الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université Mohamed BOUDIAF - M'Sila

Faculté des Sciences

Département des Sciences Agronomiques

Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de

Master Académique en Science du Sol

Domaine des Sciences de la Nature et de la Vie

Filière Science Agronomique

Thème

Suivi de la qualité physico-chimique des eaux du barrage K'Sob utilisées en irrigation dans la plaine de M'Sila (Sud-Est algérien)

Présentée par :

BOUCHAIBA Ahlam

NOURI Manel

Soutenue publiquement le : 08 /07/2019

Devant le jury composé de :

MEZRAG Fadila	MCA	Université de M'Sila	Président
AMROUNE Abdelouahab	MCB	Université de M'Sila	Rapporteur
MIMECHE Fateh	MCA	Université de M'Sila	Examinateur

ANNEE UNIVERSITAIRE : 2018 /2019

Remerciements

Nous remerciements tout d'abord ***ALLAH*** *pour son aide et son guide qui nous a permis de réaliser ce travail.*

Nous sincères remerciements s'adressent à notre promoteurs monsieur ***AMROUNE Abdelouahab,*** *pour ses précieux conseils, sa patience, son aide et ses orientations ficelées tout au long de ce travail.*

Nous remerciements vont également *les membres de jury :* ***Monsieur. MIMECHE Fateh*** *et* ***Mme. MEZRAG Fadila****, pour avoir accepté d'examiner ce modeste travail et de l'attribuer des remarques et des corrections très intéressantes.*

Nous remerciements vivement monsieur ***AOUINA Houssin*** *ingénieure de laboratoire de chimie à l'université de M'Sila. Qui ne nous pas épargnés, ni ses informations ni ses encouragements.*

Nous voudrons également remercier la direction de barrage du EL K'Sob et de OPI pour leur accueil et leur documents.

Merçi.

Dédicace

À la bougie qui est la source de la lumière de ma vie, qui se fond

toujours pour éclairer ma route, à mon cher père Moustapha je dédie ce travail et je lui souhaite une longue belle vie;

À la fleur qui rehausse et aromatise mes jours, qui gardent les nuits pour que je me rendorme, à

ma très chère mère Amra Benslihk ,je dédie ce travail et je lui souhaite une longue belle vie.

Mon cher frère qui est mon deuxième père (Abdou),

Mes chères sœurs (Sabrina ; Malika ; saadia ; Fadila ; Aicha),

Mes petits oiseaux (Hanaa ; Moustapha ; Nisrin ; Ibrahim),

Mon cher fiancé (Mohamed Benhaffaf),

A ma promotion de Master 2018-2019

A tous les membres de ma famille Bouchaiba.

Ahlam.

Dédicace

À la bougie qui est la source de la lumière de ma vie, qui se fond

toujours pour éclairer ma route, à mon cher père Djamel

je dédie ce travail et je lui souhaite une longue belle vie;

À la fleur qui rehausse et aromatise mes jours, qui gardent les nuits pour que je me rendorme, à

ma très chère mère Houria je dédie ce travail et je lui souhaite une longue belle vie.

Mes chères sœurs :(sarra ; Zahia)

Mes chers frères

Mon cher fiancé : (Saddam Nouri)

A ma promotion de Master 2018-2019

A tous les membres de ma famille Nouri et Tourchi.

Manel .

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction générale……1

Première partie : Synthèse bibliographique

I.1. Contexte générale……3

I.1.1. La rareté de l'eau……...3

I.1.2. L'eau de surface et l'agriculture……3

I.1.3. Notion d'un bassin versant…….....4

I.1.4. La salinité …… ….4

I.2. Paramètres de la qualité des eaux de surface……...4

I.2.1. Les paramètres physico-chimiques……...5

I.2.1.1. Température (T °C) ……5

I.2.1.2. Potentiel d'hydrogène (pH) ……..…5

I.2.1.3. Conductivité électrique (CE) …….. 5

I.2.1.4. Matières en suspension (Ms) …… 6

I.2.1.5.Résidus Secs (Rs)…… 6

I.2.1.6. Dureté totale ou titre hydrotimétrique (TH)……. 6

I.2.2.les paramètres relatifs à la pollution…… 7

I.2.2.1. Composés azotés……..7

I.3 . Evaluation de la qualité des eaux ……8

I.3.1. Le système d'évaluation de la qualité des eaux de surface (SEQ /Eau)……8

I.3.2. Normes et classes de la qualité des eaux d'irrigation……10

Deuxième partie : Matériels et méthodes d'étude

Chapitre 1 : Etude du milieu physique

II.1. Présentation de la zone d'étude…….11

II.1.1. Situation géographique du barrage K'Sob…….11

II.1.2. Les caractéristiques physiques du bassin versant d'Oued K'Sob….. 12

II.1.3 Réseau hydrographique…… ……..12

II.1.4. Aperçu climatique……...13

II.1.4.1. Choix de station de référence……13

II.1.4.2. Précipitation……...14

II.1.4.3. Température……...**15**

II.1.4.4. Evaporation……16

II.1.5.Géologie……17

II.1.6.Pédologie……20

II.1.7.Végétation de bassin versant de Oued El k'Sob……21

Chapitre 02 : Matériels et méthodes

II.1. Méthodes d'échantillonnage et d'analyses……...24

II.1.1. Conservation de prélèvement……24

II.1.2. Etude des paramètres physiques……...25

II.1.2.1 Température(T)……25

II.1.2.2. Mesure de potentiel en hydrogène (pH)…….25

II.1.2.3. Mesure de la conductivité électrique (CE)…….26

II.1.2.4. Détermination de Résidu sec (Rs)……..27

II.1.2.5. Détermination de matière en suspension (MES)……28

II.1.2.6. La dureté totale……...28

II.1.3. Etude des paramètres chimiques……..29

II.1.3.1. Dosage volométrique du calcium(Ca)……29

II.1.3.2. Dosage volométrique du magnésium(Mg)……30

II.1.3.3. Dosage du sodium(Na)…….30

II.1.3.4. Dosage volométrique de carbonates et bicarbonates (CO_3 et HCO_3)……31

II.1.3.5. Dosage volométrique de chlorure(Cl)…….31

II.1.3.6. Dosage colorométrique des sulfates(SO_4)……...32

II.1.3.7. Dosage volométrique du nitrate(NO_3)……33

Troisième partie : Résultats et discussions

Introduction…….34

III.1. Etude des paramètres physico-chimiques……...34

III.1.1. Etude des paramètres physiques……...34

III.1.1.1. Température de l'eau……..34

III.1.1.2. Potentiel d'hydrogène (pH)……35

III.1.1.3. conductivité électrique (CE)……..35

III.1.2. Paramètres chimique de l'eau……...37

III.1.2.1. Résidu sec…….37

III.1.2.2. Matière en suspension…….38

III.1.2.3. Dureté totale……...39

III.1.2.4. Calcium (Ca^{+2}), Magnésium (Mg^{+2}) et Sodium (Na^{+})……..40

III.1.2.5. Chlorures……..42

III.1.2.6. Sulfate SO_4^{--} ……43

III.1.2.7. Carbonates et Bicarbonates.....44

III.1.2.8. Nitrates.....45

III.2. Faciès chimique des eaux……46

III.2.1. Diagramme de Schoeller-Berkaloff……..46

III.2.2. Diagramme de Piper……48

III.2.3. État de la qualité des eaux en vue d'un usage agricole…….50

III.2.3.1. Classification de Wilcox……51

III.2.4. Diagramme de Riverside……52

III.2.5. Indice de perméabilité……..55

Conclusion générale……57

Référence bibliographique

Annexe

Liste des figures

Fig.II.01 : Localisation géographique du barrage K'Sob (M'Sila)……11

Fig.II.02 : Réseau hydrographique du bassin versant d'Oued K'Sob (D'après Nemouchi, 2001)……13

Fig. II.03 : Précipitations moyennes mensuelles de la station du barrage du K'Sob (Septembre 2018 et Mai 2019)……15

Fig. II.04 : Variation des températures moyenne mensuelles de la station du barrage K'Sob (Septembre 2018 -Mai 2019)……16

Fig.II.05: Evaporations moyennes mensuelles (Hm^3) du barrage du K'Sob (Septembre 2018 - mai 2019)……17

Fig. II.06 : Carte géologique du bassin versant de k'Sob(D'après Nemouchi, 2001)……19

Fig. II.07 : Coupe géologique du bassin d'Oued K'Sob (D'après J. Flaudrin, 1948)……20

Fig.II.08 : La couverture végétale du bassin versant de l'Oued K'Sob(D'après Nemouchi, 2001)…….23

Fig.III.01 : Variation mensuelle de la température de l'air, et de l'eau de barrage K'Sob (Campagne 2019)…….35

Fig.III.02 : Variation temporelle du pH de l'eau de barrage K'Sob (Campagne 2019)……36

Fig.III.03: Variation temporelle de la conductivité électrique des eaux de barrage K'Sob (Campagne 2019)……37

Fig.III.04 : Variation temporelle de résidu sec des eaux de barrage K'Sob (Campagne 2019)……38

Fig.III.05: Variation temporelle de MES des eaux de barrage K'Sob (Campagne 2019)…….39

Fig.III.06 : Variation temporelle de la dureté totale des eaux de barrage K'Sob (Campagne 2019)…….40

Fig.III.07: Variation temporelle de Ca^{++}, Mg^{++} et Na^{+} de l'eau du barrage K'Sob (Campagne 2019)…….41

Fig.III.08: Variation temporelle des chlorures de l'eau de barrage K'Sob (Campagne 2019)……42.

Fig.III.09: Variation de Taux de SO_4^{-2} d'eau de barrage K'Sob (Campagne 2019)…….43

Fig.III.10 : Variation de Taux de CO_3^- et HCO_3^- d'eau de barrage K'Sob (Campagne 2019)……45

Fig.III.11 : Variation temporelle des nitrates de l'eau de barrage K'Sob (Campagne 2019)…….46

Fig.III.12: Diagramme de SCHOELLER et BERKALOFF de l'eau du barrage K'Sob (Campagne 2019)…….48

Fig.III.13 : Diagramme de PIPER de l'eau de barrage……..50

Fig.III.14: Diagrammes de WILCOX de l'eau de barrage de K'Sob…….52

Fig.III.15 : Diagramme de classification des eaux d'irrigation sur la base de SAR et CE

(Richards, 1954)…….54

Fig.III.16 : Diagramme de l'indice de perméabilité. **(Doneen ; 1964)**……..56

Liste des tableaux

Tab.I.01 : Relation entre la minéralisation et la conductivité électrique……06

Tab.I.02 : Classification de l'eau selon la dureté totale……..07

Tab.I.03 : Normes de la qualité de base (physico chimique) pour les eaux de surface…….09

Tab.I.04 : Normes de qualité de base pour les eaux de surface……10

Tab.II.01 : Les caractéristiques physiques du bassin versant d'Oued K'Sob……...12

Tab.II.02 : Les cordonnées de la station de M'Sila……14

Tab.II.03 : Les précipitations moyennes mensuelles (mm), (Sep 2018 - mai 2019)……..14

Tab.II.04 : La température moyenne mensuelle (C), (Septembre 2018 - Mai 2019)……..15

Tab.II.05 : Evaporation moyenne mensuelle de la station du barrage du K'Sob (Septembre 2018 et Mai 2019)……16

Tab.II.06 : Répartition spatiale de couverture végétale dans le bassin d'Oued k'Sob……..22

Tab.II.01 : Les conditions de conservation de prélèvement……25

Tab.III.01 : Température de l'air et de l'eau du barrage K'Sob (Campagne 2019)……34

Tab.III.02: Valeurs du pH des eaux de barrage K'Sob (Campagne 2019)……..35

Tab.III.03: Valeurs de la conductivité électrique des eaux de barrage K'Sob (Campagne 2019)……36

Tab.III.04 : Valeurs du résidu sec des eaux de barrage K'Sob (Campagne 2019)……..37

Tab.III.05: Valeurs du MES des eaux de barrage K'Sob (Campagne 2019)……...38

Tab.III.06 : Valeurs de la dureté totale des eaux de barrage K'Sob (Campagne 2019)……..39

Tab.III.07 : Valeurs du Ca^{+2} des eaux de barrage K'Sob (Campagne 2019)……..40

Tab.III.08 : Valeurs du Mg^{+2} des eaux de barrage K'Sob (Campagne 2019)…….41

Tab.III.09 : Valeurs du Na^{+} des eaux de barrage K'Sob (Campagne 2019)……...41

Tab.III.10 : Valeurs du Cl^{-} des eaux de barrage K'Sob (Campagne 2019)……42

Tab.III.11 : Valeurs des SO_4^{-2} des eaux de barrage K'Sob (Campagne 2019)…….43

Tab.III.12: Valeurs du CO_3^- des eaux de barrage K'Sob (Campagne 2019)……..44

Tab.III.13: Valeurs du HCO_3^- des eaux de barrage K'Sob (Campagne 2019)……44

Tab.III.14: Valeurs du NO_3^- des eaux de barrage K'Sob (Campagne 2019)……...45

Tab.III.15: Faciès chimiques des eaux selon SCHOELLER-BERKALOFF……..47

Tab.III.16 : Classification des eaux souterraines : différentes compagnes selon PIPER……49

Tab.III.17 : Résultat de la teneur en sodium ($\%Na^+$) de l'eau de barrage……..51

Tab.III.18: Résultats de SAR et CE (µs/m)…….53

Tab.III.19 : Résultat de l'indice de perméabilité…….55

Liste des abréviations

ABH : Agence des Bassins Hydrographiques.

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques.

BV : Bassin Versan.

Ca : Calcium.

CE : Condictivité éléctrique.

Cl: Chlorure.

Dh°: Dureté total.

EDTA: Ethylene Diamine Tetraacetic Acid.

HCO_3^-: Bicarbonate.

K: Coefficient de correlation.

MDT: Matière Dissoute Totale.

MES: Matière en suspension.

Mg^{++}: Magnesium.

Na^+: Sodium.

NO^-_3: Nitrates.

Obsc: Obscurité.

OPI: Office des Périmètre Irrigués.

P: Précipitation.

PH: Potentiel Hydrogène.

Rs: Résidu sec.

SAR: Sodiume Absorption Ratio.

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

SES : Service des Etudes des Sols.

SO_4^{-2}: Sulfate.

T^0c: Température.

TH: Titre Hydrotimétrique ou dureté.

Introduction générale

Introduction générale

L'eau est un élément naturel indispensable à la vie. C'est une richesse nécessaire à toute activité humaine et constitue le patrimoine d'une nation. Il s'agit d'un facteur de production déterminant dans le développement durable.

L'agriculture de façon générale, est une grande consommatrice d'eau, qui dans les conditions arides et semi arides, vient souvent à manquer. Pour pallier à cet inconvénient, le meilleur moyen que les hommes aient trouvé jusqu'ici a été un appoint d'eau, à l'aide de procédés divers. C'est ce complément d'eau que l'on appelle irrigation. Toutefois il rend cette ressource impropre et polluée ce qui constitue une véritable menace pour la vie. En effet sa santé est altérée si l'eau dont il dispose est de mauvaise qualité ou bien si elle est polluée par des agents pathogènes. De ce fait on s'inquiète de sa qualité et de ses caractéristiques physico-chimiques. Le but est donc de sauver voire d'améliorer leurs rendements où leurs cultures trouvent des contraintes à recouvrir ses besoins en eaux dans les moments opportuns de leurs cultures. **(Bouaroudj ; 2012).**

En Algérie, l'eau est une ressource rare, fragile et inégalement répartie sur le territoire. La demande en eau est continuellement en augmentation et l'utilisation des eaux de surface s'avère une nécessité incontournable **(Belhadj ; 2017).** En effet un programme de construction de barrage a été lancé durant les dernières décennies. Cependant la qualité des eaux est extrêmement variable et dépend de différents facteurs.

Certaines études à l'échelle nationale portant sur la qualité physico-chimique des eaux des barrages, nous citons : Halimi (2008) dans le bassin versant d'oued Cherf ; Harrat et Achour (2010) dans les deux barrages Mexa et Chefia ; Harrat et Achour (2011) dans le barrage Zit El-Emba ; Ouahchia *et al*. (2015) dans le lac du barrage Boukourdane. Ils ont pu estimer leur potabilité, leur aptitude à l'irrigation, et par conséquent, leur impact sur la santé humaine et environnementale. (**Kahoul et Touhami, 2014).**

La pluviométrie moyenne annuelle en Algérie du nord est évaluée entre 95 et 100 10^9 m^3. Plus de 80 10^9 m^3 s'évaporent, 3 10^9 m^3 s'infiltrent et 12,5 10^9 s'écoulent dans les cours d'eau, l'apport principal vient du ruissellement ou les eaux de surface sont stockées dans les barrages. **(Remini ; 2010).**

Le barrage du K'Sob est l'un des 85 barrages en exploitation que compte actuellement notre pays. Il se localise dans une région rurale ou les ressources hydriques sont fortement

sollicitées par les activités d'agriculture et d'élevage. En outre, l'Oued K'Sob qui lui alimente présente un intérêt écologique sur plusieurs plans (flore, faune). **(Debeche *et al ;* 2012).**

Depuis sa mise en eau, les études se sont succédées afin d'évaluer la qualité physico-chimique des eaux et de déterminer leur niveau de pollution. Récemment l'étude menée par Debeche et al en 2012 a mis en évidence le danger des rejets diffus d'origine domestique et industrielle sur la qualité physico-chimique. Cependant la même étude a constatée qu'il y a une forte pollution bactériologique des eaux et pose un problème sur la santé publique.

La qualité physico-chimique de l'eau informe sur la localisation et l'évaluation d'un niveau de pollution en fonction d'un ensemble de paramètres :

- **Paramètres physiques :** matière en suspension, turbidité, transparence, température, conductivité et salinité ;

- **Paramètres chimiques :** pH, sels minéraux, matière organique (Demande Biologique en Oxygène en 5 jours, Carbone Organique Dissous), oxygène dissous, nutriments (nitrites, nitrates, ammonium, phosphate, silice), pesticides.etc.

Ces paramètres permettent d'acquérir des connaissances de base, de développer une surveillance pour détecter des perturbations et de mettre en place un suivi sur la gestion.

L'objectif de notre travail est le suivi des paramètres physico-chimiques de l'eau du barrage du K'Sob pendant trois mois (Février, Avril, Mai) et de comparer les résultats obtenus avec ceux trouvés en 2012.

Les différentes parties de ce travail sont présentées comme suit :

- Chapitre 1 : Une synthèse bibliographique relative à la qualité des eaux superficielles.

- Chapitre 2 : Consacré à la description du matériel et méthodes rappelant les techniques d'analyses mises en oeuvre.

- Chapitre 3 : Les résultats et leurs interprétations font l'objet de cette partie.

Première partie
Synthèse bibliographique

Première partie : Synthèse bibliographique

I .1. Contexte générale

L'existence de l'être humain et de son environnement dépend de la présence de l'eau. La géosphère, l'atmosphère et la biosphère sont en étroite relation avec l'eau. L'eau interagit avec l'énergie solaire pour déterminer le climat et transforme et transporte les substances physiques et chimiques nécessaires à toute vie sur Terre. Selon cette vision, nous allons essayer de donner une indication générale de l'état des ressources mondiales en eau et d'examiner brièvement les principaux problèmes **(Belhadj ; 2017).**

I.1.1. La rareté de l'eau

L'eau est l'une des ressources la plus abondante sur la Terre, mais il faut signaler également que seulement moins de 1% de cette ressource sont utilisables de façon fiable pour les besoins humain. L'eau se présente en majeure partie à l'état liquide mais elle est présente aussi à l'état solide et à l'état de vapeur. Donc l'eau douce disponible est une forme rare de l'eau, car 99 % de la masse totale de l'eau est soit salée (97% de l'eau est contenue dans les océans), soit à l'état solide (2% dans les calottes glaciaires et les glaciers). La majeure partie de l'eau restante (1%) est souterraine, une proportion infime étant présente dans les lacs, l'humidité du sol, les cours d'eau et les systèmes biologiques. Malgré cette rareté de l'eau, l'être humain n'a pas encore compris ni reconnu que les disponibilités en eau sont finies. Tout le monde est pourtant d'accord pour reconnaître que la rareté croissante de l'eau douce et le mauvais usage que l'on en fait menace gravement le développement durable **(Belhadj ; 2017).**

La concurrence que se livrent l'agriculture, l'industrie et les villes pour avoir accès à des disponibilités limitées en eau, aggravent les efforts de développement de nombreux pays. A mesure que les populations s'accroissent et que les économies se développent, la concurrence pour des ressources finies ne pourra que s'intensifier, et les conflits entre usagers de l'eau ne feront que s'amplifier **(Belhadj ; 2017).**

I.1.2. L'eau de surface et l'agriculture

En Algérie, les eaux de surface sont de plus en plus utilisées ces dernières années pour les besoins de l'agriculture, de l'alimentation des populations et de l'industrie. Des investissements considérables ont été consacrés à la construction des barrages, notamment dans l'Est du pays.

