



République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université ECHAHID CHEIKH LARBI TEBESSI - Tébessa -

Faculté des Science Exactes et Sciences de la Nature et de le Vie

Département de sciences de la terre et de l'univers

MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de MASTER

Domaine : Sciences de la terre et de l'univers

Filière : Geologie

Spécialité : hydrogeologie

Thème :

Aptitude des eaux à l'irrigation du bassin versant d'oued Saf-Saf (Tébessa N - E Algérien)

Présenté par : Benlabiod Mohamed Kheir Eddine

Devant le jury :

Président	Guefaifia Omar	MCA/MCB/Pr	Université de Tébessa
Rapporteur	Baali Fathi	MCA/MCB/Pr	Université de Tébessa
Examineur	Fahdi Chams eddine	MCA/MCB/Pr	Université de Tébessa

:

Remerciement

Avant tout, nous exprimons notre gratitude à Dieu le Tout-Puissant, le Miséricordieux, pour nous avoir accordé le courage, la force, la santé et la persévérance, et pour nous avoir permis de mener à bien cette étude dans les meilleures conditions.

En premier lieu, je tiens à exprimer ma sincère gratitude envers mon encadrant, le Professeur Baali Fathi, pour avoir dirigé cette thèse et pour son soutien constant ainsi que sa patience tout au long de ce travail. Ses conseils avisés et son encadrement ont été essentiels à la réalisation de ce projet.

Je souhaite exprimer ma profonde gratitude à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à l'élaboration de ce mémoire M. LAYADI Mahdi

Un grand merci à mes amis et collègues Cherine Bouras et Chams Messai qui m'ont aidée dans mes études, Un merci à bouthaina qui ma aider, Un immense merci à Aya hnini pour son aide dans l'organisation de mes pensées ,Un enorme merci à Hounaida Nacer pour donnée moi le courage pour finir l'étude et me motiver pour faire mieux.

Sans oublier d'exprimer ma gratitude immense à ma promo, qui a été une source constante de soutien et d'inspiration. Ces trois années académiques ont été les meilleures de ma vie grâce à nos expériences partagées, aux défis relevés ensemble et aux nombreux souvenirs inoubliables que nous avons créés.

a huge thanks to Richard Bruce Silverman,as much as you ruined my life you fixed it.

A thanks to the plugs who supported me in my academic parcours.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à

A mon père hmed et ma mère amel

Ma grand-mere

Mon frère malek et ma sœur chahrazed

A mes cher amis et camarades Hounaida Chams Chirine
Aya hnini et a mon ami :

rakib.

tous ceux qui ont Contribué de Près ou de loin

For all who stayed with me till the end.

Résumé

Cette étude porte sur la capacité des eaux du barrage de Saf-Saf El Ouesra à être utilisées pour l'irrigation. Le barrage étudié se situe dans la commune de Safsaf El Ouesra, relevant de la daïra de Oum Ali, avec une superficie de 477 km² et des coordonnées de 34° 57'24'' N et 8°12'28''E. Cette commune est délimitée au nord-nord-est par le fossé de Bir Sbaikia, à l'est-nord-est par Dj. Foua, au sud par l'anticlinal de Dj. Bottna, et au sud-sud-ouest par Bir El Ater et Dj. Onk.

La qualité des eaux du barrage est évaluée en analysant divers paramètres physico-chimiques tels que le pH, la conductivité, HCO₃⁻, SO₄²⁻, Cl⁻, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ et K⁺. Selon Wilcox, nous avons constaté que la majorité des eaux sont de qualité acceptable pour l'irrigation, et après traitement, l'eau du barrage peut également être utilisée comme eau potable.

Mots-clés : barrage, Safsaf El Ouesra, Tébessa, qualité de l'eau, eau pour l'irrigation.

Abstact

This study focuses on the suitability of the waters of the Saf-Saf El Ouesra dam for irrigation. The dam under study is located in the commune of Safsaf El Ouesra, part of the daïra of Oum Ali, with an area of 477 km² and coordinates of 34° 57'24'' N and 8°12'28'' E. This commune is bordered to the NNE by the Bir Sbaikia trench, to the ENE by Dj. Foua, to the south by the anticline of Dj. Bottna, and to the SSW by Bir El Ater and Dj. Onk.

The water quality of the dam is assessed by analyzing various physico-chemical parameters such as pH, conductivity, HCO₃⁻, SO₄²⁻, Cl⁻, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, and K⁺. According to Wilcox, we found that most of the waters are of acceptable quality for irrigation, and after treatment, the dam water can also be used as drinking water.

Keywords: dam, Safsaf El Ouesra, Tébessa, water quality, irrigation water.

ملخص

تركز هذه الدراسة على مدى ملاءمة مياه سد صفصاف العوسرة لاستخدامها في الري. يقع السد موضوع الدراسة في بلدية صفصاف العوسرة، التابعة لدائرة أم علي، بمساحة تبلغ 477 كم² وإحداثيات 34° 24'57" شمالاً و 8° 12'28" شرقاً. تحد هذه البلدية من الشمال الشمالي الشرقي خندق بير سبايكيا، ومن الشرق الشمالي الشرقي جبل فوا، ومن الجنوب الطية المحدبة لجبل بوتنا، ومن الجنوب الجنوبي الغربي بير العاتر وجبل عنق

تُقيّم جودة مياه السد من خلال تحليل مختلف المعايير الفيزيائية والكيميائية مثل الرقم الهيدروجيني، والتوصيلية، وأيونات البيكربونات، والكبريتات، والكلوريد، والكالسيوم، والمغنيسيوم، والصوديوم، والبيوتاسيوم. وفقاً لطريقة ويلكوكس، وجدنا أن معظم المياه ذات جودة مقبولة للري، ويمكن استخدام مياه السد كمياه صالحة للشرب بعد المعالجة

الكلمات المفتاحية: سد، صفصاف الوصري، تبسة جودة المياه، مياه للسق

TABLE DES MATIERES

Introduction générale	12
Cadre général	Erreur ! Signet non défini.
1. Description de la zone d'étude :	15
1.1 Situation géographique:	15
1.2 Délimitation de barrage	15
2. Context géologique	17
2.1 introduction	17
2.2 aperçu général	17
L'Emschérien:	18
3. Les caractéristiques morpho métriques du bassin versant:	21
3.1 Les paramètres géométriques:	21
3.2 Paramètres de relief:	23
3.3 Détermination des indices du bassin versant:	24
3.4 Determination des indices du bassin versant :	25
Indice de pente moyenne:	27
3.5 Indice de pente de M. roché(Ip) :	27
3.6 Caractéristique hydrographiques du bassin versant :	29
3.6.3 Temps de concentration (Tc) :	31
3.7 Conclusion:	32
Climatologie	34
1. Introduction	35
2. Paramétre climatique	35
2.1 Précipitation	35
2.2 TEMPERATURE	38
3. Type de climat	39
4. BILAN HYDROLOGIQUE	42

4.1 L'EVAPOTRANSPIRATION _____	43
4.2 Bilan hydrologique de Thornthwaite _____	44
4.3 Interprétation du bilan hydrique _____	46
4.4 Estimation du ruissellement _____	47
4.5 Estimation de l'infiltration _____	48
5. Conclusion _____	49
Hydrochimie _____	50
Introduction _____	51
1. Méthodologie et stratégie de travail : _____	52
1.1.1 Préparation _____	52
1.1.2 Considérations préliminaires _____	52
1.1.3 Prélèvement : _____	53
1.2 Méthodes de prélèvement _____	54
1.3 Manipulation des échantillons _____	54
1.4 Post-Prélèvement _____	55
1.5 Documentation _____	55
1.6 Conclusion _____	55
2. MESURE DES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES ET DES ELEMENTS CHIMIQUE _____	56
2.1 LES PARAMETRES PHYSIQUES : _____	56
2.2 LES PARAMÉTRÉS CHIMIQUE _____	58
3. Methodes d'analyses _____	58
4. Détermination des principaux faciès chimique des eaux de barrage Saf-Saf El Ouesra _____	60
4.3 Diagramme de Stabler _____	64
4. CONCLUSION _____	71
CONCLUSION GENERALE _____	72

TABLE DES FIGURE

Figure 1 .Situation géographique de la commune de Safsaf El Ouesra (zone d'étude)	15
Figure 2 .Représentation par satellite du barrage de Safsaf El Ouesra	16
Figure 3 .extrait de carte géologique de la zone d'étude	20
Figure 4 .histogramme de la Variation des précipitations annuelles (POWER 2010-2022).....	36
Figure 5 .histogramme de la Variation des précipitations mensuelles	37
Figure 6 .Température moyennes mensuelles	39
Figure 7 .Diagramme Ombrothermique.	40
Figure 8 .interprétation de Bilan hydrique selon la méthode de Thornthwaite	47
Figure 9 .les prélèvements d'eau dans le barrage	52
Figure 10 .les prélèvements d'eau dans le barrage	54
Figure 11 .Les échantillons d'eau a analysé.....	55
Figure 12 .thermomètre	56
Figure 13 .pH metre.....	56
Figure 14 .oxymètre.....	57
Figure 15 .multimètre (CE,TDS,Salinité).....	57
Figure 16 .Diagramme de piper de barrage Saf-Saf El Ouesra	61
Figure 17 .Diagramme de Schoeller de barrage Saf-Saf El Ouesra	63
Figure 18 .Diagramme de Schoeller de barrage Saf-Saf El Ouesra	65
Figure 19 .diagramme willcox.....	67
Figure 20 .Diagramme SAR	69

TABLE DES TABLEAUX

Table 1 .Précipitations moyennes mensuelles (2010-2022)	36
Table 2 .Précipitations moyennes mensuelle (POWER 2010-2022).....	37
Table 3 ..Précipitations moyennes saisonnières en %.	37
Table 4 .Températures moyennes mensuelles	38
Table 5 .Classement en fonction de l'indice d'Aridité De Martonne (Chirine B 2024).....	41
Table 6 .L'indice d'aridité annuelle de Martonne	41
Table 7 .les résultats des calculs du bilan hydrique.....	46
Table 8 .Point de prélèvement des échantillons barrage safsaf el ouesra	54

Introduction générale

L'eau est un élément vital pour la survie et le développement des êtres vivants, notamment pour l'homme. Elle joue un rôle crucial dans diverses activités quotidiennes, allant de la consommation personnelle à l'agriculture, l'industrie et la production d'énergie. La gestion efficace de l'eau est donc essentielle pour soutenir la santé humaine, le développement économique et le bien-être général. Les barrages, en particulier, sont des infrastructures clés dans cette gestion. Ils permettent de stocker de grandes quantités d'eau, régulant ainsi les flux pour prévenir les inondations et les pénuries. La construction et la maintenance des barrages sont donc essentielles pour garantir une distribution durable et équilibrée de l'eau, répondant aux besoins croissants des populations et des industries.

Le barrage de Safsaf El Ouesra, situé en Algérie, Tebessa, est une infrastructure hydraulique majeure avec une capacité nominale de 19 millions de mètres cubes, bien que sa capacité réelle soit de 17 millions de mètres cubes. Mis en service en 2010, ce barrage joue un rôle crucial dans la gestion des ressources en eau de la région. Chaque année, il exploite environ 5,8 millions de mètres cubes d'eau. De cette quantité, 2,8 millions de mètres cubes sont destinés à l'approvisionnement en eau potable, tandis que 3 millions de mètres cubes sont réservés à l'irrigation agricole. Grâce à sa capacité de stockage et à sa gestion efficace, le barrage de Safsaf El Ouesra assure une régulation des flux hydriques, prévenant les inondations et les pénuries, tout en soutenant la production agricole locale et en fournissant de l'eau potable aux populations environnantes. La gestion et l'entretien continus de cette infrastructure sont essentiels pour garantir une utilisation durable et optimale des ressources en eau dans la région.

Pour cette raison, nous avons choisi de consacrer ce travail de mémoire au barrage de Safsaf El Ouesra, situé dans une zone semi-aride. L'objectif principal de cette étude est d'évaluer qualitativement les eaux du barrage pour leurs différentes utilisations, notamment l'approvisionnement en eau potable (AEP) et l'irrigation. Cette évaluation permettra de déterminer la qualité de l'eau stockée et son adéquation aux divers besoins des populations locales et des activités agricoles, contribuant ainsi à une gestion plus efficace et durable des ressources en eau dans la région.

chapitre concerne le cadre général de notre région d'étude. Il comprend la situation géographique ainsi que la cuvette de la retenue, et s'accompagne d'une

description des caractéristiques géomorphologiques et du réseau hydrographique du barrage de Safsaf El Ouesra.

Le premier chapitre est consacré aux caractéristiques géologiques et structurales de la région d'étude. Cette section approfondira la compréhension de la formation et de la composition géologique de la zone, fournissant un contexte essentiel pour l'évaluation de la qualité de l'eau.

Le deuxième chapitre est réservé à la climatologie et à l'évaluation des différents termes du bilan hydrique, tels que la précipitation, l'évapotranspiration, le ruissellement et l'infiltration. Cette analyse s'appuie essentiellement sur les relevés pluviométriques et les mesures de températures, permettant de comprendre l'influence du climat sur les ressources en eau.

Le troisième chapitre de ce mémoire présente les différents résultats de mesure des paramètres physicochimiques et les différents faciès chimiques qui caractérisent les eaux de ce barrage. Cette partie de l'étude permet de déterminer la qualité de l'eau et son adéquation pour diverses utilisations, notamment l'approvisionnement en eau potable et l'irrigation.

Enfin, une conclusion générale récapitule les résultats importants de cette étude, soulignant les points clés et les implications pour la gestion future des ressources en eau dans la région.

Cadre général

1. Description de la zone d'étude :

1.1 Situation géographique:

Située dans le Nord-Est de l'Algérie, la wilaya de Tébessa s'étend sur 13 878 km², faisant partie de la vaste étendue steppique du pays, entre l'Atlas Tellien et l'Atlas Saharien. Elle est délimitée au Nord par la wilaya de Souk-Ahras, à l'Ouest par les wilayas d'Oum El Bouaghi et Khenchela, au Sud par la wilaya d'El Oued, et à l'Est sur une distance de 300 km par la frontière avec la Tunisie (voir Fig. 01).

Le site d'étude se trouve au niveau de la commune de « Safsaf El Ouesra », rattachée à la daïra de Oum Ali, couvrant une superficie de 477 km². Ses coordonnées géographiques sont 34° 57'24'' N et 8°12'28''E. Cette commune est bordée au Nord-Nord-Est par le fossé de Bir Sbaikia, à l'Est par Dj. Foua, au Sud par l'anticlinal de Dj. Bottna, et au Sud-Sud-Ouest par Bir El Ater et Dj. Onk (Soufi, 2016).

