



République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



UNIVERSITE ABBES LAGHROUR - KHENCHELA

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

DEPARTEMENT : Ecologie et environnement

Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de

MASTERII

FILIERE : Ecologie Et Environnement

OPTION : PDESP(Protection Décontamination Des eaux et sols pollués)

Thème

***Etude de l'impact des rejets des eaux usées sur la
qualité des eaux d'Oued el Kissane d'el Hamma***

Présenté par :

MELLE: Rahali Awatif

MELLE : Rahmoune Hafidha

Jury de soutenance :

Président : M^r Ziouch Omar Remzi

Univ. Abbès Laghrou-Khenchela

Encadreur : M^r Daifallah Tarek

Univ. Abbès Laghrou-Khenchela

Examineur : M^{me} Halimi Samia

Univ. Abbès Laghrou-Khenchela

Invité: M^r Bakha Abdelhani

Univ. Abbès Laghrou-Khenchela

Promotion : 2016

Remerciement:

Nous remercions s'adressent premièrement et avant tout au « Dieu » tout puissant, qui nous a aidés à réaliser ce travail, et pour sa grâce tout au long de notre vie professionnelle et personnelle.

*Nous tenons à remercier vivement notre enseignant encadreur monsieur, **Daifallah Tarek**. Pour sa patience et de son soutien durant le déroulement de ce travail qu'il trouve ici l'expression de notre reconnaissance et notre profond respect.*

*Ce travail doit également beaucoup à monsieur **BAKHA Abdelhani** pour ses conseils, orientations et sa disponibilité le long de l'élaboration de ce travail.*

*Nous adressons aussi notre sincère remerciement à **MELLE MIZANE NOUR EL HOUDA** ou j'ai bénéficié de leurs conseils et de leurs connaissances.*

Merci infiniment à nos familles et tous les amis et collègues grâce auxquels nous avons pu atteindre ce modeste sommet de connaissance

Enfin je remercie l'ensemble des membres de département de biologie, ainsi que tous ceux qui a participé de près ou de loin à la réalisation de cette étude, en leur assurant notre respect et notre reconnaissance



dédicace

Je dédie ce mémoire a mes chers parents ma mère et mon père pour leur patience, leur amour, leurs soutien et leurs encouragements.

Mes frères et sœurs : Ahmed, Djmouai, Toufik, Haroun, Chames eddine,

Karima et Ghania,

Ansi qu'a tous mes enseignants, et particulièrement mon encadreur:

Daifallh Tarek.

A mes amis et mes camarades : Ikram, Rahima, Zineb, Sabra, Fatma, Selma, Lyla, Amira

Samia, Nour, Hassena, Hamama, Nawal, Amina, Nihad, Meryem. et la fleure de

kabyl : Tasaadit .

A ma belle sœur mon binome Rahmoune Hafidha.

Une grande dedie de ce modeste travail specialement et profondiment a Monsieur

Thabti Mohamed pour son encouragement .

Sans oublier tout les professeurs que ce soit du primaire, du moyen, du secondaire ou

de l'enseignement supérieur

A la promotion 2016



Rahali Awatif

Dédicace

J'ai le grand plaisir de dédier ce modeste travail :

A ma très chère mère, qui me donne toujours l'espoir de vivre et qui n'a jamais cessé de prier pour moi.

A mon très cher père, pour ses encouragements, son soutien, surtout pour son amour et son sacrifice afin que rien n'entrave le déroulement de mes études

Ames frères et mes sœurs, surtout mes neveux Raid et Adem, en témoignage de la fraternité, avec mes souhaits de bonheur de santé et de succès. Et à tous les membres de ma famille.

A mes meilleurs amis : Najwa, Hasna, Hana, Assia, Imene , Imane H , Zahio , Hanan .Racha. Sara .Rahima. Noor. Jihed. Asma

Et mes chers collègues

Et tout qui m'aide et compulse ce modeste travail. Mr. Samir , Mr Bakhouch.F , Mr Djalil

En fin, je remercie mon binôme, Rahali Awatif, qui a contribué à la réalisation de ce modeste travail.



Rahmoune Hafidha

Liste des abréviations

ETP	Évapotranspiration potentiel
ETR	Évapotranspiration réel
RFU	Réserve facilement utilisable
EX	Excédent en eau du sol
Ia	Excédent en eau du sol
Min	Minimum
Max	Maximum
Mo	Moyenne
T	Température
P	Précipitation
Ca⁺	Calcium
Mg⁺	Magnésium
K⁺	Potassium
Na⁺	Sodium
Cl⁻	Chlorure
SO₄⁻	Sulfate
NO₂⁻	Nitrate
NO₃⁻	Nitrate
NH₄	Ammonium
P₂O₅	Phosphate
DCO	Demande chimique en oxygène
DBO	Demande biologique en oxygène
OD	Oxygène Dissous
CE	Conductivité Électrique
PH	Potentiel d'hydrogène
Zn	Zinc
Cr	Chrome
Cu	Cuivre
Cd	Cadmium
Hg	Mercure
Pb	Plomb
ONM	L'Office de météorologie