Cependant, ces eaux de surface sont vulnérables face aux diverses pollutions et sont souvent de qualité médiocre. Elles peuvent contenir des quantités non négligeables en matières

organiques naturelles telles que les substances humiques mais aussi des composés organiques issus de divers rejets polluants ou de pratiques agricoles intensives **(Achour ; 2001).**

I.1.3. Notion d'un bassin versant

Le bassin versant est un objet complexe dont l'ensemble des caractéristiques (géométriques, géologique, physiologiques, humaines, etc...) joueront un rôle dans la réponse hydrologique, du bassin à une sollicitation des précipitations **(Benkadja et al ; 2012)**

Les caractéristiques physiographiques d'un bassin versant influencent fortement sa réponse hydrologique, et notamment le régime des écoulements en période de crue ou d'étiage.

Le temps de concentration qui, caractérise en partie la vitesse et l'intensité de la réaction du bassin versant à une sollicitation des précipitations, est influencé par diverses caractéristiques et son orientation. A ces facteurs s'ajoutent encore le type de sol, le couvert végétal et les caractéristiques du réseau hydrographique.

Ces facteurs, d'ordre purement géométrique ou physique, s'estiment aisément à partir de cartes adéquates ou en recourant à des techniques digitales et à des modèles numériques. Morphologiques en premier lieu, la taille du bassin, sa forme, son élévation, sa pente **(Benkadja et al ; 2012).**

I.1.4.La salinité

Les principaux sels responsables de la salinité de l'eau sont les sels de calcium (Ca^{2+}), de magnésium (Mg^{2+}), de sodium (Na^{+}), de potassium (K^{+}), les chlorures (Cl^{-}), les sulfates (SO_4^{2-}) et les bicarbonates (HCO_3^{-}). Une valeur élevée de la salinité signifie une grande quantité d'ions en solution, ce qui rend plus difficile l'absorption de l'eau et des éléments minéraux par la plante. Une salinité trop élevée peut causer des brûlures racinaires.

La salinité peut se mesurer de deux façons, soit par les matières dissoutes totales (MDT) exprimées en mg/L ou, plus couramment, par la conductivité électrique. La conductivité électrique est exprimée en millisiemens/centimètre (mS/cm). L'ancien nom de cette unité est le mho. Un mho/cm est l'équivalent de 1 mS/cm qui est l'équivalent de 1 desiemens par mètre (dS/m) et en moyenne, à 640 ppm de sel. **(Al-qawati ; 2015).**

I.2. Paramètres de la qualité des eaux de surface

Pour estimer la qualité des eaux de surface, la mesure de paramètres physico-chimiques est une opération indispensable.

I.2.1. Les paramètres physico-chimiques

I.2.1.1. Température (T °C)

La température de l'eau joue un rôle important en ce qui concerne la solubilité des sels et des gaz. Les vitesses des réactions chimiques et biochimiques sont accrues par la température d'un facteur 2 à 3 pour une augmentation de température de 10°C. Dès que l'on augmente la température de l'eau, l'activité métabolique des organismes aquatiques est alors accélérée. La valeur de ce paramètre est influencée par la température ambiante mais également par d'éventuels rejets d'eaux résiduaires chaudes **(Rodier ; 1984).**

I.2.1.2. Potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH mesurant l'acidité d'une solution, est défini par l'expression **pH = - log H^+** où (H^+) est l'activité de l'ion hydrogène H+dans la solution **.**Les équilibres physicochimiques sont conditionnés par le pH. Il intervient avec d'autres paramètres comme la dureté, l'alcalinité et la température, Habituellement il varie entre 7,2 et 7,6 .Cependant, dans certains cas, il peut varier de 4 à 10 en fonction de la nature acide ou basique des terrains traversés. Des pH faibles augmentent le risque de présence de métaux sous une forme ionique plus toxique. Des pH élevés augmentent les concentrations d'ammoniac, toxique pour les poissons. **(Rodier *et al ;* 2009)**.

I.2.1.3. Conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique d'eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm2 de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm. Généralement l'on considère que la situation est particulière ou anormale au de là de 2000 µS/cm et une conductivité de l'eau supérieure à 1500 S/cm classe alors une eau comme difficilement utilisable dans les zones irriguées. Pour les usages industriels, l'interprétation des résultats doit se faire en fonction d'une analyse complète de l'eau retenons, pour le contrôle des rejets industriels, que la conductivité ne reflète qu'une minéralisation globale et que l'identification des éléments chimiques en cause est assez difficile **(Rodier *et al ;* 2009).**

Tab.I.01. Relation entre la minéralisation et la conductivité électrique

Conductivité électrique	Taux de minéralisation
CE < 100 µs /cm	minéralisation très faible
100 < C.E < 200 µs /cm	minéralisation faible
200 < C.E < 333 µs / cm	minéralisation moyenne
333 < C.E < 666 µs / cm	Minéralisation moyenne accentuée
666 < C.E < 1000 µs/ cm	Minéralisation importante
C.E > 1000 µs/cm	Minéralisation élevée

Source : Rodier et al ; 2009

I.2.1.4. Matières en suspension (MES)

Elles constituent l'ensemble des particules minérales et/ou organiques dans une eau naturelle ou polluée **(Ramade, 1998).**

Dans les eaux superficielles non polluées, les matières en suspension ont surtout pour origine le bassin versant sous l'effet de l'érosion naturelle, les détritus d'origine organique (débris végétaux…etc.) et le plancton. La nature des MES est donc souvent minérale et leur taux relativement bas sauf en périodes de crues des cours d'eau. Les eaux naturelles ne sont jamais exemptes de matière en suspension et on admet une teneur inférieure à 30 mg/l**.**

I.2.1.5. Résidus Secs (Rs)

La détermination du résidu sec sur l'eau non filtrée permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes et en suspension, non volatiles, obtenues après une évaporation d'eau.Une eau dont la teneur en résidu sec est extrêmement faible peut être inacceptable à la consommation en raison de son goût plat et insipide. **(Sari ; 2014).**

I.2.1.6. Dureté totale ou titre hydrotimétrique (TH)

C'est une qualité particulière de l'eau due à la présence des bicarbonates, des chlorures et des sulfates de calcium et de magnésium, détectée principalement par le fait qu'elle empêche plus ou moins l'eau savonneuse de mousser**.**

Elle est mesurée par la somme des concentrations en degré de calcium et de magnésium et s'exprime par le titre hydrométrique (TH). L'unité du titre hydrométrique est le milliéquivalent par litre (ou le degré français °F) **(Sari ; 2014).**

Le TH peut subdiviser en TCa (titre calcique) et TMg (titre magnésien) : TCa + TMg =TH.

En fonction de leur dureté totale, les eaux peuvent être classées suivant les indicateurs du tableau suivant :

Tab.I.02. Classification de l'eau selon la dureté totale

TH en degrés français (°F)	Spécificité de l'eau
0 à 6	Eau très douce
6 à 15	Eau douce
15 à 30	Eau moyennement dure
30 à plus	Eau très dure

Source : Sari ; 2014

I.2.2. Les paramètres relatifs à la pollution

I.2.2.1. Composés azotés

L'Azote ammoniacal (NH_4^+) **:** L'azote ammoniacal est fréquent dans les eaux superficielles. Il a pour origine la matière organique végétale et animale des cours d'eau. La nitrification des ions ammonium se fait en milieu aérobie faible. En général, l'ammonium se transforme assez rapidement en nitrites et nitrates par oxydation bactérienne.

L'ammonium en lui-même n'est pas nuisible. Lorsque le pH augmente, on retrouve de l'ammoniac, qui est un gaz soluble dans l'eau et toxique pour la vie aquatique. Des problèmes apparaissent à partir d'une concentration de 0,1 mg NH_3^+/l. **(De Villers et al ; 2005).**

Les nitrites (NO_2^-) **:** Les nitrites constituent une étape importante dans la métabolisation des composés azotés ; ils s'insèrent dans le cycle de l'azote entre l'ammoniac et les nitrates. Leur présence est due, soit à l'oxydation bactérienne de l'ammoniac, soit à la réduction des nitrates. Ils ne représentent qu'un stade intermédiaire et sont facilement oxydés en nitrates (par voie chimique et bactérienne). Des concentrations élevées en nitrites, témoignent souvent de la présence de matières toxiques**(De Villers et al ; 2005)**. Les nitrites sont surtout nuisibles pour les jeunes poissons. On considère que la situation est très critique à partir d'une concentration de plus de

3 mg NO_2^-/ l.

Les nitrates (NO_3^-) : L'azote des nitrates, comme celui des nitrites et de l'ammoniac, est un des éléments nutritifs des plantes et à ce titre il a donné lieu, au même titre qu'au phosphore, à des études intensives sur le terrain. Les nitrates présents naturellement dans les eaux, proviennent en grande partie de ruissellement des eaux sur le sol constituant le bassin versant. Les eaux naturelles non polluées contiennent généralement peu de nitrates. Les

nitrates présents dans l'eau peuvent provenir de sources indirectes ou directes. Dans les effluents riches en azote organique (protéines, acides aminés, urée…). (**De Villers et al ; 2005)**, Les molécules sont tout d'abord transformées en ammonium (NH_4^+) qui est ensuite oxydé en nitrites puis en nitrates sous l'action de bactéries nitrifiantes. Ces processus d'oxydation, également appelés «nitrification », sont très sensibles à la présence de substances toxiques (métaux, pesticides) et aux faibles températures.

I.3 .Evaluation de la qualité des eaux

Différents outils d'évaluation de la qualité des cours d'eau sont utilisés. La qualité physico chimique des eaux est évaluée selon le système d'évaluation de la qualité (SEQ-Eau).

I.3.1. Le système d'évaluation de la qualité des eaux de surface (SEQ /Eau)

Le Système d'Evaluation de la Qualité de l'eau, permet d'évaluer la qualité de l'eau et son aptitude à assurer certaines fonctionnalités. Les évaluations sont réalisées au moyen de plusieurs paramètres physico-chimiques, le SEQ eau, permet un diagnostic précis de la qualité de l'eau et contribue à définir les actions de correction nécessaires pour son amélioration en fonction des utilisations souhaitées. (**Boissonneault ; 2009**).

I.3.2. Normes et classes de la qualité des eaux d'irrigation

La qualité des eaux est très variable à l'échelle temporelle et spatiale et elle est liée également aux plusieurs facteurs. Afin d'avoir une bonne connaissance de l'état globale d'une eau de surface, et de pouvoir suivre son évolution dans le temps ; le SEQ (Système d'Evaluation de la Qualité des eaux superficielles) à mis en place un outil d'évaluation qui permet d'obtenir une représentation totale de la qualité des eaux de surfaces. L'Agence des Bassins Hydrographiques (ABH) est stimulai du SEQ pour classer les eaux superficielles (tableaux 03et 04).

Tab.I.03. Normes de la qualité de base (physico chimique) pour les eaux de surface

Paramètre		Moyenne annuelle	Minimum-Maximum
Température	T°	< 25°C	
pH			6<x<9
Conductivité électrique		800 µS/cm	
O2 dissous		> 5 mg/l	
% saturation en O2		50%<x<120%	
Demande Biologique en Oxygène	DBO	< 8 mg/l	
Demande Chimique en Oxygène	DCO	< 40 mg/l	
Matières en suspension	MES	< 50 mg/l	
Azote total	NT	< 12 mg/l N	
Phosphore total	PT	< 1 mg/l P	
** Pour la Woluwe, masse d'eau de surface intégralement située en zone Natura 2000, des normes plus strictes sont d'application:* *- Température < 23°C (au lieu de 25°C)* *- O2 dissous > 8 mg/l (au lieu de 5 mg/l)* *- DCO < 20 mg/l (au lieu de 40 mg/l)* *- MES < 25 mg/l (au lieu de 50 mg/l).*			

Source : AGBRC du 24/03/2011

Tab.I.04.Normes de qualité de base pour les eaux de surface

Paramètre		Moyenne annuelle	Maximum
Chlorures	Cl^-	< 150 mg/l	
Sulfates	SO_4^{2-}	< 120 mg/l	
Cyanures totaux	CN^-	< 0,05 mg/l	
Cadmium total	Cd	< 5 µg/	
Mercure total	Hg	< 1 µg/l	
Nickel total	Ni	< 50 µg/l	
Plomb total	Pb	< 50 µg/l	
Chrome total	Cr	< 50 µg/l	
Chrome (phase dissoute)	Cr (dissous)	< 5 µg/l	
Cuivre total	Cu	< 50 µg/l	
Cuivre (phase dissoute)	Cu (dissous)	< 7 µg/l	
Zinc total	Zn	< 300 µg/l	
Zinc (phase dissoute)	Zn (dissous)	< 20 µg/l	
Arsenic total	As	< 50 µg/l	
Arsenic (phase dissoute)	As (dissous)	< 3 µg/l	
Substances tensioactives anioniques		< 0,5 mg/l	
Substances tensioactives non-ioniques		< 0,5 mg/l	
Huiles minérales			Présence visible 2 fois max à l'oeil nu
Inhibiteurs de cholinestérase		< 0,5 µg/l	

Source : AGBRC du 24/03/2011

Deuxième partie
Matériels et méthodes

Chapitre 01
Etude de milieu physique

Deuxième partie : Matériels et méthodes d'étude

Chapitre 1: Etude de milieu physique

II.1. Présentation de la zone d'étude

II.1.1. Situation géographique du barrage K'Sob

Le barrage K'Sob fait partie du territoire de la wilaya de M'Sila (248 km au Sud Est d'Alger). Il représente l'exutoire du bassin versant d'Oued K'Sob, aux coordonnées géographiques suivantes : 35°48' 50'' N et 04° 47' 36'' E. Ce bassin s'intègre dans le cadre géographique des hauts plateaux du bassin algérois **(Fig.II.01)**.

Ce barrage est actuellement envasé à 70 % suite à l'érosion intense dans le bassin versant **(Remini et Hallouche ; 2005)** d'une part, et la présence de plusieurs carrières de calcaires en fonction au sein du bassin d'une autre part.

Le barrage desservait par l'intermédiaire d'une canalisation à ciel ouvert un périmètre de 1300 ha, d'une capacité de 30 Hm³ et une profondeur de 47 m **(Fig.II.02)**

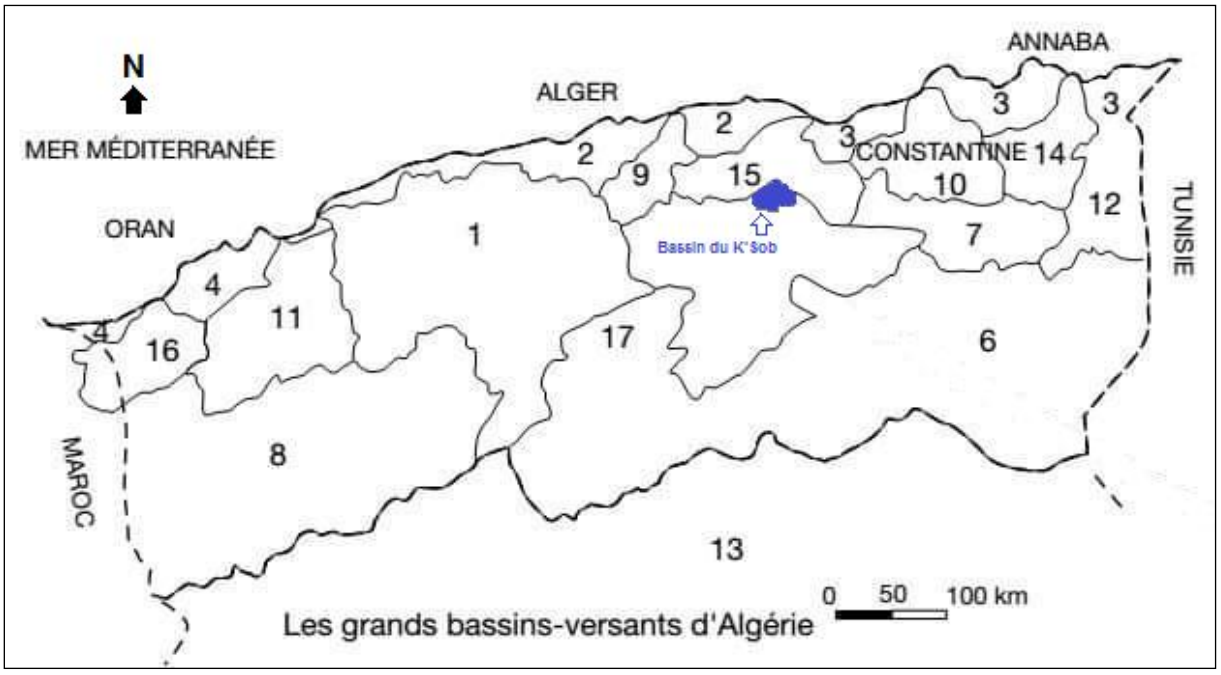


Fig.II.01 : Localisation géographique du barrage K'Sob (M'Sila)

II.1.2 Caractéristiques physiques du bassin versant d'Oued K'Sob

Les caractéristiques physiques du bassin versant sont tirées de la monographie des grands barrages **(Tab. II.01)**

Tab.II.01. Les caractéristiques physiques du bassin versant d'Oued K'Sob.

Caractéristiques	**valeur donnée**
Surface de BV	1494,5 km²
Périmètre de BV	180 km
Longueur de Talweg principal	83 km
Coefficient de compacité de graveleuse	1,3
Altitude maximale	1585 m
Altitude minimale	590 m
Altitude moyenne	1070 m
L'altitude de sommet principal; Djebel Nechar	1885 m

BV: bassin versant **Source: (Benkadja et al ; 2012).**

II.1.3. Réseau hydrographique

L'Oued El K'Sob résulte de la jonction de deux cours d'eau qui sont Oued Soulite et Oued Beyata.

Il prend d'abord une direction Nord Est-Sud Ouest jusqu'au barrage K'Sob. Le lit d'Oued est large de 15 m en moyenne et le régime d'écoulement de Oued El K'sob est endoréique (**Fig .II.05**).

Ses principaux affluents sont:

- Oued Toubou venant de la partie Nord-Ouest.
- Oued Rabta venant de la partie Sud- Est.
- Oued Rhafistane du Sud-Est.
- Oued Mezroug du Nord-Ouest.

Oued El K'Sob avant l'entré dans le barrage à une abondance annuelle moyenne de 25,7 millions .

La densité moyenne du réseau hydrographique y est extrêmement forte (5,45 km/km²), cette zone est située surtout aux abords du barrage **(Tatar ; 1985).**

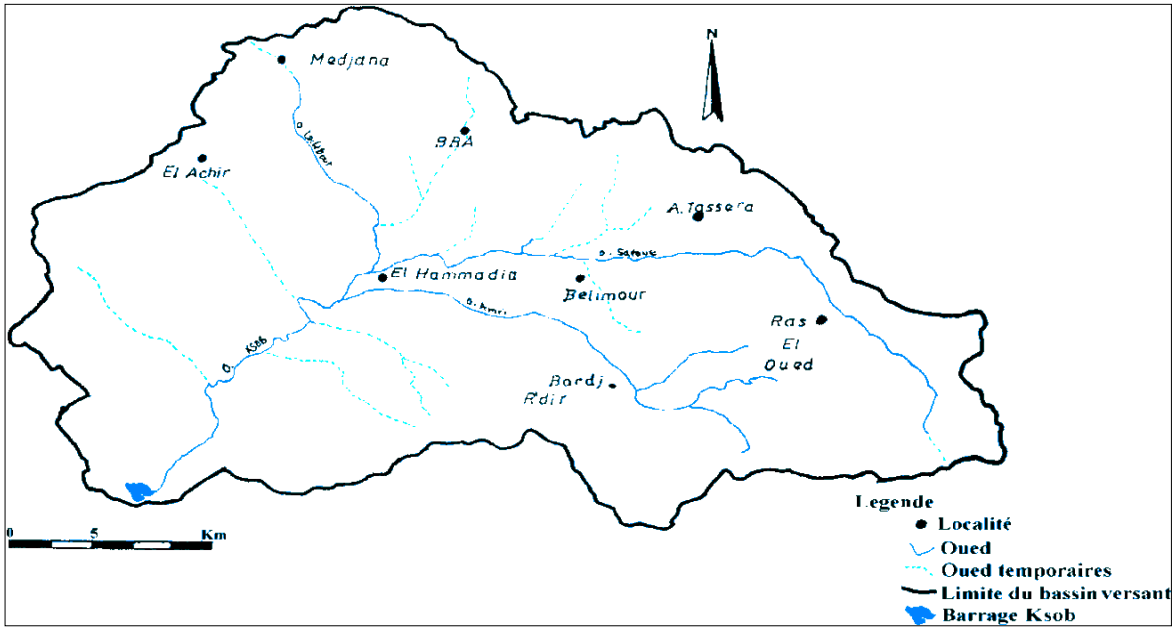


Fig.II.02 : Réseau hydrographique du bassin versant d'Oued K'Sob

(D'après Nemouchi, 2001).

