,2009**).

- **Matériel** :Turbidimètre TURBIDIERCT et Flocon pour essai.

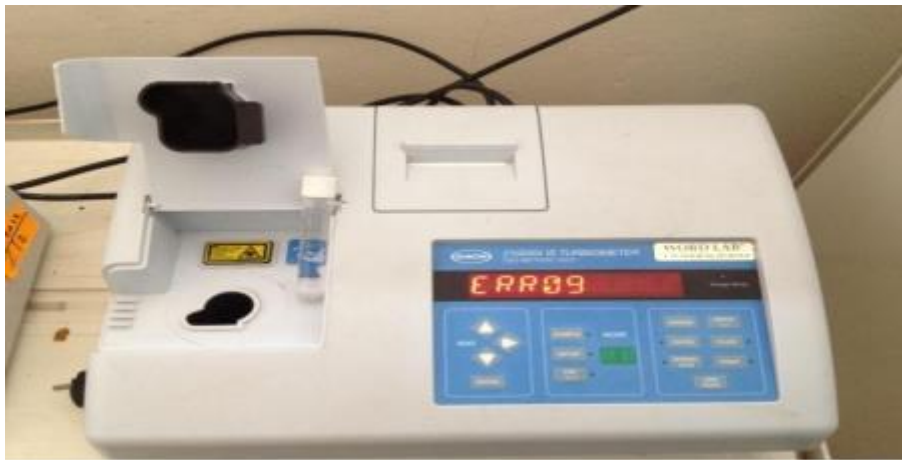


Figure10: Turbidimètre

- **Mode opératoire** :
 - Passer un des standards existant (<0.1, 20, 200, et 800 NTU), pour tester l'appareil.
 - Prendre 10 ml d'échantillon dans un flacon pour analyse.
 - Faire passer dans l'appareil.
 - Lire directement le résultat en NTU.

2.14.Sulfates

Les ions sulfates sont précipités et pesés à l'état de sulfate de baryum (**Rodier,2009**).

En présence de : $\text{BACl} \longrightarrow \text{BaCl}_2 + \text{SO}_4^{2-} \longrightarrow \text{BaCl}_2 + 2\text{Cl}^-$

- **Matériel** :Spectrophotomètre DR6000 et Cuve LCK153.
- **Mode opératoire** :
 - Pipeter 5.0 ml d'échantillon.
 - Doser 1 cuillère du réactif A (LCK 153 A).
 - Fermer la cuve et mélanger immédiatement le contenu en la retournant plusieurs fois ensuite pendant 2 min.
 - Bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer.

2.15. Les nitrites(NO₂)

Les nitrites constituent une étape importante dans la métabolisation des composés 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 présentent qu'un stade intermédiaire et sont facilement oxydés en nitrate, leur présence dans l'eau est donc rare et en faible quantité (**Figarella et Leytal, 2002**).

- **Matériel** : Spectrophotomètre et Cuve LCK341.
- **Condition** :
 - PH échantillon : 3 – 10.
 - Température échantillon/réactifs : 15 – 25°C.
 - Il ne doit pas s'écouler plus de **3 heures** entre le prélèvement de l'échantillon et l'analyse.
- **Mode opératoire** :
 - Enlevez délicatement la feuille de protection du DosiCap Zip détachable.
 - Dévissez le DosiCap Zip.
 - Pipeter 2.0 ml d'échantillon. Vissez immédiatement le DosiCap Zip; dirigeant le cannetage vers le haut.
 - Secouer énergiquement jusqu'à dissolution du lyophilisat.Attendre 10 min, mélanger de nouveau, bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer.

2.16. Nitrates(NO₃)

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote, ils se trouvent naturellement dans les eaux de surfaces provenant en grande partie de l'action de l'écoulement des eaux sur le sol constituant le bassin versant. L'activité humaine accélère le processus d'enrichissement des eaux en nitrates (**Figarella et Leytal, 2002**).

- **Matériels** : Spectrophotomètre (DR6000) et Becher.
- **Réactifs** : Solution BRUCINE, Acide sulfurique et Eau distillée.
- **Mode opératoire** :
 - Verser 5 ml de la PE dans un Becher (1) de 50 ml.
 - Ajouter 1 ml de la solution BRUCINE sulfurique (500- 75).
 - Mettre dans un Becher (2) 10 ml de l'acide sulfurique (500-75).
 - Mélangez les deux Becher le (1) dans le (2), et mixez 6 fois.
 - Laissez le mélange reposer pendant 10 min dans l'ombre.

- Après que la couleur se développe, ajouter 10 ml d'eau distillé dans le contenu du Becher.
- Après 10 min d'intervalle rajouter encore 10 ml d'eau distillée et répéter le mixage 6 fois.
- Laissez refroidir le mélange pendant 20 à 30 min dans l'ombre.
- Effectuer la mesure a une longueur d'onde de 410 nm.

2.17. Matière organique (MO)

La matière organique comme la matière carbonée que est généralement produite par les par des êtres vivants, végétaux, animaux, ou micro-organismes. La matière organique est constituée de composés organiques et est à l'origine de dégradations de la qualité de l'eau, ainsi elle influence directement les propriétés organoleptiques de l'eau (odeur et gout)(Rodier,2009).

- **Principe :** On oxyde par un excès de permanganate de potassium, en milieu acide et à ébullition 10 min, des matières oxydables contenues dans la prise d'essai de l'échantillon. On réduit l'excès de permanganate par une solution d'oxalate de sodium en excès connu. On titre retour l'excès d'oxalate par le permanganate de potassium.
- **Matériel et réactifs :**
 - Une burette graduée en degré français et son support.
 - Un erlenmeyer de 250ml.
 - Une fiole jaugée de 100 ml.
 - Une pipette de 5 ml.
 - Une pipette de 20 ml.
 - Agitateur magnétique avec plaque chauffante.
 - Solution d'acide oxalique à 0.01 N.
 - Solution d'acide sulfurique diluée ($d=1.27$).
 - Solution de permanganate de potassium à 0.01N.
- **Mode opératoire :**
 - Prendre 100ml d'eau à analyser.
 - Ajouter 5 ml H_2SO_4 diluée
 - Ajouter 15 ml de $KMnO_4$ à 0.01 et porter à ébullition pendant 10 mn.
 - Ajouter 15 ml d'acide oxalique à 0.01N.
 - Titrer à chaud avec $KMnO_4$ à 0.01 jusqu'à coloration rose claire qui persiste 15 à 20 secondes.

Note :

Le même essai mais avec l'eau distillée comme échantillon est nécessaire.

$$\text{MO (mgO}_2\text{/l)} = (\text{Vech} - \text{V0}) * \text{F} * 0.8$$

Vech: volume d'échantillon à 0.01N.

V0 : volume de KMnO4 à 0.01N essai à blanc.

F : facteur de correction de la solution de KMnO4 .

Chapitre III

RESULATS & DISCUSSION

III. Résultats et discussions :

Les analyses physico- chimique des eaux de Oued Saf-Saf ont été effectuées au niveau de laboratoire de :

1. La direction d'environnement –Skikda-
2. Département de Chimie de l'université de 20 Août Skikda
3. Département de Biologie de l'université de 20 Août Skikda

III.1. Représentations graphiques des résultats par éléments :

Les résultats des analyses physico-chimiques sont représentés ci-dessous

1.1 Les paramètres physico-chimiques :

1. Température

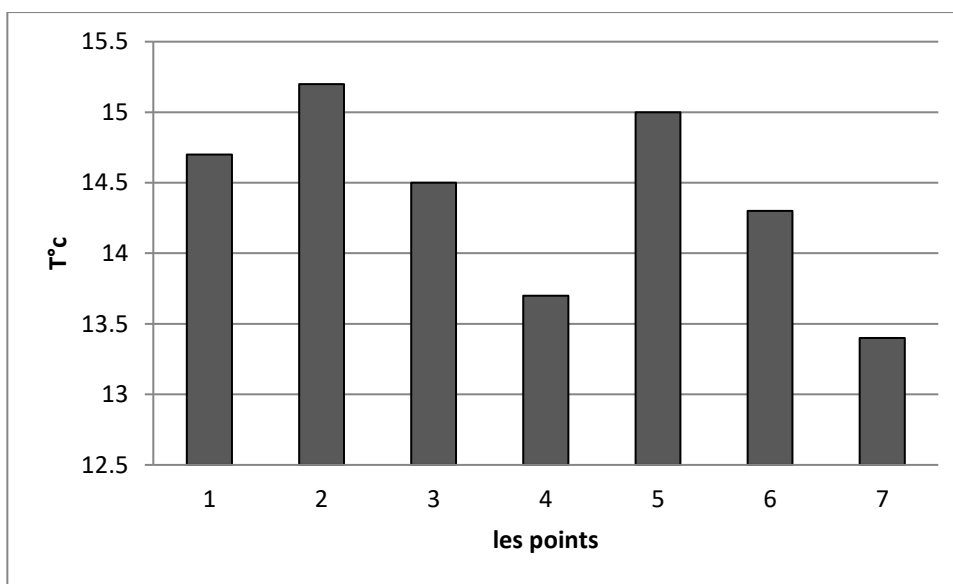


Figure III.1. Le graphe de variation de température en fonction des points de prélèvement.

La figure 1 montre la variation de température de chaque point de prélèvement, de sorte que les prélèvements 2 et 5 ont été enregistrés les valeurs les plus élevées ($\geq 15^{\circ}\text{C}$). Suivis par 1, 3 et 6 avec leurs valeurs supérieures à 14°C . Cependant, les valeurs les plus faibles sont celles des points 4 et 7 ($\leq 14^{\circ}\text{C}$).

2. Le pH :

La figure 2 illustre la variation de la plage d'acidité pour nos prélèvements avec une valeur moyenne (pH= 7.7). Néanmoins, tous les prélèvements ont de nature alcaline avec (pH ≥ 7), à l'exception, le prélèvement 2 qui est presque neutre avec un Ph qui est égal de 6,93.

Le pH sont toujours dans les normes.