Table de matière

I Situation géographique de la Zone d'étude et du sous bassin d'Oued el Kissane	2
II Cadre géologie.....	5
II.1 Litho stratigraphie.....	5
II.1.1 Trias	5
II.1.2 Crétacé inférieur	5
II.1.3 Albo- Aptien	5
II.1.4 Albien	6
II.1.5 Miocène	6
II.1.6 Quaternaire	6
IV Cadre géomorphologique	8
V Aperçu pédologique sur les principaux sols de la wilaya.....	9
Conclusion :.....	11
Introduction	12
I Analyse des données climatiques.....	12
I.1 Equipement du bassin	12
I.2 Le régime pluviométrique saisonnier.....	13
I.3 Répartition annuelle des précipitations	14
I.4 Répartition mensuelle des précipitations	15
I.5 Le coefficient pluviométrique	15
I.6 La température:	16
II Caractérisation du climat	17
II.1 Le diagramme Ombrothermique.....	18
II.2 Indice de Martonne	19
III Estimation de l'évapotranspiration.....	20
III.1 Evapotranspiration potentielle (ETP).....	21
A) Calcul de l'ETP selon Thornthwaite	21
III.2 Évapotranspiration réelle (ETR).....	21
Formule de TURC	21
Méthode du bilan hydrique selon Thornthwaite.....	22
IV Le bilan hydrologique	26
IV.1 Ruissellement	26
IV.2 L'infiltration.....	26
Conclusion.....	27

Introduction	28
I Généralité sur la pollution des cours d'eau	28
I.1 Les principaux types de polluants	28
I.1.1. Les polluants physiques	29
I.1.2. Les polluants chimiques	30
I.1.3 Les polluants organiques	30
I.2 Les éléments pouvant constituer un signe de pollution.....	32
I.2.1 L'oxygène dissous.....	32
I.2.2. Les Nitrites	32
I.2.3. Les nitrate.....	33
I.2.4 Les phosphates (PO ₄)	33
I.2.5 Les matières – organique	33
I.2.6 Demande biochimique en oxygène (DBO).....	33
I.2.7 Demande chimique en oxygène (DCO)	33
Introduction	34
I.1 Matériel et méthode	35
I.1.1 pH-mètre HACH sension1 (Description).....	35
I.1.2 Spectrophotomètre	35
I.1.3. Méthode colorimétrique.....	36
I.1.4 Méthode de Charpentier-VolhardCHLORURE.....	37
I.1.5 Méthode potentiométrique avec électrode de verre	37
I.1.6 Photomètre à flamme	37
I.1.7 Spectromètre d'absorption atomique	38
I.1.8 Méthode d'Accuvac	38
II Discussions des résultats.....	38
II.1. La balance ionique.....	38
II.2.1 Potentiel d'hydrogène (pH)	39
II.2.2 Conductivité électrique (CE)	40
II.2.3 : La température	41
II.3.4 Taux de salinité.....	41
II.3 Les facies chimiques.....	42
II.4 Les Éléments chimiques	45
II.4.1 Les cations	45
II.4.2 Les Anions	48

II.4.3 Les métaux lourds	56
<i>CONCLUSION</i>	61
Bibliographie.....	63

Liste de tableaux

Tableau 1 Valeurs du coefficient pluviométrique d'après la formule précédente de la station d'El hamma, (1997 -2015).	16
Tableau 2 Répartitions de la température moyenne mensuelle d'el Hamma entre la période (1997-2015).....	17
Tableau 3 Indice de Martonne (1923)	19
Tableau 4 Calcul du bilan hydrologique selon la méthode de C .W. Thornthwaite.....	23
Tableau 5 Les paramètres mesurés par la méthode spectrophotométrique :	36
Tableau 6 Les indicateurs des couleurs d'eaux	37

Liste de figures

Figure 1 Situation géographique au bassin d'oued el Kissane	3
Figure 2 Carte géologique de la Wilaya de Khenchela (Direction de l'environnement).....	4
Figure 3 Carte des principales horizons aquifères (D.H.W.K) modifiée par Boubelli.S.....	8
Figure 4 Carte lithologique de la wilaya de Khenchela(Direction de l'environnement de la wilaya de Khenchela).....	11
Figure 5 : de réseau hydrographique du bassin d'oued el Kissane.....	13
Figure 6 Le régime pluviométrique saisonnier d'el Hamma, période de (1997-2015)	14
Figure 7 Courbe de variation de précipitation moyenne annuelle de la station d'el Hamma au période de 18 ans (1997-2015).....	14
Figure 8 Histogramme de variation des précipitations moyennes mensuelles de la station d'El Hamma (1997-2015).....	15
Figure 9 Histogramme de variation de la température moyenne mensuelle (1997-2015).....	17
Figure 10 Diagramme Ombrothermique.....	18
Figure 11Abaque de l'indice d'aridité annuel de Martonne.....	20
Figure 12 Moyenne pluri -annuelle des éléments climatiques de la station d'Elhamma (1997-2015)	24
Figure 13 présentation géographique du bilan selon.....	25
Figure 14 Photo d'Oued el Kissane el HammaKhenchela	31
Figure 15 Carte d'inventaire des points d'échantillonnage d'eau de prélèvement (avril 2016).	34
Figure 16 mesure de pH et CE au terrain	35
Figure 17 spectrophotomètre HACH.....	36
Figure 18 Photomètre à flamme	38
Figure 19 Courbe de variation du pH des eaux de Oued el Kssane (avril 2016)	39
Figure 20 Représentation graphique de la CE de l'eau	40
Figure 21 Courbe de variation de T° l'eau, T° l'air (avril 2016).....	41
Figure 22 Courbe de variation de TDS de l'eau.....	42
Figure 23 Représentation des résultats sur Diagramme de Piper	43
Figure 25 Courbe de variation de magnésium et calcium	46
Figure 26 Courbe de variation de potassium.....	47
Figure 27 Courbe de variation de sodium	47
Figure 28 Courbe de variation d'ammonium	48
Figure 29 Courbe de variation de la concentration des nitrites dans l'eau.....	49
Figure 30 Courbe de variation de nitrates	50
Figure 31 Courbe de variation de chlorures	51
Figure 32 Courbe de variation de bicarbonates.....	51
Figure 33 Courbe de variation de sulfates.....	52
Figure 34 Courbe de variation de phosphates	53
Figure 35: Courbe de variation de DCO et DBO5	54
Figure 36 Courbe de variation de DCO / DBO	55
Figure 37 Courbe de variation d'oxygène dissous	56
Figure 38 Courbe de variation de zinc, nickel, plomb et cadmium.....	57
Figure 39 Courbe de variation des métaux cuivre et chrome.....	59
Figure 40 Courbe de variation du mercure.....	60