II.1.4. Aperçu climatique

La région d'étude est une partie du sous bassin versant de l'Oued KSob, lequel fait partie du bassin versant endoréique hodnéenne. Dans cette étude hydroclimatique, on tentera de procéder à des calculs à partir de données météorologiques disponibles, en usant de méthodes de calcul qui s'adaptent plus ou moins bien à une région telle que la région de M'Sila.

II.1.4.1. Choix de station de référence

Pour bien caractériser le climat de notre zone d'étude, nous avons exploité une série d'observations sur une période de référence (Sept 2018 ; Mai 2019), relevée de la station météorologique de M'Sila (car c'est la plus proche au barrage du K'Sob)

. Les cordonnées de la station de M'Sila.

Tab.II.02 : les cordonnées de la station de M'Sila.

Station	Altitude m	latitude	longitude	Données disponible
M'Sila	441m	35.40°N	04.30°E	Précipitation .Température Evaporation
Barrage du k'Sob.	606 m	35°42' N	04°33'E	

Source : Station météorologique de M'Sila

II.1.4.2. Précipitation

Les précipitations jouent un rôle important dans la détermination (ou variation) des qualités des eaux de barrage et dans l'apparition et la disparition de tapis végétal de la zone d'étude. La répartition mensuelle des pluviométries moyennes sur une période de Sep 2018 et Mai 2019 est enregistrée dans le tableau. II.03.

Tab.II.03 : Les précipitations moyennes mensuelles (mm)

(Sept 2018 - mai 2019).

Moi	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai
Précipitation (mm)	**13,0**	**35,8**	**22,4**	**7,3**	**41,0**	**2,5**	**16,7**	**31,3**	**29,7**

Source : Station du barrage K'Sob

D'après le tableau. II.03, nous remarquons que la quantité pluviométrique est répartie d'une manière relativement hétérogène pour les périodes pluvieuses. Les précipitations mensuelles maximales ont été enregistrées au mois de Janvier avec 41mm, alors que le mois le plus sec est le mois de Février avec une valeur de 2,5 mm.

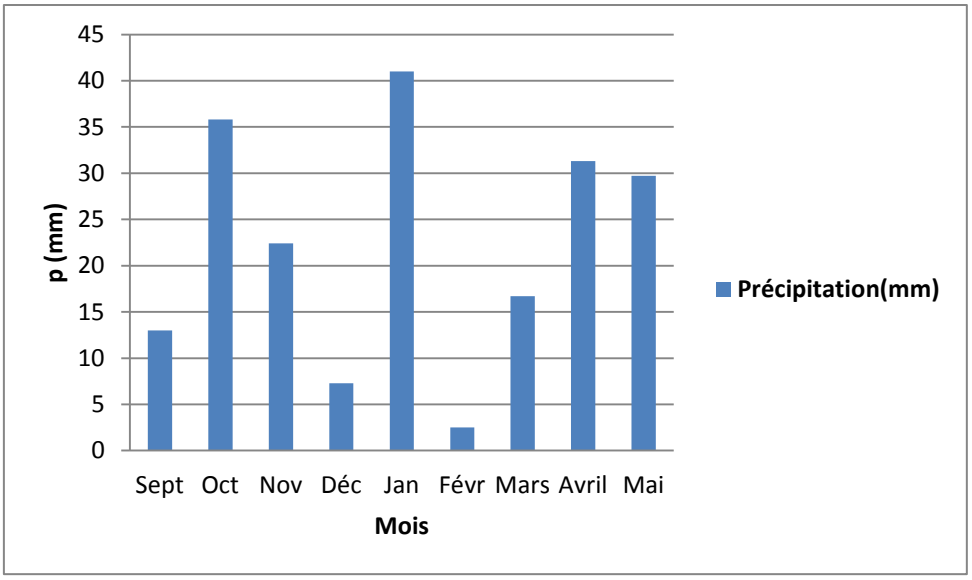


Fig. II.03 : Précipitations moyennes mensuelles de la station du barrage du K'Sob (Septembre 2018 et Mai 2019) .

II.1.4.3. Température

Tab.II.04 : La température moyenne mensuelle (°C) (Septembre 2018 - Mai 2019)

Barrage de K'Sob	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai
T min°	26,07	18,07	12,07	10,07	1,77	2,07	5,97	9,67	12,77
T max°	30,37	21,37	15,37	14,37	12,27	14,77	19,57	22,37	26,37
T moy°	28,22	19,72	13,72	12,22	7,02	8,42	12,77	16,02	19,57

T°C min : Températures moyennes mensuelles et annuelles des minima.

T°C moy : Températures moyennes mensuelles et annuelles.

T°C max : Températures moyennes mensuelles et annuelles des maxima.

Le tableau II.04 montre qu'au niveau de la station du K'Sob les températures mensuelle varient entre 7,02°C et 28,22°C. Donc le mois le plus froid est le mois de Janvier (7,02°C), bien que le mois le plus chaud est le mois de Septembre (28,22°C).

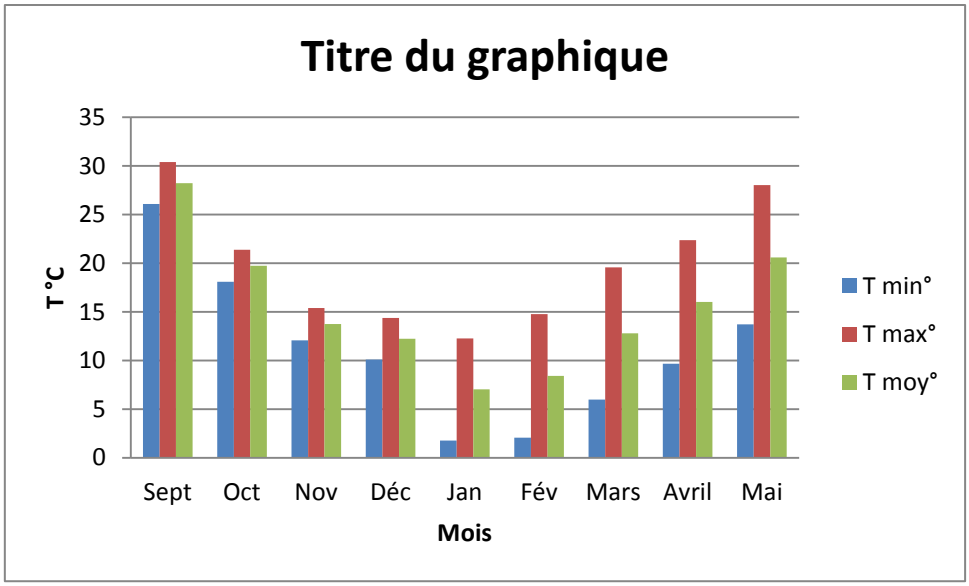


Fig. II.04 : Variation des températures moyenne mensuelles de la station du barrage K'Sob (Septembre 2018 -Mai 2019)

II.1.4.4. Evaporation

L'évapotranspiration est définie, comme étant une restitution de l'eau sous forme de vapeur de la surface terrestre à l'atmosphère. Cette notion englobe aussi bien la lame d'eau évaporée à partir du sol que celle transpirée par les plantes. Elle est donc un élément très important pour l'établissement du bilan hydrique, et dépend de plusieurs paramètres : la température, les précipitations, l'humidité de l'air, le couvert végétal…etc.

Tab.II.05 : Evaporation moyenne mensuelle de la station du barrage du K'Sob (Septembre 2018 et Mai 2019)

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai
Evaporation (Hm^3)	0,417	0,272	0,145	0,079	0,050	0,116	0,135	0,197	0,320

Source : Station de barrage K'Sob

Le tableau ci-dessus (II.05) montre que le mois qui représente une quantité d'évaporation plus élevé 0,417Hm^3 est le mois de Septembre 2018, bien que le mois de Janvier 2019 présente une valeur plus faible de l'évaporation 0,050 Hm^3.

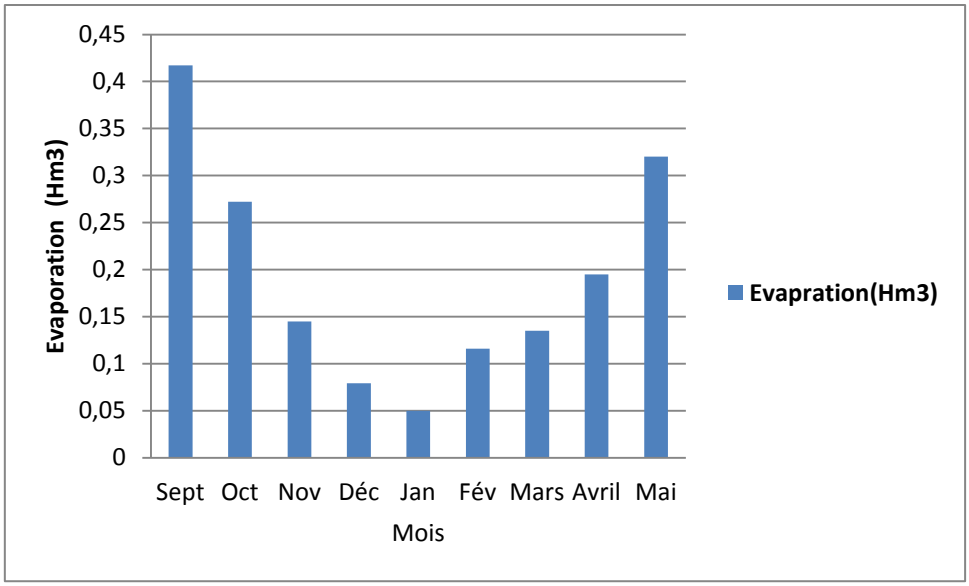


Fig.II.05 : Evaporations moyennes mensuelles (Hm^3) du barrage du K'Sob (Septembre 2018 - mai 2019).

II.1.5.Géologie

D'après les études qui ont faites par **J. Flaudrin en 1938 et en 1948**, la série géologique intéressant plus particulièrement la région où est construit le barrage (défilé du hammam) est constitué par des couches de calcaires à silex où s'intercalent des bancs phosphatés (Eocène moyen). Les couches à silex sont surmontées au Sud par des calcaires marneux plus ou moins feuilletés (Eocène supérieur) qui passent vers le haut à des marnes vertes à gypse et à des argiles rouges (Eocène supérieur et Oligocène) **(Fig.II.07).**

En se dirigeant à partir du barrage vers le Nord, on rencontre des affleurements de plus en plus anciens. Immédiatement au-dessous et au Nord de l'ensemble des calcaires à silex, on observe une succession de bancs calcaires et de marnes en alternances assez régulières (Eocène inférieur et Paléocène).

Plus au Nord, on passe à une série de couches surtout argileuses et marneuses, admettant des bancs calcaires (Sénonien), pour aboutir à des calcaires massifs en gros bancs (Turonien) qui affleurent en amont du pont de Medjez, au confluent des Oueds K'Sob et Ziatine.**(Debech et al ;2012)**.

Etude géologique de détail de l'emplacement du barrage Stratigraphie

Les observations de surface ont permis d'établir une échelle stratigraphique ci-après :

I. Un ensemble formé de calcaires marneux ou siliceux, d'une épaisseur de 90 m environ. Les calcaires renferment à tous les niveaux une faune peu variée de Mollusques : *Cariole placunoides, Ostrea multicostata var. strictiplicata, O. cf.* Localisée dans les couches supérieurs, *Thersitea ponderosa, Hemithersitea maroccana*, qui apparaissent de la base de l'assise. J. Flandrin attribue cet ensemble au *Lutétien inférieur.*

II. Un ensemble de calcaires à silex supérieurs d'une épaisseur de 50 m environ ;

III. Un ensemble de marno-calcaires et des marnes et marno-calcaires schistoïdes de couleur brune ;

IV. Calcaires à silex inférieurs ; ils sont dans l'ensemble plus marneux que les calcaires à silex supérieurs dont la puissance totale est de 70 m environ, représente *l'Yprésien.*

V. Marnes d'allure schistoïde, brunes et grises, comprises entre deux couches de marno-calcaires.

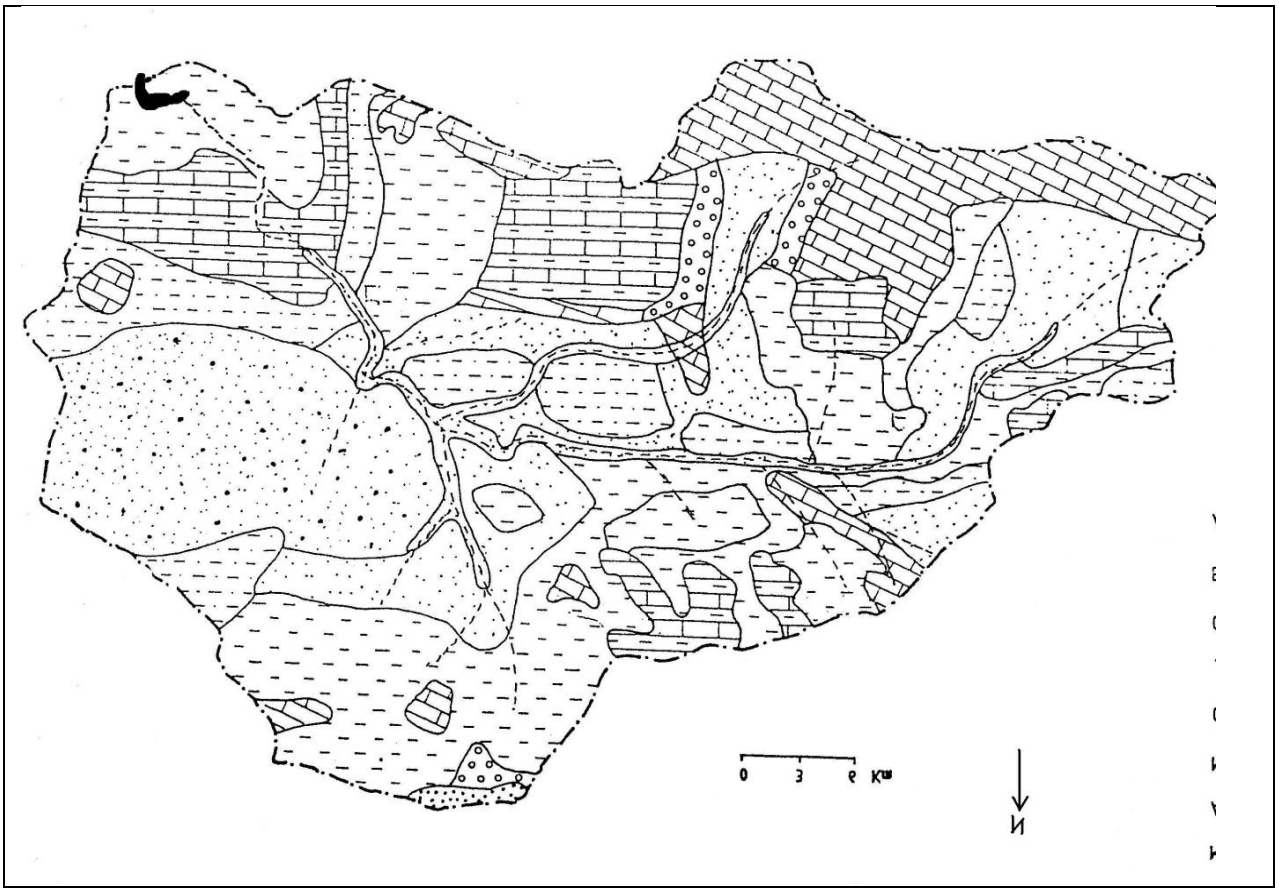
VI. Marno-calcaires et marnes brunes d'une épaisseur de 55-60 m, est attribué par J.Flandrin au *Thanétien.*

VII. Marnes grises pyriteuses d'une épaisseur de 20 mètres, représentent *le Montien ;*

VIII. Argiles noires pyriteuses, de couleur jaune-soufre en altération, chargées de gypse intercalées de lumachelles à *Cardita Beaumonti, Ostrea Overwegi, Roudaireia Drui*. Cette formation représente *le Danien*, sa puissance est de 60-70 m.

IX. Le Luthétien inférieure est représentée par un ensemble de calcaire marneux ou siliceux d'une épaisseur 90m.

Le Luthétien supérieur est remarqué par des bancs de lumachelles à *Ostrea multicostata,* viennent en suite des grées et Argiles sableuses rouges avec quelques bancs de gypse (200m), c'est *L'Aquitanien.*



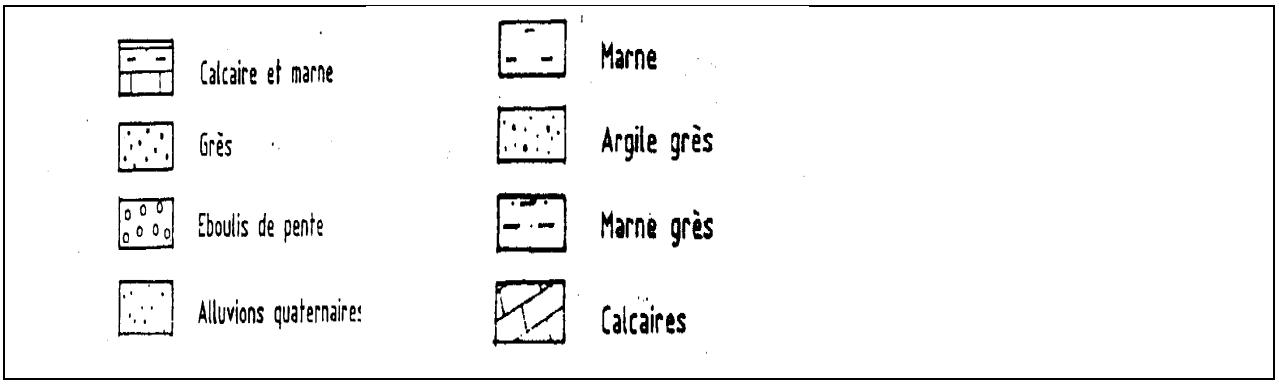


Fig. II.06.Carte géologique du bassin versant de k'Sob

(D'après Nemouchi, 2001)

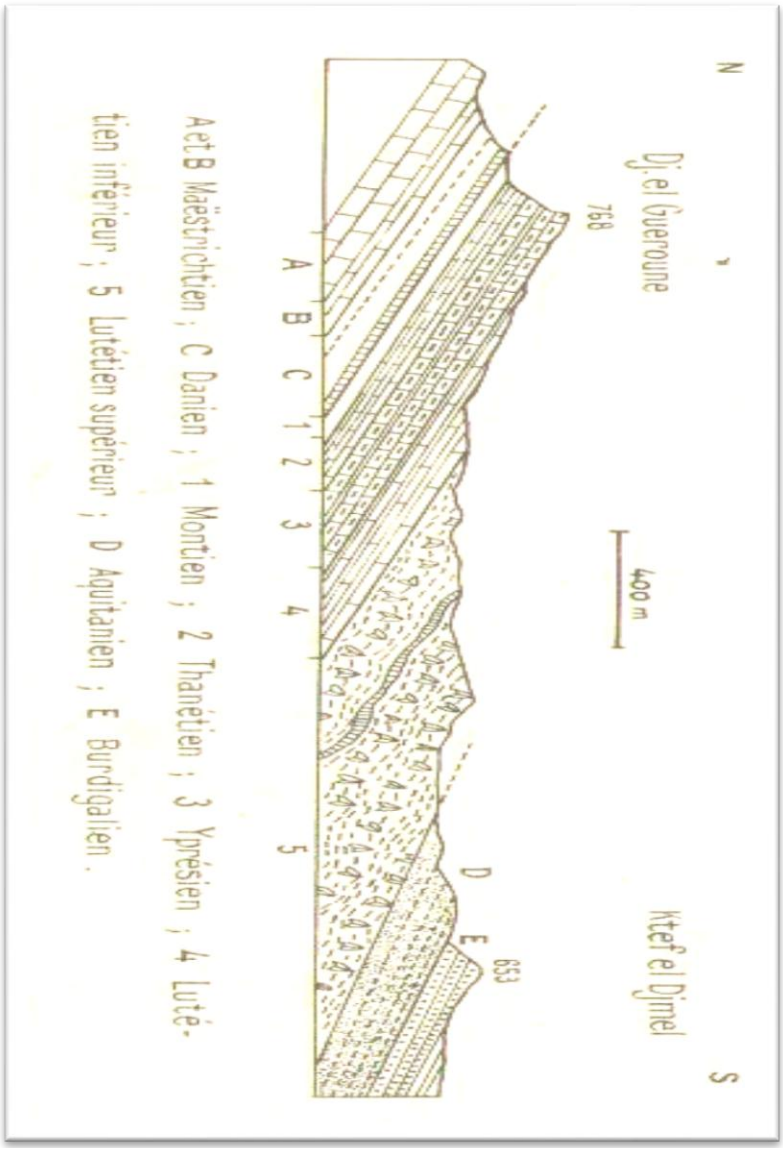


Fig.II. 07: Coupe géologique du bassin d'Oued K'Sob

(D'après J. Flaudrin, 1948)

II.1.6.Pédologie

Suivant la classification fournie par les pédologues du S.E.S (Service des Etudes des Sols) au niveau de l'A.N.R.H (Agence Nationale des Ressources Hydrauliques), les sols de notre région d'étude ont été divisés en deux classes fondamentales.