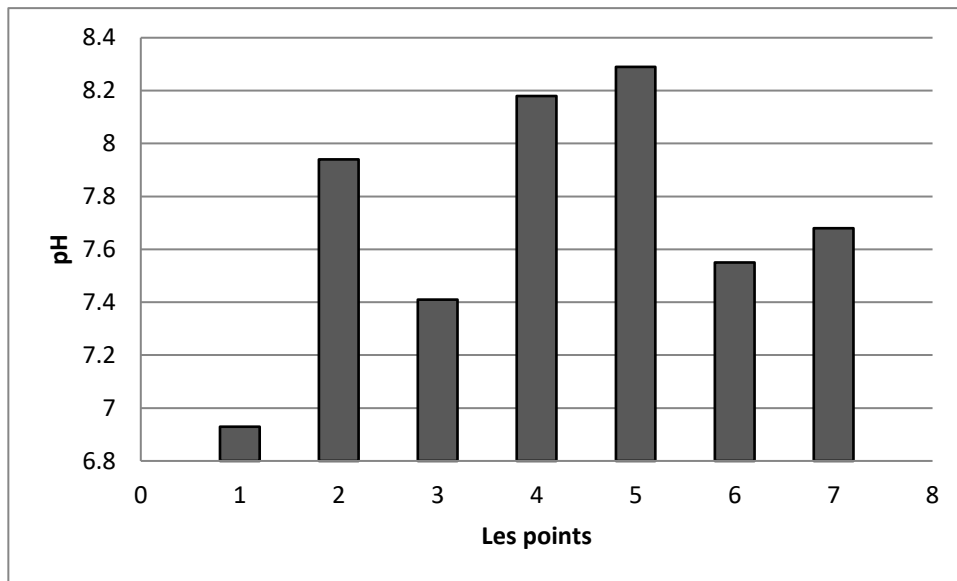


Figure III.2. Le graphe de variation de pH en fonction des points de prélèvement.

3. Conductivité électrique

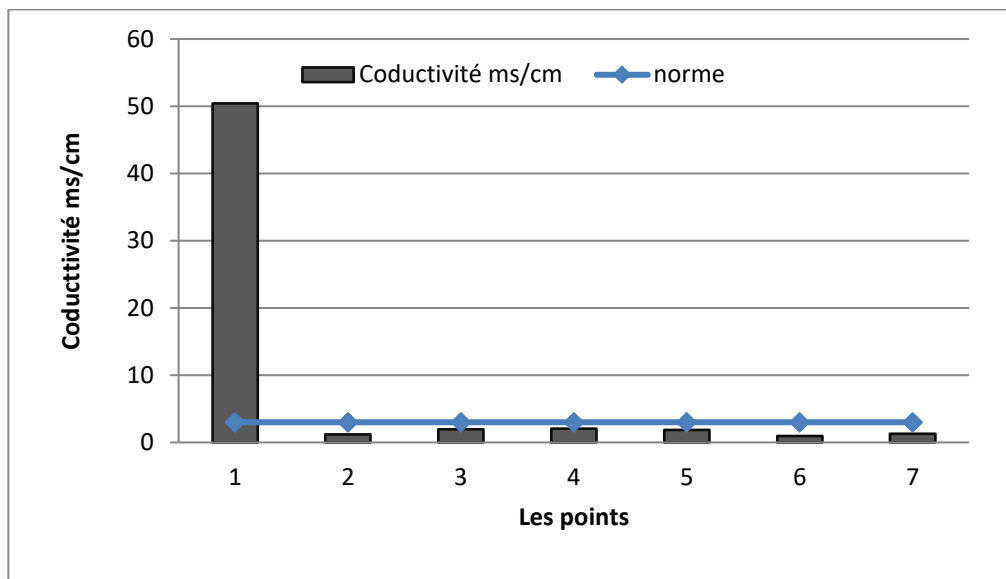


Figure III.3. Le graphe de variation de conductivité en fonction des points de prélèvement.

La figure3 illustre la variation de conductivité, de sorte que, les prélèvements 2, 3, 4, 5, 6, 7 ont signalé des valeurs de minéralisation moyenne et inférieurs à la valeur extrême de la norme (FAO2003). Seulement, le point 1 a enregistré une grande valeur à minéralisation élevée supérieur à la norme (50,4 ms/ cm)

4. Salinité

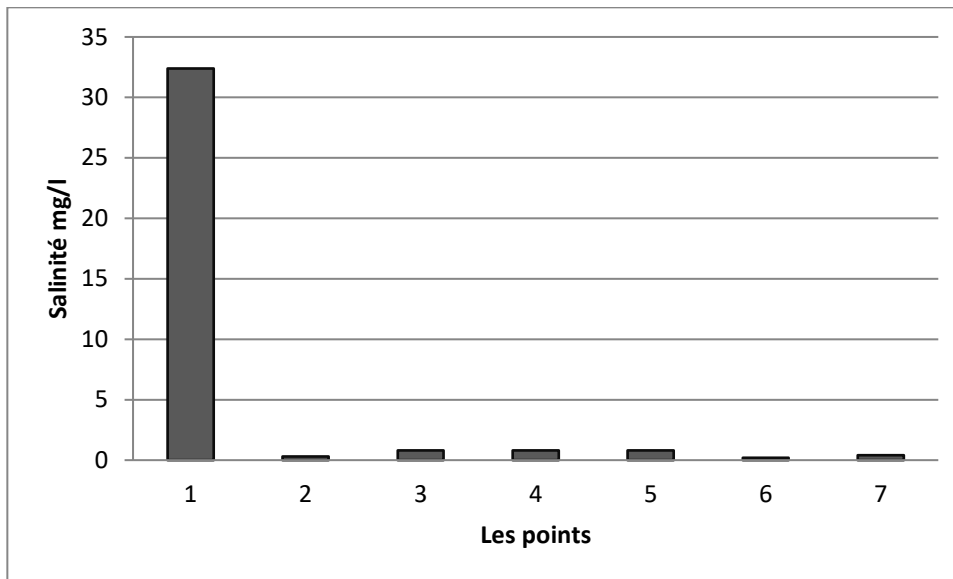


Figure.III.4. Le graphe de variation de salinité en fonction des points de prélèvement.

La figure 4 montre la variation des salinités de chaque point de prélèvement, de sorte que les prélèvements 2, 3, 4, 5, 6, 7 ont signalé des valeurs moyenne. Exceptionnellement, le 1^{er} prélèvement a enregistré une différence (32 mg /l) parce que le point est pas loin de la mer.

5. Turbidité (NTU)

Tableau III.1 : Classes de turbidités usuelles (NTU).(Joël, 2003)

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

Les eaux sont claire à légèrement trouble d'après le tableau de classement de turbidité.

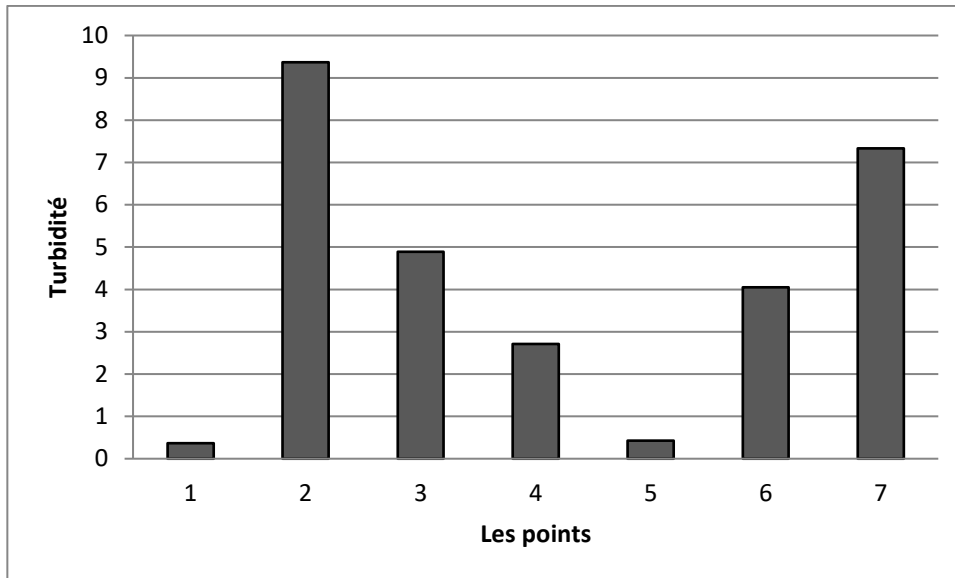


Figure.III.5 Le graphe de variation de Turbidité en fonction des points de prélèvement.

La turbidité a donné des valeurs différentes, enregistrées dans une échelle qui commence 0.37 pour le prélèvement 1 et se termine par 9.37 pour 2.

Les points 1,3,4,5et 6 sont des eaux claire et les points 2et7 sont des eaux légèrement trouble

6. L'Oxygène dissous (%)

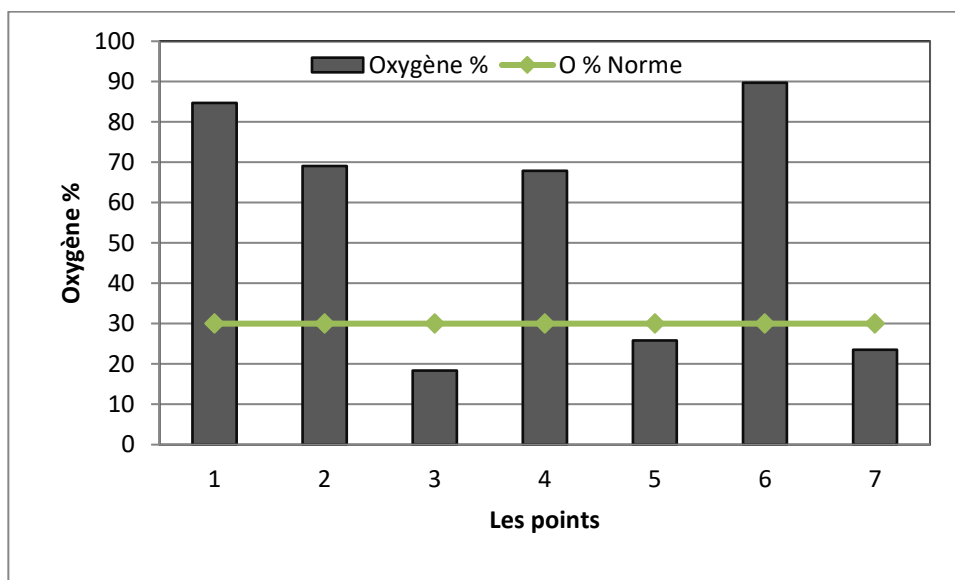


Figure.III.6. Le graphe de variation de Oxygène% en fonction des points de prélèvement.

Selon la figure 6, le taux d'oxygène a donné des pourcentages pour 4 prélèvements qui dépassent la moyenne (54.15%) et au norme des eaux de surface. par contre les autres sont inférieurs (3, 5 et 7).