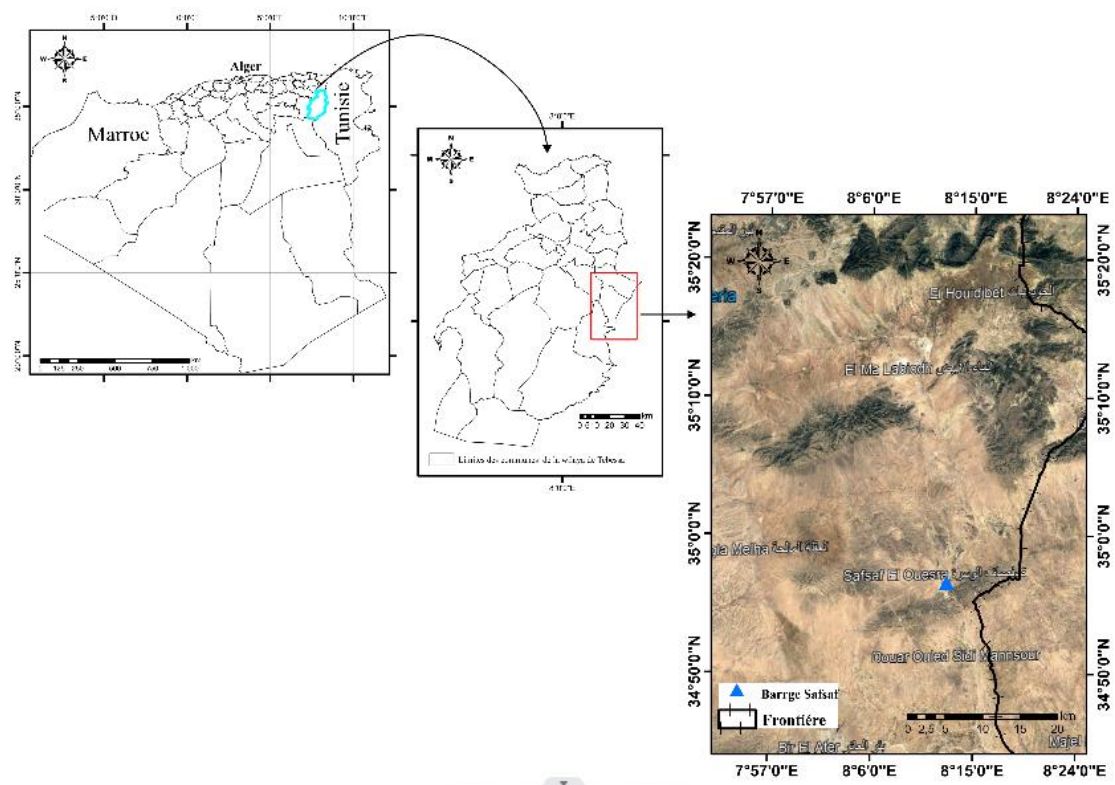


Figure 1. Situation géographique de la commune de Safsaf El Ouesra (zone d'étude)

1.2 Délimitation de barrage

Le barrage de Safsaf El Ouesra, situé dans une zone semi-aride au sud de Tébessa, est une retenue collinaire construite pour stocker les eaux de surface et les crues des oueds Safsaf et El Ouesra. Mis en service en 2010, il a une hauteur de 34 mètres et une capacité totale de 18,84 millions de mètres cubes. Le barrage assure une fourniture annuelle de 5,8 millions de mètres cubes, dont 2,8 millions pour l'eau

potable et 3 millions pour l'irrigation des terres agricoles. Il alimente les communes de Bir El Ater et Oum Ali.

Situé à 65 km au sud de Tébessa et à environ 3 km au sud-est de la commune de Safsaf El Ouesra, le barrage se trouve à moins de 1 km de la frontière tunisienne. Il est implanté à l'entrée des gorges calcaires du Djebel Safsaf, dans une structure anticlinale orientée ouest-sud-ouest et est-nord-est. Cet anticlinal s'étend sur plus de 25 km le long des falaises montagneuses de Djebel Bottna et Djebel Serraguia, se prolongeant vers la Tunisie.

Les coordonnées géographiques de la digue du barrage sont $34^{\circ}08'52''$ N et $8^{\circ}13'40.08''$ E, à une altitude de 857 mètres. L'entrée du barrage se situe en aval, où les oueds se déversent, tandis que l'amont constitue la retenue d'eau près de la digue. La capacité hydraulique totale du barrage est de 19 millions de mètres cubes.



Figure 2.Représentation par satellite du barrage de Safsaf El Ouesra

2. Context géologique

2.1 introduction

L'exploration géologique est essentielle pour la construction d'infrastructures majeures en génie civil. Pour le barrage de Saf-Saf Elouissra, cette étude vise à identifier les conditions morphologiques, tectoniques et structurales ayant façonné le paysage actuel, ainsi qu'à délimiter les formations quaternaires nécessitant une étude géotechnique approfondie.

2.2 aperçu général

La région étudiée est principalement composée de calcaires du Crétacé supérieur, formant trois chaînes distinctes : Dj Boudjllel, Djebel Foua et Djebel Bottna. Sur le reste du bassin, les pentes sont douces

2.2.1 GEOMORPHOLOGIE DE LA REGION:

A. Le bassin versant

La région d'étude, intégrée dans le bassin versant de la Medjerda, est uniformément marquée par une tectonique cassante.

B. Les montagnes

Les bordures de la plaine sont parsemées de plusieurs montagnes de hauteurs variables, avec les plus élevées situées vers le sud, telles que le Dj. Bottna culminant à 1645 mètres. Toutes ces montagnes sont couvertes d'une végétation dense, principalement constituée de broussailles et de pins.

2.2.2 LA LITHOLOGIE

A. Le quaternaire

Les alluvions quaternaires sont principalement sableuses en surface, parsemées de dragées de quartz sur le sol des "BAHIRET". Les berges de las oueds affichent des épaisseurs importantes de galets et de cailloutis.

A.a. Les alluvions actuelles et récentes

Ces dépôts détritiques, composés d'argiles, de limons, de sables, de graviers, de cailloux, de galets et de blocs arrondis, sont de nature calcaireuse et siliceuse, et recouvrent le fond des lits mineurs des oueds.

A.b. Les terrasses alluviales

Il s'agit de dépôts alluviaux provenant de terrasses de moyenne et basse altitude, composés de sables et de graviers. Ces sédiments détritiques ont été transportés par des cours d'eau et se sont ensuite déposés au fond des lits des oueds, résultant de la désintégration physique et de l'altération chimique des roches du bassin versant.

B. Miocène

La région d'Oum Ali présente une importante exposition de formations miocènes. Cet étage s'est progressivement déposé dans une zone synclinale autrefois occupée par des calcaires du Campanien-Maestrichtien, suite à une transgression. Les dépôts continentaux du Miocène moyen se composent principalement de masses argilo-sableuses, entremêlées de couches caillouteuses ou sablonneuses. Entre Oum Ali et Bir Sbacikia, on observe une large représentation de la série stratigraphique du Miocène, caractérisée de haut en bas par différents faciès, le plus récent au plus ancien, dans le bassin versant du site du barrage Saf-Saf.

B.a. Le Pontien

Composé de sables fins et de gros grès, ce dépôt contient des argiles brunes et des grès durs contenant du silex, avec une épaisseur estimée à environ 70 mètres.

B.b Le vindobonien

Ce sont des marnes rouges et des marnes vertes de 40 à 50 m d'épaisseur.

B.c Burdigalien

Ce sont des grès blancs et des grès grossiers de 30 à 40 m d'épaisseur

C. Eocène

L'éocène inférieur est peu visible dans le bassin versant, surtout à l'ouest et au sud du Djebel Boudjellal. Il se caractérise par une composition lithologique relativement homogène, principalement constituée de bancs de calcaires marneux gris-bleu avec une patine blanche ou ocre. On y trouve également des niveaux de rognons siliceux, similaires à ceux du crétacé supérieur, présentant une variété de formes.

D. Cretace

D.a Crétacé supérieur:

Il s'étend sur de vastes étendues dans le bassin versant, représenté principalement par le Maestrichtien, une série de calcaires blancs, crayeux et siliceux, contenant des rognons de silex durs de couleur brune. Ces calcaires sont généralement subhorizontaux, parfois légèrement plissés, et souvent présentent des dendrites de manganèse lorsqu'ils se cassent.

L'Emschérien:

Les marnes emschériennes fossilifères affleurent à l'ouest de l'oued Brisgane. Dans la région d'El Ma El Abiod, elles présentent des intrusions de bancs de lumachelles à la base et au milieu de l'étage, et entrent en contact avec les calcaires campaniens par des marnes pures contenant du gypse et des nodules ferrugineux. À l'est de l'oued Saf-Saf, on observe des bancs de calcaires lumachelliques au sommet de l'étage.

D.b Crétacé moyen

Le faciès caractéristique du crétacé inférieur est principalement constitué de roches marno-calcaires disposées en bancs ou plaquettes, mais il est rarement visible dans le bassin versant. Quant au crétacé inférieur, il est peu exposé dans cette zone et se compose principalement d'une série dense de marnes argileuses avec des lits de grès à grains fins.

Dans les gorges du Saf-Saf, des traces de manganèse sont visibles à la surface des bancs rocheux.

D.c Crétacé inférieur

Des agrégats très compacts de rosettes ou d'étoiles se trouvent à un niveau spécifique, situé au sommet des massifs calcaires inférieurs et à la base des formations crayeuses contenant des rognons de silex.

E. Trias

Le plus ancien substratum exposé au cœur de l'anticlinal d'El Ma El Abiod est le Trias, caractérisé par une combinaison complexe de roches détritiques et de sédiments d'origine chimique, comprenant notamment les marnes bariolées et les dolomies.

La présence du Trias revêt une importance géotectonique significative en raison de son contact anormal avec les formations géologiques environnantes, entraînant la déformation de structures anciennes.

Les formations du Crétacé et de l'Éocène se caractérisent par des structures plissées, avec des synclinaux et des anticlinaux orientés sud-ouest-nord-est, probablement formés lors de l'orogénèse pyrénéenne, et affectés par un système de failles généralement orientées nord-ouest-sud-est.

Les analyses des photographies aériennes révèlent un développement intensif d'un réseau de failles post-Éocène. Parmi ces fractures, la famille de direction prédominante est orientée nord-125° est - nord-145° est, en fonction de la quantité et de la longueur totale des différentes fractures.

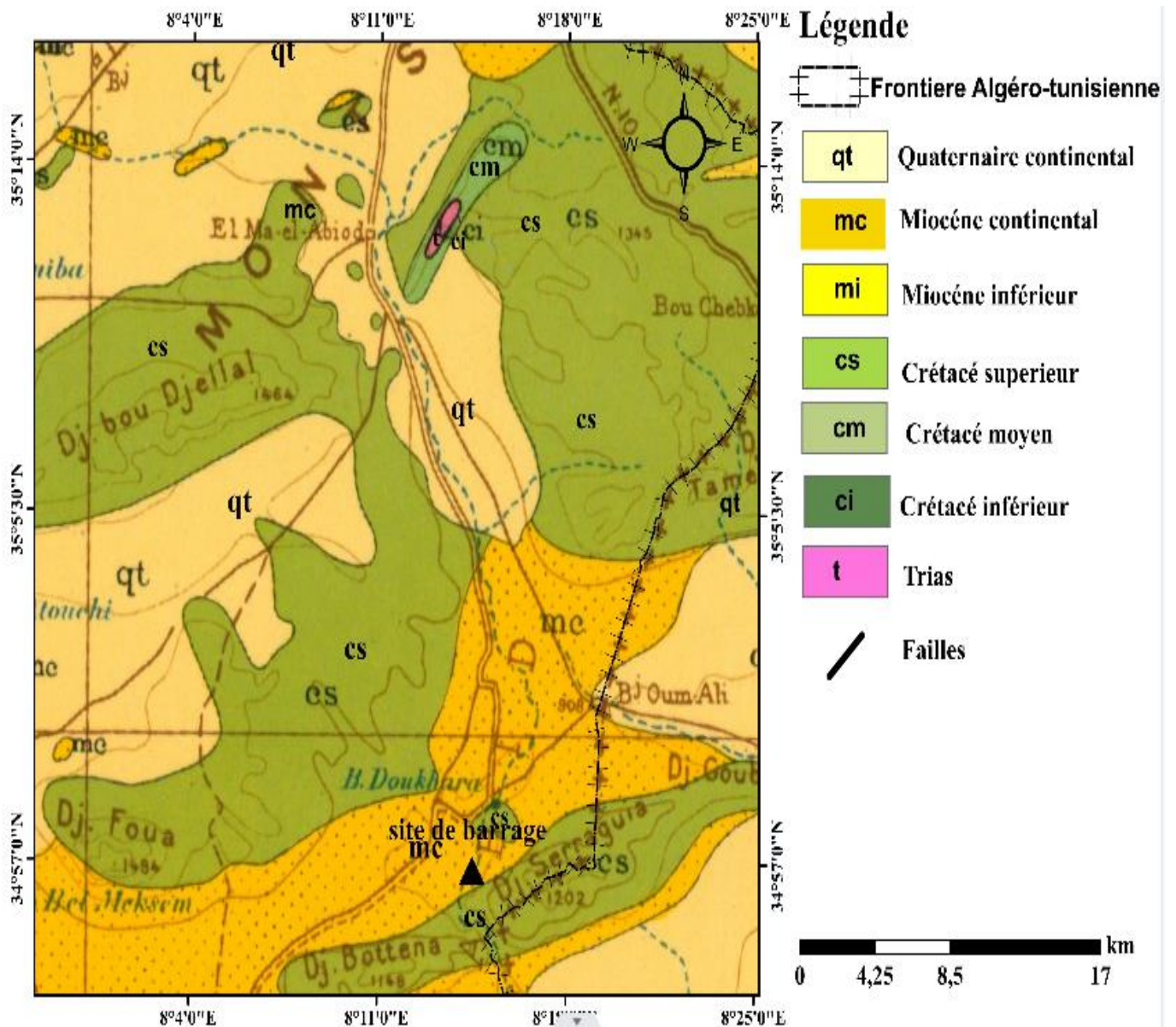


Figure 3. extrait de carte géologique de la zone d'étude

2.2.4 Conclusion

Le bassin versant de la retenue du barrage de Saf-Saf est caractérisé par une superficie de 1348km² et un périmètre de 167.48km. Il a une forme allongée avec un indice de compacité ($K_c = 1.28$), L'altitude moyenne du Bassin versant est de 1088.57m,

Le bassin présente une faible couverture végétale, ce qui favorise l'augmentation de l'effet de l'érosion. Le temps de concentration est de 18 heures. Il est important par apport à la superficie du B.V.

Du point de vue hydrographique ce bassin est caractérisé par un TALWEG principale de longueur 65km. Et une densité de drainage égale 5,1 km/km²; la vitesse d'écoulement est de 1m/s.

C'est suite à ces paramètres physiques du bassin versant surtout, le périmètre et la superficie qu'il couvre et le manque d'eau de la région. Que la réalisation d'un barrage s'avère nécessaire et utile pour

Irrigation des terres agricoles avoisinantes du Saf-Saf ou en vue de l'alimentation en eau potable prochainement de la ville de Bir El Ater

3. Les caractéristiques morpho métriques du bassin versant:

3.1 Les paramètres géométriques:

3.1.1 La superficie : En procédant à une planimétrie du bassin versant, nous avons obtenu une superficie

moyenne de l'ordre de 1348Km².

3.1.2 Périmètre:

Le périmètre du bassin versant est de l'ordre de 167.84 Km.

3.1.3 Indice de forme (compacité) : La forme du bassin versant peut être traduite par l'indice de Graviuis, il est défini comme étant le rapport du périmètre du bassin (P) au périmètre d'un cercle qui aurait la même surface (S).

$$Kc = \frac{P}{\sqrt{S}} \times 0.28$$

Application numérique :

Périmètre = 167.84 km; Surface 1348Km

Donc : $Kc = 1.28$

A Partir de la valeur de l'indice de compacité et la classification suivant :

$Kc = 1$ le bassin est dit de forme circulaire.

$Kc > 1$ le bassin est dit de forme allongée.

Ce qui explique qu'on est en présence d'un bassin de forme allongée.

3.1.4 Rectangle équivalent : C'est un rectangle de longueur (L) et de la largeur (l) ayant même surface et

même indice de compacité que le bassin versant, ainsi que la même hypsométrie.

<<L>> est calculé à partir de la relation suivant en fonction de l'indice de compacité (Kc) :

Donc :

$$L = \frac{Kc\sqrt{S}}{1.12} \left(1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{Kc}\right)^2}\right)$$

OU

• L:longueur de rectangle équivalent en Km.

• Kc:indice de compacité,

S: superficie du B.V en km²

L= 62.25 km

La largeur du rectangle équivalent est donnée par la relation suivant :

$$l = \frac{S}{L}$$

OU

S: surface du rectangle équivalent ainsi que B.V en Km².

• L:longueur du rectangle équivalent en Km.

• l: largeur du rectangle équivalent en Km.

Application numérique :

S= 1348 Km².

L= 62.25 Km.

Donc: l= 21.62 Km

3.1.4 Largeur du bassin versant :

Il est déterminé à partir de la surface du bassin versant et de sa longueur selon les caractéristiques d'un rectangle équivalent dont :

$$S = l_{BV} \times L_{BV}$$

$$l_{BV} = S / L_{BV}$$

Avec :

• S:superficie du bassin versant

• L: longueur du bassin versant

• l: largeur du bassin versant

Application numérique :

$$S=1348 \text{ Km}^2$$

$$L_{B.V}= 20.7 \text{ Km}$$

$$l_{B.V}= 65 \text{ km}$$

Remarque : la longueur du talweg principal est obtenue en curvimètre, L'oued le plus long du

bassin versant ; elle est de 65 Km.