INTRODUCTION GENERALE

L'eau est la matière première la plus importante sur notre planète, pour les êtres humains, les animaux, les plantes et les micros organismes. Pratiquement tous les phénomènes vitaux de la biosphère sont liés à la disponibilité de l'eau. L'eau n'est donc pas uniquement espèce vital, vecteur énergétique ou moyen de transport, mais également un élément essentiel pour tout genre de production.

Une eau est polluée naturellement ou sous l'effet de l'activité humaine, elle devient impropre à toutes utilisations d'où elle présente un danger pour l'environnement.

L'eau de surface englobe toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents (rivières, lacs, étangs, barrages,...). La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains traversés par ces eaux durant leurs parcours dans l'ensemble des bassins versants. Cette composition se trouve également modifiée suite à l'évaporation intense au niveau des plans d'eau libre. Ces eaux sont le siège, dans la plupart des cas, d'un développement d'une vie microbienne à cause des déchets jetés dans le milieu aquatique et de l'importante surface de contact avec le milieu extérieur. Ceci rend les eaux rarement potables avant traitement (Degremont, 1989).

Notre travail est rentre dans cette perspective qui sera abordé de la maniéré suivant :

La 1^{ère} partie (théorique) ; est réservée à l'étude bibliographique comprenant trois

Chapitre :

- le premier chapitre C'est Description de la zone d'étude (El Hamma, Khenchela).
- Le deuxième chapitre : traitera la partie climatique d'el Hamma
- Le troisième : la pollution de l'eau en général

La2^{ème} partie (pratique) ; a été réservée à l'étude expérimentale comprenant deux Chapitre :

- Le premier chapitre traitera la méthodologie de travail, présentation de matériels utilisés soit

- In situ ou au laboratoire d'une part, et techniques de mesures et d'analyses d'autre part.
- Le deuxième chapitre; et l'interprétation des résultats d'analyse.

CHAPITRE I DESCRIPTION DE LA ZONE D'ETUDE

I Situation géographique de la Zone d'étude et du sous bassin d'Oued el Kissane

La wilaya de Khenchela est située à l'Est de l'Algérie, au contrefort des monts des Aurès, dans géographie comprise entre 6° 32' et 7° 34' de longitude Est et entre 35° 7' et 35° 38' de latitude Nord. Elle est limitée géographiquement au :

-Nord : par la wilaya d'Oum el Zouaghi

-Sud : par la wilaya d'El Oued

-Est: par la wilaya de Tébessa

-Ouest : par la wilaya de Batna

-Sud-ouest : par la wilaya de Biskra

La superficie de la wilaya est estimée de 7915.6 Km² composée de 8 daïra et 21 communes (Direction de tourisme, 2007)

La région de Khenchela se distingue par ses milieux physiques et naturels très diversifiés et à facettes multiples, alliant entre :

- Paysages telliens (zones de haute montagne, bien arrosées et bien boisées à paysages verdoyants) : Monts des Aurès occupant la partie ouest de la wilaya ;

- Paysages de hautes plaines (hautes plaines céréalières semi-arides) pour la partie Nord de la wilaya ;

- Paysages steppiques et sahariens composés : de monts totalement dénudés et érodés (monts des Némenchas à l'Est), d'oasis (Siar, Khirane et El Ouldja) et de basses plaines (El Meita et Ouazerne).

Elle est caractérisée par sa vocation agro-sylvo-pastorale ou la superficie agricole

Représente 22%, les forêts, 12% et la steppe représente 49% de la superficie totale (Direction générale du budget 166p)