7. L'Oxygène dissous (O2) mg /l :

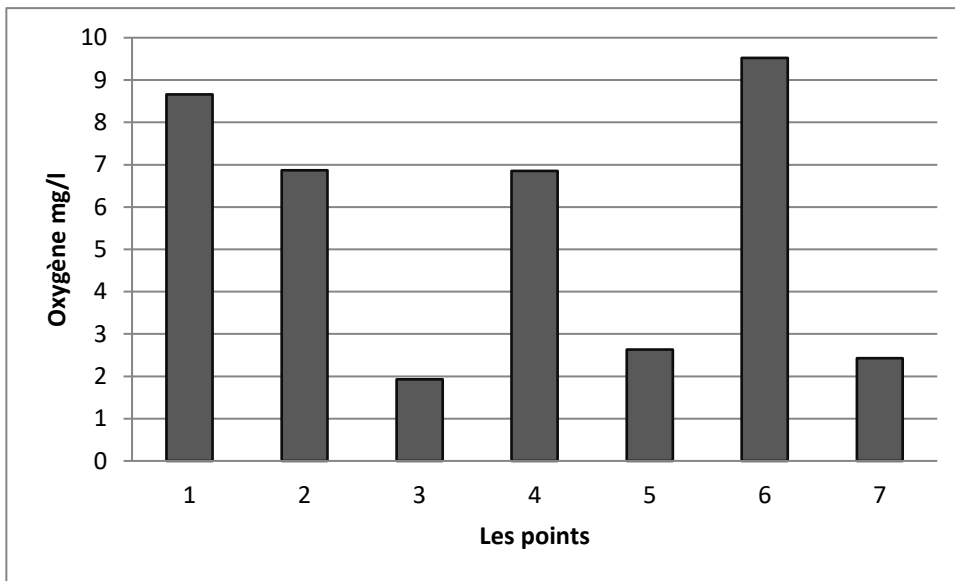


Figure.III.7. Le graphe de variation d'Oxygène en fonction des points de prélèvement.

Les mêmes résultats de du graphe 5 (Oxygène %) ont été enregistrés pour le taux d'oxygène en mg /l. Donc dans les points 1,2,4et 6 l'eau est bonne, les autres points sont des mauvaise qualités

8. Total de matières solides dissoutes (TDS)

En ce qui concerne, les matières solides dissoutes (TDS) dans la figure 7, nos points de prélèvements montrent des valeurs inferieur au norme et variaient entre 0 et 1600mg/l.

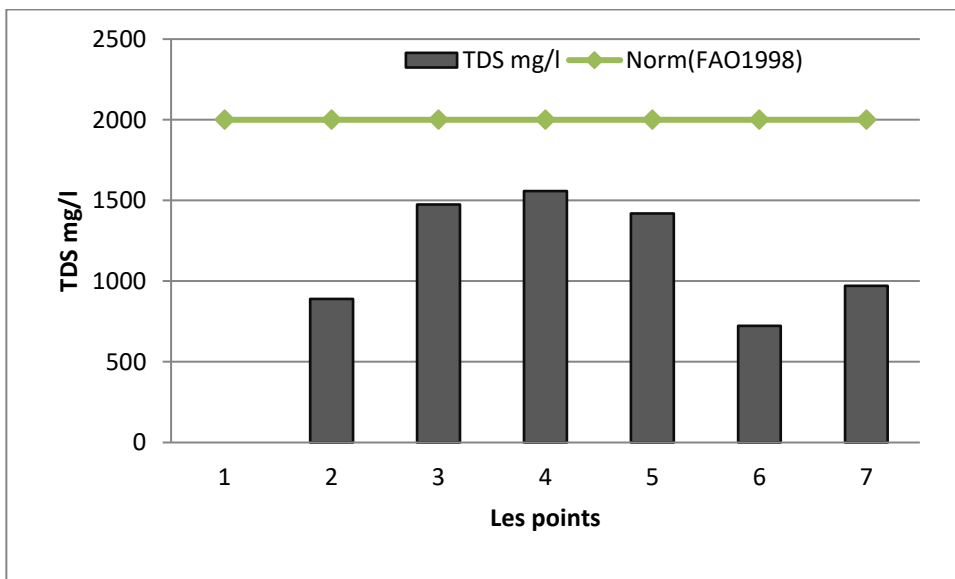


Figure.III.8.Les graphes de variation de TDS en fonction des points de prélèvement.

9. Le TH

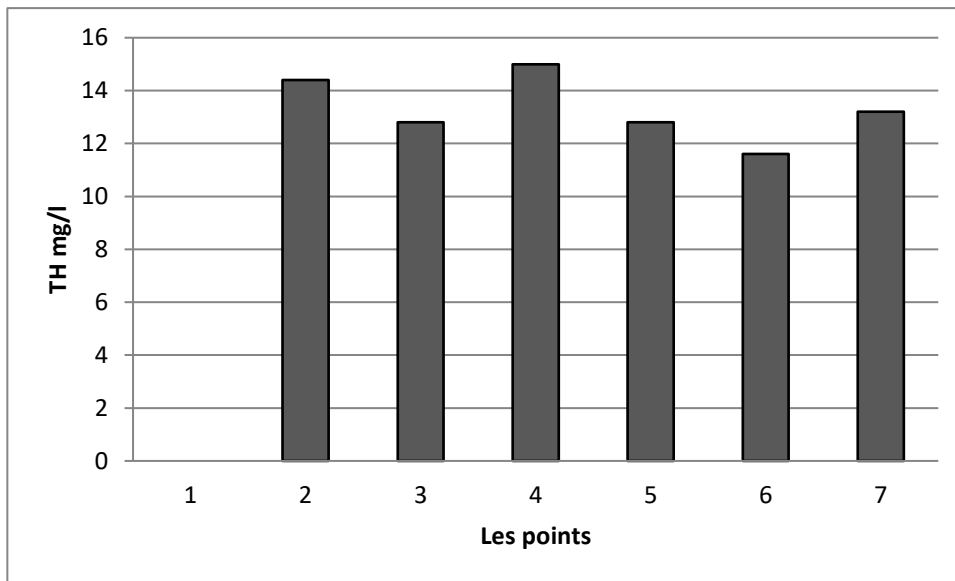


Figure.III.9.Le graphe de variation de TH en fonction des points de prélèvement.

Le point 1 se trouve sans TH avec une valeur 0. Les autres ont donné des valeurs différents qui varient entre un minimum de 11.6 (point 6) et un maxima de 15 mg/l (point 4).

10. Le TAC

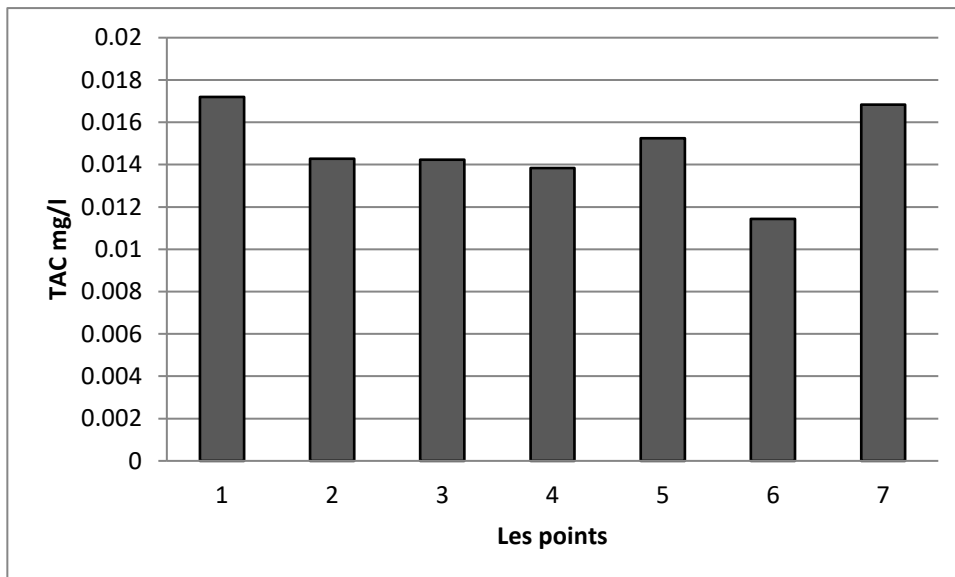


Figure.III.10.Le graphe de variation de TAC en fonction des points de prélèvement.

Pour ce graphe, nous avons deux points (1 et 7) qui dépassent 0.016 mg/l. Ils sont suivis par 2, 3, 4 et 5 avec une valeur supérieur à 0.014 mg/l. Il reste uniquement le prélèvement 6 dont la valeur signalé est de 0.011 mg/l.

11. Ammonium (NH_4^+)

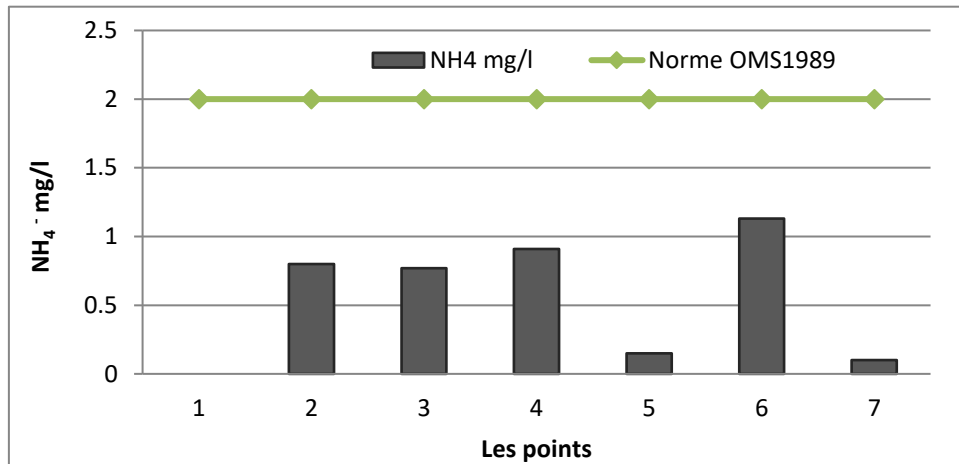


Figure.III.11.Le graphe de variation de NH_4^+ en fonction des points de prélèvement

La figure 11 montre que le taux d'Ammonium (NH_4^+) est :

- Absent au niveau du point 1.
- Inferieur à la Norme dans tous les points .