3.2 Paramètres de relief:

Le relief est un facteur qui influence directement l' aptitude au ruissellement et l'infiltration des terrains son examen,

3.2.1 Courbe hypsométrique :

La plupart des facteurs météorologiques et hydrologiques (précipitation température) sont

fonction de l'altitude, il est intéressant de calculer la répartition de la surface du B.V en km². Et

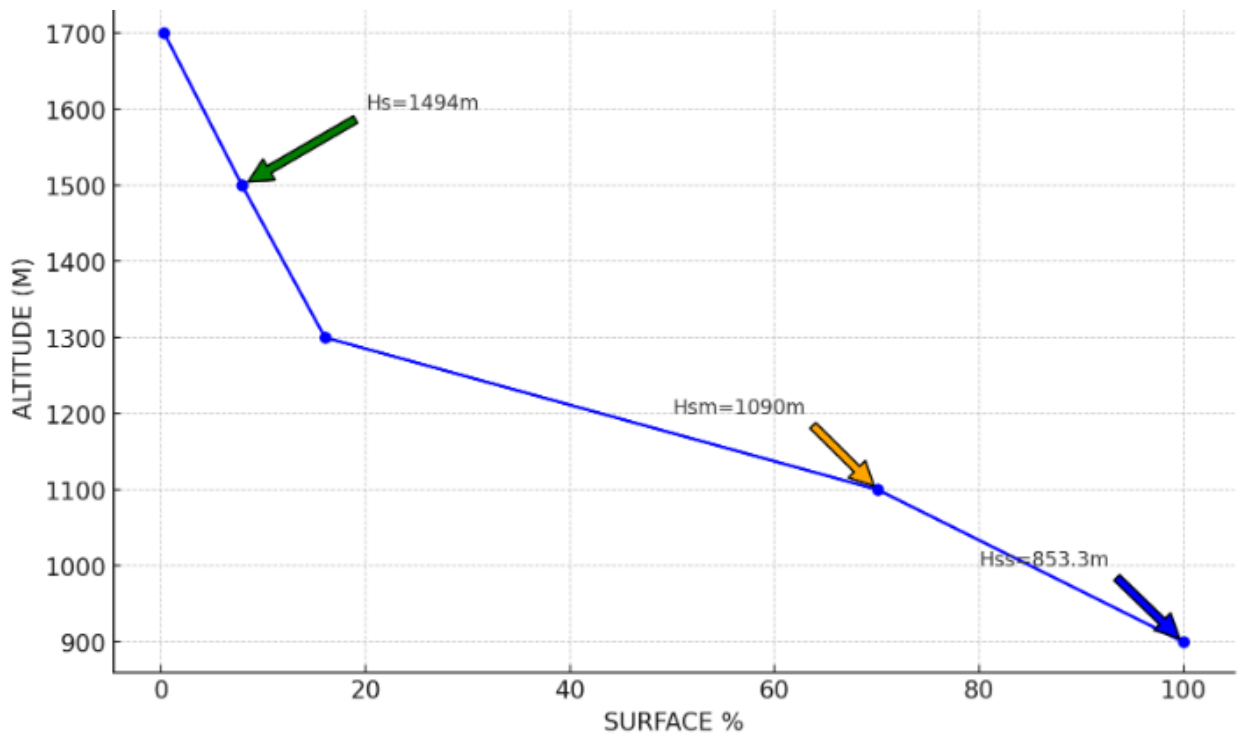
en pourcentage (%) de la superficie totale par tranche d'altitude.

Pour caractériser la nature du relief du B.V, nous avons calculé par planimétrage de la carte topographique au 1/200.000, la répartition de la surface du B.V par tranche d'altitude.

Les résultats rassemblés dans le tableau ci-dessous, nous ont permis de tracer la courbe hypsométrique et de déterminer les altitudes caractéristiques (voir courbe hypsométrique).

Tranche d'altitude	Surface partielle (km ²)	Surface ai en %	Surface cumulée en (km ²)	Dénivelé di en (m)	Surface cumulée en %
1800-1600	3.96	0.29	3.96	200	0.29
1600-1400	102.61	7.61	106.96	200	7.90
1400-1200	109.57	8.12	216.16	200	16.02
1200-1000	729.57	54.08	945.21	200	70.10

1000-800	402.75	29.90	1348.00	200	100.00
----------	--------	-------	---------	-----	--------



courbe hypsométrique

3.3 Détermination des indices du bassin versant:

3.3.1 Altitudes caractéristiques :

Altitude maximale : est le point culminant au bassin versant (1800rn)

3.3.2 *Altitude médiane* : déduite à partir de la courbe hypsométrique et correspondre à Hs% il ayant une valeur de (1100m)

Altitude moyenne: calculée par formule:

$$H_{MOY} = \frac{\sum H_i \times S_i}{S}$$

Avec: H moy altitude moyenne du bassin versant

H_i x S_i: altitude et surface de la tranche

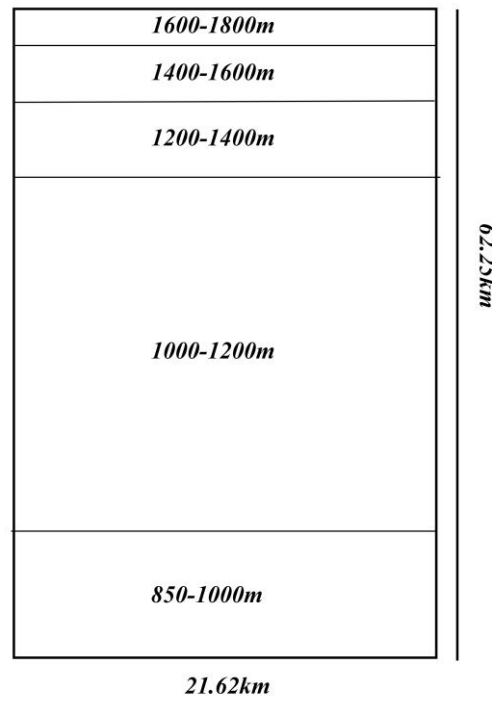
Application numérique :

$\sum H_i \times S_i$;= 1467080

S= 1348km².

Donc:

H moy 11088.57 m



3.3.2 Altitude minimal :

représenté par le point le plus bas au niveau de l'exutoire, il est de 850m

3.4 Determinacion des indices du bassin versant :

3.4.1 Indice de pente globale (IG)

C'est le rapport entre la dénivelé D entre H5% et H95% par rapport a la longueur de rectangle equivalent

Alors il est obtenu par la formule suivant

$$I_g = \frac{D}{L}$$

OU:

D: dénivelé en (m) avec D-H5% -H95%

L:Longueur de rectangle équivalent

H 5%=1493.33m

H95% =853.33m

D=640m

L=62.25km

Donc :

$I_g = 10.28$ (m/Km)

Selon la valeur (de I_g) on peut classée le relief en :

$I_g > 35\text{m/km}$	Relief assez fort.
$20 < I_g < 35\text{m/km}$	Relief fort.
$I_g < 20\text{m/km}$	Relief modéré

Pour notre cas $I_g = 10,26\text{m/km}$ le bassin versant est caractérisée par un relief modéré.

3.4.2 Dénivelée spécifique :

La dénivelée spécifique est une fonction de l'indice de pente globale et de la surface du bassin

versant.

donné par la formule suivante :

$$D_s = I_g \times \sqrt{S}$$

Application numérique :

$$I_g = 10.28\text{m/km}$$

$$S = 1348\text{km}^2$$

$$\text{donc: } D_s = 377.7\text{m}$$

Selon la classification suivante :

•Ds <10m	très faible
• 10 <Ds <25	faible
25 <Ds <50	assez faible
50 <Ds <100	modéré
• 250 <Ds < 500	fort
• 100 < Ds < 250	assez fort
• Ds >500	très fort

Donc le bassin versant de notre barrage est caractérisé par une forte dénivelée.

Indice de pente moyenne:

Est exprimé par le rapport :

$$I_m = \frac{H_{max} - H_{min}}{\sqrt{S}}$$

Avec:

H max : l'altitude maximale du bassin versant(m)

H min :l'altitude minimale du bassin versant(m)

S: superficie du bassin versante

Application numérique :

S= 1348km².

H min 850m.

H max 1800m.

Donc :

Im= 27.24

3.5 Indice de pente de M. roché(Ip) :

Le but du calcul du cet indice est de caractériser la pente du bassin versante la valeur de cet indice s'établit comme suit

$$I_p = \frac{1}{L} \sum \sqrt{a_i + d_i}$$

Avec:

I_p : indice de pente exprime en (m/km) 3

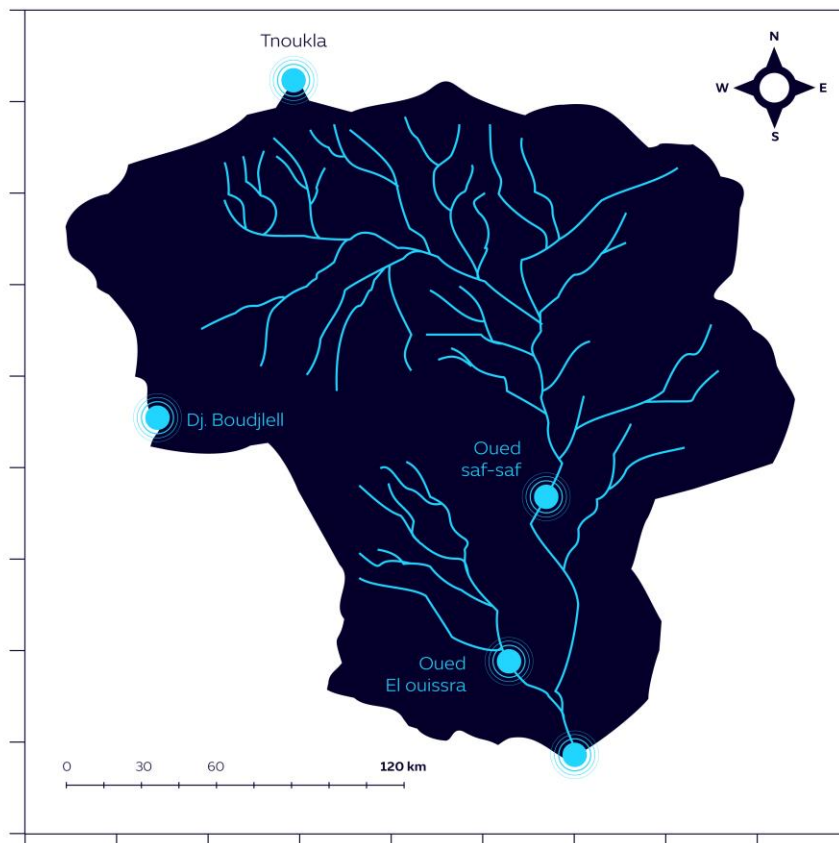
L: longueur du rectangle équivalent (km)

a_i : surface en% comprise entre deux courbes de niveau voisines en (km)

d_i : distance entre deux courbes de niveau voisines en (m)

Voir le tableau suivant :

d_i (m)	$3i$ (%)	$D_j \times a_i$	$V_{a_i \times d_i}$
200	0.29	58	7.61
200	7.61	1522	39.01
200	8.12	1624	40.29
200	54.08	10816	104
200	29.88	5976	77.3



Réseaux Hydrographique de bassin versant Saf-Saf tébessa

3.6 Caractéristique hydrographiques du bassin versant :

3.6.1 chevelu hydrographique

Il est obtenue a partir de la carte topographique 1/500000 en en faisant reproduire la delimitation du bassin versant avec l'interieur tous les affluents drainant ce dernier.

3.6.2 Densité de drainage :

Pour l'étude des crues on calcul la densité de drainage (Dd), il est définie comme le rapport entre la somme de toutes les longueurs d'eau et la superficie du bassin versant.

$$D_d = \frac{\sum Lx}{S}$$

Avec:

Da : densité de drainage km/km².

Lx somme de toutes longueurs d'eau mesurées à partir de la carte du chevelu hydrographique

et égale 6874 km.

S:superficie du bassin versant en km².

Application numérique:

Lx =6874.8 km.

S -1348 km.

Da =5.1 km/km²

Donc:

D'après cette valeur on trouve que le terrain du bassin versant est bien drainé.

Ou moyen densité de drainage.

3.6.3 Coefficient de torrentialité (Ct):

Le coefficient de torrentialité est le produit de la densité de drainage par la fréquence des thalwegs élémentaires.

$$Ct = \frac{Dd}{Fi}$$

$$Fi = \frac{N1}{S}$$

Avec:

S: superficie du bassin versant.

Dd: densité de drainage.

Fi: fréquence des cours d'eau d'ordre i par unité de surface.

Ni : nombre de cours d'eau d'ordre 1 et-28.

Donc on a trouvé

$$Ct=0.1$$

Alors le coefficient de torrentialité est très faible.

3.6.3 Temps de concentration (Tc) :

Le temps de concentration d'un bassin versant est la durée que met une goutte tombant sur le pont hydraulique le plus éloigné de l'exutoire pour attendre celui-ci. Le temps de concentration est donné par la formule de GIONDOTTI

$$T_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5}{0.8\sqrt{H_{\text{moy}} - H_{\text{min}}}}$$

Avec :

S: la surface du bassin versant =1348km.

L: longueur du talweg principale 65 km.

H_{moy} : altitude moyenne(m).

H_{min} : altitude minimal (m).

Application numérique:

H min-850m.

H moy = 1088, 57m.

S= 1348km².

L-65km

Tc=18 heure

Cette valeur représente un temps de concentration important et logique vu la surface et forme allongée et la densité de drainage du bassin versant de Saf-Saf.

3.6.4 vitesse d'écoulement de Veau (Ve):

Elle est donnée par la relation suivante :

$$V_e = \frac{L}{T_c}$$

Avec:

Ve: vitesse d'écoulement de l'eau (m/s)

L:longueur de thalwegs principale en (m)

Tc: temps de concentration en second.

Application:

$$T_c = 18h = 64800s.$$

$$L = 65000m.$$

$$V_e = 1m/s$$

E) Coefficient d'allongement :

Il est exprimé par la formule suivante :

$$K = \frac{P^2}{S}$$

Avec

P : périmètre du bassin versant en Km

S : surface du bassin versant en Km²

Application numérique

$$P = 167.84km$$

$$S = 1348km^2$$

Donc

$$K = 20.80$$

3.7 Conclusion:

Le bassin versant de la retenue du barrage de Saf-Saf est caractérisé par une superficie de 1348km² et un périmètre de 167.48km. Il a une forme allongée avec un indice de compacité ($K_c = 1.28$), L'altitude moyenne du Bassin versant est de 1088.57m,

Le bassin présente une faible couverture végétale, ce qui favorise l'augmentation de l'effet de l'érosion. Le temps de concentration est de 18 heures. Il est important par rapport à la superficie du B.V.

Du point de vue hydrographique ce bassin est caractérisé par un TALWEG principale de longueur 65km. Et une densité de drainage égale 5,1 km/km²; la vitesse d'écoulement est de 1m/s.

C'est suite à ces paramètres physiques du bassin versant surtout, le périmètre et la superficie qu'il couvre et le manque d'eau de la région. Que la réalisation d'un barrage s'avère nécessaire et utile pour l'irrigation des terres agricoles avoisinantes du

Saf-Saf ou en vue de l'alimentation en eau potable prochainement de la ville de Bir El Ater.

Climatologie

1. Introduction

La climatologie, science dédiée à l'étude du climat, repose sur l'analyse statistique des conditions météorologiques comme la température, les précipitations, et l'humidité sur de longues périodes, généralement trente ans ou plus. Cette analyse permet aux climatologues d'identifier des tendances et des variations climatiques à long terme.

Les recherches climatiques sont cruciales en hydrologie et hydrogéologie pour évaluer quantitativement les ressources en eau, vitales pour les écosystèmes, l'agriculture, l'industrie, et les populations humaines. Elles permettent d'anticiper les sécheresses, de gérer les réserves d'eau de manière efficace, et de développer des stratégies d'adaptation face aux variations climatiques. Ainsi, la climatologie est indispensable pour la compréhension des dynamiques environnementales et la gestion durable des ressources naturelles.