Première classe

Ce sont des sols peu évoluée, sous-classe des sols d'origine climatique, groupe des sols gris subdésertique. Ces sols sont caractérisés par :

- Un profil de type AC.

- Une teneure en matière organique très légère.
- Une structure granuleuse ou polyédrique.
- Une conductivité inferieure à 4µs/cm dans l'ensemble du profil.
- Abondance de carbone et de calcium le long du profil.

Deuxième classe

Ce sont des sols halomorphes, sous-classe des sols à structure non dégradée. Ces sols sont caractérisés par :

- Un profil peu évoluée, du type AC.
- Une structure généralement polyédrique.
- Une conductivité supérieure à 4µs/cm.
- Une quantité de carbone de calcium.
- Un pH autour de 8 et souvent plus élevée.

Ces sols généralement de grand intérêt agricole jouent un rôle économique important. Leur régime hydraulique très particulier à leurs confère des propriétés spéciales. La composition du matériau transporté est extrairement variable, suivant les conditions géomorphologiques et géologique des régions traversées.

Ces sols présentent en général une nappe superficielle à forte oxydation. Ils sont caractérisés par une structure massive, une texture hétérogène, une grande porosité, une bonne aération superficielle et d'importante quantité de matière organique.

Les sols alluviaux peuvent être calcaires ou acides, sableux, vice caillouteux; limoneux ou encore argileux. Sur un niveau plus élevé, nous avons, le long du réseau hydrique des terrasses plus ou moins encroûtées, leur étendue dépend de l'activité passé et actuelle des oueds **(Ameur et Amroune, 2007).**

II.1.7.Végétation de bassin versant de Oued El k'Sob

D'après Martinez et al (2011), l'utilisation des terres du bassin de Oued El K'Sob montre que la végétation se compose principalement de céréales saisonniers, qui occupent presque tout le bassin (55%) **(Fig.II.08 et Tab.II.06).**

Les forêts représentent que 10 % de la superficie totale du bassin et sont localisées principalement sur certains terrains et la plus massive dans la partie sud du bassin, malgré les plusieurs programmes de reboisement qui ont été mis en œuvre dans le cadre de la restauration et de la protection du sol du périmètre du barrage El K'Sob.

Les surfaces nues ou des zones mal protégées ne représentent qu'environ 20 % car les parcours sont très limitées et les conditions de pédoclimatiques (pente et l'épaisseur du sol, les précipitations et les températures) sont toujours favorables aux cultures céréalières traditionnelles.

Tab.II.06 : Répartition spatiale de couverture végétale dans le bassin d'Oued k'Sob

Superficies / Type de végétation	Km2	%
Surfaces incomplètement protégées (Céréales, Arboriculture).	**724**	**55**
Surfaces bien protégées(Forets).	**131**	**10**
Surfaces mal protégées (terrains nus).	**62**	**20**

Source :(Benkadja et al ; 2012)

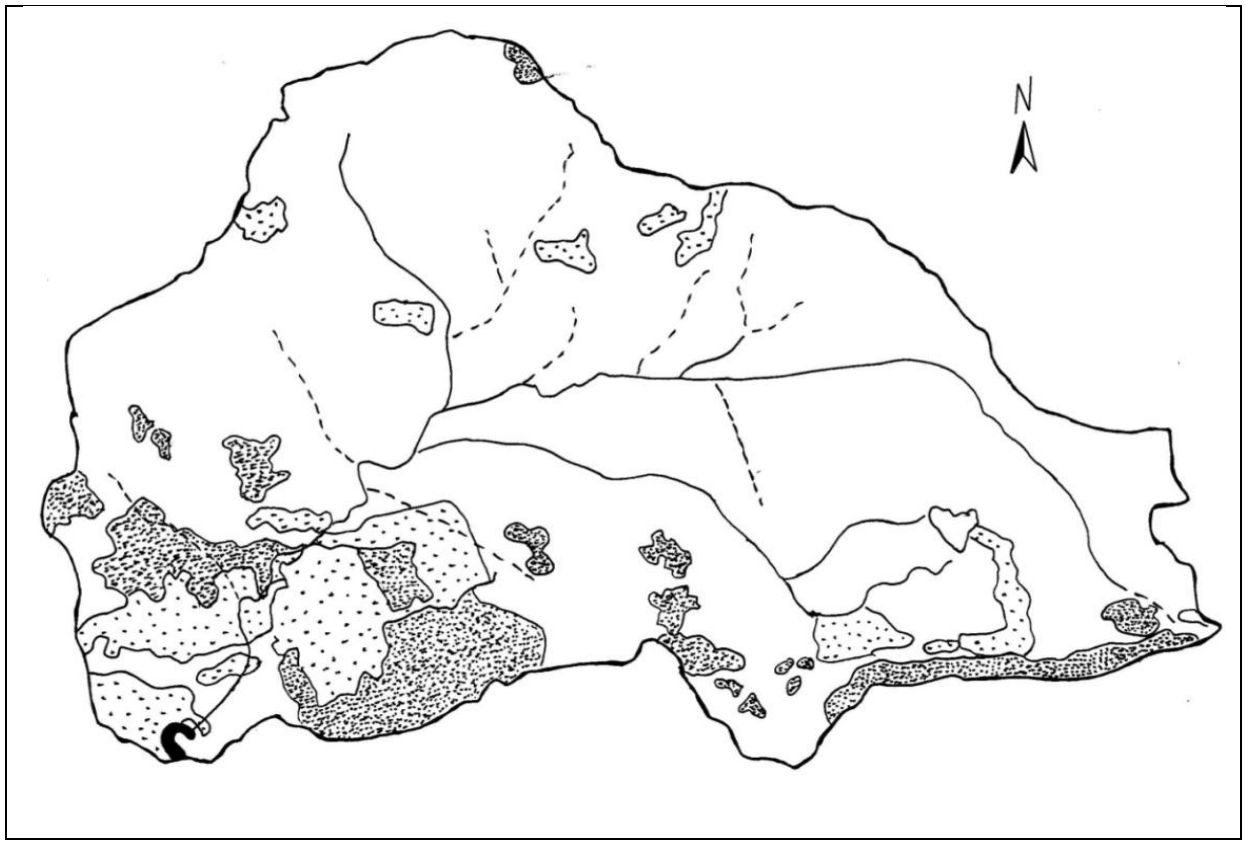


Fig.II.08:La couverture végétale du bassin versant de l'Oued K'sob (D'après Nemouchi, 2001)

Chapitre 02

Matériels et méthodes

Chapitre 02 : Matériels et méthodes

Introduction

La fiabilité et la bonne pratique de l'échantillonnage est une étape primordiale dans l'interprétation des résultats obtenus.

Afin de garantir cette opération, il est nécessaire de prendre toutes les dispositions depuis le prélèvement du milieu de surface (échantillons représentatifs, opérations d'échantillonnage, conservation et transport, délais et analyse).

II.1. Méthodes d'échantillonnage et d'analyses

Pour étudier l'évolution des paramètres physico-chimiques de l'eau du barrage K'Sob, 03 campagnes ont été effectuées durant l'année courante 2019 (Février, Avril et Mai).

Pour le mode de prélèvement, la bouteille sera plongée à une certaine distance du fond (50 cm) de la surface, assez loin des rives ou des bords ainsi que des obstacles naturels ou artificiels, en dehors des zones mortes ou des remous, et en évitant la remise en suspension des dépôts **(Rodier et *al* ; 2009).**

Le prélèvement subira obligatoirement un certain temps de transport et une attente au laboratoire avant la mise en route analytique. Ces temps devront être réduits au minimum.

D'une façon générale, le transport à la température de 4°C et à l'obscurité dans des emballages isothermes permet d'assurer une conservation satisfaisant **(Rodier et *al* ; 2009).** Et plus tard ces échantillons transférés pour d'analyse aux laboratoires de l'université de M'Sila (Laboratoires du département des sciences agronomiques et ceux de la chimie).

Les éléments chimiques suivants: calcium (Ca^{2+}) magnésium (Mg^{2+}), sodium (Na^{+}), potassium (K^{+}), chlorure (Cl^{-}), bicarbonate (HCO_3^{-}), sulfate (SO_4^{2-}) et nitrate (NO_3^{-}) ont été analysés.

II.1.1. Conservation de prélèvement

Avant de procéder aux opérations analytiques, il est essentiel que touts les dispositions soient prises pour que les résultats donnent bien une représentation exacte de la composition de l'eau analysée **(Rodier et *al* ; 2009).**

Tab.II.01.Les conditions de conservation de prélèvement

Caractéristiques à analysé	Volume minimum du prélèvement (mL)	Température de Conservation à (°c)	Effectuer la mesure avant…..
pH	100	4	6 jours
CE	100	4	24h (obsc)
Résidu sec	500	4	7 jours
Matière en suspension	500	4	48h (obsc)
Dureté totale	100	-	1 mois
Calcium	100 - 500	4	Plusieurs mois
Magnésium	100 - 500	4	Plusieurs mois
Sodium	100 - 500	4	Plusieurs mois
Nitrates	250	4	24h (obsc)
Chlorures	100	-	1 mois
Sulfates	200	4	1 mois
Carbonates et bicarbonates	500	4	Quelques jours (obsc)

Source : Rodier et al ; 2009

II.1.2. Etude des paramètres physiques

II.1.2.1. Température(T)

La température de l'eau est un facteur écologique qui entraîne d'importantes répercutions écologiques **(Leynaud ; 1968)**. Elle agit sur la densité, la viscosité, la solubilité des gaz dans l'eau, la dissociation des sels dissous, de même que sur les réactions chimiques et biochimiques, le développement et la croissance des organismes vivant dans l'eau et particulièrement les microorganismes **(WHO ; 2011)**. Toute variation brusque de ce paramètre entraîne une perturbation dans l'équilibre de l'écosystème aquatique **(Chapman et Kimstach ; 1996).**Et mésurer par l'appareil de thermo-mètre.

II.1.2.2. Mesure de potentiel en hydrogène (pH)

Ce paramètre mesure la concentration des protons H^+ contenus dans l'eau, et donc l'acidité ou l'alcalinité de l'eau sur une échelle logarithmique de 0 à 14. Le pH des eaux

naturelles est lié à la nature des terrains traversés et dépend de l'équilibre calco-carbonique de la formule ci-dessous **(El Blidi *et al* ; 2003)**.

$$Ca(HCO^{-}_{3})_2 \longleftrightarrow CaCO_3 + CO_2 + H_2O$$

Le pH influence la plupart des mécanismes chimiques et biologiques dans les eaux. Habituellement, les valeurs du pH se situent entre 6 et 8,5 dans les eaux naturelles **(Chapman et Kimstach ; 1996)**. Il diminue en présence des teneurs élevées en matière organique et augmente en période d'étiage, lorsque l'évaporation est importante **(Meybeck et al ; 1996)**.

II.1.2.2.1. Mode opératoire

- Branchement du pH-mètre, après sa stabilité pendant quelques minutes, l'installation des électrodes aux entrées correspondantes sur l'appareil.

- Etalonnage de l'appareil à l'aide d'une solution tampon. En suite rinçage de l'électrode avec de l'eau distillée et avec l'échantillon à analyser.

- Conduire l'échantillon d'eau à analyser à la température désirée.

- Immerger l'électrode dans l'échantillon à analyser et lire la valeur de pH directement.

- Après chaque détermination de pH, on retire l'électrode, on la rince et à la fin de l'expérience on la laisse tremper dans l'eau distillée, ou dans la solution tampon ou dans une solution de KCl saturée **(Rodier ; 2009).**

II.1.2.3. Mesure de la conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique est la salinité ou la concentration total de l'eau est a l'origine des risques salins liées a une présence excessive de sels quelque soit leur natures.

La mesure de la conductivité permet d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau **(Rodier et *al* ; 2009).**

II.1.2.3.1. Principe

La conductivité électrique d'une eau (γ) est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm^2 de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm. Elle est l'inverse de la résistivité électrique (ρ).

$$\gamma = 1/\rho = (1/R).\ (L/S)$$

Où :

γ : conductivité (en $\Omega^{-1}.m^{-1}$ ou S. m^{-1}).

ρ : résistivité (en Ω. m).

R : résistance (en Ω).

L : distance entre les deux électrodes (en m).

S : surface de chaque électrode (en m^2).

La conductivité mesurée également sur le terrain à l'aide d'un conductimètre.

II.1.2.3.2. Mode opératoire

- Rincer plusieurs fois la cellule à conductivité, d'abord avec de l'eau permutée puis en la plongeant dans un récipient contenant de l'eau à analyser

- Refaire la mesure dans un deuxième récipient à condition que les électrodes de platine soient complètement immergées.

- Agiter le liquide (barreau magnétique) afin que la concentration ionique entre les électrodes soit identique à celle du liquide ambiant, pour assurer que les bulles d'air sont éliminés sur les électrodes.

- Introduire le thermomètre de la cellule.

- Exécuter à la température de référence de 25 °C. La température du liquide devra être constante pendant la mesure. L'utilisation du bain thermostaté facilite l'équilibre thermique et améliore les résultats de la mesure **(Rodier ; 2009).**

II.1.2.4. Détermination de Résidu sec (Rs)

II.1.2.4.1. *Principe*

Une certaine quantité d'eau est évaporée dans une capsule tarée, le résidu desséché est ensuite pesé **(Rodier et *al* ; 2009).**

II.1.2.4.2. *Mode opératoire*

Evaporer progressivement au bain-marie dans un bécher tarée 100ml d'eau. Le bécher n'étant rempli qu'à mi-hauteur. Après évaporation totale de l'eau, porter le bécher à l'étuve à 105°c pendant 4 heures et laisser refroidir un quart d'heure, peser immédiatement et rapidement.

Soit P le poids de bécher. La pesée est obtenue par la méthode différentielle.

II.1.2.4.3. *Expression des résultats*

Le poids de résidu sec multiplié par 10 donne le poids du résidu sec d'un litre d'eau.

II.1.2.5. Détermination de matière en suspension (MES)

II.1.2.5.1. *Principe*

L'eau est filtrée et le poids de matières retenues par le filtre est déterminé par pesée différentielle **.**

II.1.2.5.2. *Mode opératoire*

Filtrer 10ml d'eau à analyser, et sécher le papier a filtre dans l'étuve à 105°c jusqu'à la séchasse total (pendant 15mn), et peser immédiatement et rapidement.

Soit P le poids de papier a filtre. La pesée est obtenue par la méthode différentielle.

II.1.2.5.3. *Expression des résultats*

Le taux de matières en suspension exprimé en mg/l est donné par la formule :

$$MES\ (mg/l) = (m_2-m_1) / PE * 10^3$$

m_1= La masse du filtre vide (en mg) ;

m_2= La masse du filtre plein (en mg) ;

PE=Le volume de la prise d'essai à analyser (en ml).

II.1.2.6. La dureté totale

Les alcalinoterreux présents dans l'eau sont amenés à former un complexe du type chélate par le sel disodique de l'acide éthylènediamine tétracétique à pH 10. La disparition des dernières traces d'éléments libres à doser est décelée par le virage d'un indicateur spécifique (le noir). En milieu convenablement tamponné pour empêcher la précipitation du magnésium, la méthode permet de doser la somme des ions calcium et magnésium **(Rodier ; 2009).**

II.1.2.6.1. Principe

La mesure est un dosage volumétrique par un réactif titrant complexant, l'EDTA.

L'EDTA a la propriété de se combiner avec les ions calcium puis magnésium pour former des composés solubles, le métal se substitue alors aux atomes d'hydrogène des groupe carboxyle COOH et se lie par une liaison de coordinance avec les atomes d'azote.

II.1.2.6.2. Mode opératoire

Prélever 20ml d'eau à analyser, chauffer la prise d'essai à une température d'environ 40°c, ajouter 2ml de solution Tampon et un dixième de goutte d'indicateur coloré (noir d'ériochrome), verser la solution d'EDTA jusqu'au virage du bleu vert ou rouge vineux.

Soit V le volume de solution d'EDTA versé.

II.1.2.6.3. Expression des résultats

Pour une prise d'essai de 20ml, la dureté totale exprimée en degrés français sera égale à :

$$TH = V\ (ml) * 5\ °F$$

II.1.3. Etude des paramètres chimiques

II.1.3.1. Dosage volométrique du calcium(Ca)

II.1.3.*1.1. principe*

Le principe de ce dosage est de doser le calcium avec une solution d'EDTA en présence d'un indicateur spécifique.

II.1.3.*1.2. Mode opératoire*

A 50 ml de l'eau à analyser, ajouter 0,2g de miroxyde et 2ml de NaOH 0,2 N.

Titrer avec l'EDTA jusqu'au virage violet.

II.1.3.*1.3. Expression des résultats*

La concentration de calcium est exprimée par la relation :

$$Ca^{+2} = V_1 * 8{,}016 * F \text{ (mg /l)}$$

V_1: Volume d'EDTA nécessaire pour une concentration donnée.

F : facteur de dilution.

II.1.3.2. Dosage volométrique du magnésium(Mg)

II.1.3.2.1. *Principe*

Le magnésium est dosé avec une solution aqueuse d'E.D.T.A., ce dosage se fait en présence de noir eriochrome. L'E.D.T.A. réagit tout d'abord avec les ions du magnésium libre, puis avec les ions magnésium combiné avec d'indicateur qui vire alors de la couleur violet à la couleur bleue **(Rodier et *al ;* 2009).**

II.1.3.2.2. *Mode opératoire*

A 50 ml d'eau à analyser, sont ajouté 4 ml de NH4 OH, puis des gouttes de noir ériochrome et titrer avec l'E.D.T.A jusqu'au virage Bleu puis notée le volume V

II.1.3.2.3. *Expression des résultats*

Pour une prise d'essai de 50 ml la teneur en magnésium est égale à :

$$Mg^{+2} = (V_2\text{-}V_1) * 4{,}86 * F \text{ (mg /l)}$$

V_1 : Volume d'EDTA nécessaire pour une concentration donnée (volume de titrage de Ca^{++} + $Mg^{++)}$

V_2 : Volume totale d'EDTA

F : facteur de dilution.

II.1.3.3. Dosage du sodium(Na)

II.1.3.3.1. *Principe*

Cette méthode physique d'analyse utilise la propriété qu'ont les atomes neutres d'absorber à une certaine longueur d'onde un quantum.

II.1.3.3.*2. Mode opératoire*

Nébuliser l'eau à analyser dans une flamme air-acétylène oxydant en intercalant de l'eau permutée entre chaque échantillon. Effectuer les lectures directement.