CHAPITRE I DESCRIPTION DE LA ZONE D'ETUDE

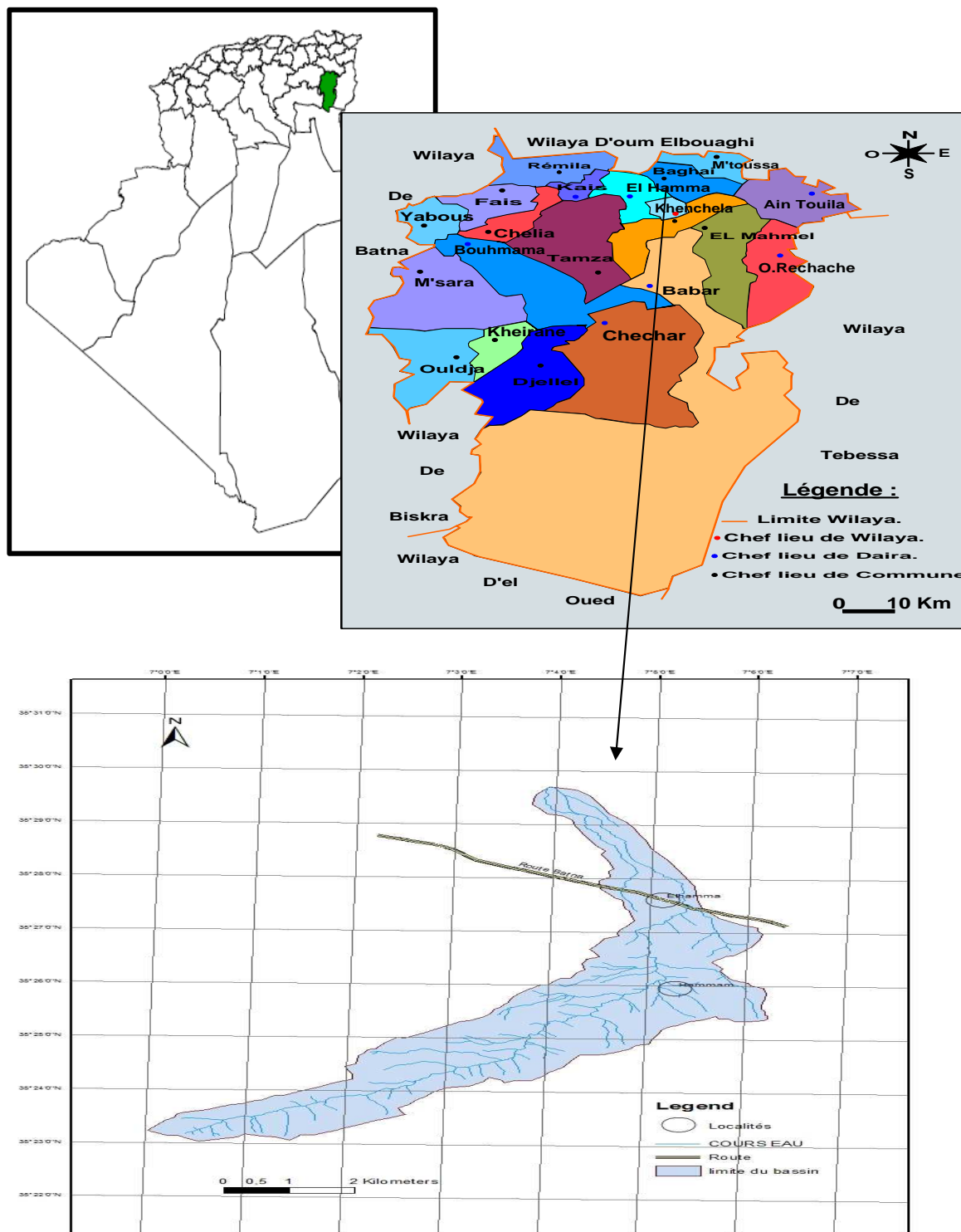


Figure 1 Situation géographique au bassin d'oued el Kissane

Le sous bassin versant de l'Oued el Kissane situe entre latitude 35° et 35°30' N, et longitude 7° et 7°6'5"E, d'une superficie de 37,5 km². Caractérisé par des altitudes allant de 850 m à 1900 m, drainé par Oued el Kissane et ses affluents, qui passe par la dépression de Hammam el Salhine et traverse la ville d'el Hamma avant d'arrivée à sa destination finale qui est la plaine de Rémila.