Ce chapitre étudiera les paramètres climatiques pour mettre en lumière les caractéristiques spécifiques du climat de la région de Saf Saf El Ouesra. En examinant les données météorologiques locales, nous identifierons les tendances climatiques et les particularités de cette zone. De plus, nous estimerons les différentes composantes du bilan hydrique pour comprendre le fonctionnement hydrologique de la région. Cette analyse quantifiera les apports et pertes d'eau, offrant une vision claire de la dynamique hydrologique locale. Grâce à cette double approche, nous proposerons des solutions pour une gestion durable des ressources en eau, essentielle au développement économique et à la préservation de l'écosystème de Saf Saf El Ouesra.

Les données climatiques sont fournies par POWER (data access viewer) sur une période d'observation de 12 ans

2. Paramétré climatique

2.1 Précipitation

Les précipitations constituent un facteur essentiel dans le cycle hydrologique, englobant tous les types de précipitations, qu'il s'agisse de pluie, de neige ou d'autres formes de retombées atmosphériques. Ces précipitations jouent un rôle déterminant dans l'écoulement des eaux de surface et souterraines, influençant directement le volume d'eau emmagasinée dans les réservoirs naturels et artificiels.

L'impact des précipitations sur le niveau piézométrique des nappes phréatiques est particulièrement significatif. Une augmentation des précipitations peut entraîner une

élévation du niveau des nappes, tandis qu'une diminution peut provoquer un abaissement, affectant ainsi la disponibilité en eau pour diverses utilisations humaines et écologiques.

En outre, la pluviométrie constitue un facteur écologique de première importance. Elle joue un rôle crucial dans le fonctionnement et la répartition des écosystèmes terrestres. Les variations dans les régimes de précipitations peuvent modifier les habitats naturels, affecter la biodiversité, et influencer la productivité des écosystèmes. Ainsi, comprendre et surveiller les précipitations est indispensable pour la gestion durable des ressources en eau et la préservation des écosystèmes.

2.2.1 Variations interannuelles des précipitations :

Table 1. Précipitations moyennes mensuelles (2010-2022)

annee	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
P(mm)	247,85	284,77	216,21	174,02	237,3	379,69	326,95	232,03	274,22	348,05	432,42	168,31	296,26

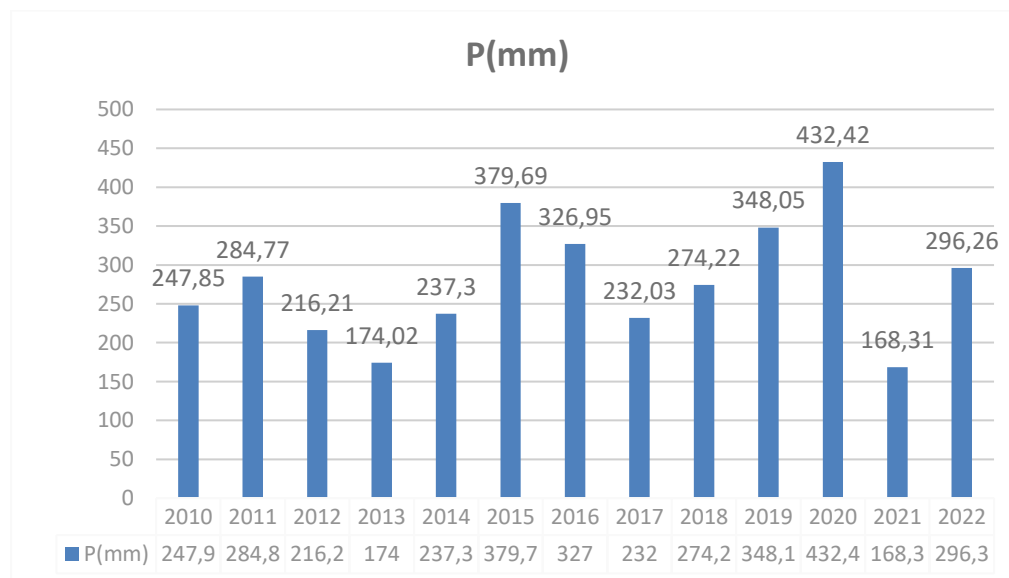


Figure 4. histogramme de la Variation des précipitations annuelles (POWER 2010-2022)

D'après l'histogramme de la répartition annuelles des précipitations sur 12 ans (2010-2022) (ces valeurs sont consignées dans le tableau suivant) on remarque que :

-les précipitations de (2020) sont les plus élevées à 432,42 mm.

-les précipitations de (2021) sont de 168.31 mm était le plus sec.

2.2.2 Variations mensuelles des précipitations :

Table 2.Précipitations moyennes mensuelle (POWER 2010-2022)

MOIS	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aou
P(mensuelles) mm	36,9 7	29,3 1	22,1 6	20,2 1	18,9 2	17,2 8	49,2 7	28,9 0	20,7 8	12,1 7	6,8 5	15,4 9

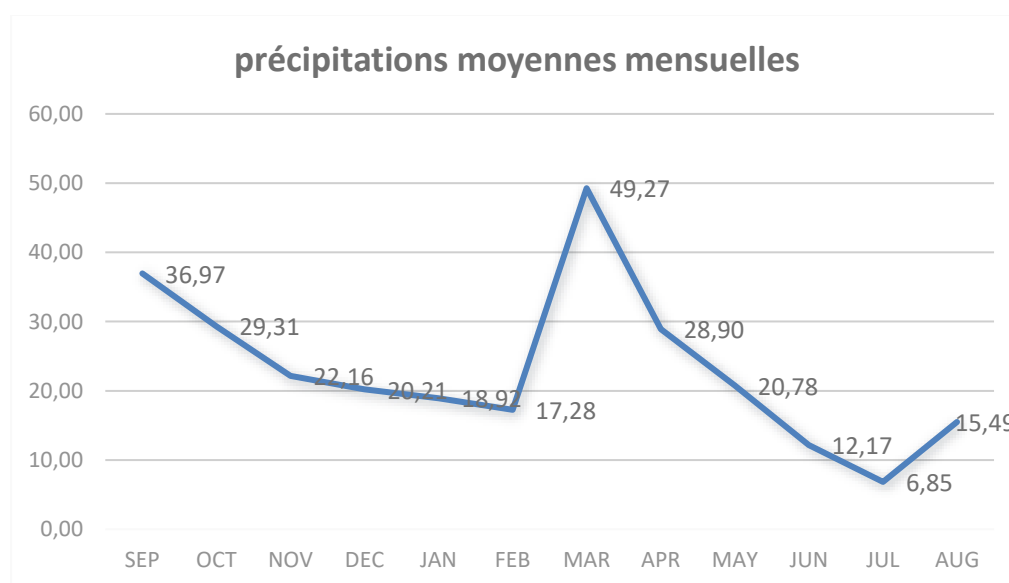


Figure 5.histogramme de la Variation des précipitations mensuelles

2.2.3 Précipitations moyennes saisonnières :

Pour distinguer les pluies saisonnières survenant dans des conditions de températures différentes. Nous avons calculé le pourcentage des précipitations de chaque saison par rapport au total annuel.

Saisons	Automne			Hiver			Printemps			Eté		
Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
P (mm)	88,44			56,41			98,95			34,51		
P (%)	31.77			20.26			35.55			12.39		

Table 3..Précipitations moyennes saisonnières en %.

L'examen des résultats du Tableau 03 et la Figure 3 montre que les précipitations se produisent essentiellement en printemps et en Automne, avec une quantité de 187.39 mm

d'une moyenne de précipitation totale interannuelle de l'ordre de 278.31 mm, Les saisons estivale et hivernale sont les plus sèches avec respectivement, un total des pluies de 90.92 mm ,ce qui produit une évaporation. Il en ressort que Printempst est la saison la plus pluvieuse et que Eté est la saison la plus seche.

2.2 TEMPERATURE

La température est l'un des facteurs les plus déterminants du climat. Son influence majeure s'étend à divers autres paramètres climatiques, tels que l'évapotranspiration. Par conséquent, elle affecte le taux d'infiltration et le régime d'écoulement de surface. Cette interrelation complexe classe la température comme un paramètre essentiel pour le calcul du bilan hydrique.

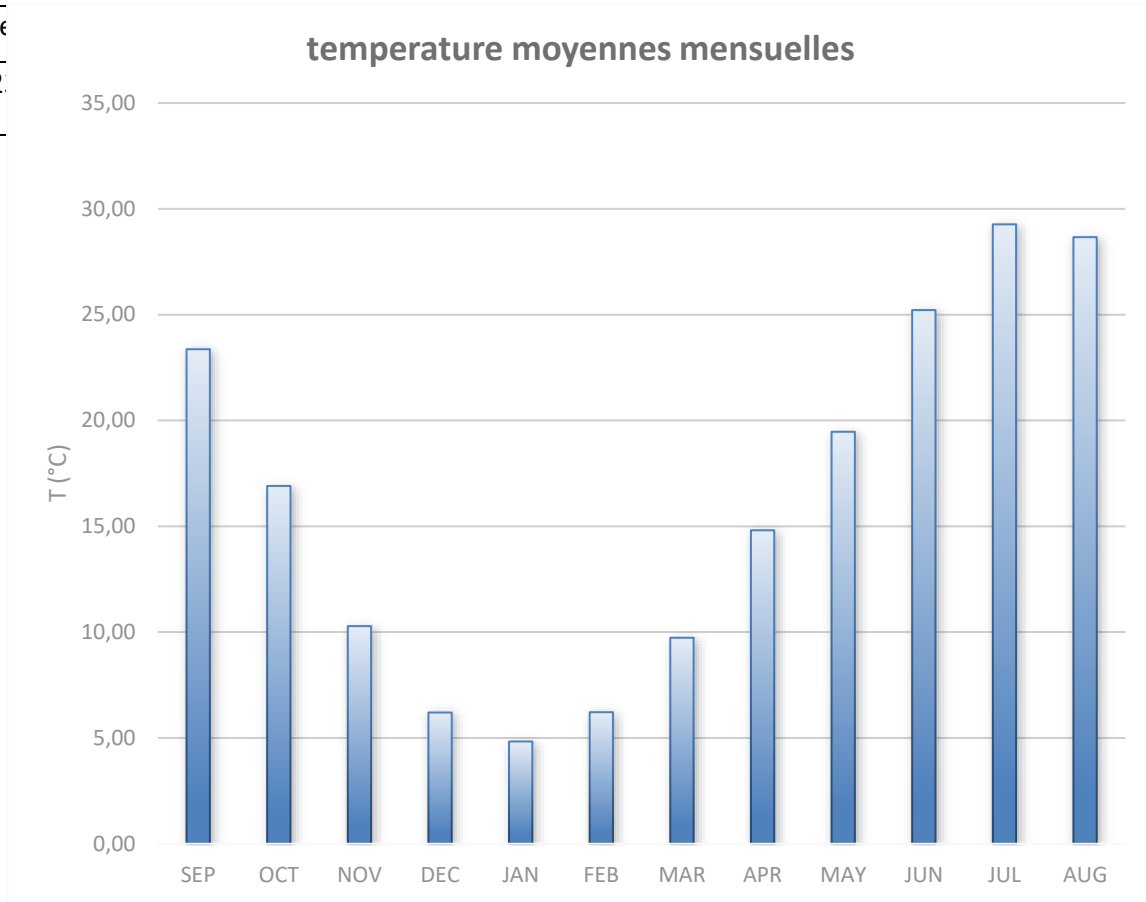
En effet, les variations de température ont des répercussions directes sur l'évapotranspiration, le processus par lequel l'eau est transférée de la surface terrestre à l'atmosphère. Une augmentation de la température intensifie l'évapotranspiration, ce qui réduit la quantité d'eau disponible pour l'infiltration dans le sol et modifie le régime d'écoulement des eaux de surface. Ces effets en chaîne démontrent l'importance de la température dans la régulation du cycle de l'eau.

Ainsi, pour une analyse précise et complète du bilan hydrique, il est crucial de considérer la température comme un paramètre central. Sa capacité à influencer divers aspects du climat et de l'hydrologie en fait un élément clé dans la gestion des ressources en eau et la prévision des phénomènes climatiques. (LAYADI et HIRECHE 2020).

3.1 Température moyennes mensuelles

Table 4.Températures moyennes mensuelles

Mois	se
T°C	2.



moyenne
16,30

Figure 6. Température moyennes mensuelles

Les températures mensuelles recueillies à la station POWER une période de 12 ans (2010-2022) sont récapitulées dans le Tableau (Tableau 4) leur répartition est illustrée par la figure. Les températures moyennes mensuelles les plus élevées sont observées pendant la période allant du mois de Juin jusqu'au mois de septembre, avec des températures de l'ordre de 25.22 à 23.37 C°, tandis que les températures les plus basses (4.83 et 6.22C°) sont observées pendant la période hivernale (janvier et février).

3. Type de climat

3.1 Diagramme Ombrothermique

Le diagramme pluviothermique est un outil essentiel pour déterminer le type de climat caractérisant une région. Il est établi selon la méthode développée par

Gausсен et Bagnouls, permettant ainsi une analyse approfondie des conditions climatiques.

Ce diagramme permet notamment de définir la période sèche, pendant laquelle la moyenne mensuelle des précipitations est inférieure ou égale au double de la température moyenne du même mois. Cette période sèche est cruciale pour comprendre les variations saisonnières et les schémas climatiques régionaux. En identifiant ces périodes de faibles précipitations par rapport aux températures, le diagramme pluviothermique offre une perspective précise sur les caractéristiques climatiques d'une région donnée.

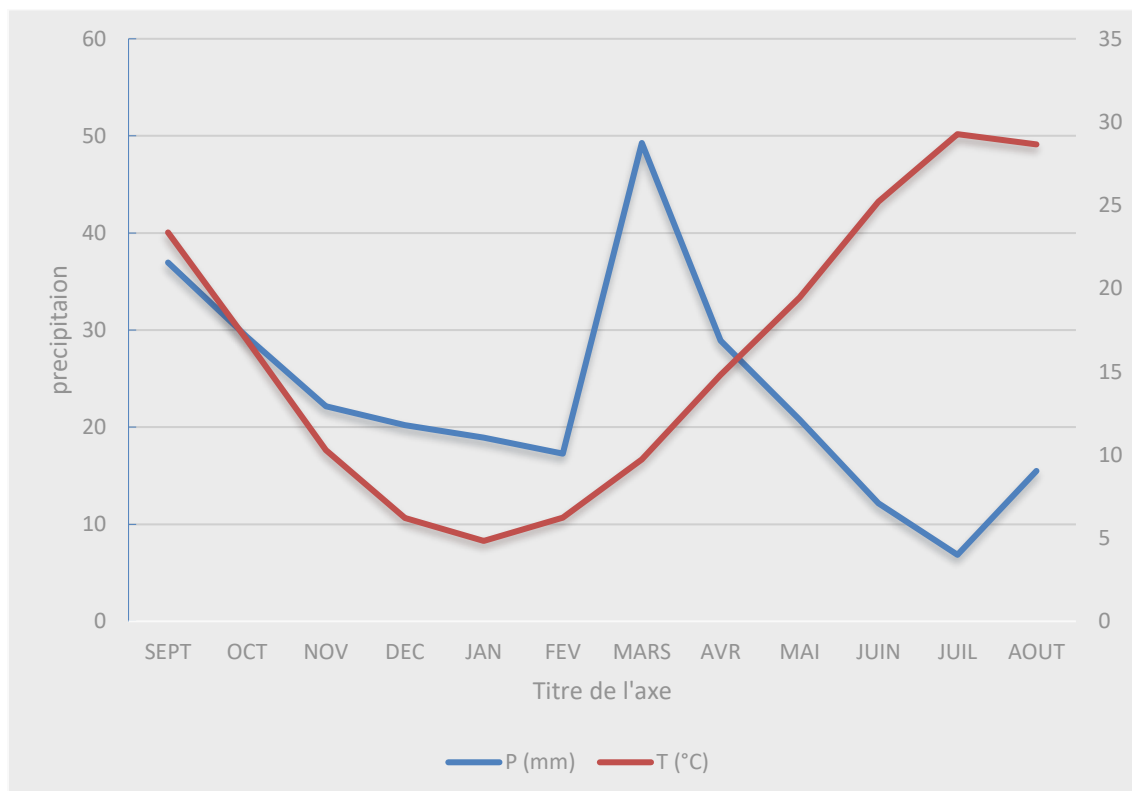


Figure 7. Diagramme Ombrothermique.