II.1.3.3.3. *Expression des résultats*

Les résultats sont exprimés en milligrammes de sodium par litre d'eau.

II.1.3.4. Dosage volométrique de carbonates et bicarbonates (CO_3 et HCO_3)

II.1.3.4.1. *Principe*

Les carbonates n'existant qu'à pH > 8,3 et les bicarbonates si le pH est compris entre 4,4 et 8,3. Au cours d'un dosage cimérique doublé d'une mesure de pH, à quel moment ces ions sont encore présents ou non dans l'échantillon.

II.1.3.4.2. *Mode Opératoire*

-Prélever 20 ml de la solution de l'eau + 3 gouttes de Phynolphtaline, s'il y a une coloration rose, donc il y a les carbonates.

-Titrer avec l'acide sulfurique jusqu'à la disparition de la couleur rose.

-S'il n'y a pas une coloration de la solution => il y a les bicarbonates.

-Ajouter des gouttes (3-4) de l'indicateur coloré méthyle orange et titrer avec l'acide sulfurique jusqu'à l'apparition de la coloration orange (changement de coloration jaune à orange)

II.1.3.4.3. *Expression des résultats*

$$\text{Les carbonates (meq /l)} = (X * 0{,}05 * 1000) / 20$$

$$\text{Les bicarbonates (meq / l)} = (2 * X * 0{,}05 * 1000) / 20$$

X : volume de l'acide sulfurique utilisé

II.1.3.5. Dosage volométrique de chlorure(Cl)

II.1.3.5.1. *Principe*

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium, la fin de réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent **(Rodier et *al* ; 2009).**

II.1.3.5.2. *Mode Opératoire*

Sur un échantillon d'eau à 5ml, ajouter 3 gouttes de chromate de potassium à 5% .La solution est dosée par une solution de nitrate d'argent 0.01N, et on termine la titration au moment où la coloration de la suspension passe au rouge-brun.

Soit V le volume de nitrate d'argent utilisé.

II.1.3.5.3. *Expression des résultats*

Pour une prise d'essai de 5 ml.

$$Cl^- = VAgNO_3 \times 0{,}01 \times 35{,}5 / 5$$

$VAgNO_3$: Volume d'Ag NO_3 nécessaire pour le dosage de l'échantillon

II.1.3.6. Dosage colorométrique des sulfates(SO_4)

II.1.3.6.1. *Principe*

Les ions sulfates sont précipités et passés à l'état de sulfate de baryum en présence deBaCl2 :

$$BaCl_2^- + SO_4 \rightarrow BaSO_4^{-2} + 2\ Cl^-$$

II.1.3.6.2. *Mode opératoire*

*50 ml d'eau analysée.

*2 ml HCl.

*Chauffée la solution.

*Ajoutée des gouttes de chlorure de bariume.

*Pesé le papier filtre avant la filtration.

*Filtrée la solution.

II.1.3.6.3. *Expression des résultats*

La différence entre le poids u papier filtre avant et après la filtration est le résultat de sulfate.

II.1.3.7. Dosage volométrique du nitrate(NO_3)

II.1.3.7.1. *Principe*

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosonylate de sodium coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique.

II.1.3.7.2. *Mode opératoire*

-Prendre 10 ml de l'échantillon à analyser.

-Ajouter 2 à 3 gouttes de NaOH à 30%.

-Ajouter 1 ml de salicylate de sodium.

-Evaporer à sec au bain marie ou à l'étuve 75-80^0 C.

-Reprendre le résidu avec 2ml. H_2SO_4 laisser reposer 10 mn.

-Ajouter 15 ml d'eau distillée.

-Ajouter 15 ml de tertrate double de sodium et de potassium puis passer au spectro au 415 nm.

II.1.3.7.3. *Expression des résultats*

Le résultat est donné directement en mg/l à une longueur d'onde de 415 nm.

Troisième partie

Résultats et discussions

Troisième partie : Résultats et discussions

Introduction

Dans ce chapitre, seront étudiés les principaux paramètres physico-chimiques du barrage K'Sob sur la base des résultats des analyses chimiques. Ainsi que, la comparaison avec des autres campagnes qui ont effectuées sur le même site durant les années 2012 (Aggouni et al) et 2016 (OPI).

III.1. Etude des paramètres physico-chimiques

III.1.1. Etude des paramètres physiques

Ces paramètres sont très importants car ils jouent un rôle majeur dans la solubilité de l'eau, donc sur la conductibilité et la détermination de leur origine, pour cela les paramètres principaux ont été étudies sont :

- La température (T)
- Le potentiel Hydrogène (pH)
- La conductivité électrique (CE)

III.1.1.1. Température de l'eau

Les valeurs des températures de l'eau du barrage k'Sob pendant la période qui s'étale entre le mois de janvier et le mois du Mai 2019 sont regroupées dans le tableau (III.01).

Tab.III.01 : Température de l'air et de l'eau du barrage K'Sob (Campagne 2019)

	Mois	Fév	Avril	Mai	Moyenne
Campagne 2019	T °C Air	8,42	16,02	19,57	14,67
	T°C Eau	10,5	16,2	19,5	14,4
Agouni et al ; 2012	T°C Eau	7,7	14,9	19,6	14,06

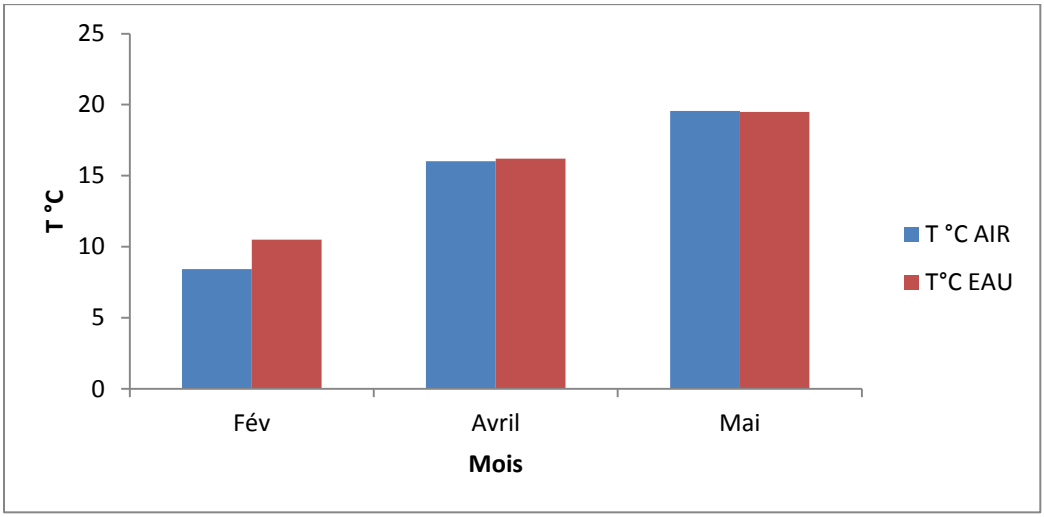


Fig.III.01 : Variation mensuelle de la température de l'air, et de l'eau du barrage K'Sob (Campagne 2019)

Pendant les trois mois d'observations, la température moyenne est de l'ordre de 14,4 °C. Le minimum de la température a été observée au mois du Février avec 10,3°C et alors que le maximum a été enregistrée au mois de Mai avec 19,57°C (Fig.III.01). Elles sont voisines des températures ambiantes de l'air.

Ces valeurs de températures d'eau sont inférieures à 25°C, considérée comme valeur limite indicative fixée par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) pour les eaux destinées à l'irrigation des cultures.

Les teneurs obtenues sont supérieurs à celles trouvées durant la campagne ancienne (Aggouni et al ; 2012) et (OPI ; 2016) pour la même période dùe aux changements climatiques qui frappe particulièrement la région.

III.1.1.2. Potentiel d'hydrogène (pH)

Les valeurs du pH de l'eau du barrage K'Sob pendant la campagne récente de 2019 sont regroupées dans le tableau (III.02).

Tab.III.02: Valeurs du pH des eaux de barrage K'Sob (Campagne 2019)

	Mois	Fév	Avril	Mai	Juin	Moyenne
pH	Campagne 2019	6,5	8,6	8,45	-	7,72
	Agouni et al 2012	8,33	8,34	8,06	-	8,24
	OPI 2016	-	-	–	7,68	7,68

La valeur moyenne du pH enregistrée durant la période d'étude est égale à 7,72.Les valeurs sont au voisinage de la neutralité dans les deux mois janvier et février avec un caractère plus ou moins alcalin durant le reste de l'année (Fig.III.03) et un maximum noté au mois d'avril (8,6). Les fortes valeurs de pH enregistrées sont proches à celles trouvées en 2012 et 2016. Ces concentrations suggèrent que les eaux traversent des sols riches en calcaires au niveau du bassin versant du K'Sob.

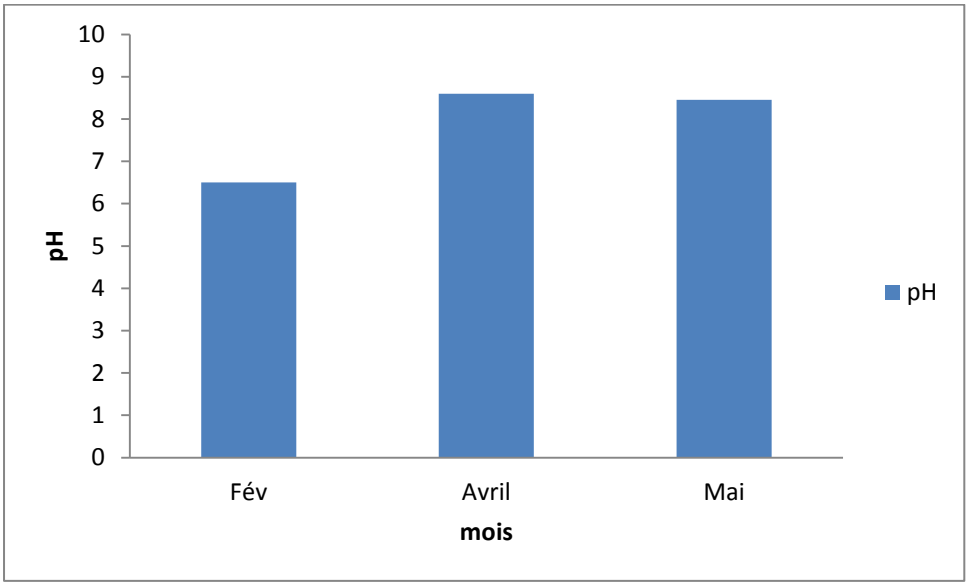


Fig.III.02: Variation temporelle du pH de l'eau de barrage K'Sob (Campagne 2019)

III.1.1.3. conductivité électrique (CE)

Les valeurs de la CE de l'eau du barrage K'Sob pendant la campagne récente de 2019 sont regroupées dans le tableau (III.03).

Tab.III.03:Valeurs de la conductivité électrique des eaux de barrage K'Sob (Campagne 2019)

	Mois	Fév	Avril	Mai	Juin	Moyenne
CE (µS/cm)	Campagne 2019	941	1016	1304	-	751,86
	Agouni et al ; 2012	917	1170	1320	-	1135,66
	OPI ; 2016	-	-	–	1666	1666

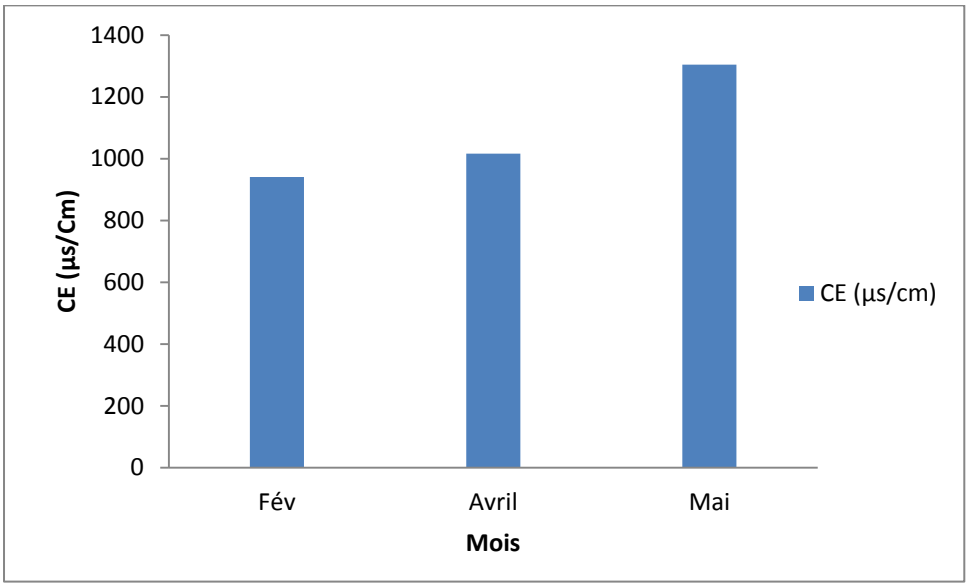


Fig.III.03: Variation temporelle de la conductivité électrique des eaux de barrage K'Sob (Campagne 2019)

Dans notre zone d'étude, toutes les valeurs mesurées de la conductivité indiquent une minéralisation élevée car elles sont toutes globalement supérieures à 800 µS/cm (940 à 1304 µS/cm). La valeur moyenne de la CE est égale à 751,86 µS/cm (Tab.III.3) et (Fig.III.03). Cette minéralisation importante traduit une forte teneur des cations et anions dans cette eau due probablement au drainage des terrains très riches en sels et en gypse (la nature géologique des couches traversées). Les valeurs obtenues s'avèrent égales à celles marquées par Aggouni et al. (2012) au niveau de ce barrage.

III.1.2. Paramètres chimique de l'eau

III.1.2.1 Résidu sec

Les valeurs du résidu sec de l'eau du barrage K'Sob pendant la campagne récente de 2019 sont regroupées dans le tableau (III.04).

Tab.III.04:Valeurs du résidu sec des eaux de barrage K'Sob (Campagne 2019)

	Mois	Fév	Avril	Mai	Moyenne
RS (mg/l)	Campagne 2019	699	1223	560	827,33
	Agouni et al ; 2012	1000	3000	3400	2466,66

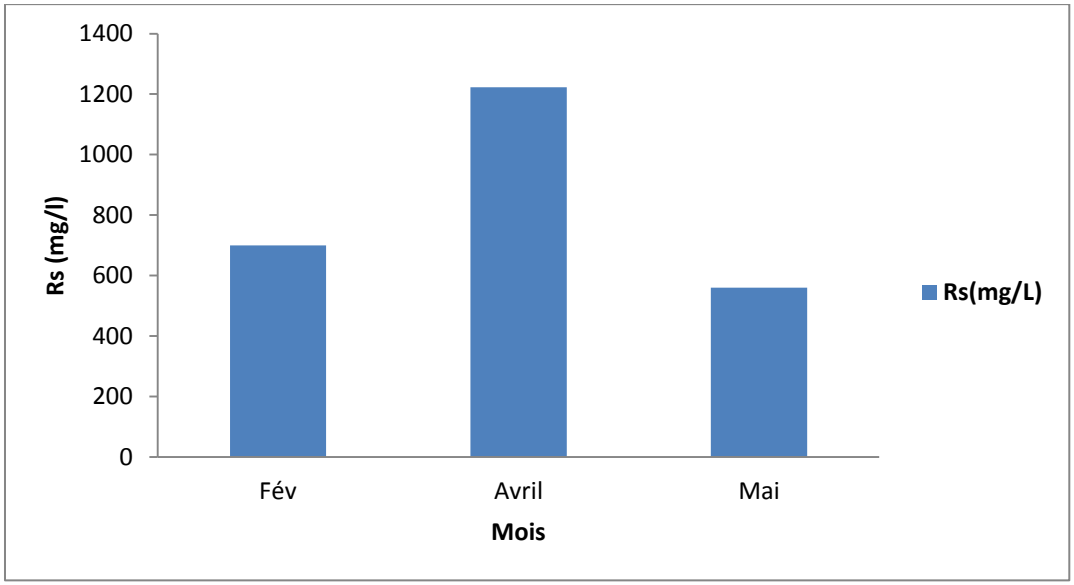


Fig.III.04: Variation temporelle de résidu sec des eaux de barrage K'Sob (Campagne 2019)

Les valeurs extrêmes de résidu sec sont 699 mg/l au mois de février et de 560 mg/l au mois du Mai. En générale la quantité de résidu sec diminue de février et Mai avec une augmentation en Avril**.** Cette augmentation est probablement liée à la diminution de la quantité de l'eau représentant par les pluies. Par contre, la diminution au mois du Mai a une relation directe aux pluies qui fait la dilution, donc la baisse de taux de la minéralisation.

III.1.2.2. Matière en suspension

Tab. III.05:Valeurs du MES des eaux de barrage K'Sob (Campagne 2019)

Mois	Fév	Avril	Mai	Moyenne
MES mg/L	**10500**	**640**	**16820**	**9320**

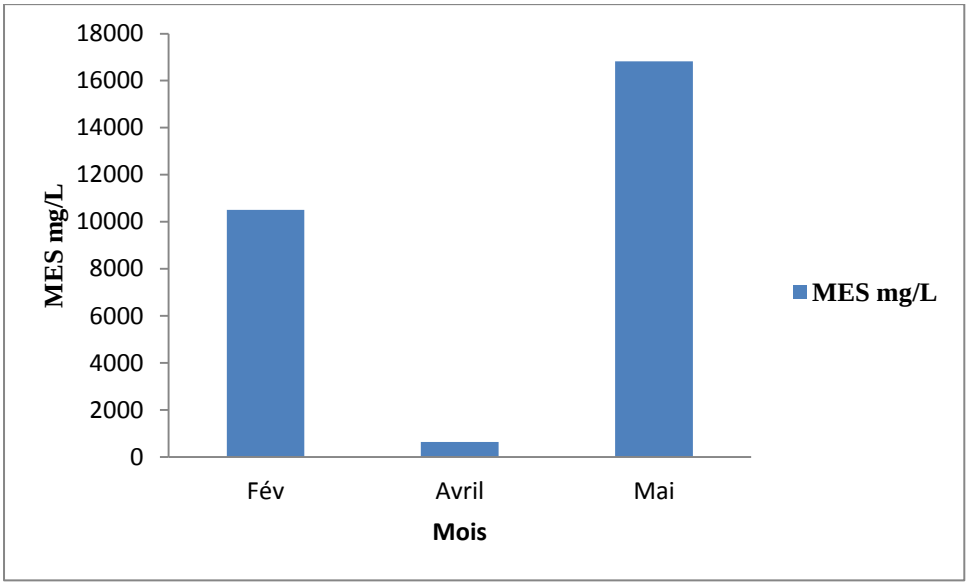


Fig.III.05: Variation temporelle de MES des eaux de barrage K'Sob (Campagne 2019)

Les valeures de matière en suspension sont 10500 mg /L au mois de février et de 16820 mg/L au mois de mai . En générale la quantité de MES augmenté en Février et Mai avec une diminution en Avril .

III.1.2.3.Dureté totale

Les valeurs de la dureté totale DT de l'eau du barrage K'Sob pendant la campagne récente de 2019 sont regroupées dans le tableau (III.06).