CHAPITRE I DESCRIPTION DE LA ZONE D'ETUDE

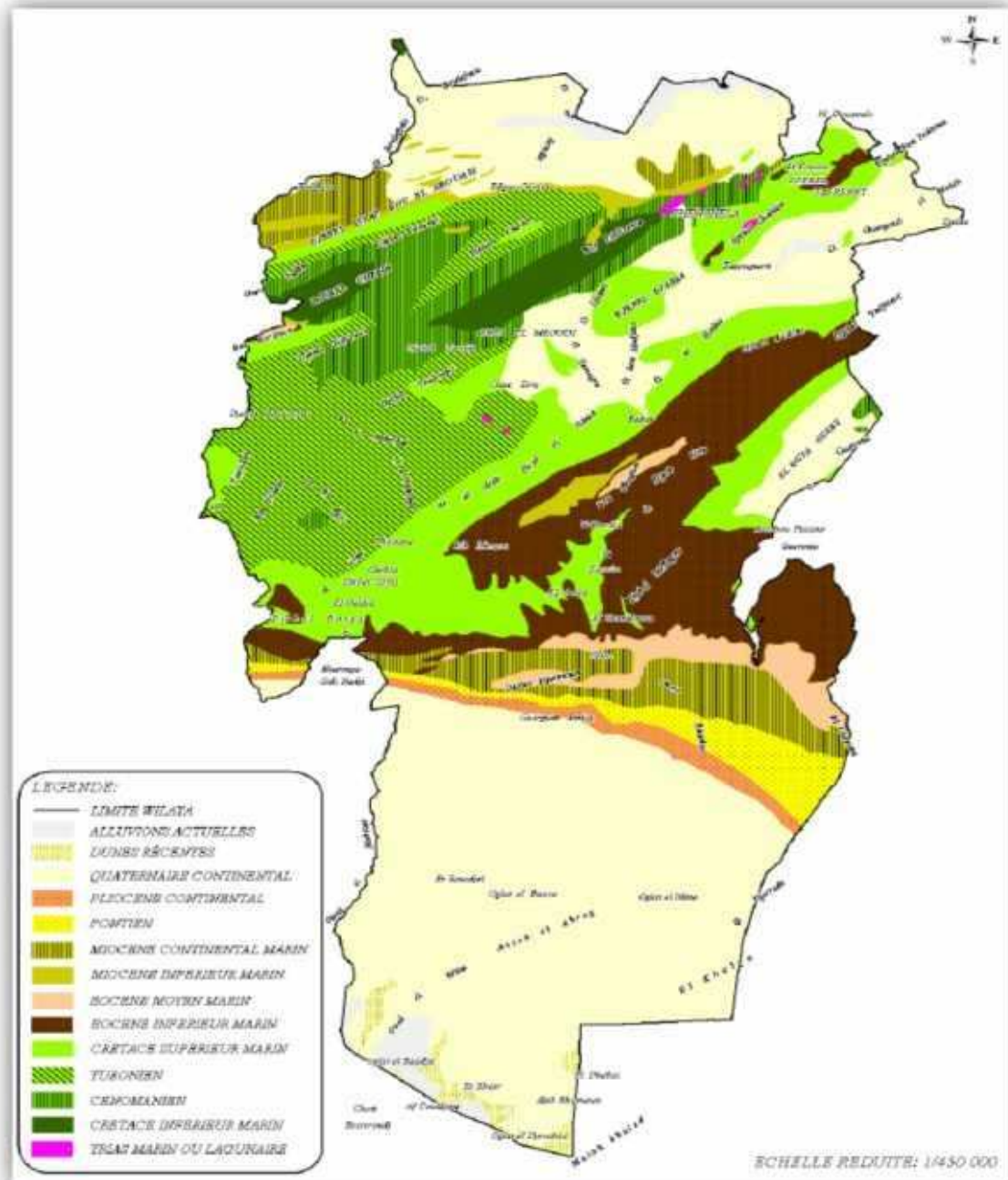


Figure 2 Carte géologique de la Wilaya de Khenchela (Direction de l'environnement)

CHAPITRE I DESCRIPTION DE LA ZONE D'ETUDE

II Cadre géologie

L'étude du cadre géologique, géomorphologique et structurel est très importante car elle nous permet d'avoir une bonne idée sur la nature du terrain afin de comprendre la relation qui existe entre la géologie et le faciès chimique

II.1 Litho stratigraphie

La puissante série stratigraphique du bassin étudié est composée à sa base par un socle mésozoïque sur lequel repose, en discordance, une couverture sédimentaire allant du Trias supérieur jusqu'au Quaternaire.

II.1.1 Trias

Dans les régions qui entourent la dépression de Remila, les affleurements triasiques sont assez nombreux et très localisés à proximité de Khenchela, où il isole le Miocène du Crétacé, suivant une bande de 4 à 5 km de long et de 300 à 400 m de large et, sur Djebels El Kourma et Kniffe en contact anormal avec l'albien, le Cénomaniens et le Sénonien

La série triasique comportait probablement à l'origine, de la base vers le sommet : une formation évaporitique épaisse, en particulier sous la forme d'amalgames intensément remplissés, représentent les indices les plus sûrs de la présence du Trias. Le gypse est le plus fréquent, en amas saccharoïdes blanc grisâtre, durs, ou sous forme de grands cristaux

Les argiles et marnes bariolées, de couleur verdâtre, rougeâtre à violacée, constituent les roches les plus abondantes à l'affleurement.

II.1.2 Crétacé inférieur

Dans le vaste massif de l'Aurès, le Crétacé inférieur constitue l'essentiel des reliefs les plus élevés : Djebel Chelia et Djebel El-Aide.

On notera dans l'Aurès le développement important des dépôts gréseux aux dépens des dépôts carbonatés.

II.1.3 Albo- Aptien

Dans le sud-ouest du massif de l'Aurès, l'Aptien est représenté par un faciès continental net grès à dragées, marnes rouges, montant jusque dans l'Aptien. Lorsque l'on se déplace vers le Nord-Ouest, les couches passent à des quartzites sans fossiles à la base (Barrémien) et à des marnes fossilifères (Aptien inférieur) au sommet. Dans le Nord, ces quartzites sans fossiles

CHAPITRE I DESCRIPTION DE LA ZONE D'ETUDE

présentent, surtout à la base de l'étage, des intercalations de calcaires marins (Djebel Aidel et Bou Arif), l'épaisseur de l'étage varie de 400 m environ (Sud) à 250 m (Nord).

II.1.4 Albien

L'Albien débiterait dans l'Aurès, selon la description de R. Laffitte, par des alternances de grès et de marnes atteignant le plus souvent 150 à 200 m d'épaisseur.

Puis les calcaires, assez rares jusque-là, tendent à se substituer aux grès, sur une cinquantaine de mètres environ. Au-dessus de ces assises viennent des alternances de calcaires et de marnes (40 m environ)

II.1.5 Miocène

Le miocène est assez bien conservé au Nord de l'Aurès dans un bassin qui s'étend approximativement de Batna à Khenchela

Reposant en discordance sur le Crétacé inférieur on observe généralement à la base de la série des conglomérats et calcaires à Algues, dont la puissance dépasse rarement une vingtaine de mètres. Au-dessus viennent des alternances de marnes gréseuses gris-brun et de grès calcareux qui, d'après R. Laffitte (1939), peuvent se poursuivre aux environs 250 m entre Lambèse et Timgad et 300 m entre Khenchela et Kais sur la bordure Sud du bassin de Remila, où elles sont surmontées par 150 m de marnes gréseuses grises. La série comporte ensuite des marnes argileuses rouges gypseuses continentales qui sont discordante sur le Crétacé (300 à 400 m) admettant encore à leur base quelques récurrences grises ou vertes.