La représentation graphique de ce diagramme établi à partir des données des températures et des précipitations montre deux périodes :

- La première période froide et humide : s'étale sur 8 mois, du mois de septembre jusqu'au mois de mai.
- La seconde période chaude et sèche : s'étale sur 4 mois, depuis fin mai jusqu'à septembre.

La détermination de cette période est d'une grande importance pour la connaissance de

la période déficitaire en eau

3.2 INDICE D'ARIDITE ANNUELLE d'E. De Martonne

L'indice d'aridité annuelle d'Emmanuel de Martonne est une mesure utilisée en géographie et en climatologie pour évaluer le degré d'aridité d'une région. Il est calculé en utilisant les données de précipitations annuelles et de température moyenne annuelle. Plus précisément, il est défini comme le rapport entre les précipitations annuelles (en millimètres) et la température annuelle moyenne (en degrés Celsius), multiplié par 100.

La formule pour calculer l'indice d'aridité annuelle de De Martonne est :

$$\text{Indice d'aridité annuelle} = \frac{\text{précipitation annuelle (mm)}}{\text{température annuelle moyenne (°C)}} \times 100$$

Ce indice permet de classer les régions selon leur degré d'aridité, avec des valeurs plus élevées indiquant une plus grande aridité.

Table 5. Classement en fonction de l'indice d'aridité De Martonne (Chirine B 2024)

Indice De Martonne	Type de Climat
$I \leq 5$	Climat hyper aride
$5 \leq I \leq 7,5$	Climat désertique
$7,5 \leq I \leq 10$	Climat steppique
$10 \leq I \leq 20$	Climat semi-aride
$20 \leq I \leq 30$	Climat tempéré
$I \leq 30$	Climat humide

Table 6. L'indice d'aridité annuelle de Martonne

P (annuelle mm)	T (annuelle moyenne °C)	I	Type de climat
23,19	194,97	11.84	semi-aride

3. BILAN HYDROLOGIQUE

Le bilan hydrique est un concept crucial en hydrologie, climatologie et agriculture, qui décrit la balance entre les entrées et les sorties d'eau dans un système donné, souvent à l'échelle d'un bassin versant, d'une région ou même d'un sol particulier. Ce bilan permet de comprendre la disponibilité de l'eau dans une zone, en tenant compte de divers facteurs comme les précipitations, l'évapotranspiration, le ruissellement, et les infiltrations.

Voici les principaux composants du bilan hydrique :

Précipitations (P) : C'est l'eau qui tombe sous forme de pluie, de neige, de grêle, etc.

Evapotranspiration (ET) : C'est la somme de l'évaporation de l'eau des surfaces terrestres et de la transpiration des plantes.

Ruissellement (R) : C'est l'eau qui s'écoule sur la surface du sol vers les rivières, les lacs, et les océans.

Infiltration (I) : C'est l'eau qui pénètre dans le sol et peut recharger les nappes phréatiques.

Recharge des nappes phréatiques : C'est l'eau qui, après infiltration, alimente les aquifères souterrains.

Le bilan hydrique peut être exprimé par l'équation suivante :

$$P = ETR + R + I$$

Où :

- P est la quantité de précipitations.
- ETR est l'évapotranspiration.
- R est le ruissellement.
- I est l'infiltration.

4.1 L'EVAPOTRANSPIRATION

Ce paramètre englobe deux phénomènes distincts : l'évaporation (un processus physique) et la transpiration (un processus biologique). Il est considéré comme le second élément le plus important du bilan hydrologique, après les précipitations, car il détermine l'abondance ou le déficit en eau pour la végétation. L'évapotranspiration joue donc un rôle crucial dans le cycle de l'eau et dans le maintien des écosystèmes terrestres. On distingue deux types d'évapotranspiration :

4.1.1 L'évapotranspiration réelle (ETR) :

Elle représente la quantité d'eau effectivement perdue par la végétation sous forme de vapeur d'eau. Cette mesure reflète l'interaction directe entre la plante et son environnement immédiat, en prenant en compte les conditions climatiques locales, la disponibilité en eau dans le sol, et les caractéristiques spécifiques de la végétation.

Méthode Turc:

□ la formule de Turc permet de déterminer l'évapotranspiration annuelle réelle d'un bassin versant directement à partir des précipitations annuelles et de la température moyenne annuelle.

$$ETR = P / (0,9 + \sqrt{(PL)^2})$$

Avec:

ETR : Évapotranspiration annuelle réelle (mm).

P : Précipitations annuelles moyennes (mm).

L : Un paramètre représentant la capacité d'évaporation de l'atmosphère.

$L = 300 + 25T + 0,05T^3$; où T est la température moyenne annuelle (°C).

5.1.2 L'évapotranspiration potentielle (ETP)

Il s'agit de la quantité d'eau qui pourrait être perdue par la végétation si l'eau n'était pas un facteur limitant. En d'autres termes, l'ETP représente le maximum d'eau qui pourrait être évaporée et transpirée dans des conditions idéales où l'eau est abondante. Cette mesure est utile pour comprendre les besoins en eau des plantes et pour modéliser les scénarios de gestion de l'eau dans différents contextes agricoles et environnementaux.

- **Méthode thornthwaite:** La méthode de Thornthwaite utilise la température moyenne mensuelle pour estimer l'ETP.

$$ETP = 16 \left(\frac{10 \times T}{I} \right)^a \times K \text{ (en mm)}$$

Avec :

ETP : évapotranspiration potentielle mensuelle en (mm).

T : température moyenne mensuelle en (°C).

i : Somme des indices thermiques mensuels.

$$i = (T/5)1.514$$

I : Indice thermique annuel.

$$I = \sum i$$

a : paramètre arbitraire lié à la température.

$$a = 1.6 (I/100) + 0.5$$

K: Coefficient de correction qui dépend du temps, du mois et de l'altitude du lieu, par lequel, On doit multiplier les valeurs de l'ETP pour obtenir les valeurs corrigées.

4.2 Bilan hydrologique de Thornthwaite

Le bilan hydrologique de Thornthwaite est une méthode utilisée pour évaluer l'équilibre hydrique d'une région en tenant compte des précipitations, de l'évapotranspiration potentielle (ETP), des écoulements et de la variation de la réserve en eau du sol. Cette méthode est largement utilisée en hydrologie et en climatologie pour comprendre les ressources en eau disponibles dans une région donnée.

Thornthwaite propose une approche fondée sur le concept intuitif du réservoir facile à utiliser (RFU). Ce concept suppose que le sol a la capacité de stocker une certaine quantité d'eau, représentée par la RFU, qui est ensuite absorbée par les plantes et évaporée. La quantité d'eau pouvant être stockée dans une RFU est limitée par ses niveaux minimum (RFU vide) et maximum (capacité maximale de la RFU), généralement de 0 à 200 mm, avec une moyenne d'environ 100 mm selon les conditions locales du sol et du sous-sol.

Dans cette approche, la satisfaction des besoins en eau des plantes (ETP) est priorisée par rapport à l'écoulement, donc avant que celui-ci ne se produise. De plus, il est crucial que les performances d'évaporation (ETP = ETR) soient maintenues. Enfin, l'achèvement de la RFU est considéré comme prioritaire par rapport à l'écoulement vers les rivières.

Ainsi, une évaluation mensuelle est réalisée en se basant sur les précipitations mensuelles, l'ETP et la RFU afin de prendre en compte ces divers facteurs dans la gestion de l'eau.

Le calcul de l'évapotranspiration réelle par la méthode Thornthwaite est lié au volume des précipitations de trois manières (tab.III.3):

- 1 ère cas: $P \geq ETP \Rightarrow ETR = ETP$: Il y a reconstitution des réserves du sol jusqu'à saturation (un sol saturé, lorsqu'il a absorbé une lame d'eau équivalente à 100 mm de précipitations), le surplus représentera le ruissellement de surface.

- 2 ème cas : $P < ETP \Rightarrow ETR = P + RFU$: Dans ce cas, les réserves du sol seront utilisées

jusqu'à ce que l'ETP soit satisfaite.

- 3 ème cas: $P < ETP$ et $RFU = 0 \Rightarrow ETR = P$: Dans ce cas, il y aura un déficit qui représentera la quantité d'eau apportée pour l'irrigation (déficit agricole).

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout	Annuel
T(C°)	23,37	16,91	10,28	6,2	4,83	6,22	9,73	14,81	19,47	25,22	29,27	28,66	194,97
P (mm)	36,97	29,31	22,16	20,21	18,92	17,28	49,27	28,9	20,78	12,17	6,85	15,49	278,31
i	10,32	6,32	2,98	1,39	0,95	1,39	2,74	5,18	7,83	11,59	14,52	14,07	/
I	79,27												/
a	1,77												/
L	885,79	723,24	557,21	455,07	420,82	455,43	543,46	670,75	787,61	932,43	1034,83	1019,52	/
k	1,2	1,2	1,22	1,16	1,03	0,97	0,87	0,86	0,88	0,85	1,03	1,09	/
ETP_{nc}	108,23	61,14	25,36	10,36	6,66	10,4	23,01	48,39	78,48	124,08	161,51	155,65	813,27
ETP	129,88	73,36	30,94	12,02	6,86	10,09	20,02	41,62	69,07	105,47	166,36	169,66	835,35

ETR	36,97	29,31	22,16	12,02	6,86	10,09	20,02	41,62	37,06	12,17	6,85	15,49	250,62
RFU	0	0	0	8,19	20,25	27,44	29	16,28	0	0	0	0	101,16
DA	92,91	44,05	8,78	0	0	0	0	0	32,01	93,3	159,5 1	154,1 7	584,73
EX	0	0	0	0	0	0	27,69	0	0	0	0	0	27,69

Formules de vérification :

$$P = \sum ETR + \sum EX$$

Table 7.les résultats des calculs du bilan hydrique

$$P = 250.62 + 27.69 = 278.31 \text{ mm.}$$

$$ETP = \sum ETR + \sum DA$$

$$ETP = 250.62 + 584.73 = 835.35 \text{ mm.}$$

$$DA = \sum ETP - \sum ETR$$

$$DA = 835.35 - 250.62 = 584.73 \text{ mm.}$$

$$EXC = \sum P - \sum ETR$$

$$EXC = 278.31 - 250.62 = 27.69 \text{ mm.}$$

4.3 Interprétation du bilan hydrique

Le bilan hydrique de Thornthwaite a montré que l'ETP atteint son maximum au mois de aout (169.66 mm) et son minimum au mois de janvier (6.86 mm).

Lorsque la réserve facilement utilisable (RFU) est pleine, il y a un surplus d'eau accompagné généralement par un écoulement. Dès que la RFU diminue, il y aura un épuisement du stock.

Quand la RFU sera complètement vide, il y aura un déficit agricole (DA).

La reconstitution de la RFU s'effectue au mois de décembre (8.19 mm) et atteint son maximum (29 mm) au mois de mars, à partir duquel on assiste à un épuisement du stock.

Le déficit agricole (DA) s'observe à partir du mois de Mai et se poursuit au mois Décembre.

L'excédent commence au mois de mars (27.69 mm)

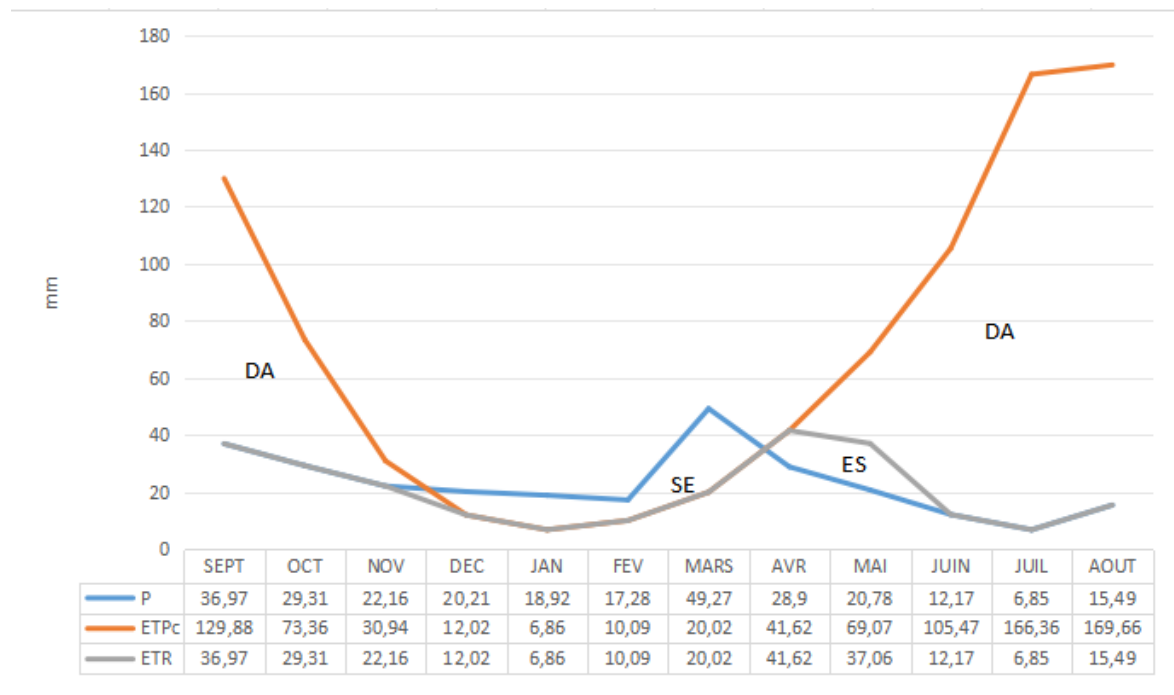


Figure 8.interpretation de Bilan hydrique selon la méthode de Thornthwaite

4.4 Estimation du ruissellement

Le ruissellement désigne l'écoulement superficiel de l'eau sur un bassin versant après des précipitations. Ce phénomène se produit lorsque l'eau de pluie ne s'infiltré pas dans le sol mais s'écoule sur la surface terrestre, influencée par la pente du terrain et le réseau hydrographique. Une petite partie de cette eau s'infiltré dans le sol et contribue à recharger les nappes souterraines.

Le coefficient de ruissellement (R) est calculé par la formule de M.J Tixeront et Berkaloff, Avec la condition de $P < 600\text{mm}$.

$$R = P^3 / 3 ETR^2$$

Avec :

R : ruissellement.

P : précipitations.

ETP : Evapotranspirations potentielle calculée par la méthode de Thornthwaite.

P (mm)	ETP (mm)	R (mm)
278.31	835.35	10.29

Tableau 8: Ruissellement par la formule de Tixeront-Berkaloff.

4.5 Estimation de l'infiltration

L'infiltration est le processus par lequel l'eau pénètre à travers la surface du sol. Elle joue un rôle crucial dans le renouvellement des réserves d'eau souterraine et maintient le débit de l'écoulement souterrain. Après avoir traversé les formations hydrogéologiques perméables du sous-sol, l'eau infiltrée contribue à alimenter les aquifères et à soutenir les débits des cours d'eau souterrains.

$$P = ETR + R + I$$

Alors

$$I = P - R - ETR$$

Avec :

I : l'infiltration.

ETP : évapotranspiration réelle.

P : Précipitation Annuelle (mm).

R : Ruissellement Annule (mm).

Si $I > 0$: Les entrée sont supérieures aux sorties.

Si $I < 0$: Les entrée sont inférieures aux sorties.

PARAMETRES	P (mm)	ETR (mm)	R (mm)	I (mm)

Valeurs	278.31	835.35	10.29	0
---------	--------	--------	-------	---

4. Conclusion

Le climat continental semi-aride de la région d'étude de Safsaf El Ouesra se caractérise par des printemps modérés et pluvieux, ainsi que des étés chauds, secs et ensoleillés. Le régime climatique de cette région dépend principalement de deux paramètres : les précipitations et la température, avec des moyennes annuelles respectives de 278,31 mm et 16,25 °C. L'interprétation du bilan hydrique, selon la formule de Thornthwaite, indique une évapotranspiration réelle très élevée de l'ordre de 835,35 mm/an. Cette valeur reflète la quantité d'eau évaporée et transpirée par les plantes dans cette région. En utilisant la formule de Tixeront-Bercaloff, le ruissellement annuel est estimé à 10,29 mm, ce qui représente environ 3,69 % des précipitations totales. Cette faible proportion de ruissellement souligne l'importance de l'infiltration et de l'évapotranspiration dans le cycle hydrologique de cette région semi-aride.