12. Calcium (Ca^{2+})

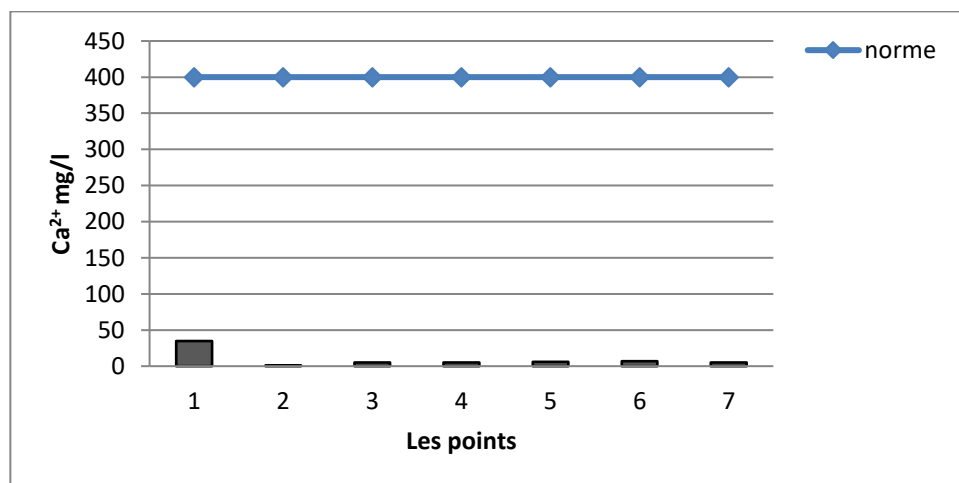


Figure.III.12.Le graphe de variation de Ca^{2+} en fonction des points de prélèvement.

D'après la figure 12, nous avons enregistré des valeurs faibles et inférieures à la norme pour tous nos prélèvements dans un intervalle min-max (1-35 mg/l).

13. Sodium (Na^+)

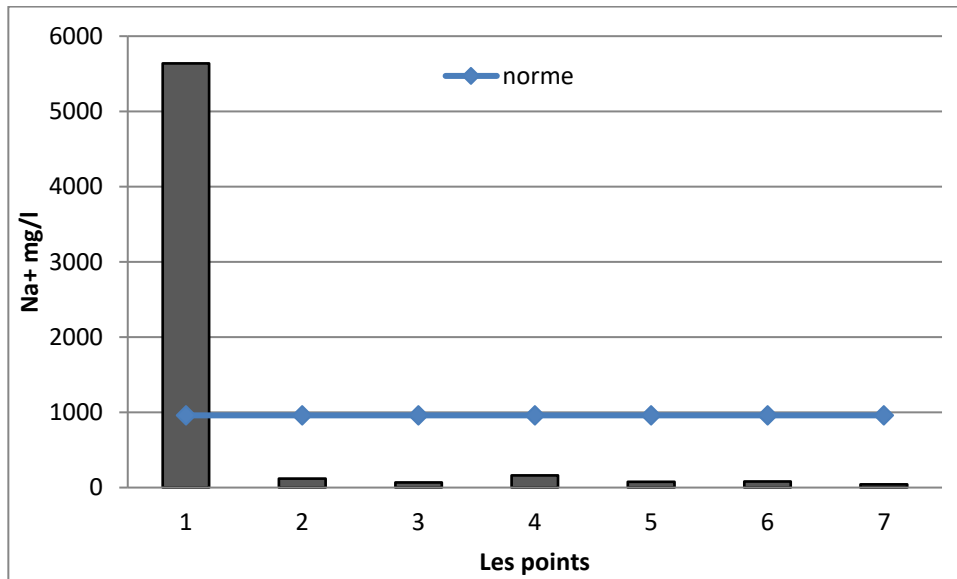


Figure III.13. Le graphe de variation de Na^+ en fonction des points de prélèvement.

Pour le Sodium (Na^+), toutes les valeurs sont à la norme sauf dans le rendement 1 avec 5640 mg/l.

14. Magnésium (Mg^+)

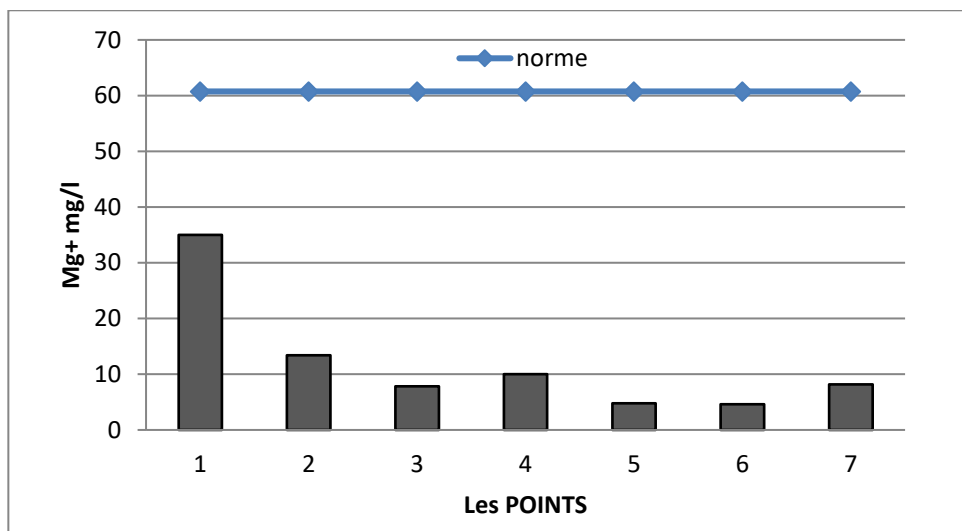


Figure III.14 Le graphe de variation de Mg^+ en fonction des points de prélèvement.

Le 1^{er} point a donné une valeur (35 mg/l) plus grande que les autres points.

Tous les points sont aux normes.

15. Potassium (K⁺)

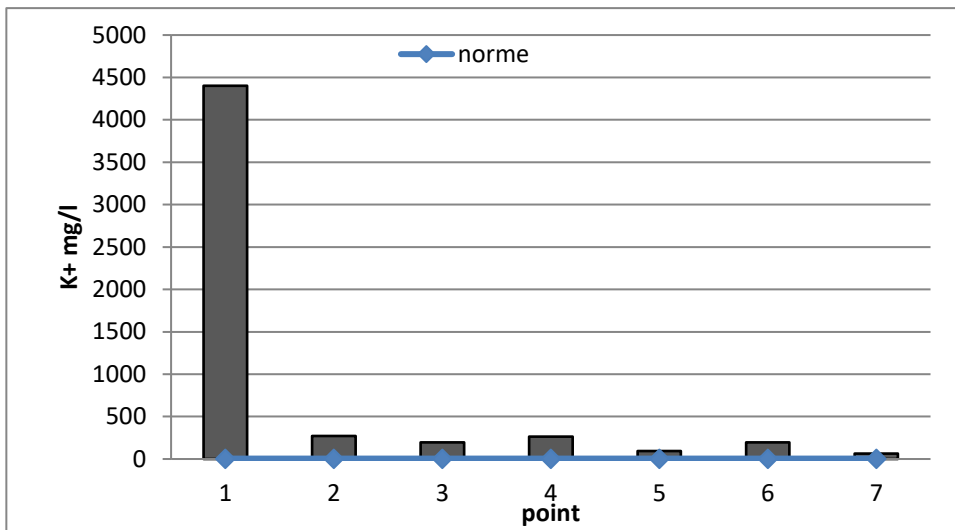


Figure III.15 Le graphe de variation de K⁺ en fonction des points de prélèvement.

Ce paramètre, le Potassium (K⁺) s'est révélé fortement supérieur à la norme pour toutes les valeurs enregistrées.

16. . Sulfate (SO₄⁻)

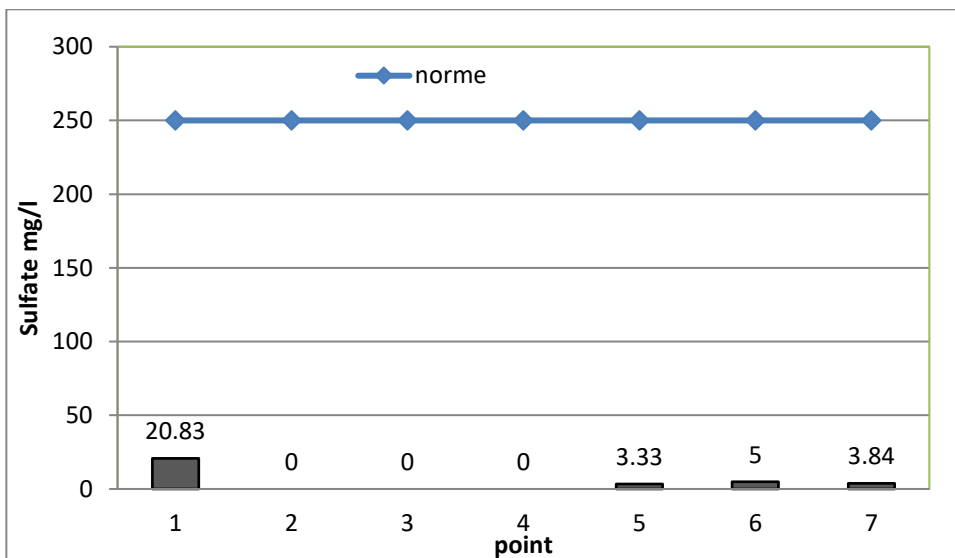


Figure III.16 Le graphe de variation de Sulfate en fonction des points de prélèvement.

Le Sulfate (SO₄⁻) est absent pour de nombreux prélèvements (2, 3 et 4). Il est faible pour les points (5, 6 et 7), hormis dans le premier dont la valeur donnée est un peu supérieur (20.83mg/l). Toutes ces valeurs sont inférieure à la norme.

17. Bicarbonate (HCO_3^-)

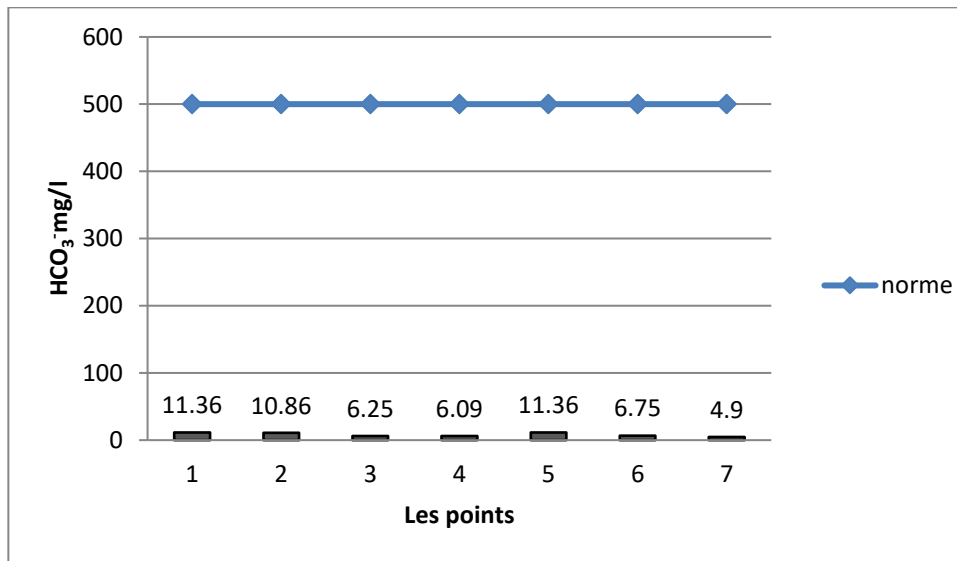


Figure III.17 Le graphe de variation de bicarbonate en fonction des points de prélèvement.