II.1.6 Quaternaire

Les formations quaternaires sont particulièrement bien développées dans les régions comprises entre les reliefs crétacés des monts des Aurès au sud et la dépression centrale du bassin de Rémila, établie principalement sur le Néogène Les piémonts sont ici généralement modelés en glacis à couverture détritique peu épaisse, dont les plus visibles sont situés au sud d'El Hamma et Kais, à matériel grossier. Ces glacis sont constitués au voisinage immédiat des reliefs par des alternances de couches de Cailloutis et blocailles et de colluvions avec un enrichissement en calcaires dans les horizons superficiels. Lorsqu'on s'éloigne du piémont l'épaisseur des couvertures de glacis diminue rapidement. Les formations anciennes sont constituées par des Alternances de conglomérats et de sables surmontés par des sédiments fins

CHAPITRE I DESCRIPTION DE LA ZONE D'ETUDE

argilo sableux, rouge au sommet desquels apparaît une croûte calcaire blanche. (Berkani, 2011)

III Hydrogéologie de la wilaya de Khenchela

Les estimations en eau souterraine de la wilaya ont été établies par l'ANAT sur la base des caractéristiques de nombreux forages. Trois (03) nappes ont été différenciées et ce grâce à leurs profondeurs moyennes :

- La nappe phréatique (en moyenne inférieure à 100 m de profondeur) est captée par plusieurs forages répartis à travers la wilaya (Nord, Est et Sud). Cette nappe alimente plusieurs sources d'intérêt local (Ain El Fedj, AinKrim, Ain Frengal), le point d'exurgence de ces sources est généralement une faille ou une fracture.
- Une nappe moyenne (des grès miocènes): sa profondeur varie de 100 à 300 m est elle aussi, captée par de nombreux forages à travers la wilaya.
- Une troisième nappe peut être différenciée par sa profondeur qui varie de 300 à 600 m (nappe profonde) ; Cette nappe concerne exclusivement le Sud de la wilaya (ANDI, 2013).