Hydrochimie

Introduction

La chimie des eaux a pour objectif d'étudier les paramètres physico-chimiques tels que la conductivité, le pH, la dureté, et les ions qui déterminent les caractéristiques fondamentales de l'eau ainsi que les lois d'échange eau/roche. La composition chimique de l'eau est un facteur clé dans l'évaluation de sa qualité et de son adéquation pour diverses utilisations. Dans le cadre de notre étude, nous nous concentrons spécifiquement sur la qualité et les usages des eaux du barrage de Safsaf El Ouesra.

À travers l'analyse des travaux antérieurs et les recherches menées sur le terrain ainsi qu'au laboratoire, nous avons obtenu des résultats significatifs concernant l'hydrochimie de ce barrage. Ces analyses incluent l'étude des concentrations en ions majeurs, des niveaux de conductivité, du pH, et de la dureté de l'eau. La compréhension de ces paramètres nous permet d'évaluer l'aptitude de l'eau du barrage à des fins agricoles, industrielles ou domestiques.

Les ions dissous dans l'eau, tels que le calcium, le magnésium, le sodium, et le potassium, ainsi que les anions comme les chlorures, les sulfates et les bicarbonates, sont des indicateurs essentiels de la qualité de l'eau. Leur présence et leurs concentrations relatives peuvent révéler des informations sur les interactions entre l'eau et les roches du bassin versant, ainsi que sur les processus géochimiques en cours.

En conclusion, la compréhension détaillée de la chimie de l'eau du barrage de Safsaf El Ouesra, grâce à l'analyse de ses paramètres physico-chimiques, est fondamentale pour évaluer sa qualité et définir ses usages potentiels. Les résultats obtenus de notre étude fournissent une base solide pour la gestion durable de cette ressource en eau, essentielle dans une région au climat semi-aride où l'eau est un bien précieux.

1. Méthodologie et stratégie de travail :

Le prélèvement d'échantillons d'eau de barrage nécessite une méthodologie rigoureuse pour garantir la représentativité et la fiabilité des échantillons. Voici les étapes générales à suivre :

1.1.1 Préparation

Équipement nécessaire

- Bouteilles d'échantillonnage stériles (en plastique ou en verre)
- Glacière avec des packs de glace
- Gants en latex ou en nitrile
- Étiquettes et marqueurs
- Appareil de mesure (pH-mètre, thermomètre, conductimètre, etc.)
- Cordage et/ou perches d'échantillonnage



Figure 9.les prélèvements d'eau dans le barrage

1.1.2 Considérations préliminaires

- Définir les points de prélèvement selon les objectifs de l'étude (profondeur, surface, zones spécifiques)

- Identifier les paramètres à analyser (chimie de l'eau, microbiologie, etc.)
- S'assurer que les bouteilles sont propres et stériles pour éviter toute contamination.

1.1.3 Prélèvement :

Sélection du site

Choisir les points de prélèvement en fonction des zones représentatives du barrage (zone d'influence, entrée et sortie d'eau, etc.)

CARTE REPRESENT LES POINTS DE PRELEVEMENT DES ECHANTILLONS EN BARRAGE SAF-SAF EL OUESRA

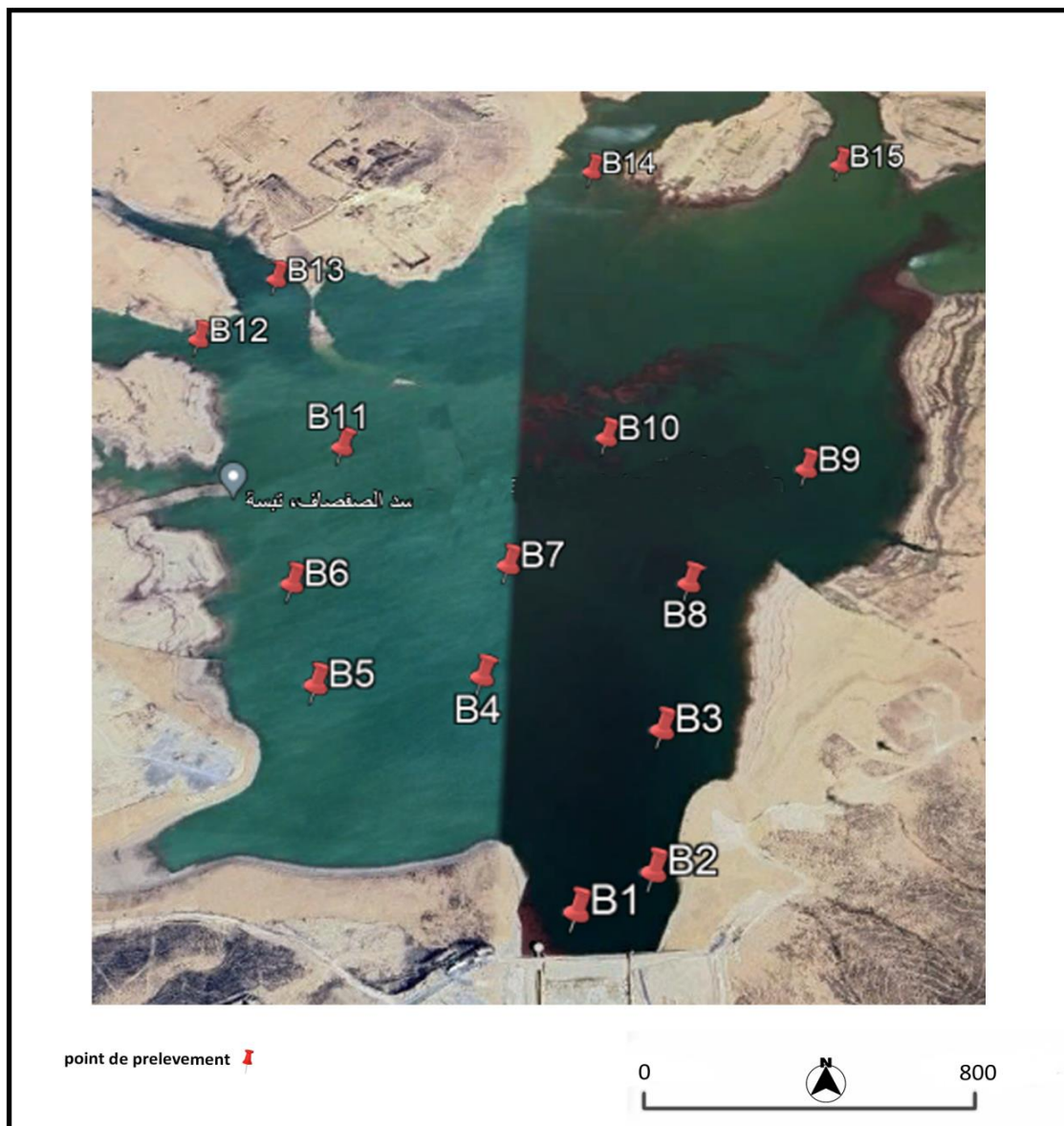


Figure 10.les prélèvements d'eau dans le barrage

Table 8.Point de prélèvement des échantillons barrage safsaf el ouesra

	X	Y	Z
B1	34°56'9.38"N	8°13'35.75"E	857
B2	34°56'11.31"N	8°13'39.87"E	860
B3	34°56'18.82"N	8°13'40.46"E	862
B4	34°56'21.91"N	8°13'29.99"E	851
B5	34°56'21.43"N	8°13'20.33"E	852
B6	34°56'27.49"N	8°13'18.12"E	854
B7	34°56'28.73"N	8°13'31.21"E	854
B8	34°56'27.59"N	8°13'42.26"E	852
B9	34°56'35.12"N	8°13'49.99"E	852
B10	34°56'37.39"N	8°13'37.18"E	852
B11	34°56'36.72"N	8°13'20.06"E	852
B12	34°56'44.70"N	8°13'9.36"E	856
B13	34°56'49.67"N	8°13'13.93"E	856
B14	34°56'59.20"N	8°13'35.97"E	856
B15	34°56'59.99"N	8°13'54.46"E	856

1.2 Méthodes de prélèvement

1.2.1 Surface

Immerger la bouteille d'échantillonnage directement sous la surface de l'eau, en prenant soin de ne pas introduire de bulles d'air. Remplir la bouteille et la refermer sous l'eau pour minimiser la contamination par l'air ambiant.

1.2.2 Profondeur

Utiliser une bouteille d'échantillonnage avec un système de fermeture automatique (par exemple, une bouteille de type Van Dorn) fixée à une corde graduée ou une perche d'échantillonnage. Descendre la bouteille à la profondeur souhaitée et actionner le mécanisme de fermeture pour capturer l'échantillon.

1.3 Manipulation des échantillons

Porter des gants pour éviter la contamination.

Étiqueter chaque échantillon immédiatement avec la date, l'heure, le lieu et la profondeur de prélèvement.

Placer les échantillons dans une glacière pour les conserver au frais pendant le transport vers le laboratoire d'analyse.

1.4 Post-Prélèvement

1.4.1 Transport et stockage

- Transporter les échantillons rapidement au laboratoire, en maintenant une température basse (généralement entre 1 et 4 °C) pour éviter la dégradation des échantillons.

- Si des analyses ne peuvent être faites immédiatement, conserver les échantillons au réfrigérateur selon les recommandations spécifiques aux types d'analyses à effectuer (certaines analyses doivent être réalisées dans les 24 heures).

Figure 11. Les échantillons d'eau analysés.

1.5 Documentation



Compléter les fiches de prélèvement en notant toutes les informations pertinentes (conditions météorologiques, observations sur le site, etc.).

S'assurer que tous les échantillons sont bien identifiés et que les informations sont correctement enregistrées pour le suivi.

1.6 Conclusion

Le prélèvement d'échantillons d'eau de barrage doit être effectué avec soin et méthodologie pour garantir des résultats fiables. Le respect des protocoles standardisés, la manipulation correcte des échantillons et une documentation précise sont essentiels pour le succès des analyses ultérieures.

2. MESURE DES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES ET DES ELEMENTS CHIMIQUE

2.1 LES PARAMETRES PHYSIQUES :

Les variables physiques évaluées en laboratoire incluent la température (°C), le pH, la conductivité électrique ($\mu\text{s}/\text{cm}$), le taux d'oxygène dissous (en pourcentage et mg/l), le TDS (total des sels dissous), ainsi que la salinité.

Différents instruments et méthodes sont disponibles pour mesurer les paramètres physiques de l'eau. Voici les méthodes utilisé :

- A. Température** : Elle peut être mesurée à l'aide d'un thermomètre, souvent plongé directement dans l'eau pour obtenir une lecture précise.



Figure 12.thermometre

- B. Potentiel d'Hydrogène (pH)** : Le pH peut être mesuré à l'aide d'un pH-mètre. Une électrode spéciale est plongée dans l'eau et la tension électrique générée est convertie en une lecture de pH.



Figure 13.pH metre

- C. Oxygène Dissous :** L'oxygène dissous peut être mesuré à l'aide d'un oxymètre. Cet appareil utilise des capteurs pour détecter la quantité d'oxygène dissous dans l'eau.



Figure 14.oxymetre

- D. Conductivité électrique :** Pour mesurer la conductivité électrique, un conductimètre est utilisé. Il évalue la capacité de l'eau à conduire le courant électrique, ce qui est influencé par la quantité de sels dissous.
- E. Total des Sels Dissous (TDS) :** La mesure du TDS peut être réalisée à l'aide d'un conductimètre, qui évalue la conductivité électrique de l'eau et la convertit en une lecture de TDS.
- F. Salinité :** La salinité peut être déterminée à l'aide d'un réfractomètre ou d'un conductimètre. Ces instruments évaluent la concentration de sel dans l'eau.



Figure 15.multimètre (CE,TDS,Salinité)

2.2 LES PARAMÉTRÉS CHIMIQUE

2.2.1 Matériaux pour définir les paramètres chimique :

Burette graduée, éprouvette graduée, fioles jaugées, pipettes graduées, Bécher, flacon, tube à essai, pissette, entonnoir, spatule, agitateur magnétique, balance électronique, barreaux magnétiques, Balance analytique.

2.2.2 Les paramètres mesurés au laboratoire

L'analyse chimique a porté sur les ions majeurs :

- Anions : SO_4^{2-} , Cl^- , HCO_3^- , CO_3^{2-}

- Cations : Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+

3. Methodes d'analyses

3.1 METHODE VOLUMETRIE (TITRIMETRIE)

La méthode volumétrique, également connue sous le nom de titrimétrie, est une technique analytique largement utilisée en chimie pour déterminer la concentration d'une substance dans une solution. Cette méthode repose sur la réaction entre la substance à analyser (appelée analyte) et une solution de concentration connue (appelée titrant).

Le principe fondamental de la titrimétrie est de mesurer le volume de titrant nécessaire pour atteindre un point d'équivalence, où la réaction entre l'analyte et le titrant est complète. Ce point est généralement détecté à l'aide d'un indicateur coloré qui change de couleur lorsque la réaction est terminée.

La concentration de l'analyte peut ensuite être calculée à partir de la quantité de titrant ajoutée et de la stœchiométrie de la réaction chimique entre l'analyte et le titrant. Cette méthode est largement utilisée pour déterminer la concentration de divers composés chimiques, tels que les acides, les bases, les ions métalliques... etc

3.1.1 Dosage de chlorure :

Principe : Les chlorures sont quantifiés en milieu neutre à l'aide d'une solution de titrage au nitrate d'argent, en présence de bichromate de potassium. La teinte rouge observée à la fin de la réaction est caractéristique de la formation de bichromate d'argent.

3.1.2 Dosage de bicarbonate

Détermination de l'alcalinité (TA et TAC) :

L'alcalinité de l'eau est définie par la présence de carbonates (CO_3^{2-}), de bicarbonates (HCO_3^-), et d'hydroxydes (OH^-). Cette mesure est obtenue en neutralisant les ions bicarbonates avec un acide minéral dilué jusqu'à ce que la solution passe d'une couleur jaune à jaune orangé.

3.1.3 Dosage de dureté (calcium + magnésium)

La dureté totale de l'eau est une mesure de la concentration des ions calcium (Ca^{2+}) et magnésium (Mg^{2+}). Elle affecte la qualité de l'eau pour des usages comme la consommation humaine, l'agriculture et l'industrie.

Pour déterminer cette dureté, on réalise un titrage en ajoutant une solution standardisée d'EDTA (éthylènediaminetétraacétate) à l'échantillon d'eau jusqu'à ce que tous les ions calcium et magnésium soient complexés. Un indicateur coloré, tel que le noir ériochrome T, est utilisé pour indiquer le point de fin du titrage par un changement de couleur. La quantité d'EDTA utilisée permet de calculer la concentration totale des ions calcium et magnésium dans l'eau.

3.1.4 Dosage de sodium et potassium

L'émission énergétique, notamment l'émission de radiations électromagnétiques, correspond à la transition d'un état excité à un état fondamental de plus basse énergie. Certains atomes ou cations métalliques peuvent être excités par une flamme. Lorsque les électrons, chauffés par une flamme de brûleur à gaz, atteignent un niveau d'énergie supérieur, ils émettent des photons en retournant à l'état fondamental. Chaque métal émet ainsi un spectre de radiations spécifiques correspondant à ses transitions électroniques possibles.

La photométrie à flamme est l'une des méthodes les plus rapides et sensibles pour le dosage des éléments alcalins et alcalino-terreux, tels que le sodium (Na) et le potassium (K), généralement présents sous forme de sels. Pour l'analyse, l'échantillon

d'eau est nébulisé dans une flamme air-acétylène légèrement oxydante, en intercalant de l'eau distillée entre chaque échantillon (Rodier et al., 2009).