Le taux des bicarbonates est inférieur à la norme pour tous les prélèvements avec une variation de 4.9 mg/l (point 7) qui s'élève à 11.36 mg/l (points 1 et 5).

18. Chlorure (Cl^-)

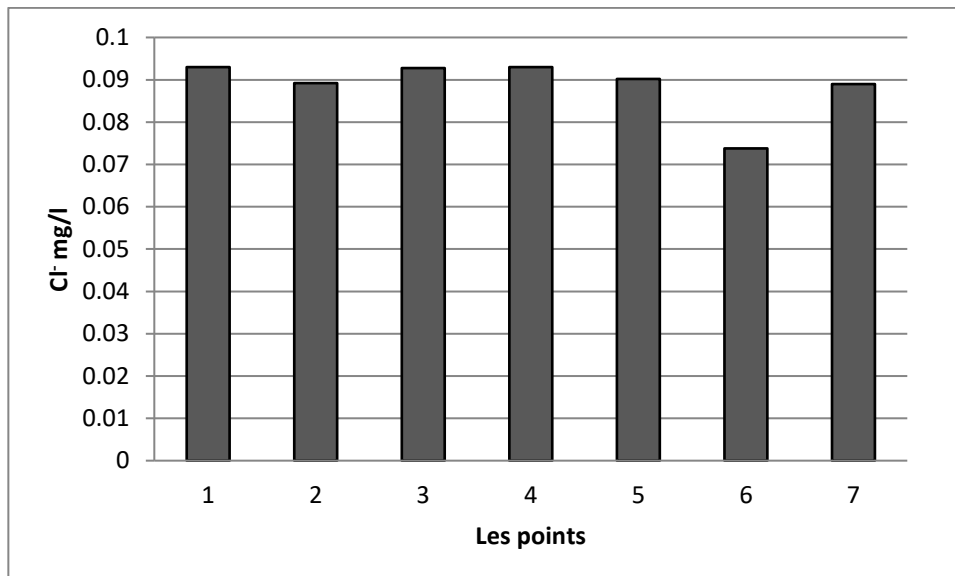


Figure III.18 Le graphe de variation de Chlorure en fonction des points de prélèvement.

Concernant le Chlorure (Cl^-), toutes les valeurs sont faibles et inférieures à la norme.

19. Le Nitrite (NO₂⁻)

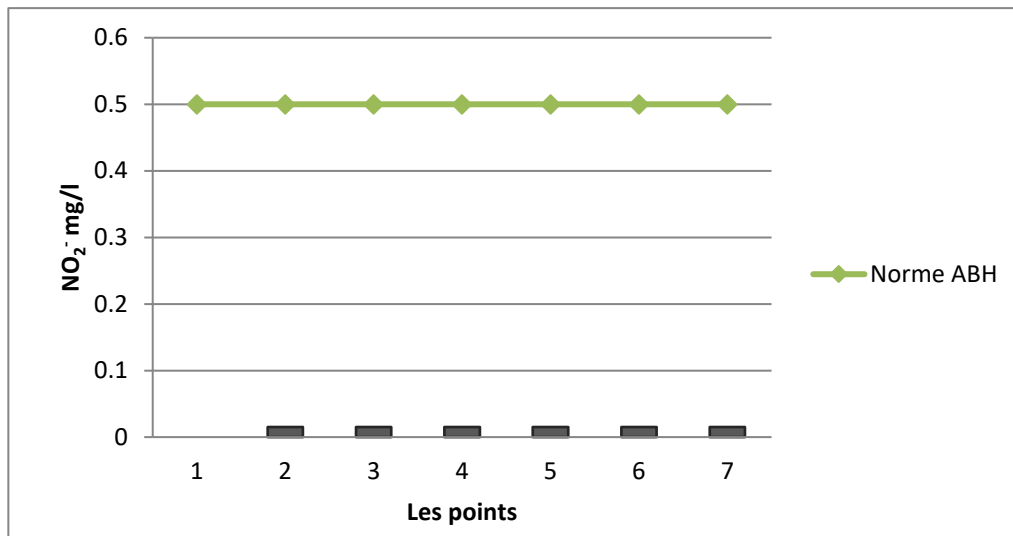


Figure III.19 Le graphe de variation de NO₂⁻ en fonction des points de prélèvement.

Toutes les valeurs enregistrés sont similaires (0.015 mg/l) sauf dans le premier prélèvement (taux = 0).

Les valeurs sont inférieure à la normes de l'ABH2009

1.2. les paramètres indicateurs de pollution :

1. Demande chimique en oxygène(DCO)

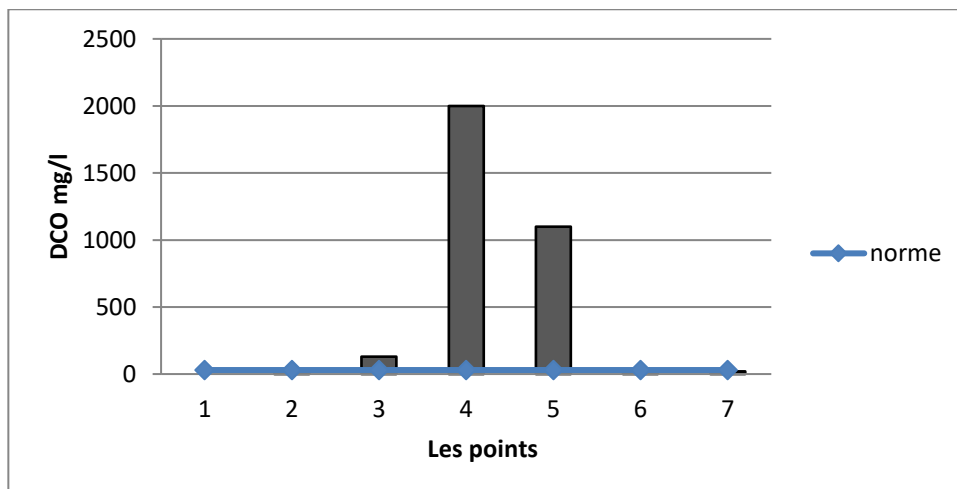


Figure III.20 Le graphe de variation de DCO en fonction des points de prélèvement.

La demande chimique en oxygène (DCO) donne le suivant des valeurs faibles inférieures à la norme pour les points 1, 2, 6 et 7, alors que les autres points dépassent grandement surtout 4 et 5.

2. Demande biologique en oxygène (DBO5)

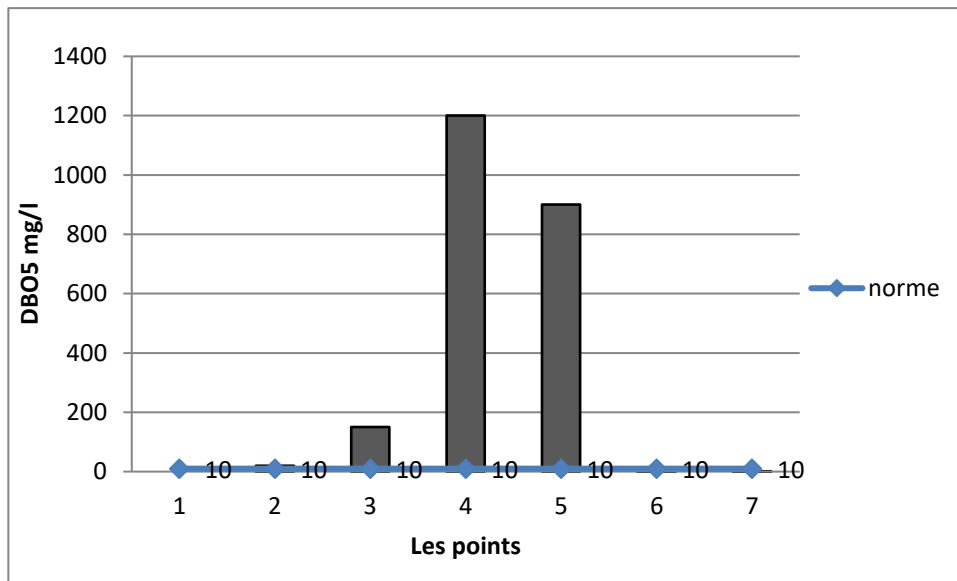


Figure III.21 Le graphe de variation de DBO5 en fonction des points de prélèvement.

Ce graphe signale 4 points inférieurs à la norme de l'ABH2009. Par contre, les autres sont supérieures.

3. Les Matières En Suspension (MES)

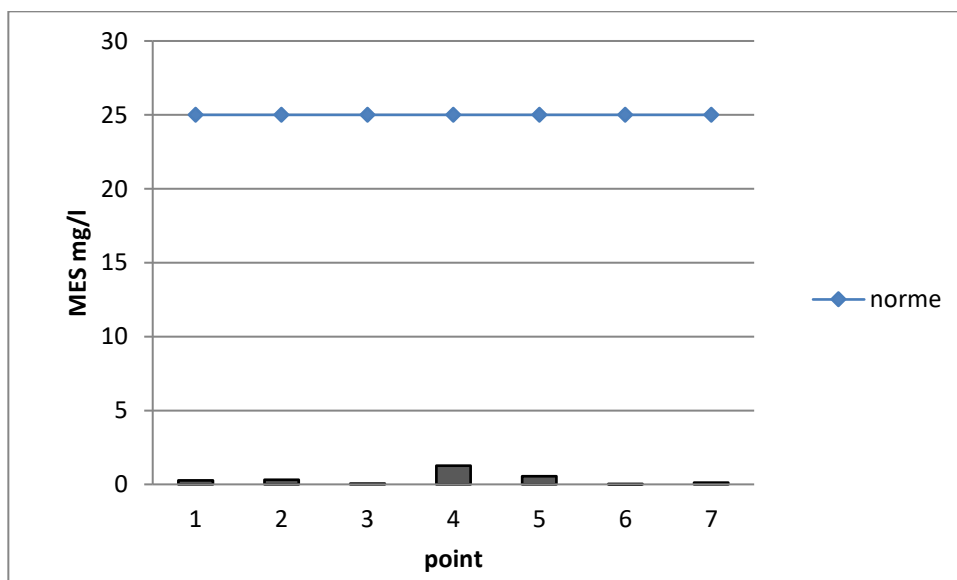


Figure III.22 Le graphe de variation de MES en fonction des points de prélèvement.