CHAPITRE I DESCRIPTION DE LA ZONE D'ETUDE

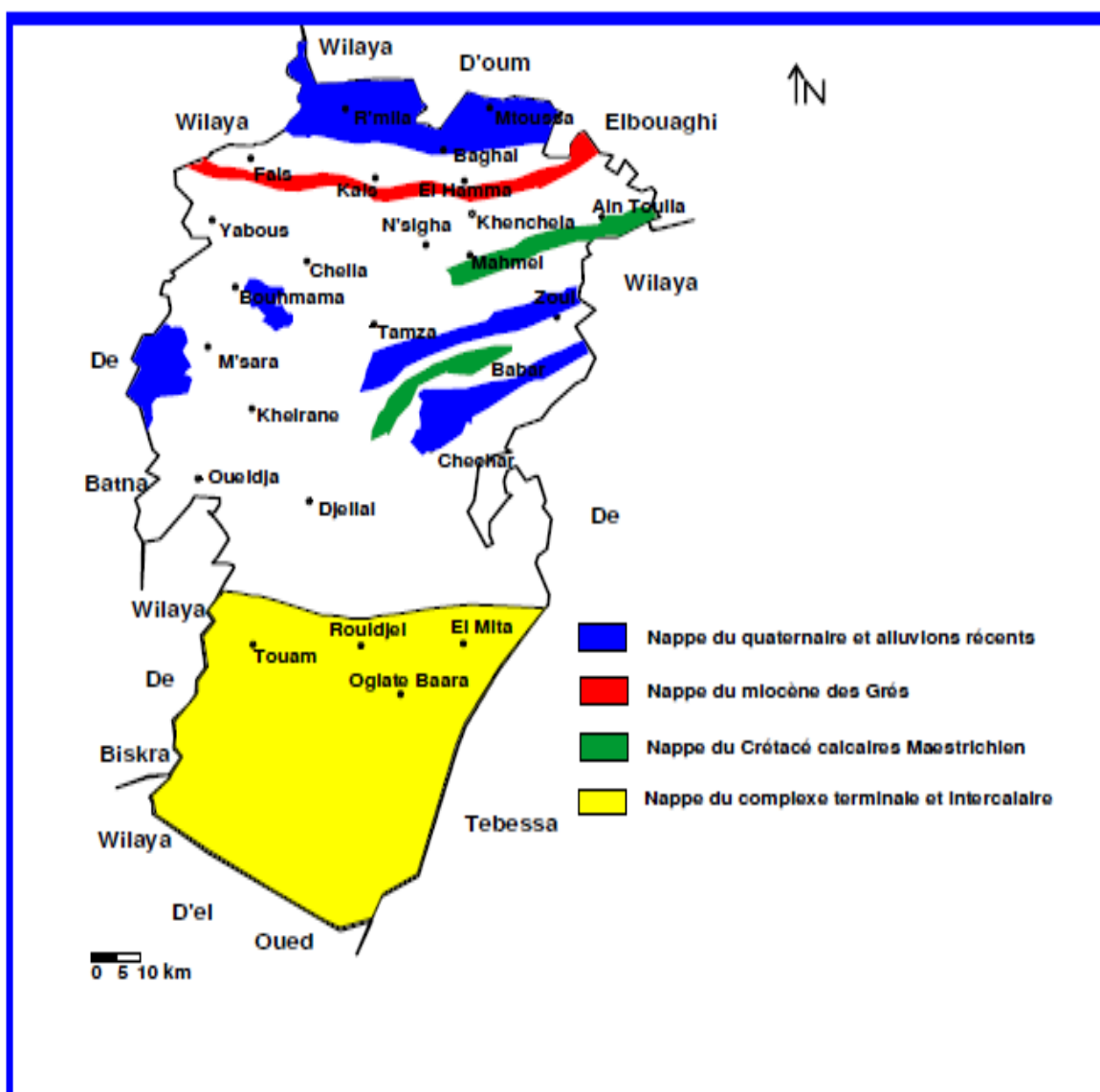


Figure 3 Carte des principales horizons aquifères (D.H.W.K) modifiée par Boubelli.S

IV Cadre géomorphologique

Le territoire de la région de Khenchela est situé dans une zone de transition entre le domaine atlasique, assez plissé au Nord et la plateforme saharienne au Sud.

Le contact entre ces deux domaines est très brutal ; est marqué par un grand accident tectonique, appelé « flexure Sud-atlasique ».

Dans la wilaya, on rencontre deux grands ensembles sédimentaires :

- Un ensemble souple affecté par des plis ayant généralement une direction Sud-ouest/Nord-est. (Khabtane, 2010).
- Un ensemble rigide affecté par des failles.

CHAPITRE I DESCRIPTION DE LA ZONE D'ETUDE

Le relief de la wilaya de Khenchela présente, d'une manière générale, trois compartiments distincts :

-Une zone de hautes plaines, au nord, qui se singularise par une altitude d'ensemble oscillant entre 825 et 900m et une pente généralement faible (inférieure à 3%). Ces hautes plaines, sorte de belvédère, constituent un prolongement Nord aux affleurements calcaires du site naturel du Hammam et occupée par la plaine de Rémila.

- Une zone de montagnes au centre de la wilaya, formée par le massif des Aurès Enéménchas, dont le point culminant atteint 2169m sur le Djebel Chélia, ce qui fait de lui l'un des sommets les plus élevés de l'Atlas Algérien. Cette zone, dont l'altitude oscille entre 1000 et 2169 m, est entrecoupée par des vallées étroites, de direction générale nord-est et dans l'une desquelles se trouve engouffré Hammam El Salhine ceinturé par des reliefs de moyenne altitude

.- Une zone de plaines steppiques et présahariennes au sud, dont une partie se situe au-dessous du niveau de la mer (Oglat El Djerabaa : moins 26m). De topographie relativement plane, elle appartient à la grande cuvette du bassin de chott Melghir où se situe le grand Erg oriental. (Mizane, 2012)

V Aperçu pédologique sur les principaux sols de la wilaya

Compte tenu de la diversité des caractéristiques morphologiques, lithologiques, et climatiques du territoire de la wilaya, il en résulte un large éventail de sols, dont la formation est conditionnée par la couverture végétale. La carte pédologique de l'Algérie, établie par JH DURAND, confortées par des études ponctuelles plus récentes, permet de cerner d'une manière assez générale les principaux sols rencontrés au niveau de la wilaya. La carte des sols, dressée à l'échelle du 1/500 000 par JH DURAND, a dénombré six classes de sols, auxquelles il convient d'ajouter la classe des sols minéraux brut (affleurement de la roche mère) et la classe des sols halomorphes (sols salés):

Les sols calcaires humifères : Ils sont rencontrés sur les monts et les piémonts de l'Aurès, à une altitude comprise entre 1 000 et 1500mètres.

Les sols insaturés humifères : Ces sols sont rencontrés sur les reliefs les plus élevés (plus de 1500mètres d'altitude) de l'Aurès. Ils sont occupés par des forêts.

Les sols calciques : Ces sols sont rencontrés sur les bas piémonts, et sur les hautes plaines longeant la route qui mène de Khenchela à Fais en passant par Kais et Remila. Ils s'étendent à l'Est jusqu'à Ain Touilla et au Sud jusqu'à Babar en partant de Khenchela.

CHAPITRE I DESCRIPTION DE LA ZONE D'ETUDE

Les sols éoliens d'ablation : Ces sols sont rencontrés au Sud de la wilaya, sur les piémonts des monts Némenchas, dont l'altitude est située entre 200 et 500 mètres.

Les sols éoliens d'accumulation : Ils sont localisés uniquement dans la zone sud de la wilaya, près du chott Melghir (Solssablonneux).

Les sols alluviaux basiques : Ces sols sont localisés sur des zones de changement de pente, c'est à dire les zones où la pente devient plus douce. on les rencontre principalement dans les plaines entourant les dépressions (dépression de Gâaret et Taref, cuvette du bas Sahara, et la dépression de Tazougart), mais aussi au niveau des vallées encaissées de Babar, de Bouhmama et de la plaine de Guentis.

Les sols salins: Ces sols caractérisant les dépressions sont rencontrés au niveau des zones d'accumulation. Ils sont le résultat d'une hydrologie à écoulement endoreïque ou de la présence de roches triasique (gypse : rochesaline).