3.1.5 Dosage de sulfate

La méthode spectrophotométrie d'absorption moléculaire mesure la quantité de lumière absorbée par une substance chimique à différentes longueurs d'onde. Cette absorption est due aux transitions électroniques dans les molécules. En mesurant l'absorption de lumière à une longueur d'onde spécifique, on peut déterminer la concentration de la substance dans la solution. Cette méthode est largement utilisée en chimie pour l'analyse quantitative des composés organiques et inorganiques.

Lorsque les ions sulfates réagissent avec le chlorure de baryum, un précipité insoluble de sulfate de baryum se forme. Ce précipité est stabilisé avec une solution de "Tween 20". La turbidité formée est directement liée à la concentration en sulfates. Le réactif comprend également un agent stabilisant pour maintenir le précipité en suspension. Les suspensions homogènes sont ensuite mesurées par spectrophotométrie.

4. Détermination des principaux faciès chimique des eaux de barrage Saf-Saf El Ouesra

Pour comprendre les caractéristiques hydrochimiques et obtenir une évaluation qualitative des eaux souterraines de la région, il était essentiel d'interpréter les résultats de l'analyse chimique des principaux éléments tels que Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- . Pour ce faire, nous avons appliqué la formule ionique pour calculer les quantités réactives, puis classé les ions en utilisant le diagramme de Piper, le diagramme de Schoeller, le diagramme de Stabler et les diagrammes de Willcox et riverside afin de visualiser les résultats de manière graphique (Rezaiki et Zaghad, 2019).

	CE	pH	TDS	O ₂	T	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	TAC
unité	µs /cm ²	/			°C	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Min	253	6.23	135	0.22	8.3	1.6	4.77	23	4.5	50.02	14.2	6.66	20.05
Max	335	8.13	180	0.24	9.8	12.83	6.05	27	4.72	75.64	85.2	20.88	31

4.1 Diagramme de Piper

Les Diagramme de Piper nous fournit graphiquement toutes les informations chimiques sur le contenu de notre eau d'irrigation ou de notre eau interstitielle. C'est un moyen rapide de visualiser les pourcentages de cations et d'anions qui composent les différentes eaux.

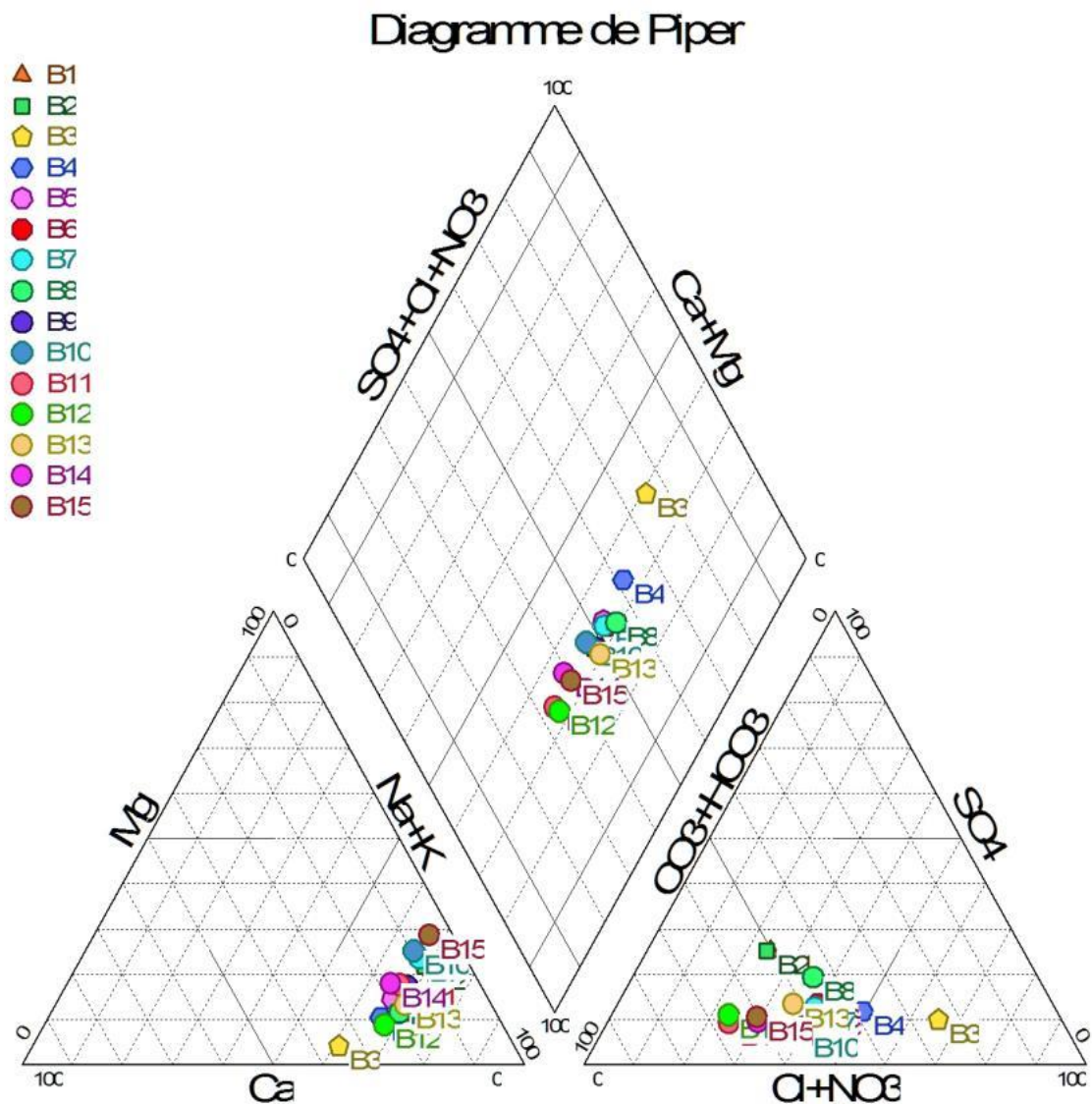


Figure 16. Diagramme de piper de barrage Saf-Saf El Ouesra

4.1.1 Analyse du diagramme de Piper

Cations (triangle gauche) :

- La majorité des échantillons se situent dans la zone $\text{Na}^+ + \text{K}^+$, indiquant une prédominance de ces cations dans les échantillons d'eau.

Anions (triangle droit) :

- Les échantillons sont principalement concentrés dans la zone $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$, montrant une prédominance des bicarbonates et carbonates.

Projections dans le losange central :

- Les échantillons se regroupent dans la partie du losange correspondant aux eaux bicarbonatées sodiques.

Conclusion sur les faciès chimiques dominants :

- Faciès chimique dominant : Les échantillons d'eau (B1 à B15) sont principalement de type «Bicarbonaté-Sodique» (Na-HCO_3)

4.2 Diagramme de Scholler Berkaloff

Le diagramme de Schoeller-Berkaloff permet de visualiser la composition chimique des différents échantillons d'eau de manière plus détaillée. Il compare les concentrations de plusieurs ions principaux pour chaque échantillon.

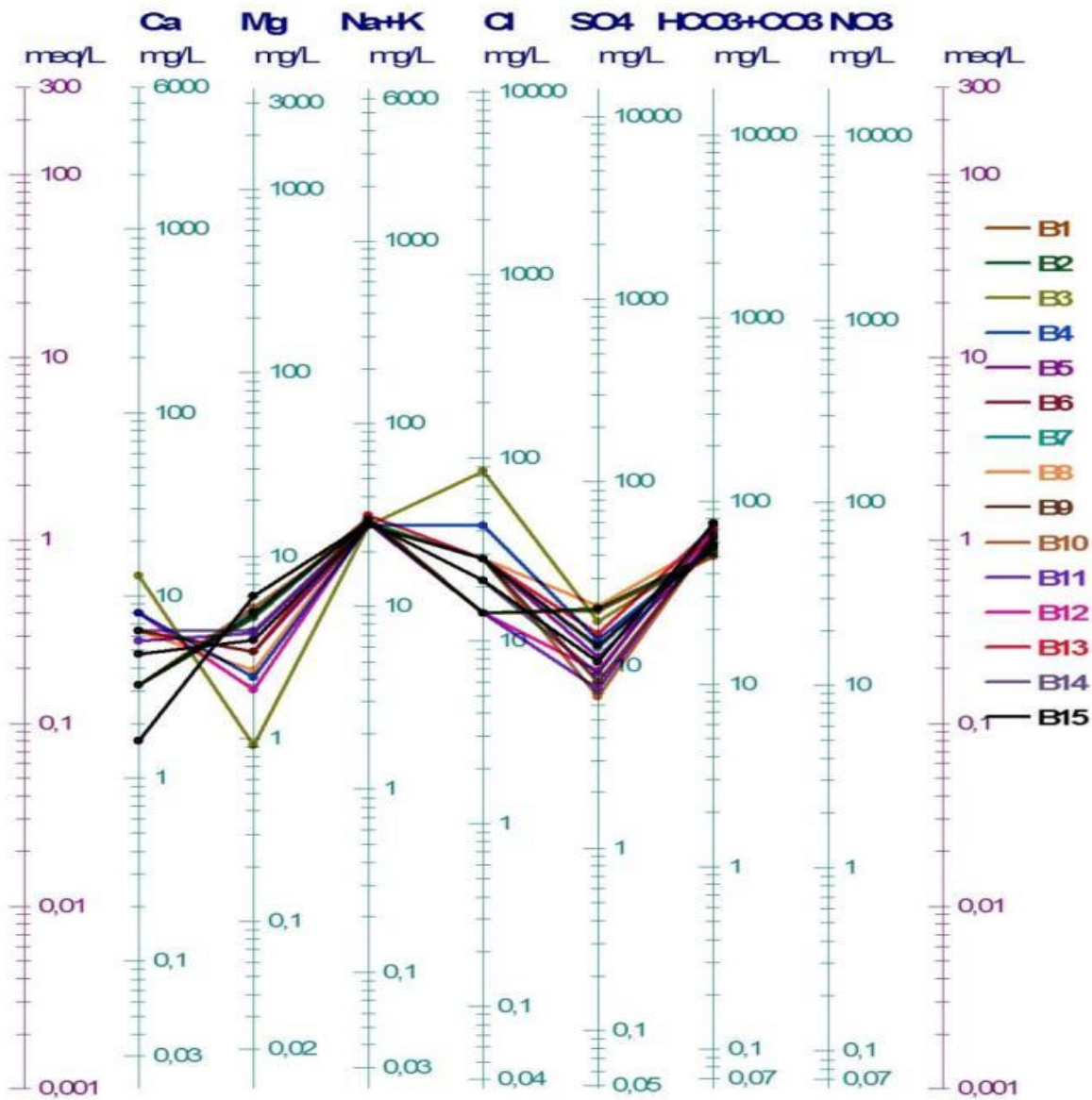


Figure 17. Diagramme de Schoeller de barrage Saf-Saf El Ouesra

4.2.1 Analyses du diagramme de schoeller Berlakof

Échantillons B1 à B15 :

Calcium (Ca) : Les concentrations sont relativement basses pour tous les échantillons.

Magnesium (Mg) : Les concentrations sont également basses et assez similaires entre les échantillons.

Sodium + Potassium (Na+K) : Ces concentrations sont nettement plus élevées par rapport aux autres cations pour tous les échantillons.

Chlorure (Cl) : Les concentrations varient, mais restent relativement plus élevées que celles de Ca et Mg.

Sulfate (SO₄) : Présent à des concentrations modérées, avec des variations entre les échantillons.

Bicarbonate + Carbonate (HCO₃+CO₃) : Les concentrations sont généralement élevées pour tous les échantillons.

4.2.2 Conclusion sur les faciès chimiques dominants :

Les échantillons montrent une domination claire des ions Sodium (Na) et Bicarbonate (HCO₃), ce qui confirme le faciès chimique Sodique-Bicarbonaté.

4.3 Diagramme de Stabler

Le diagramme fourni est un diagramme de Stabler, couramment utilisé en hydrochimie pour représenter la composition chimique des échantillons d'eau. Il illustre les concentrations des principaux cations (Ca, Mg, K, Na) et anions (HCO₃, SO₄, Cl), permettant une analyse comparative rapide des profils ioniques entre différents échantillons d'eau.

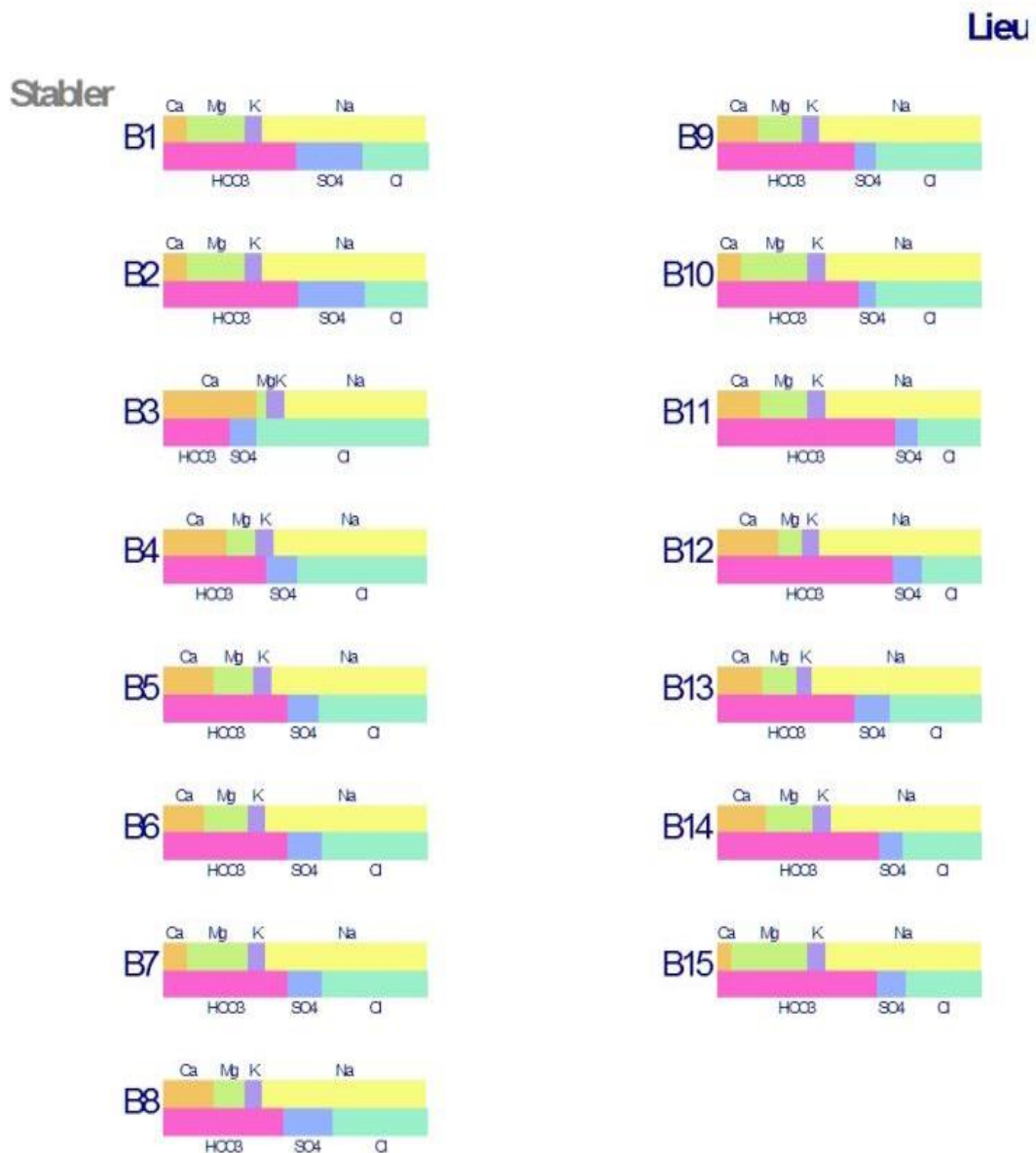


Figure 18. Diagramme de Schoeller de barrage Saf-Saf El Ouesra

Conclusion :

Dans tous les échantillons (B1 à B15), le faciès chimique dominant est Sodique-Bicarbonaté (Na-HCO₃). Cela indique que le sodium (Na) et le bicarbonate (HCO₃) sont les ions prédominants dans ces échantillons d'eau

4.4 Pourcentage de Sodium (Na%)

Le pourcentage de sodium (%Na) dans le diagramme de Wilcox est une mesure importante pour évaluer la qualité de l'eau d'irrigation. Il est calculé en utilisant la formule suivante :

$$\text{Na}\% = \left(\frac{\text{Na}}{(\text{Ca} + \text{Mg} + \text{Na} + \text{K})} \right) \times 100$$

Où :

Na⁺: Concentration de sodium en milliéquivalents par litre (meq/L)

Ca²⁺ : Concentration de calcium en meq/L

Mg²⁺: Concentration de magnésium en meq/L

K⁺ : Concentration de potassium en meq/L

Cette formule exprime le pourcentage de sodium par rapport à la somme totale des cations (calcium, magnésium, sodium et potassium).