Pour les MES, toutes les valeurs se sont révélées moins que la norme surtout dans le point 6.

III.2. Représentations graphiques des éléments majeurs :

2.1. Les cations

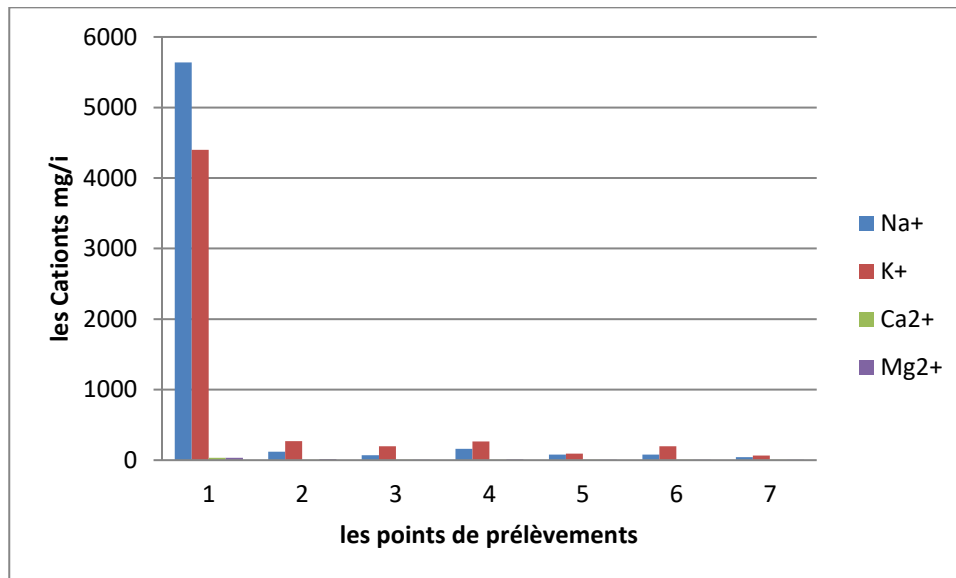


Figure III.23 Variation par prélèvement et des cations (Na⁺, K⁺, Ca²⁺ et Mg²⁺)

Cette figure montre la variation des cations (Na⁺, K⁺, Ca²⁺ et Mg²⁺) dans tous les points étudiés de sorte que le prélèvement 1, présente un taux élevé de (Na⁺, K⁺) comparativement aux autres. Par contre, les autres cations Ca²⁺ et Mg²⁺ ont des valeurs semblables pour tous les points.

2.2. Les anions

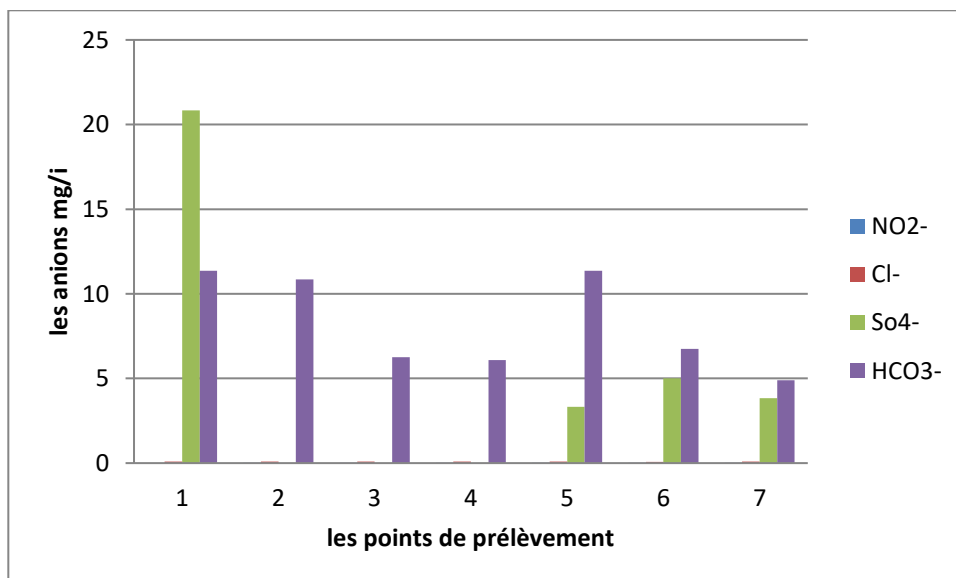


Figure III.24. Variation par prélèvement des anions (NO₂⁻, CL⁻, SO₄⁻ et HCO₃⁻)

Cette figure montre la variation des anions par prélèvement de sorte que l'anion HCO_3^- , présente dans tous les prélèvements, cependant, le SO_4^- , se trouve uniquement dans les points 1, 5, 6 et 7 par contre, les deux autres anions sont presque négligeables.

III.3.Représentation graphique des analyses par les Diagrammes :

Pour déterminer les faciès chimique des eaux de notre région nous avons établir une représentation graphique de nôtres résultats.

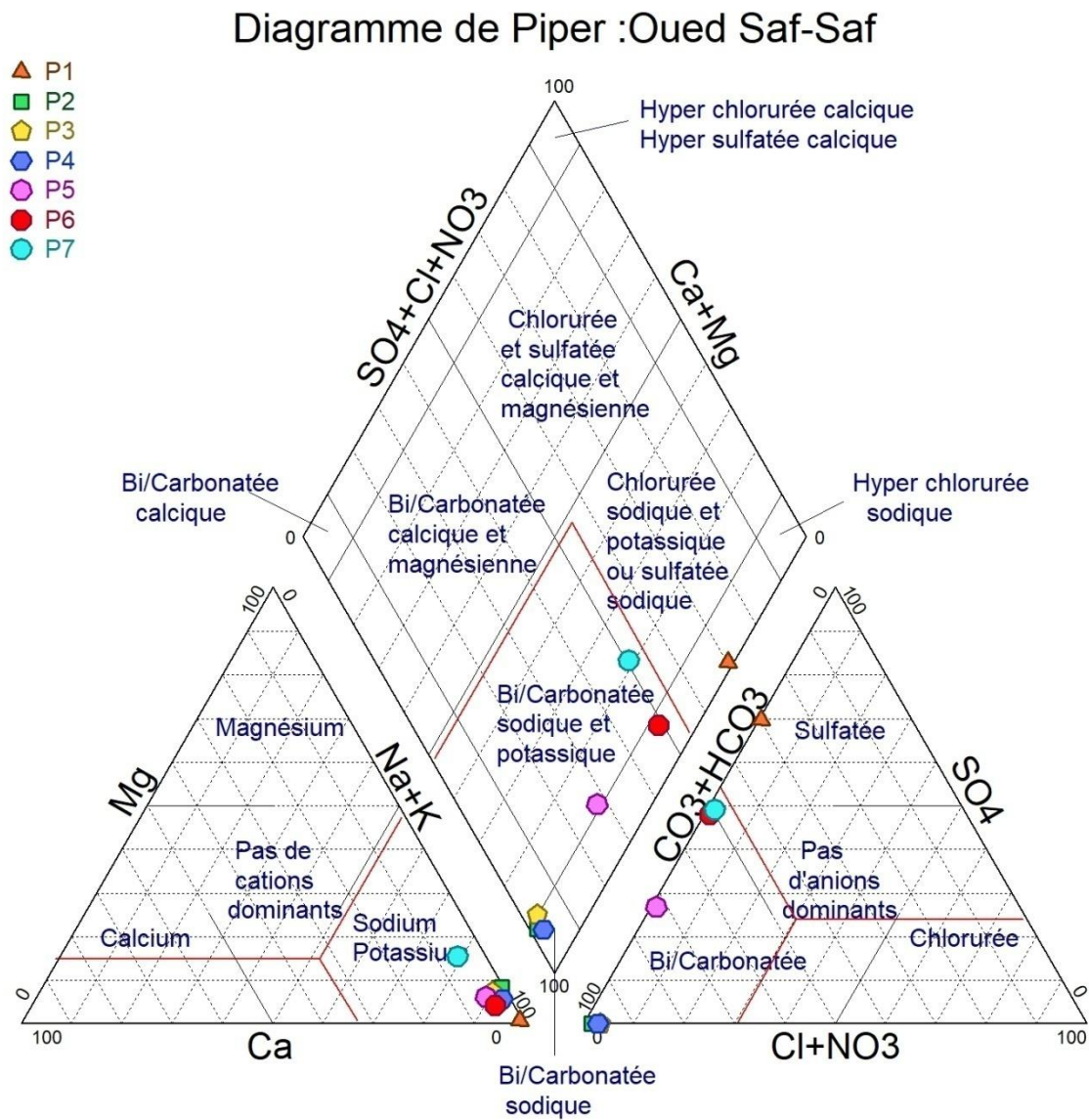
Il existe plusieurs méthodes, pour faire la représentation graphique des analyses. Nous avons choisi la méthode de diagramme de Piper, qui est plus représentative ; elle permet de bien visualiser le domaine de variation de la composition chimique et l'avantage de représenter sur un même plan un ensemble d'analyses de points d'eau. On a aussi utilisé le diagramme de Riverside qui déterminer l'alcalinité des eaux d'irrigation.

3.1.Le diagramme de Piper :

La représentation des analyses chimiques sur le diagramme de Piper permet de catégoriser les faciès chimiques des échantillons d'eau prélevés sur le terrain.

- Pour les anions $r\% = r_x \cdot 100 / \sum r$ anions
- Pour les cations $r\% = r_x \cdot 100 / \sum r$ cations x : paramètre chimique

La représentation des éléments chimiques des différents échantillons sur le diagramme de Piper(fig25) montre que les échantillons sont des faciès chimiques d'eau Bicarbonatée sodique et potassique sauf le point 1 est Sulfaté Sodique à cause de positionnement de point .