Tab. III.06: Valeurs de la dureté totale des eaux de barrage K'Sob (Campagne 2019)

	Mois	Jan	Fév.	Avril	Mai	Moyenne
DT (°F)	Campagne 2019	-	44,205	97,24	64,12	68,52
	Agouni et al ;2012	133,65	109	73,5	93,6	102,4375

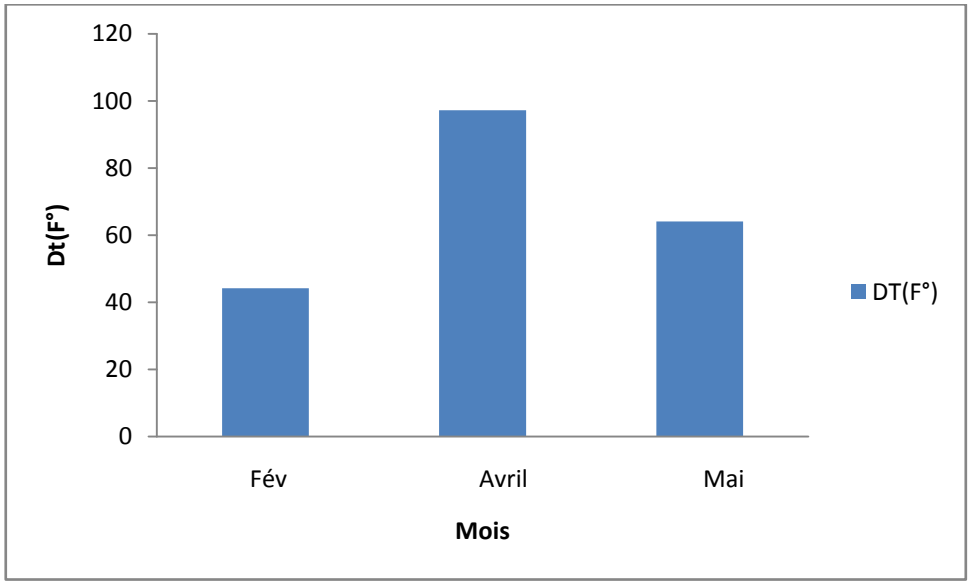


Fig.III.06: Variation temporelle de la dureté totale des eaux de barrage K'Sob (Campagne 2019)

La dureté de l'eau se réduit à sa concentration en ions calcium et magnésium **(Ghazali et Zaid, 2012)**. Dans les eaux étudiées (Fig.III.05), ce paramètre présente une grande variation, elle se diminue en période sèche et augmente en période pluvieuse, le taux le plus faible est enregistré au mois de **Février** (44,205 F°) et le taux le plus élevé est marqué au mois de **Avril** (97,24 F°). Cette variation serait liée à la nature lithologique des formations traversées et en particulier à sa composition en magnésium et en calcium.

III.1.2.4. Calcium (Ca^{+2}), Magnésium (Mg^{+2}) et Sodium (Na^{+})

Les concentrations des éléments (**Ca^{+2}, Mg^{+2} et Na^{+}**) de l'eau du barrage K'Sob pendant la campagne récente de 2019 sont regroupées dans le tableau (III.07.08 et 09).

Tab.III.07:Valeurs du Ca^{+2} des eaux de barrage K'Sob (Campagne 2019)

	Mois	Jan	Fév	Avril	Mai	Moyenne
Ca^{+2} (mg/l)	Campagne 2019	-	113,5	120,24	106,8	113,51
	Agouni et al ; 2012	288	108	132	172	175

Tab.III.08 : Valeurs du Mg^{+2} des eaux de barrage K'Sob (Campagne 2019)

	Mois	Jan	Fév	Avril	Mai
Mg^{+2} (mg/l)	Campagne 2019	-	38	161,24	89,81
	Agouni et al ; 2012	148,23	196,83	97,2	121,5

Tab.III.09:Valeurs du Na^{+} des eaux de barrage K'Sob (Campagne 2019)

	Mois	Fév	Avril	Mai
Na^{+} (mg/l)	Campagne 2019	38	67,5	64
	Agouni et al ; 2012	-	38	38

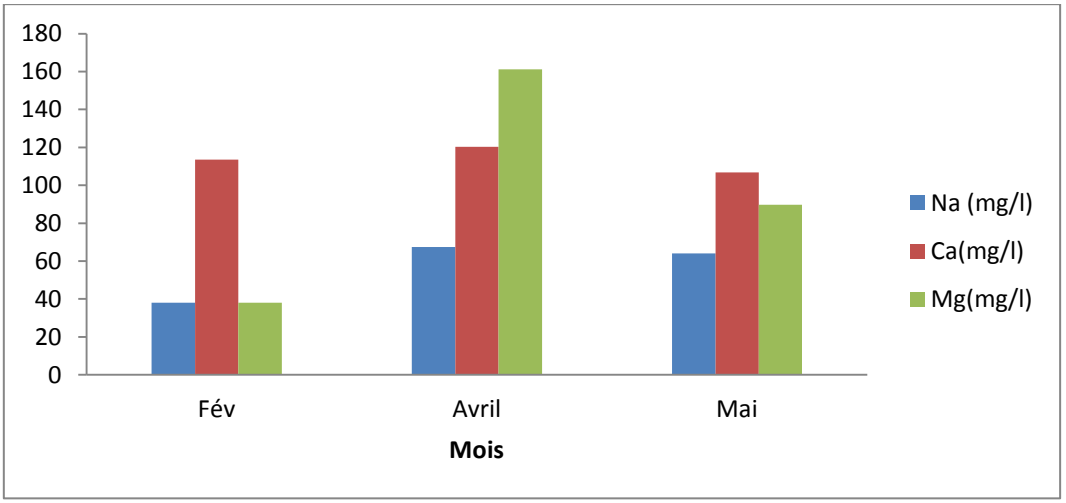


Fig.III.07 : Variation temporelle de Ca^{++}, Mg^{++} et Na^{+} de l'eau du barrage K'Sob (Campagne 2019).

Le calcium, le magnésium et le sodium constituent les éléments fertilisants nécessaires aux cultures. L'eau d'irrigation peut aussi apporter ces éléments en quantités importantes. Nous avons déterminé la concentration en ces éléments dans les eaux d'irrigation du barrage K'Sob durant les trois mois Février, Avril et Mai 2019.

Les résultats obtenus et illustrés par les figures (III.07) indiquent de très fortes quantités en calcium, en magnésium et en sodium (106,8 à 113,5 mg/l pour le calcium, 38 à 161,24 mg/l pour le magnésium et 38 à 67.5 mg/l pour le sodium). Les concentrations en magnésium semblent être relativement plus faibles au mois le plus pluvieux comparativement au d'autre

mois. Les résultats obtenus indiquent que les sols traversés par les eaux d'irrigation au niveau du bassin versant de K'Sob sont des sols riches en calcium et magnésium, et ont été confirmés avec la partie géologique de la zone d'étude.

III.1.2.5. Chlorures

Les concentrations des chlorures Cl^- de l'eau du barrage K'Sob pendant la campagne récente de 2019 sont regroupées dans le tableau (III.10).

Tab.III.10:Valeurs du Cl^- des eaux de barrage K'Sob (Campagne 2019)

	Mois	Jan	Fév	Avril	Mai	Juin	Moyenne
Cl^- (mg/l)	Campagne 2019	-	355	1065	355	-	591,66
	Agouni et al ; 2012	344,35	39,05	28,4	333,7	-	186,375
	OPI ; 2016	-	-	-	-	157,62	157,62

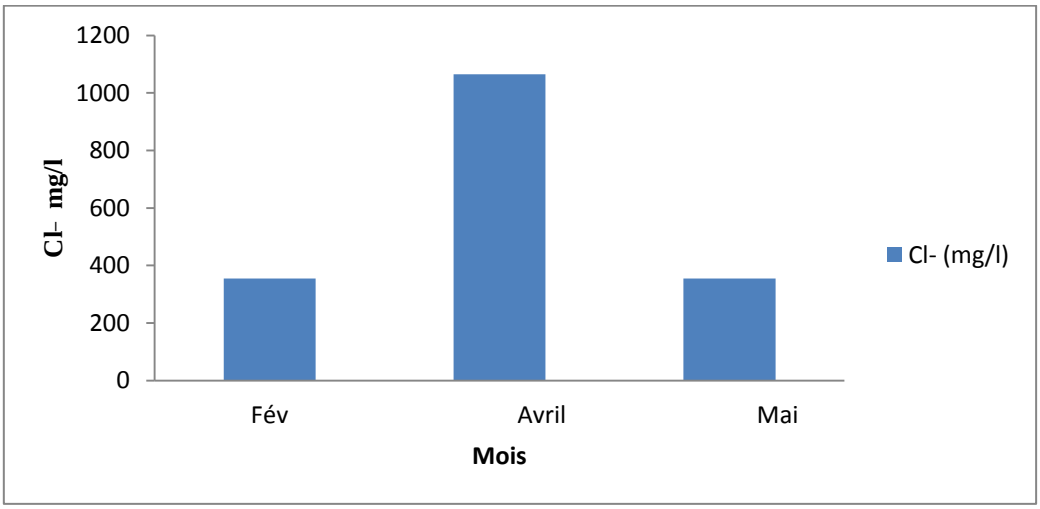


Fig.III.08: Variation temporelle des chlorures de l'eau de barrage K'Sob (Campagne 2019).

Le suivi de l'évolution mensuel des chlorures dans le barrage de K'Sob permet de détecter d'importantes oscillations. En effet, les teneurs extrêmes maximale et minimale sont de 1065 mg/l (mois d'Avril) et 355 mg/l (mois de février et Mai) respectivement, avec une

valeur moyenne de 591,66 mg/l (Fig.III.08). Ces teneurs en chlorure restent supérieures à celles marquées par Aggouni *et al.*, (2012) au niveau du même barrage (valeurs moyennes oscille entre 28,4 mg /l et 344,35 mg/l). Le pic de chlorures enregistré au niveau de ce barrage est dû à la géologie des terrains (lessivage du gypse et des argiles), la contamination agricole (pesticides) et les rejets domestiques et le reste des eaux provenant de la station d'épuration en amont du bassin versant (Wilaya de Bordj Bou Arréridj).

III.1.2.6. Sulfate SO_4^{--}

Les concentrations des sulfates SO_4^{-2} de l'eau du barrage K'Sob pendant la campagne récente de 2019 sont regroupées dans le tableau (III.11).

Tab.III.11 : Valeurs des SO_4^{-2} des eaux de barrage K'Sob (Campagne 2019)

	Mois	Jan	Fév	Avril	Mai	Moyenne
SO_4^{-2} (mg/l)	Campagne 2019	-	296,9	574,8	270	380,56
	Agouni et al ;2012	123,87	123,46	78,19	321	646,52

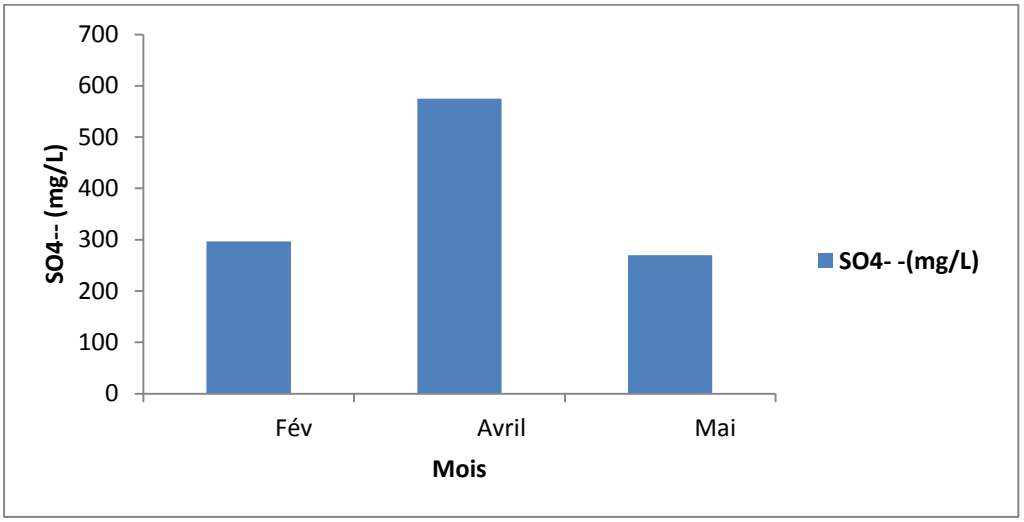


Fig.III.09: Variation de Taux de SO_4^{-2} d'eau de barrage K'Sob (Campagne 2019)

Dans le milieu d'étude, la valeur moyenne des sulfates est de l'ordre 380,56 mg/l. La teneur du sulfate augmente en avril (574,8 mg/l) et diminue en Mai (270 mg/l) (Fig.III.09). Les fortes teneurs peuvent être dues aux activités agricoles et des lâchées des eaux du barrage pour l'irrigation du périmètre en aval. Les teneurs en sulfates de nos eaux sont supérieures à celles enregistrées par Agouni *et al.,* (2012) au niveau du même barrage (valeur maximale est de l'ordre de 124 mg/ l). Elles sont liées à la dissolution du gypse contenu dans les marnes et au lessivage des terrains évaporatiques affleurées dans le bassin du K'Sob.

III.1.2.7. Carbonates et Bicarbonates

Les concentrations des éléments (**CO_3^- et HCO_3^-)** de l'eau du barrage K'Sob pendant la campagne récente de 2019 sont regroupées dans le tableau (III.12et 13).

Tab.III.12: Valeurs du CO_3^- des eaux de barrage K'Sob (Campagne 2019)

	Mois	Fév	Avril	Mai	Moyenne
CO_3^- (mg/l)	Campagne 2019	150	30	150	110
	Agouni et al ; 2012	-	-	-	-

Tab.III.13: Valeurs du HCO_3^- des eaux de barrage K'Sob (Campagne 2019)

	Mois	Fév	Avril	Mai	Juin	Moyenne
HCO_3^- (mg/l)	Campagne 2019	305	61	305	-	223,66
	Agouni et al ; 2012	105	75	105	-	95
	OPI ; 2016	-	-	-	150	150

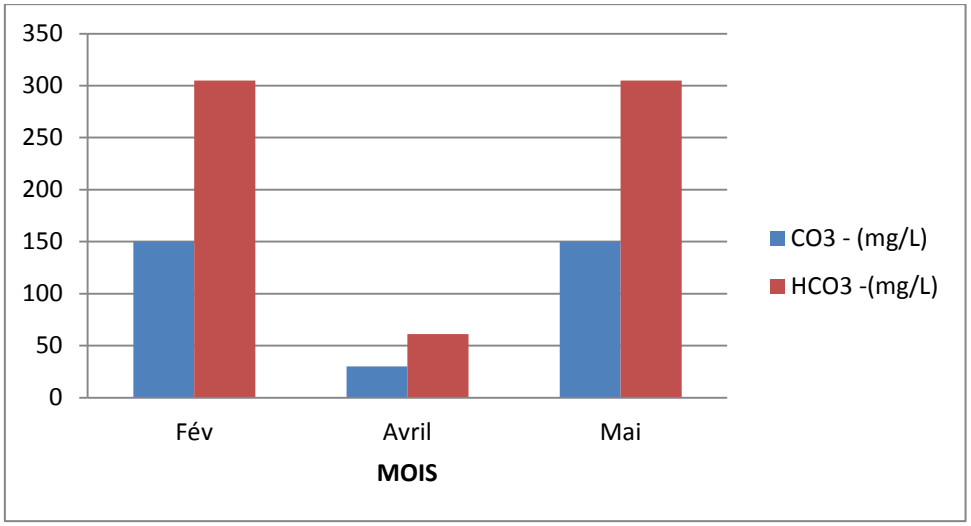


Fig.III.10 : Variation de Taux de CO_3^- et HCO_3^- d'eau de barrage K'Sob (Campagne 2019).

L'analyse des résultats montre que la plus faible concentration en Carbonate CO_3^- et Bicarbonate HCO_3^- sont de 30 mg/l, 61mg /l en Avril et la plus élevée est de 150 mg/l, 305 mg /l aux mois de Février et Mai. Les résultats obtenus sont très variables dans le temps, et correspondent aux formations des calcaires et le type de sols calcaires dans l'entourage du barrage.

III.1.2.8. Nitrates

Les concentrations des nitrates (**NO_3^-**) de l'eau du barrage K'Sob pendant la campagne récente de 2019 sont regroupées dans le tableau (III.14).

Tab.III.14: Valeurs du NO_3^- des eaux de barrage K'Sob (Campagne 2019)

	Mois	Fév	Avril	Mai	Moyenne
NO_3^- (mg/l)	Campagne 2019	1,956	0,234	1,84	1,34
	Agouni et al ; 2012	2,4	4,3	1,84	2,84

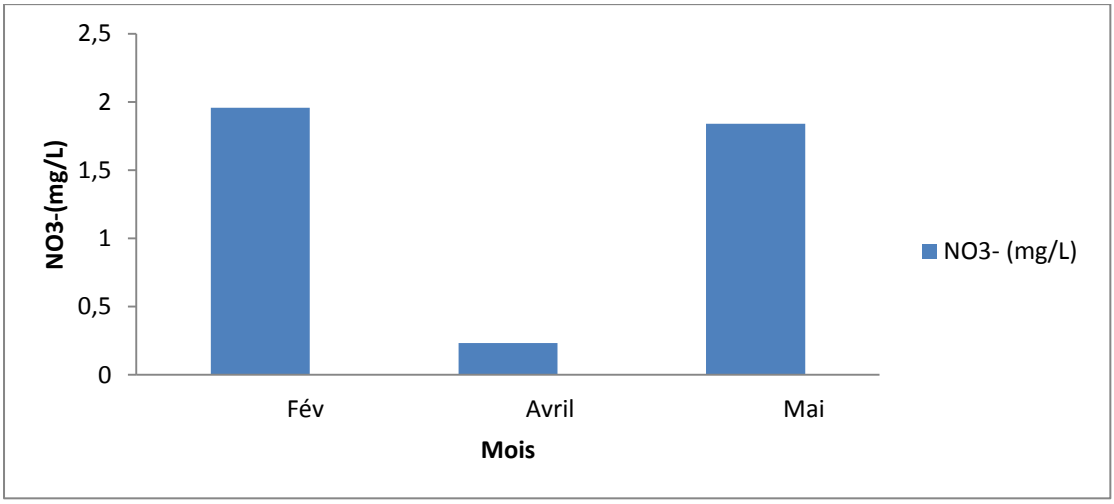


Fig.III.11 : Variation temporelle des nitrates de l'eau de barrage K'Sob (Campagne 2019)

Les nitrates sont utilisés comme indicateur de pollution. Ils jouent le rôle de fertilisant pour les plantes qui assimilent l'azote sous la forme NO_3^- **(Djermakoye, 2005)**. L'histogramme des teneurs en nitrates (Fig.III.11) montre une légère variation qui oscille entre 0,23 mg/l (au mois d'Avril) et 1,95 mg/l (au mois de février). L'augmentation des teneurs en nitrates dans les eaux pendant la saison pluvieuse par rapport à la saison sèche peut être due au lessivage des fertilisants utilisés dans les sols agricoles situés sur les bords du barrage. Ces résultats sont largement inférieurs à celles marquées par Agouni *et al* ; (2012).

III.2. Faciès chimique des eaux

Il existe un grand nombre de classification des eaux naturelles d'après leur composition chimique en cations et en anions.

III.2.1.Diagramme de Schoeller-Berkaloff

Cette classification est basée sur la présentation des résultats des analyses chimiques sur un diagramme mis au point par H. Schoeller et révisé par Berkalloff en 1952.

Ce diagramme se compose de sept échelles logarithmiques verticales correspondant aux principaux ions analysés.

Tous les éléments chimiques analysés sont répartis directement en mg/l.

Ce type de diagramme permet de déterminer le pH d'équilibre (pH équilibre) qui donne une idée sur le caractère agressif ou incrustant de l'eau.

Les diagrammes logarithmiques **(Fig.III.12)** ont permis d'identifier les faciès chimiques suivantes : **(Tab.III.15).**

Tab.III.15: Faciès chimiques des eaux selon SCHOELLER-BERKALOFF

Campagne chimique		Faciès chimique des eaux
2019	Février	Chloruré-calcique
	Avril	Chloruré-magnésienne
	Mai	Chloruré-calcique
2012	Avril	Sulfatée calcique
	Mai	Chlorurée calcique

A première vue, on remarque une dominance des chlorures ou des sulfates qui semble être liées à la géologie ou à la forte évaporation. Tantôt les chlorures qui accompagnent le calcium, tantôt le magnésium.