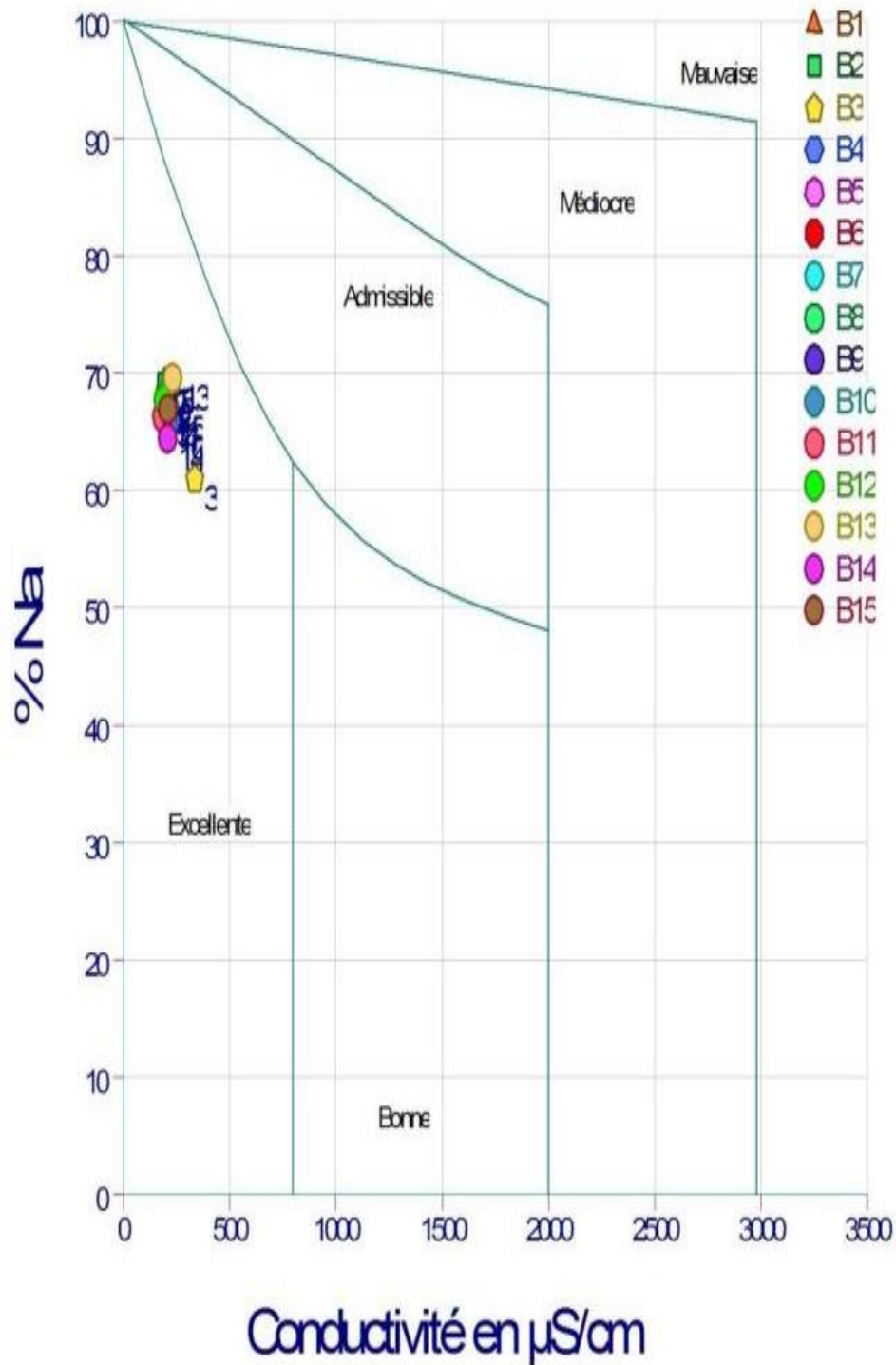


Figure 19. diagramme willcox

4.4.1 Interprétation dans le diagramme de Wilcox :

- Un faible %Na signifie une eau de meilleure qualité pour l'irrigation, car un excès de sodium peut dégrader la structure du sol, réduire sa perméabilité et affecter la croissance des plantes.

- Un %Na élevé peut indiquer une eau moins adaptée pour l'irrigation et peut nécessiter des traitements pour réduire la concentration de sodium avant utilisation.

Zones du diagramme selon le %Na :

- Excellente : Généralement en dessous de 20% Na.
- Bonne: Entre 20% et 40% Na.
- Admissible: Entre 40% et 60% Na.
- Médiocre: Entre 60% et 80% Na.
- Mauvaise: Au-dessus de 80% Na.

Conclusion

Les échantillons dans ce diagramme montrent que la majorité se trouvent dans la zone "Admissible" avec des %Na allant approximativement de 60% à 70%. Cela signifie que bien que ces eaux puissent être utilisées pour l'irrigation, elles doivent être surveillées pour prévenir tout effet négatif sur la qualité du sol et la santé des cultures.

4.5 Taux d'absorption du sodium SAR

Les eaux de barrage peuvent être utilisées pour l'irrigation, la consommation humaine, ainsi que pour des usages industriels. Lorsqu'il s'agit d'irrigation, il est essentiel de prendre en compte l'effet des éléments minéraux contenus dans l'eau sur les plantes. Un facteur clé à considérer est le Taux d'Absorption du Sodium (SAR), qui est calculé à l'aide de la relation suivante :

$$\text{SAR} = \frac{\text{Na}}{\sqrt{(\text{Ca} + \text{Mg})/2}}$$

(Les ions sont exprimés en méq/l).

Le diagramme de salinité de Richards (1954) est une méthode de classification qui évalue le rapport entre le sodium absorbé et la minéralisation totale en fonction de la conductivité électrique (CE en $\mu\text{S}/\text{cm}$), afin de visualiser l'adéquation de cette eau à des fins d'irrigation. Ce diagramme distingue cinq catégories de qualité d'eau : excellente, bonne, acceptable, médiocre et mauvaise. En utilisant cette classification, il est possible de déterminer efficacement la qualité de l'eau pour des applications agricoles, facilitant ainsi une gestion appropriée des ressources en eau.

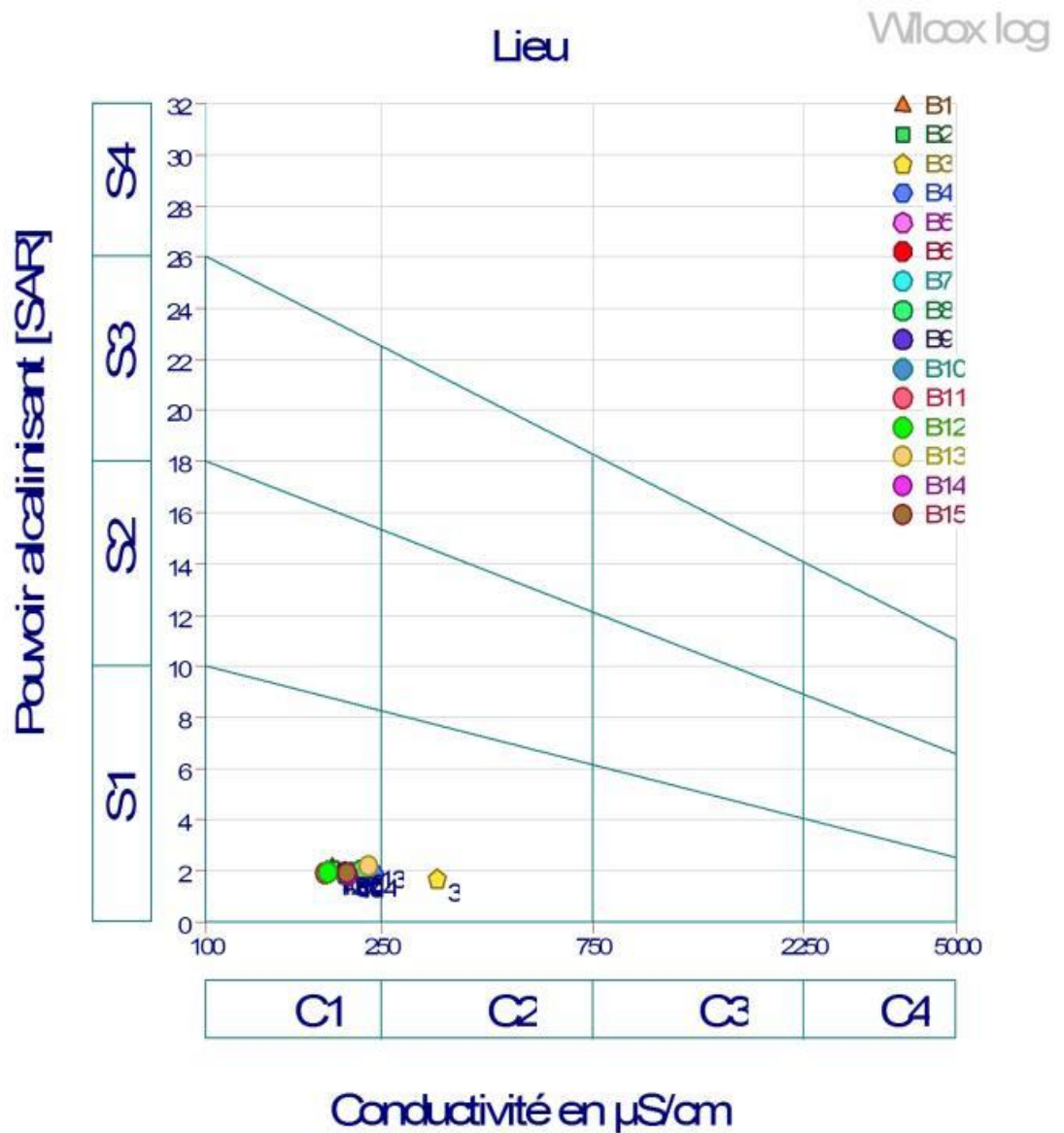


Figure 20. Diagramme SAR

Après avoir calculé le SAR des eaux du barrage, les valeurs de SAR varient de 1.68 à 2.15 avec une moyenne de 1.94. Eau utilisable sans danger pour l'irrigation de la plupart des cultures, sur la plupart des sols.

4.6 Ratio de Kelly (RK)

Le ratio de Kelly (RK) est le rapport entre la concentration de sodium (Na^+) et la somme des concentrations de calcium (Ca^{2+}) et de magnésium (Mg^{2+}). Il est calculé à l'aide de la formule suivante (Kelly, 1963) :

$$RK = \frac{Na}{Ca + Mg}$$

Où :

-Na⁺ : Concentration de sodium en (meq/L)

-Ca²⁺ : Concentration de calcium en meq/L

-Mg²⁺ : Concentration de magnésium en meq/L

4.6.2 Interprétation du ratio de Kelly :

Un ratio de Kelly supérieur à 1 indique un excès de sodium dans l'eau, ce qui signifie que l'eau n'est pas appropriée pour l'irrigation en raison du risque potentiel de détérioration de la structure du sol et de réduction de la perméabilité.

- Un ratio de Kelly inférieur à 1 indique que l'eau est appropriée pour l'irrigation, car la concentration de sodium est équilibrée par rapport aux concentrations de calcium et de magnésium, réduisant ainsi les risques de dommages au sol et aux cultures.

Calcul ratio Kelly :

$$RK = \frac{12.38}{3.48+3.28} = 1.83$$

$$RK = 1.83$$

$$RK > 1$$

Excess de Sodium : Un RK supérieur à 1 indique qu'il y a plus de sodium que la somme du calcium et du magnésium dans l'eau. Ceci signifie un excès relatif de sodium.

En résumé, un ratio de Kelly inférieur à 1 est souhaitable pour l'irrigation, tandis qu'un ratio supérieur à 1 nécessite une évaluation et un traitement potentiels pour rendre l'eau utilisable pour l'agriculture.

4. CONCLUSION

En conclusion, bien que l'eau du barrage de Saf-Saf soit utilisable pour l'irrigation et l'agriculture, sa composition hydrochimique impose une gestion rigoureuse. Les concentrations élevées en bicarbonates et en sodium doivent être continuellement surveillées et des mesures correctives doivent être appliquées pour prévenir les effets néfastes sur les sols et les cultures. Une gestion proactive permettra de maximiser les bénéfices de cette ressource en eau tout en préservant la santé des sols et des plantes.

CONCLUSION

GENERALE

Le site du barrage (digue et cuvette) est constitué de formations d'âge mio- pliocène (alluvions et colluvions) et des formations carbonatées caractérisées par une fracturation marquée et une présence des eaux interstitielles et l'existence de risque d'infiltration. En générale le site est favorable de point de vue géologique et hydraulique. Mais il faut souligner qu'un traitement du problème de perméabilité de la cuvette est indispensable pour atteindre une étanchéité du site favorable.

Le climat continental semi-aride de la région d'étude de Safsaf El Ouesra se caractérise par des printemps modérés et pluvieux, ainsi que des étés chauds, secs et ensoleillés. Le régime climatique de cette région dépend principalement de deux paramètres : les précipitations et la température, avec des moyennes annuelles respectives de 278,31 mm et 16,25 °C. L'interprétation du bilan hydrique, selon la formule de Thornthwaite, indique une évapotranspiration réelle très élevée de l'ordre de 835,35 mm/an. Cette valeur reflète la quantité d'eau évaporée et transpirée par les plantes dans cette région. En utilisant la formule de Tixeront-Bercaloff, le ruissellement annuel est estimé à 10,29 mm, ce qui représente environ 3,69 % des précipitations totales. Cette faible proportion de ruissellement souligne l'importance de l'infiltration et de l'évapotranspiration dans le cycle hydrologique de cette région semi-aride.

Après les études, les analyses et les calculs, j'ai conclu que l'eau provenant du barrage Safsaf est de qualité admissible pour l'irrigation et l'agriculture. Cette classification est due à une concentration élevée en bicarbonates (HCO_3) et en sodium (Na^+), ce qui peut avoir des impacts négatifs sur la structure du sol et la santé des cultures. Il est crucial de surveiller régulièrement cette eau et d'envisager des mesures correctives pour prévenir tout effet néfaste à long terme

BIBLIOGRAPHIE

Cadre generale :

SOUFI BELGACEM (2015) université Tebessa filiere geologie option geotech 2015 mémoire numéro 02

Memoire université Tebessa filiere geologie option geotech 2008 mémoire numéro 124

Kenza D.Gabbabi (2021) inventaire floristique du barrage Saf-Saf el Ouesra region de Tebessa

Climatologie

Laydi Mahdi H.Hireche L'apport des condition hydroclimatologiques dans l'étude hydrogeologique des sources d'eau de la region d'Ain Makhoulf (Guelma)

S.Mehibel M.Dorbi 2022 Aptitude des eaux de la nappe du continental intercalaire a l'irrigation. Cas de la region d'oued Righ (SE Algerien)

Hydrochimie

Laydi Mahdi H.Hireche L'apport des condition hydroclimatologiques dans l'étude hydrogeologique des sources d'eau de la region d'Ain Makhoulf (Guelma)

CHERINE BOURAS 2024 Evolution de la qualité des eaux du barrage ouldjet mellegue et estimation du taux d'envasement

CHAMS MESSAI 2024 Approche à l'étude hydrochimique et hydrogéologique de la région de Ain babouche chéria sud sud ouest de tebessa essai

Site web :

DONNEES CLIMATIQUE

POWER.LARC.NASA.GOV