➤ **Figure III.25: Représentation graphique des faciès chimiques sur le diagramme de Piper**

3.2. Diagramme Wilcox Log :

En vue d'apprécier la qualité des eaux pour l'irrigation dans les différents Points des prélèvements, nous avons utilisé l'indice de qualité des eaux pour l'irrigation le SAR et le diagramme de Wilcox log (Figure.III.26) .

Le S.A.R (sodium absorption ration) est donné par la formule suivante :

$$\text{S.A.R} = \frac{Na}{\sqrt{(Ca+Mg)/2}} \quad Na^+, Mg^{2+} \text{ et } Ca^{2+} \text{ sont exprimés en méq/l}$$

Les valeurs du S.A.R sont réparties en combinaison avec la conductivité électrique de l'eau, elle permet une estimation de la minéralisation des eaux, cette dernière est exprimé en $\mu\text{s/cm}$.

Tableau.III.2: Classification des eaux par leur degré d'aptitude à l'irrigation par la méthode du S.A.R (Indice croisé SAR/conductivité)

Indice croisé SAR/conductivité	Indication
C1-S1	- eau utilisable pour la plupart des espèces cultivées et des sols
C1-S2	- eau utilisable pour la plupart des espèces cultivées - le sol doit être bien drainé et lessivé
C1S3	- le sol doit être bien préparé, bien drainé et lessivé, ajout de matières organiques - la teneur relative en Na peut être améliorée par l'ajonction de Gypse
C1-S4	- eau difficilement utilisable dans les sols peu perméables - le sol doit être bien préparé, très bien drainé et lessivé, ajout de matières organiques - la teneur relative en Na peut être améliorée par l'ajonction de Gypse
C2-S1	- eau convenant aux plantes qui présentent une légère tolérance au sel
C2-S2	- eau convenant aux plantes qui présentent une légère tolérance au sel - sol grossier ou organique à bonne perméabilité
C2-S3	- eau convenant aux plantes qui présentent une certaine tolérance au sel - sol grossier et bien préparé (bon drainage, bon lessivage.

	addition de matières organiques) - l'ajonction périodique de Gypse peut être bénéfique
C2-S4	- eau ne convient généralement pas pour l'irrigation
C3-S1	- eau convenant aux plantes qui présentent une bonne tolérance au sel - sol bien aménagé (bon drainage) - contrôle périodique de l'évolution de la salinité
C3-S2	- eau convenant aux plantes qui présentent une bonne tolérance au sel - sol grossier ou organique à bonne perméabilité, bon drainage - contrôle périodique de l'évolution de la salinité - l'ajonction périodique de Gypse peu être bénéfique
C3-S3	- espèces tolérantes au sel - sol très perméable et bien drainé
C3-S4	- eau ne convient pas à l'irrigation
C4-S1	- eau ne convient pas à l'irrigation dans des conditions normales - peut être utilisée si les espèces ont une bonne tolérance à la salinité et le sol est particulièrement bien drainé
C4-S2	- eau ne convient pas à l'irrigation dans des conditions normales - peut être utilisée si les espèces ont une très bonne tolérance à la salinité et le sol est particulièrement bien drainé
C4-S3	- eau ne convient pas à l'irrigation
C4-S4	- eau ne convient pas à l'irrigation

(BOUMDIYOU et FEKIH.2014)

L'observation de diagramme de Wilcox log (fig.III.26) montre que :

Le SAR est supérieur à 10 dans tous les points donc l'eau ne devrait pas être utilisée même si le contenu total en sel est relativement bas. Sauf dans le points 7 le $SAR < 3$ peut généralement être utilisée sur tout type de sol avec peu de problème d'accumulation de sodium.

D'après le tableau de classement :

Les points 2,3,4,5,6et 7 sont dans le classe C3-S2 et C3S1 : eau convenant aux plantes qui présente une bonne tolérance au sel.

le point 1 est classé C3S4 : eau ne convenable à l'irrigation

Donc les eaux de Oued Saf-Saf sont en générale eau convenant à l'irrigation sauf au point 1.

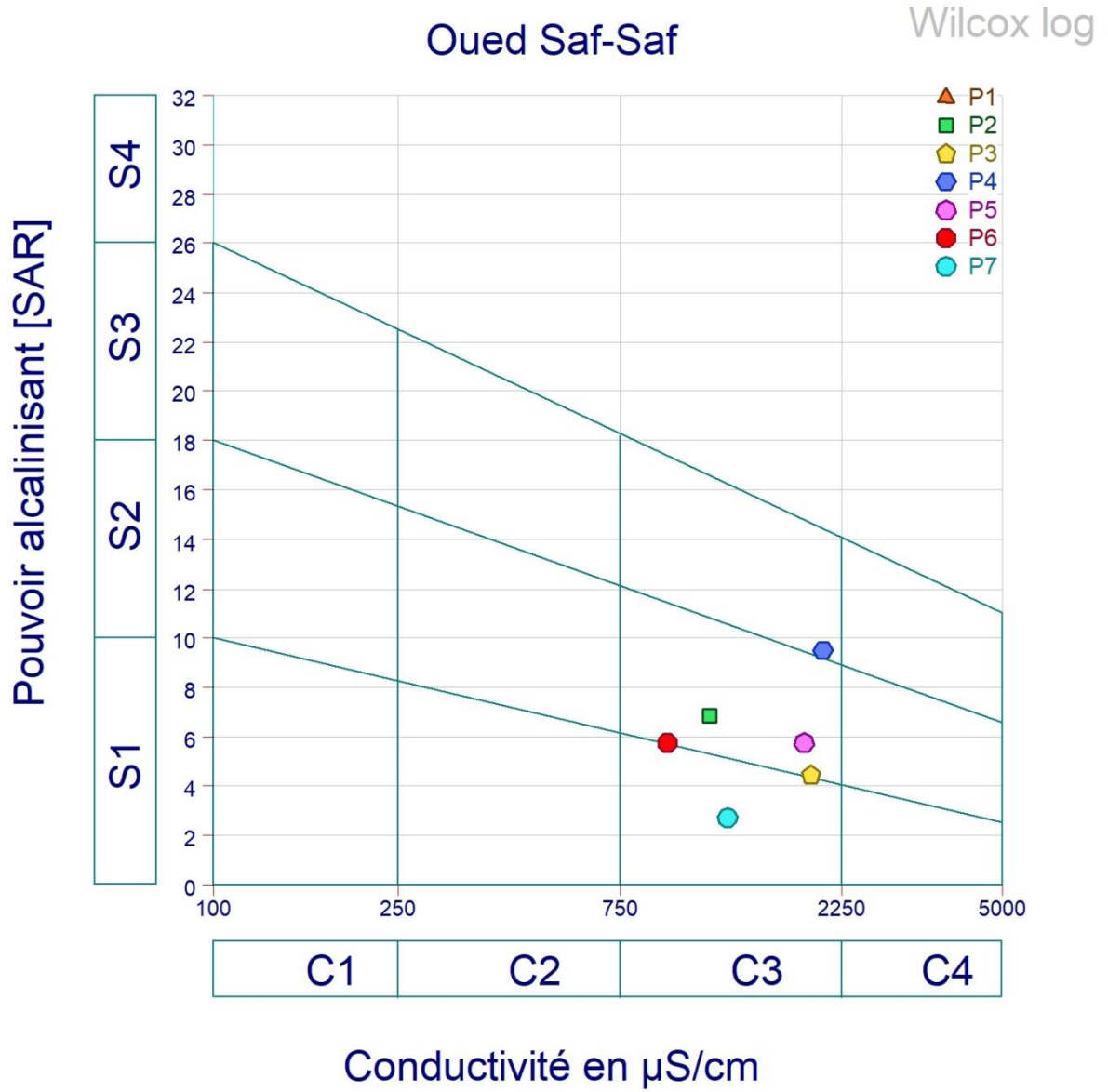


Figure.III.26 : Représentation graphique des points de prélèvement sur le diagramme de Wilcox Log

Conclusion générale

Conclusion générale

La présente étude avait pour objectif d'évaluer la qualité de l'eau de l'oued Saf-saf à Skikda en effectuant des analyses physico-chimiques. Les résultats obtenus fournissent des informations détaillées sur les différentes caractéristiques de l'eau prélevée à différents points le long de l'oued.

D'après les analyses, il a été constaté que la température de l'eau variait d'un point à l'autre, avec des valeurs plus élevées enregistrées aux points 2 et 5. La variation du pH était relativement faible, avec une moyenne de 7,7, indiquant une nature alcaline de l'eau. La conductivité électrique et la salinité étaient généralement inférieures aux normes établies, à l'exception du premier point qui présentait des valeurs élevées pour ces paramètres.

Les eaux sont claires à légèrement troubles d'après les valeurs de turbidité.

En ce qui concerne l'oxygène dissous, les pourcentages et les concentrations en oxygène étaient variables d'un point à l'autre. Certains points ont enregistré des valeurs supérieures à la Norme par contre les autres sont inférieurs (3, 5 et 7).

Les matières solides dissoutes, ont montré des variations significatives entre les points de prélèvement. Tous les points sont aux normes.

Les concentrations de différents cations tels que le sodium, le potassium, le calcium et le magnésium ont également montré des variations d'un point à l'autre, mais dans l'ensemble, le potassium était la seule qui dépassent les normes avec un le sodium dans le point 1.

A propos des anions, le nitrite (NO_2^-) était présent dans tous les prélèvements, tandis que le sulfate (SO_4^-) était présent dans certains points seulement. Les autres anions étaient presque négligeables.

Tous les anions sont aux normes.

La demande chimique en oxygène (DCO) et la demande biologique en oxygène (DBO5) donnent le suivant des valeurs faibles inférieures à la norme pour les points 1, 2, 6 et 7, alors que les autres points dépassent grandement surtout 4 et 5.

La représentation des éléments chimiques des différents échantillons sur le diagramme de Piper définit deux faciès chimiques : Bicarbonatée sodique et potassique et Sulfaté Sodique dans le point 1.

L'observation de diagramme de Wilcox log montre que le SAR est supérieur à 10 dans tous les points, donc l'eau ne devrait pas être utilisée même si le contenu total en sel est relativement bas. Sauf dans le points 7 le SAR<3 peut généralement être utilisée sur tout type de sol avec peu de problème d'accumulation de sodium.

Les points de prélèvement 2,3,4,5,6et 7 sont dans le classe C3-S2 et C3S1 : eau convenant aux plantes qui présente une bonne tolérance au sel.

le point 1 est classé C3S4 : eau ne convenable à l'irrigation

Donc les eaux de Oued Saf-Saf sont en générale eau convenant à l'irrigation sauf au point 1.