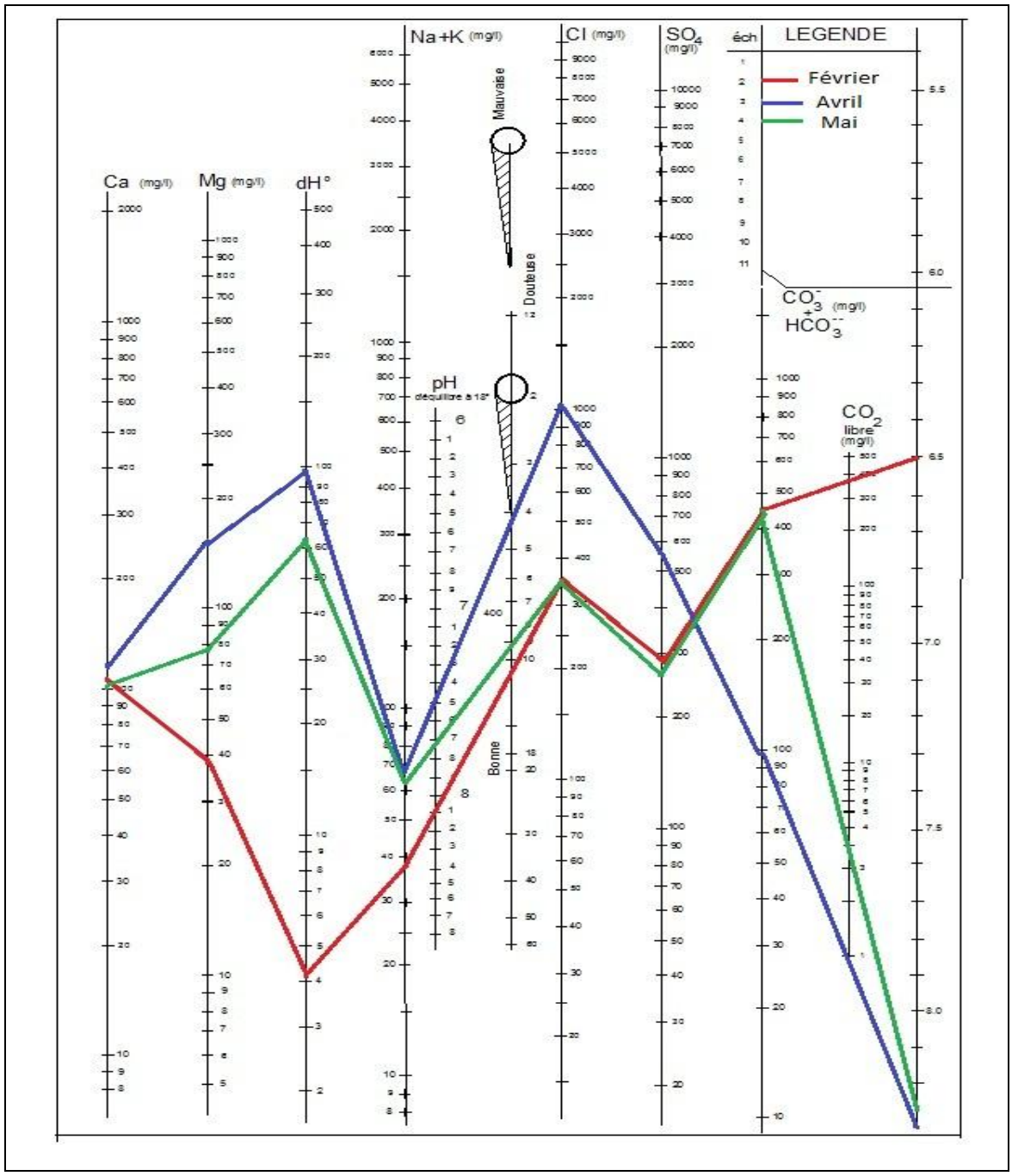


Fig.III.12: Diagramme de SCHOELLER et BERKALOFF de l'eau du barrage K'Sob (Campagne 2019)

III.2.2.Diagramme de Piper

Cette classification est faite à l'aide d'un diagramme qui comprend un losange représentatif A, B, C, D et deux triangles équilatéraux, dont les cotes sont divisées en cent

parties égales correspondant à des quantités en réaction d'ions par rapport à la somme des ions de même signe.

$$r\%\ x^{+} = (100\ r^{+}) / (\sum r^{+})$$

$$r\%\ x^{-} = (100\ r^{+}) / (\sum r^{-})$$

Le tableau montre que l'eau de barrage de K'Sob pour les 3 compagnes présentent une famille dominante c'est : Chlorurée et sulfatée calcique et magnésienne

Tab.III.16.Classification des eaux souterraines : différentes compagnes selon PIPER

Campagne chimique		**Famille des eaux**
2019	**Février**	Chlorurée et sulfatée calcique et magnésienne
	Avril	
	Mai	
2012		Chlorurée sulfatée calcique et magnésienne

La présentation des analyses chimiques de la campagne récente de 2019 sur ce type de diagramme (Fig.III.13) permet d'avoir une approche globale de la composition chimique des eaux de surface. Le tableau (III.16) montre que les eaux du barrage k'Sob présentent une famille dominante est : Chlorurées sulfatées calciques et magnésiennes. Elle garde la même famille que celle enregistrée par Agouni et al ; 2012.

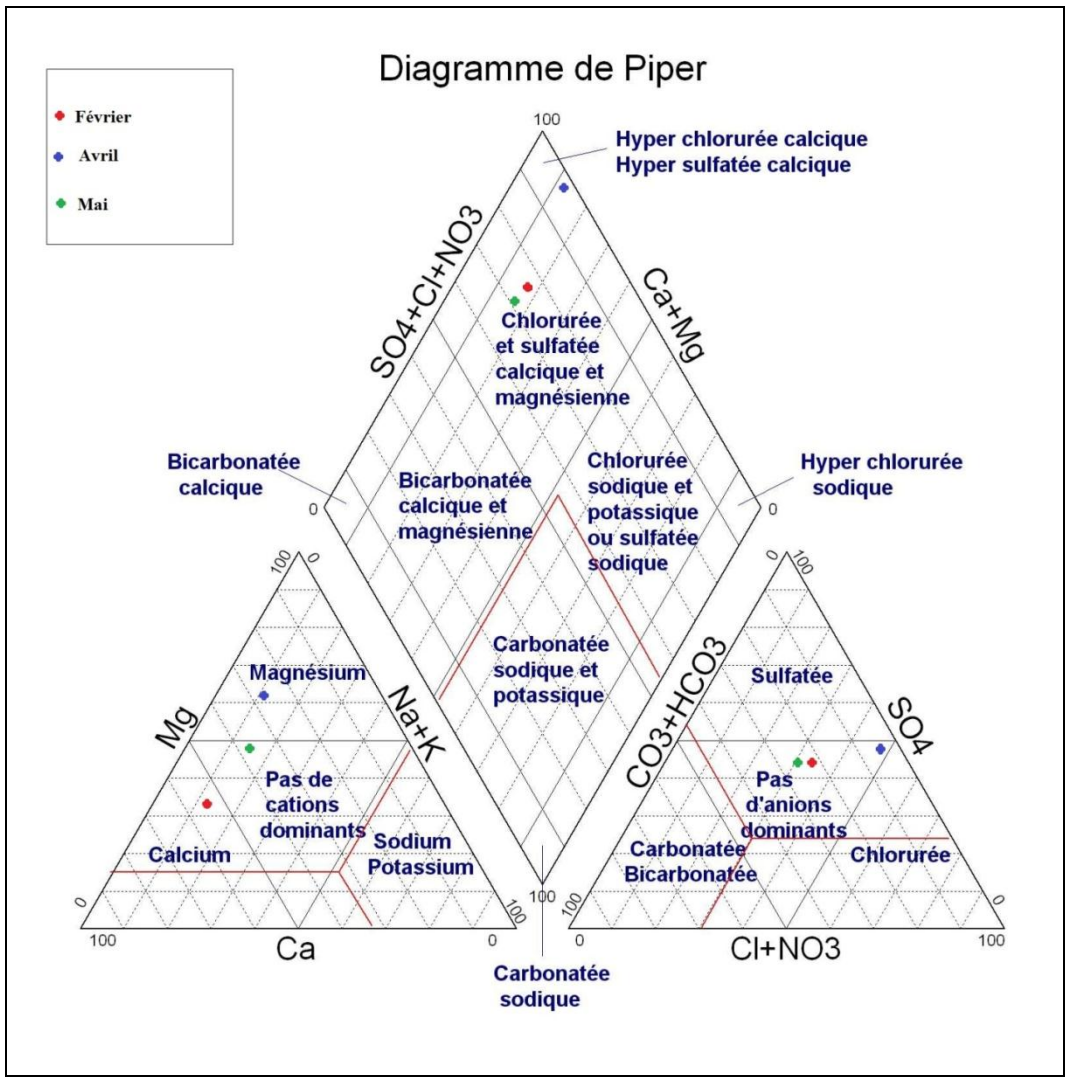


Fig.III.13 : Diagramme de PIPER de l'eau de barrage

III.2.3. État de la qualité des eaux en vue d'un usage agricole

La qualité de l'eau utilisée pour l'irrigation est un paramètre essentiel pour le rendement des cultures, le maintien de la productivité du sol et la protection de l'environnement.

Par sa qualité chimique l'eau de surface au niveau du barrage K'Sob est exploité principalement pour l'irrigation. Afin d'estimer l'influence de ces eaux sur le sol et sur certaines cultures pratiquées dans la région, nous allons essayer d'évaluer leur aptitude à l'irrigation. Pour cela, nous allons utiliser trois (03) méthodes simplifiées en fonction du type de sol, qui sont :

- Le taux d'absorption de sodium (SAR) ou celle du Riverside ;
- Le pourcentage de sodium (Na%) du Wilcox;

- L'indice de perméabilité (IP).

III.2.3.1. Classification de Wilcox

Généralement, les plantes supportent mal les sols saturés en sodium. La classification de Wilcox fondée sur la conductivité électrique et la teneur du sodium dans l'eau, est définie par la formule suivante:

$$\%Na = \frac{(Na^+ + K^+) \times 100}{(Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^+ + K^+)}$$

Où tous les éléments sont exprimés en méq / l.

Cette classification définit cinq classes d'eau:

-Excellente -Bonne -Admissible -Médiocre et -Mauvaise.

Tab.III.17 : Résultat de la teneur en sodium (%Na^+) de l'eau de barrage.

	Fév	Avril	Mai	Moyenne
CE (µs/cm)	941	1016	1304	1087
%Na	15,74	13,11	17,83	15,56

D'après le tableau III.17 , le pourcentage du Na^+ tourne autour d'une moyenne de 15,56 avec un maximum de 17,83 au mois du Mai et un minimum de 13,11 au mois d'Avril.

La classification basée sur le Na% définit une classe d'eau : bonne (Fig.III.14). L'étude qui a été faite par Aggouni et al (2012) a également trouvée que les eaux de barrage K'Sob ne représente aucun risque sur les plantes selon la classification de Wilcox.

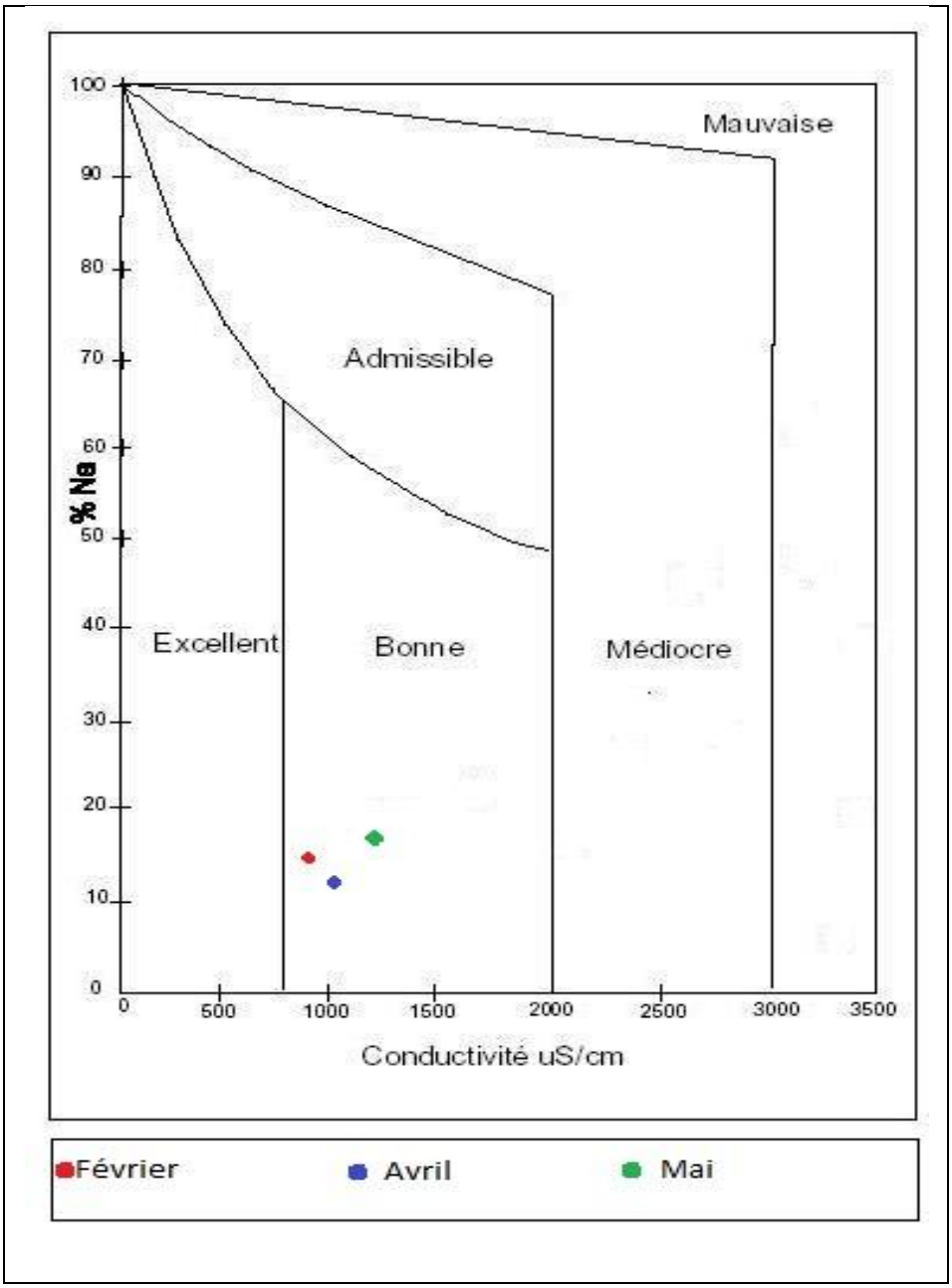


Fig.III.14: Diagrammes de WILCOX de l'eau de barrage de K'Sob

III.2.4. Diagramme de Riverside

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

Le SAR utilisée en combinaisons avec la conductivité électrique (CE) de l'eau.

$$SAR = \frac{Na^{+}}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}}$$

Où tous les éléments sont exprimés en méq/l.

La directive l'interprétation de la qualité **(Tab.III.18)** nous permet de conclure qu'en fonction de SAR et CE (Tab.), la qualité de l'eau ne représente aucunes restrictions pour l'irrigation.

Tab.III.18 : Résultats de SAR et CE (µs/m)

Mois	SAR	CE (µs/m)
Février	0,79	0,941
Avril	0,94	1,016
Mai	1,1	1,304
Moyenne	0,94	1,086

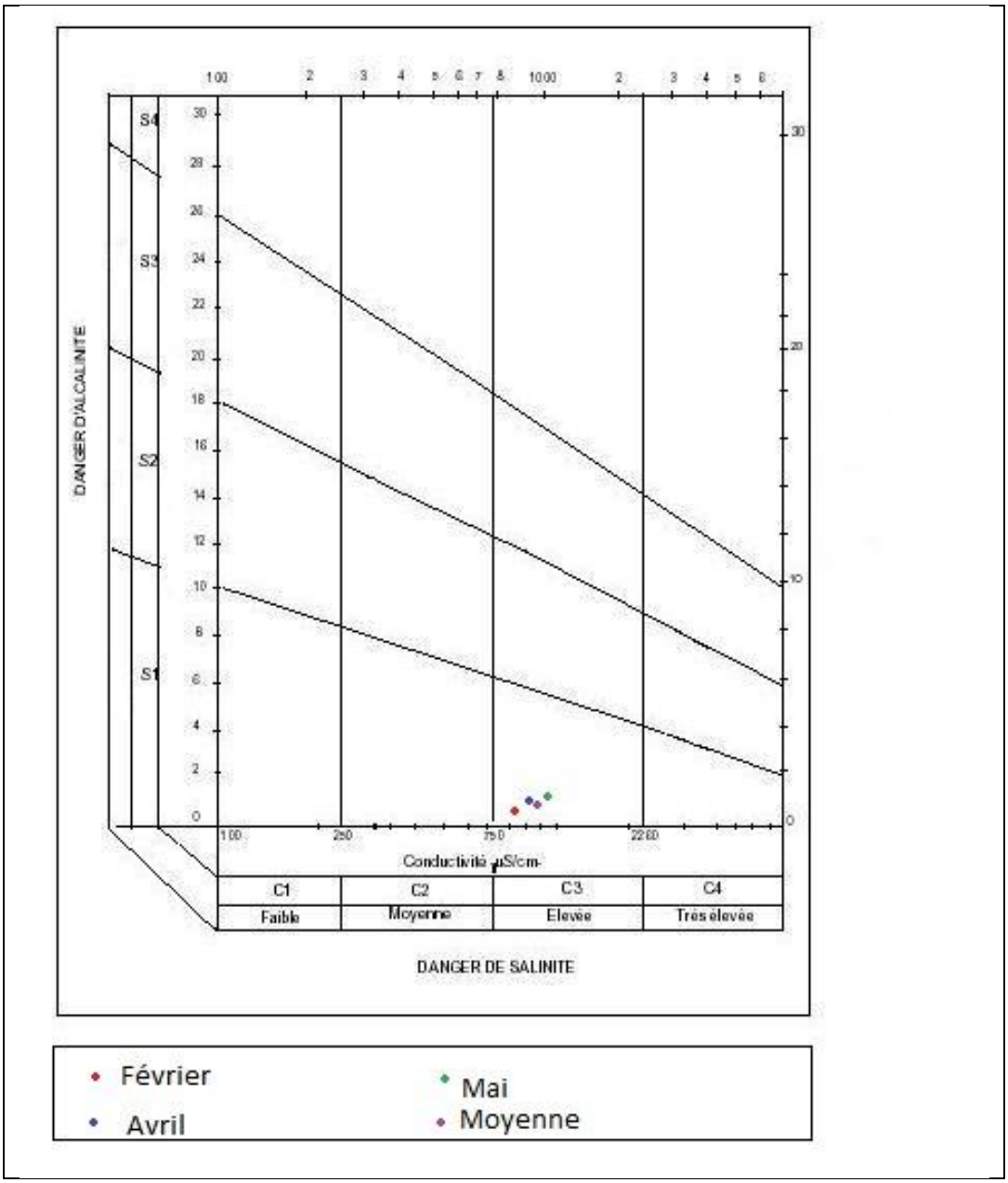


Fig.III.15: Diagramme de classification des eaux d'irrigation sur la base de SAR et CE (Richards, 1954)

La représentation des données dans le diagramme de salinité américain décrit par Richards (1954) des échantillons prélevés durant les mois Février, Avril et Mai montre que dans l'ensemble de secteur d'étude, le S.A.R représente une seule classe : C3S1 (Tab.III.18):

Donc 100 % des échantillons d'eau étaient dans la catégorie C3S1. Cette classe, désigne des eaux médiocres, utilisables seulement pour l'irrigation de cultures tolérantes aux sels, sur des sols bien drainés ou de bonne perméabilité, avec une salinité qui doit être contrôlée.

III.2.5. Indice de perméabilité

Doneen (1964) a exprimé l'indice de perméabilité (IP) (Fig.III.16) comme indiqué dans l'équation suivante :

$$IP = \frac{\left(Na^{+} + \sqrt{HCO_3}\right) \times 100}{\left(Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^{+} + K^{+}\right)}$$

Où tous les éléments sont exprimés en méq / l (Ragunath, 1987).