Enfin, les analyses physico-chimiques de l'eau de l'oued Saf-saf à Skikda étaient conformes aux normes établies pour les eaux d'irrigation et des eaux superficielles sauf au point 1 , tandis que d'autres présentaient des valeurs élevées ou faibles.

Ces résultats soulignent l'importance de surveiller et de gérer la qualité de l'eau pour protéger l'environnement et la santé publique. Des mesures appropriées doivent être prises pour atténuer les problèmes de contamination de l'eau et préserver la qualité de l'oued Saf-saf et de ses écosystèmes environnants. Des recherches supplémentaires et des actions de gestion sont nécessaires pour une meilleure compréhension et protection de cette ressource précieuse.

Références bibliographiques

ADNANE .F . 2015. Etude de qualité des eaux de surface destinées a l'irrigation : cas de barrage de Dahmouni , wilaya Tiaret .Mémoire Master . Université BLIDA 1 .

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

ANIREF.2013. Agence Nationale d'Intermédiation et de Régulation Foncière Rubrique Monographie Wilaya. Wilaya de Skikda.14/10/2013.

Banque Mondiale. (2017). Algeria Water Resources Management Review and Recommendations. Retrieved from: <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/132441499876769055/algeria-water-resources-management-review-and-recommendations>.

Bekkouche, S. M., Cherbal, F., Yacine, B., Mahdoudi, M. L., & Sahraoui, O. (2018). "Evaluation of the Chemical and Microbiological Quality of the Waters of Saf-Saf River (Skikda, Northeast Algeria)."Journal of Materials and Environmental Science, 9(5), 1409-1420.

Belabed B. 2010. La pollution par les métaux lourds dans la région d'Annaba« Sources de contamination des écosystèmes aquatiques ». Thèse de Doctorat. Université Badji Mokhtar, Annaba.43 p

Belhadj, N., Boumezbeur, A., Chaffai, H., &Aliouche, F. (2016). "Evaluation of the Physicochemical Quality of the Saf-Saf River Waters (Skikda, Northeast Algeria)."Arabian Journal of Geosciences, 9(1), 8.

Ben Rabah .2006 – Etat actuel des ressources en eau dans la wilaya de Skikda (essai de synthèse) bilan – perspective . Mémoire de Magistère . université badji Mokhtar .annaba. 29-30 p.

Boucenna N. 2007. impact de la décharge publique sur la qualité des eaux souterraines cas de zef-zef (skikda). Mémoire de Magister. Université Badji mokhtar, annaba. 23, 39 p.

Bouhayene S. 2015. évaluation bactériologique des zones de baignade de la baie de Skikda (N.E.Algérien). Thèse de Doctorat. Université Badji Mokhtar, annaba. 17 p. Mémoire de Magistère. Université Badji Mokhtar, Annaba. 7,8, 36-38 p.

Boumaraf AW. 2 0 1 0 -Cartographie et impact de la qualité des eaux du lac Oubeïra sur la relation sol-végétation (Parc National d'El Kala).

Bouzeghaya F. et Chergui R. 2016. Etude de la dispersion du Goéland leucophée « Larusmichahellis » .Mémoire de Master. Université 08mai1945, Guelma.32 p.

CCIS . 2017. la chambre de commerce et d'industrie Saf-Saf, Skikda

Charchar N. 2009. Contribution à l'étude de la pollution d'Oued Seybouse (Guelma) par les tensioactifs anionique (LAS). Mémoire de Magister. Université 8 Mai 1945, Guelma. 121 p

Chettibi F. 2014. Ecologie de l'Érismature à tête blanche *Oxyuraleucocephala* dans les zones humides de la Numidie algérienne (du Littoral Est de l'Algérie). Thèse de Doctorat. Université de Badji Mokhtar, Annaba. 22 p.

Debieche T.H. 2002. Evolution de la qualité des eaux (salinité, azote et métaux lourds sous l'effet de la pollution saline, agricole et industrielle. Application à la base plaine de la Seybouse Nord-Est Algérien. Thèse de doctorat. Université de Besançon, France. 44 p.

Devillers J., Squilbin M. et Yourassowsky C.2005. Qualité physicochimique et chimique des eaux de surface, Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement 12 p.

Djebar M.R., Lahcene, F., Boudalia, S, Boukherouk K, et Boutoumi, H. (2018). "Assessment of Water Quality and Heavy Metals Pollution in Saf-Saf River (Skikda, Algeria)." *Journal of Materials and Environmental Science*, 9(11), 3455-3466.

Google Earth juin .2023 .

Guerraich .Y.2020 . Etude de la qualité physico-chimique et organoleptique des eaux destinées à la consommation humaine du forage Ras ei ain (boumerzoug) constantine .

Hani, A., Salah, R., Kherici, N., & Hani, M. A. (2019). "Assessment of the Water Quality of Saf-Saf River (Skikda, Algeria) Using Physico-Chemical Parameters." *Journal of Materials and Environmental Science*, 10(10), 1002-1009.

Havelaar, A. H., Kirk, M. D., Torgerson, P. R., Gibb, H. J., Hald, T., Lake, R. J., Praet, N., Bellinger, D. C., de Silva, N. R., Gargouri, N., Speybroeck, N., Cawthorne, A., Mathers, C., & Stein, C. (2015). "World Health Organization Global Estimates and Regional Comparisons of the Burden of Foodborne Disease in 2010." *PLoS Medicine*, 12(12), e1001923.

Hedahdia A. et Aliouche S. 2016. Contribution a l'étude de l'origine de la contamination fécale des eaux du barrage Bouhamdane-Guelma. Mémoire de Master. Université 8 Mai 1945, Guelma. 18 p.

Himoud S. et Brahimi S. 2016. Approche qualitative du phytoplancton du marais de Boussedra (El-Bouni, Annaba). Mémoire de Master. Université 8 Mai 1945, Guelma. 28 p.

Khelfaoui F. et Derradji Z .2010. Gestion intégrée et qualité des eaux dans le bassin versant du Saf-Saf (wilaya de Skikda, nord-est algérien); Revue « Nature et Technologie ». 50-56 p.

Maou A. 2011. Estimation des crues de référence pour les Plans de Prévention du Risque Inondation. Cas du bassin versant du Saf-Saf , NE Algerien. Mémoire de Magistère Université Badji Mokhtar , Annaba .7,8,36-38p .

Mazrou L. et Tekili D. 2017. Analyse de quelques paramètres physicochimiques et de métaux lourds dans les zones humides de la Kabylie et leurs impacts potentiels sur la faune. Mémoire de Master. Université Abderrahmane MIRA, Bejaia. 5 p.

Merzoug S. 2009. Etude de la qualité microbiologique et physicochimique de l'eau de l'écosystème lacustre Garaet Hadj-Taher (Benazzouz, Wilaya Skikda). Mémoire de Magister. Université 8 Mai 1945, Guelma.15, 25-27 p.

Modèle d' aménagement et des urbanisation des zones d' expansion touristique .Skikda.

ONM, (2019) -Office national de la météorologique interne.

Rejsek F. 2002. Analyse des eaux : aspect réglementaires et techniques. CRDP. 116, 144, 302, 159, 307, 328 p.

Rodier J., Legube B., Merlet N. et Brunet R. 2009. L'analyse de l'eau - 9e éd. : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 9e éd. Dunod. 721, 727, 750, 762, 798 p.

Vilaginès R. 2010. Eau, environnement et santé publique. 3e éd. Lavoisier. 9 p.

Mr. BOURAS Fateh
M^{me} BOUTERAA Rahma
M^{me} EULMI NACER EDDINE Wiam
Mr. MANSOURI Sidi Ahmed

Thème : Etude des caractéristiques physico-chimiques de l'eau d'Oued Safsaf

Résumé

L'eau de l'oued Safsaf à Skikda en Algérie a été analysée pour évaluer sa qualité physique et chimique. Les paramètres tels que la température, le pH, la conductivité électrique, la salinité, l'oxygène dissous, les matières solides dissoutes, la demande chimique et biologique en oxygène, les ions (ammonium, calcium, sodium, potassium, etc.), la turbidité, ont été mesurés.

Les résultats ont montré des différences significatives dans les valeurs de ces paramètres selon les différents points de prélèvement de sorte que certains paramètres ont dépassé les normes recommandées, tandis que d'autres étaient inférieurs. Ces différences peuvent être attribuées à divers facteurs environnementaux et anthropogéniques.

L'étude fournit une base scientifique pour comprendre la qualité de l'eau de ce Oued et recommande des mesures de gestion et de protection de l'environnement.

Mots clés : Oued Saf-saf, digramme de Piper, Analyses physico-chimique ,diagramme Wilcox-log irrigation, SKIKDA.

Abstract

The water of the Saf-saf wadi in Skikda, Algeria, was analyzed to assess its physical and chemical quality. Parameters such as temperature, pH, electrical conductivity, salinity, dissolved oxygen, dissolved solids, chemical and biological oxygen demand, ions (ammonium, calcium, sodium, potassium, etc.), and turbidity were measured.

The results showed significant differences in the values of these parameters at different sampling points, with some parameters exceeding recommended standards while others were below. These variations can be attributed to various environmental and anthropogenic factors.

The study provides a scientific basis for understanding the water quality of the Saf-saf wadi and recommends environmental management and protection measures.

Key words: Oued Sa-fsaf, diagram Piper, analysis Physico-chemical, diagram Wilcox-log, irrigation, SKIKDA.

ملخص:

تم تحليل مياه وادي الصفصاف في سكيكدة بالجزائر لتقييم جودتها الفيزيائية والكيميائية حيث تم قياس عدة خصائص مثل درجة الحرارة والرقم الهيدروجيني والناقلية الكهربائية والملوحة والأكسجين المذاب والمواد الصلبة المذابة والطلب الكيميائي والبيولوجي للأكسجين والأيونات (الأمونيوم والكالسيوم والصوديوم والبوتاسيوم، إلخ) والعكارة.

أظهرت النتائج اختلافات كبيرة في قيم هذه الخصائص حسب نقاط الأخذ المختلفة، حيث تجاوزت بعض النتائج المعايير الموصى بها، بينما كان البعض الآخر أقل وبالتالي يمكن ربط هذه الاختلافات بعوامل بيئية وبشرية متنوعة.

في الأخير تقدم الدراسة أساساً علمياً لفهم جودة مياه وادي الصفصاف وتوصي باتخاذ تدابير إدارية وحماية بيئية.

كلمات المفتاحية: وادي الصفصاف، مخطط بايبر، تحاليل فيزيوكيميائية، مخطط ويلكوكس، الري، سكيكدة