Tab.III.19. Résultat de l'indice de perméabilité

	Février	Avril	Mai	Moyenne
Concertation totale (méq/l)	15,493	23,382	20,606	-
IP (méq/l)	37,053	17,576	32,154	28,92

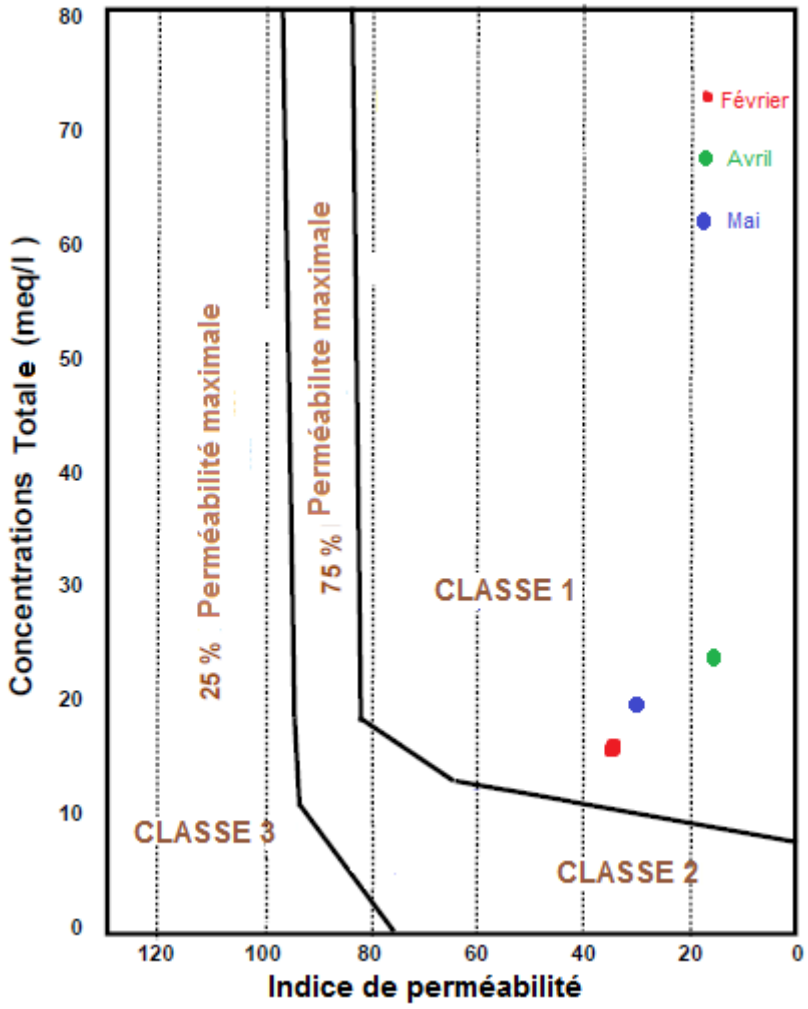


Fig.III.16 :Diagramme de l'indice de perméabilité. (Doneen ;1964)

Les résultats du tableau. III.19, montre que l'indice de perméabilité oscille autour d'une valeur moyenne de 28,92 ; avec un maximum de 37 au mois du Février et un minimum de 17,5 au mois d'Avril.

Ainsi, d'après la figure.III.16, il ressort que les échantillons d'eau de surface de la zone d'étude sont répartis comme suit :

- 100% se trouvent dans la classe 1. Donc, les eaux de la classe 1 peuvent être utilisés dans l'irrigation sans effets négatifs sur la perméabilité des sols, du fait de leur faible concentration en Na^+.

Conclusion

Conclusion générale

Pour conclure ce travail, il convient de rappeler que le barrage de K'Sob est localisé dans la partie nord du bassin versant du Hodna qui est le 5^{éme} grand bassin dans le territoire algérien de point de vue de sa superficie (26 000 Km^2). Ce barrage a été réalisé pour irriguer un périmètre agricole en aval d'une superficie de 1460 Km^2.

L'objectif principal de notre étude était de suivre l'évolution temporelle de la qualité physico-chimique de l'eau du barrage K'Sob (période de 3 mois) et de comparer nos résultats avec ceux qui ont été trouvés par Aggouni et al en 2012.

Donc, l'étude de la qualité physicochimique des l'eau du barrage de K'Sob, nous a permis de dire que d'après:

- L'aperçu géologique, les formations prédominantes sont d'âge tertiaire avec une épaisseur assez limitée. Ceci nous permet de dire que la zone d'étude a une perméabilité faible à moyenne mais l'action de l'érosion reste importante sur la majorité de la surface du bassin surtout sur la zone à forte pente et dépourvue de végétation.

- Le bassin du K'Sob est caractérisé par des précipitations moyennes annuelles de l'ordre de 22,188 mm pour une température moyenne annuelle de 15,297 °C. L'évaporation moyenne est de l'ordre de 0,192 Hm^3.

Les résultats obtenus des analyses éffectués au cours de l'année 2019 pendant les mois de Février, Avril et Mai sont caractérisés par une température inférieure à 25°C, ce qui est acceptable pour faire de l'irrigation du périmètre agricole.

- Un pH alcalin lié à la nature du sol du bassin.

- Les eaux ont une conductivité moyenne de l'ordre de 1071,5 µS/cm, traduisant une minéralisation moyenne.

- Des taux importants du résidu sec et des MES.

- Des fortes concentrations en éléments chimiques suivants : Ca^{++}, Mg^{++} et Na^{+}. Ces teneurs élevés provient de lessivage des formations traversées par les eaux de surfaces pendant son écoulement vers le réservoir du K'Sob.

- L'analyse des concentrations des éléments chimiques suivants : Cl^-, SO_4^{-2}, HCO_3^- et CO_3^- montre que :

  - Le taux de Chlorures est élevé dans le barrage à cause des apports du bassin versant et l'évaporation de l'eau du réservoir.
  - Les concentrations élevées en ion SO_4^{-2} qui provient essentiellement des formations évaporitiques tel que le gypse affleuré dans la majorité de la surface du bassin.
  - Des faibles concentrations en Carbonate CO_3^- et en Bicarbonate HCO_3^- dans les eaux du barrage, à cause du faible temps de contact entre l'eau écoulé et les roches de calcaires l'entourage du barrage.

- Une faible concentration de nitrate NO_3^-.

- La classification des eaux selon SCHOELLER et BERKALOFF a donnée un faciès Chloruré-calcique et magnésienne, et chlorurée et sulfaté calcique et magnésienne selon la classification de PIPER.

- La projection des valeurs du le diagramme de Riverside ou du SAR permet de classer les eaux dans la classe C_3 S_1. Ces eaux sont caractérisées par une salinité élevée mais avec taux de sodium faible.

- La classification de Wilcox a montrée que les eaux du barrage est de bonne qualité pour l'irrigation.

A la fin de cette expérience, nous suggérons des recommandations suivantes :

- Implanter une station climatique complète au niveau du barrage K'Sob (Manque des données des paramètres : T° de l'air et ETP particulièrement) ;
- Suivie proche ou local de la qualité physico-chimique de l'eau du barrage dans un laboratoire au sein du siège de l'administration du barrage ;
- Appliquer strictement les règlements ayant trait aux rejets des effluents liquides, industriels et thermale, est nécessaire ;

- Implanter une station d'épuration en amont du barrage afin d'éviter si non limiter toute pollution d'origine urbaine ou industrielle ;

- Curage continu du réservoir (fournir des machines avancées d'extraction de la boue à partir de barrage).

Références bibliographiques

1) **Achour, S. (2001).** Incidence des procédés de chloration, de floculation et d'adsorption sur l'évolution de composés organiques et minéraux des eaux naturelles. Thèse de Doctorat d'Etat en Sciences Hydrauliques. Université de Tizi-Ouzou, Algérie. 231 p.
2) **AGBRC du 24/03/2011.**Etablissant des normes de qualité environnementale,des normes de qualité de base et des normes chimiques pour les eaux de surface contre la pollution causée par certaines substances dangereuses et autres polluants.
3) **Alqawati, M.Azamiidrissi, Y.Alemad1, A.Belhaili, I.Marc, I.Baichout, F.Elkharrim, K.et Belghyti,D. (2015).**Analyse et contrôle de la qualité physico-chimique des eaux souterraines de la région SIDI ALLAL TAZI-Gharb-MAROC.Laboratoire l'ORMVAG Kénitra,Maroc.420-429p.
4) **Ameur S. et Amroune F ; 2007** - Etude de l'état de l'environnement d'oued k'sob (M'Sila) (Qualité de l'eau-flore -Faune et Aménagement), Mem. Ing., Dép. Biologie, Univ. M'Sila, 69p.
5) **Belhadj, M. (2017).**Qualité des eaux de surface et leur impact sur l'environnement dans la wilaya de Skikda.Thèse doctorat en sciences.Université de Skikda, Algérie.6p.
6) **Benkadja, R. et Hattab ,A. et Mahdaoui ,N.et Zehar ,C. (2012).** Assessment of soil losses and siltation of the K'sob hydrological system (semi-arid area-East Algerie). Arabian J. Of Geo-science.doi 10.1007/s12517-012-0653-z.
7) **Boissonneault,Y.(2009).**Etats des eaux.URL :WWW.BOISSONNEAULT.CA.
8) **Bouaroudj, S. (2012).**Evaluation de la qualité des eaux d'irrigation.Mémoire de fin d'étude.Université de constantine, Algérie.1p.
9) **Boukaf S et Oudah I. (2017).** Ecoethologie du Grèbe castagneux. Tachybaptus ruficollis (Pallas, 1764) dans le barrage ElK'Sob (M'Sila). Mémoire de fin d'étude.Université M'sila. Algérie.8p.
10) **Chapman, D. Kimstach, V. (1996).** Selection of water quality variables. Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environment monitoring, Chapman edition, 2nd ed. E & FN Spon, London, pp. 59-126.
11) **Couture, I. (2004).** Principaux critères pour évaluer la qualité de l'eau en micro-irrigation, Ed Québec, 13 p.

12) **De Villers J, Squilbin M, yourassowsky C ;(2005).** Qualité physicochimique et chimique des eaux de surface.Institut Bruxellois pour la gestion de l'environnement.

13) **Djermakoye, H. (2005).** Les eaux résiduaires des tanneries et des teintureries ; Caractéristiques physico-chimiques, bactériologiques et impact sur les eaux de surface et les eaux souterraines. Thés Doc Pharmacie. Université de BAMAKO. 123p.

14) **El blidi, S. Fekhaoui, M. El Abidi, A. Idrissi, L. Benazzou, T. (2006).** Contamination des rizières de la plaine du Gharb (Maroc) par des métaux traces. Vecteur environnement, janvier.pp. 46–53.

15) **Ghazali, D., & Zaid, A. (2012).** Caractérisation physico-chimique d'eaux de la source AIN SALAMA-JERRI (région de Meknes). *Science Lib Editions Mersenne* : Volume 4, N° 20106, 3 p.

16) **Harrat, N. & Achour, S. (2010).** Pollution physico-chimique des eaux de Barrage de la région d'El Tarf. Impact sur la chloration, *Larhyss Journal*, n°8, pp. 47-54.

17) **Harrat, N. & Achour, S. (2011).** Qualité et réactivité des eaux de barrage de Zit El Amba alimentant la station de traitement d'Azzaba, Courrier du Savoir Scientifique et Technique, n°11, pp.113-117.

18) **Kahoul, M. & Touhami M. (2014).** Evaluation de la qualité physicochimique des eaux de consommation de la ville d'Annaba (Algérie). *Larhyss Journal*, n°19, pp. 129-138.

19) **Leynaud, G. (1968).** Les pollutions thermiques, influence de la température sur la vie aquatique. B.T.I. Ministère de l'agriculture, Maroc. pp 224-881.

20) **Meybeck, M. Friedrich, G. Thomas, R. Chapman, D. (1996).** Rivers Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environment monitoring, Chapman edition, 2nd ed. E & FN Spon, London.pp 49-58.

21) **Nemouchi. A (2001).** Géographie hydrologique du bassin versant endoréique du Chott El Hodna. Thèse Doct. Université de Constantine. 292-300p.

22) OPI, (2019).Répartition spatiale de couverteur végétale dans le bassin de K'Sob.

23) **Ouahchia, C. Hamaidi-Chergui, F. Hamaidi, M.S. & Saidi, F. (2015).** Qualité bactériologique de l'eau potable des différents réservoirs et chez les consommateurs de la commune de Tipaza alimentes par la station de Sidi Amar à partir de l'eau de surface du lac barrage de Boukourdane. *Larhyss Journal*, n°23, pp 139-154.

24) **Ramade F ; (1998)**. Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'eau. Ed inscienceinternationale, Paris, 786p

25) **Remini, B. Hallouche, W. (2005**). Prévision de l'envasement dans les barrages du maghreb. *Larhyss J.*, n^0 4, pp 69-80.

26) **Remini, B. (2010).**La problématique de l'eau en Algérie.*Larhyss Journal*.49p.

27) **Rodier J ;(1984)**.L'analyse de l'eau, Eaux naturelles, Eaux résiduaires et Eaux de mer, 7èmeédition. Ed.Dulod, Paris.

28) **Rodier ,J. Bazin ,C. Brotin ,J-P. Chompon ,P.& Rodi ,L.(2009).**L'analyse de l'eau Dunod ,$9^{émé}$ ed ,Paris.78-79-118 p.

29) **Sari, H. (2014).**Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source « Attar ».Mémoire de fin d'étude.Université de Tlemcen, Algérie.14-15p.

30) **Station du barrage K'Sob. (2019).**Les donnés climatiques.

31) **Station Météologique de M'sila. (2019).**Les donnes climatiques.

32) **Tatar, H. (1985).** Les Milieux et l'Occupation du Sol dans le Bassin Versant du K'Sob. Thèse Doctorat.3e cycle. Université de Caen (France).106 p.

Annexe

Annexe 1

a. Température

Elle est déterminée par l'extrapolation des données climatiques

La température maximale déterminée est d'environ 0.7C° pour 100 m d'altitude et la température minimale diminue d'environ 0.4 C° pour chaque 100m d'altitude.

On calcule la différence d'altitude :

$$674-441=233m$$

- Température maximal :

$$0.7C° \longrightarrow 100mm$$

$$T° \longrightarrow 233\ M$$

$$T° = \frac{0.7 \times 233}{100}$$

$$T° = 1.63°C$$

Chaque valeur de la T° max mensuelles et annuelle de la station de M'Sila a 441 m diminue de 1.63C° pour déterminé les valeurs de la T° mensuelle de barrage du K'Sob a 674 m.

- Température minimum :

$$0.4C° \longrightarrow 100\ m$$

$$T° \longrightarrow 233m$$

$$T° = \frac{0.4 \times 233}{100}$$

$$T° = 0.93°C$$

Chaque valeur de la T° minimale mensuelle de station de M'Sila a 441 m diminue de 0.93C° pour déterminé les valeurs de T° minimale mensuelle de la station de barrage du K'Sob a 674 m.

Annexe 2

Tableau 01 : Courbe d'étalonnage.

Dans une série de capsul de 60 mL, introduire successivement :

Numéro de capsule	**B**	**I**	**II**	**III**	**IV**
Solution étalon 5 $mg.L^{-1}$	0	1	2	5	10
Eau distillée (mL)	10	9	8	5	0
Solution de salicylate de sodium (mL)	1	1	1	1	1
Correspondant en $mg.L^{-1}$de N nitrique	0	0,5	1	2,5	5

Annexe 3

Tableau 02 : Les résultats physico-chimiques des eaux de barrage en laboratoire.(Récente 2 2019)

Mois / Paramètre	Février		Avril		Mai	
	Mg/L	**Méq/L**	**Mg/L**	**Méq/L**	**Mg/L**	**Méq/L**
Résidu sec	**699**	**/**	**1223**	**/**	**560**	**/**
Calcium Ca^{++}	**113,5**	**5,675**	**120,24**	**6,012**	**106,8**	**5,340**
Magnésium Mg^{++}	**38**	**3,166**	**161,24**	**13,436**	**89,81**	**7,484**
Sodium Na^{+}	**38**	**1,652**	**67,5**	**2,934**	**64**	**2,782**
Carbonate CO_3^{--}	**150**	**2,5**	**30**	**0,5**	**150**	**2,5**
Bicarbonate HCO_3^{--}	**305**	**5**	**61**	**1**	**305**	**5**
Chlorure Cl^{-}	**355**	**10**	**1065**	**30**	**355**	**10**
Sulfate SO_4^{--}	**296,9**	**14,845**	**574,8**	**28,740**	**270**	**13,150**
Nitrate NO_3^{-}	**1,956**	**0,031**	**0,234**	**0,003**	**1,840**	**0,029**
Dureté	**454,5**	**44,205**	**1407,4**	**97,24**	**983,05**	**64,12**

Annexe 4

Tableau 03 : Les analyses physico-chimiques des eaux de barrage en laboratoire.(Ancienne 2012)

Mois / Paramètre	Janvier	Février	Avril	Mai
Résidu sec (mg/l)	3000	1000	3000	3400
Calcium Ca^{++} (mg/l)	288	108	132	172
Magnésium Mg^{++} (mg/l)	148.23	196.83	97.2	121.5
Sodium Na^{+} (mg/l)	-	-	38	38
Potassium K^{+} (mg/l)	-	-	12	12
Bicarbonate HCO_3^{--} (mg/l)	-	105	75	105
Chlorure Cl^{-} (mg/l)	344.35	39.05	28.4	333.7
Sulfate SO_4^{--} (mg/l)	123.87	123.46	78.19	321
Nitrate NO_3^{-} (mg/l)	-	2,4	4.3	1.84

Annexe 5

Tableau 04 : Les Analyses et contrôle de la qualité bulletin d'analyses physico-chimiques (**OPI**, 06/2016).

Paramètres	**Unités**	**Résultats**	**Ref-Méthodes d'analyses**	**Concentrations maximales admissibl**
A-Physiques				
PH	/	7,68	NA-751	6,5-8,5
CE à 25^0C		1666	ISO-7888	3000
MES	mg/L	30	T90-105	30
B-Chimiques				
Chlorures	meq/L	4,44	T90-040	10
Bicarbonates	Meq/L	2,2	Spectrophotométrie	8,5

ملخص

الماء هو أساس الحياة ويستعين به الإنسان في جميع أنشطته الحياتية .تأثير نوعية مياه الري على المحاصيل هو مصدر قلق علماء الزراعة والاقتصاديين, وكان الهدف الرئيسي من هده الدراسة تقييم الجودة الفيزيائية والكيميائية لمياه سد القصب (المسيلة). تم جمع عينة من مياه السد لمدة ثلاثة اشهر فيفري ,أفريل و ماي.

النتائج المتحصل عليها:

درجة الحرارة الموسمية أقل من 25 درجة مئوية و درجات الحموضة محايدة, أما التوصيل الكهربائي فكان متوسط الحموضة , والماء ذو نوعية جيدة مع ارتفاع في الملوحة وانخفاض للصوديوم مع قيم مرتفعة للكلورير ,السيلفات , المغنزيوم , الكالسيوم والصوديوم وقيم منخفضة للنيترات ,الكربونات و البيكربونات.

ومنه نجد أنه لا يوجد تغيير واضح بين دراسة 2012 و 2019 .

الكلمات المفتاحية : نوعية فيزيائية كيميائية , مياه الري , مياه سطحية , سد القصب –المسيلة- .

Résumé

L'eau est la basse de la vie et est utilisée par l'homme dans toutes ses activités.L'effet de la qualité de l'eau d'irrigation sur les cultures est une préoccupation des agronomes et des économistes. L'objectif principal de cette étude était d'évaluer la qualité physico-chimique de l'eau du barrage de K'Sob (M'Sila).

Un échantillonnage de l'eau du barrage a été prélevé mensuellement durant une période de trois mois de février , avril et mai 2019. Les résultats obtenus ont permis de conclure que :

- La température inférieure à 25°C , et un pH alcalin , CE qui est traduisant une moyenne minéralisation ,bonne qualité d'après Wilcox ,SAR classer à C_3S_1 (Salinité élevée ,Sodium faible). D'après schoeller l'eau chloruré-calcique et Selon Piper chlorurée et sulfaté calcique et magnésienne.
- Des teneurs élevées en Cl^-,SO_4^{-2},Ca^{+2},Mg^{+2},Na^+ ; Des faibles concentrations de CO_3^- ,HCO_3^-,NO_3^-. Donc Il n'y a pas de changement clair entre les études de 2012 et 2019.

Mots clés : Qualité physico-chimique , Eau d'irrigation , Eau de surface ,Barrage d'Oued K'Sob.

Abstract

Water is the lowest of life and is used by man in all his activities.The effect of irrigation water quality on crops is a concern of agronomists and economists. The main objective of this study was to evaluate the physico-chemical quality of the water dam of K'Sob (M'Sila).

A sampling of dam Water was taken monthly for a period of three months february ,april ,may 2019.The results obtained led to the conclusion that :

- The temperature below 25 °C with an alkaline pH,CE that is translating average mineralization ,good quality after Wilcox,SAR classify at C_3S_1.
- High levels in Cl^-,SO_4^{-2},Ca^{+2},Mg^{+2},Na^+ ; Low concentrations of CO_3^-,HCO_3^-,NO_3^-.

So there is no clear change between the studies of 2012 and 2019.

Key words : Physico-chemical quality,Irrigation water,Surface water,Dam of Oued K'Sob.