Les roches mères : Ces roches, résultat d'une érosion intense due a une conjugaison de facteurs négatifs (relief montagneux, intensité des pluies, substratum tendre et à une absence de couvert végétal pérenne) affleurent notamment les monts des Némenchas.

CHAPITRE I DESCRIPTION DE LA ZONE D'ETUDE

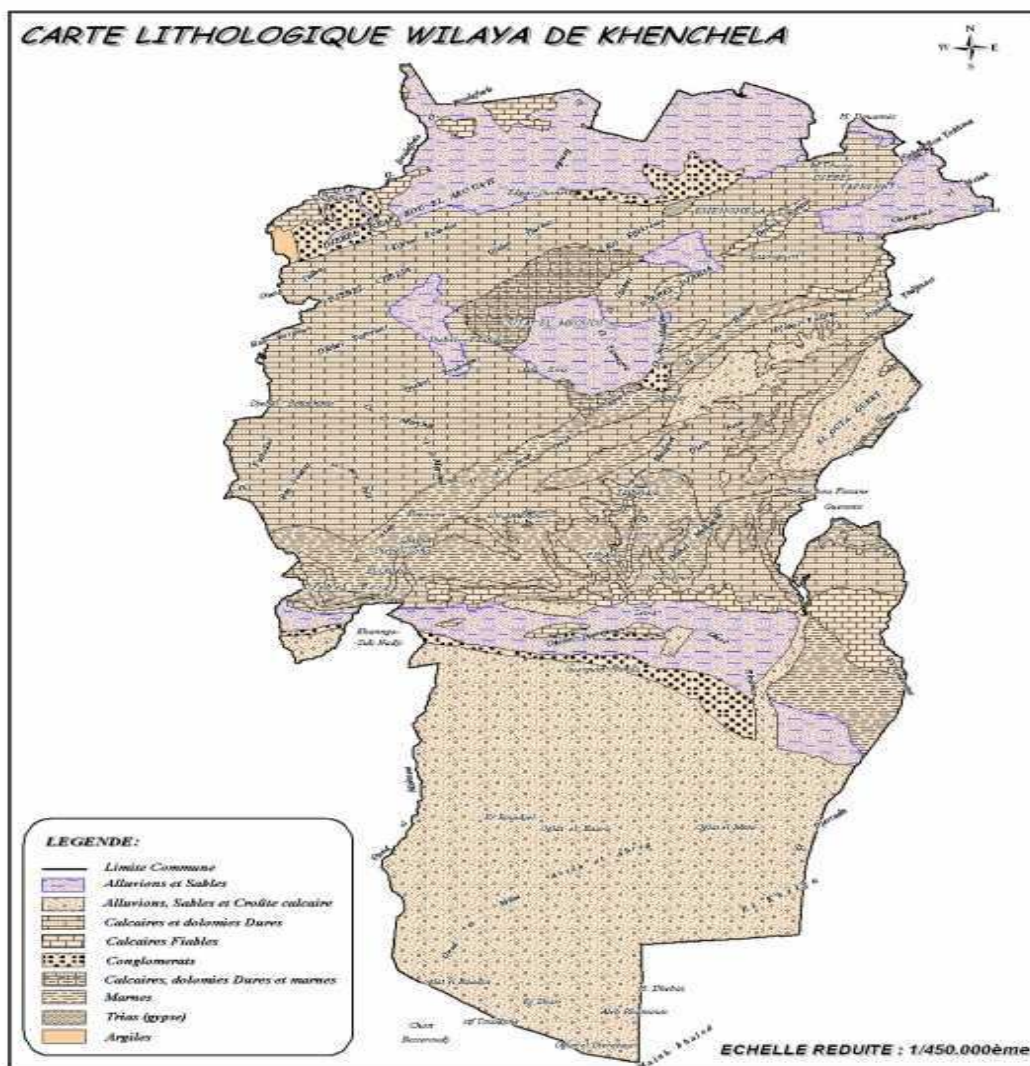


Figure 4 Carte lithologique de la wilaya de Khenchela(Direction de l'environnement de la wilaya de Khenchela).

Conclusion :

On peut conclure que le bassin objet de notre étude est dominé par des roches carbonatées, à savoir le calcaire d'âge Quaternaire, et des évaporites qui remontent au Trias sous forme de roches gypseuses.

CHAPITRE II HYDROCLIMATOLOGIE

Introduction

La climatologie s'intéresse à l'analyse quantitative à plus long terme de la moyenne des paramètres requis pour caractériser les états de l'atmosphère, principalement la température de l'air, la lame d'eau précipitée, la durée d'insolation, la direction et la vitesse du vent.

De point de vu climatique, la wilaya de Khenchela se caractérise par un climat continental, à hiver froid et été chaud et sec. Les caractéristiques climatiques de la zone d'étude sont celles de la station météorologique de Khenchela.

L'étude des données climatiques permettant d'analyser les facteurs du climat de cette zone qui nous renseignera sur :

Le type du climat.

Le comportement hydro climatologique du bassin versant.

Le bilan hydrologique.

Ces paramètres sont mesurés soit sur le terrain (précipitations, températures, évaporation) soit calculé par des formules (ETP, ETR, R, I).

I Analyse des données climatiques

I.1 Equipement du bassin

La station pluviométrique d'El Hamma qui a servi pour l'étude des paramètres climatiques. Les données analysées correspondent à des hauteurs mensuelles et annuelles des pluies et des températures qui ont été recueillies par l'Office National de Météorologie (ONM).

CHAPITRE II HYDROCLIMATOLOGIE

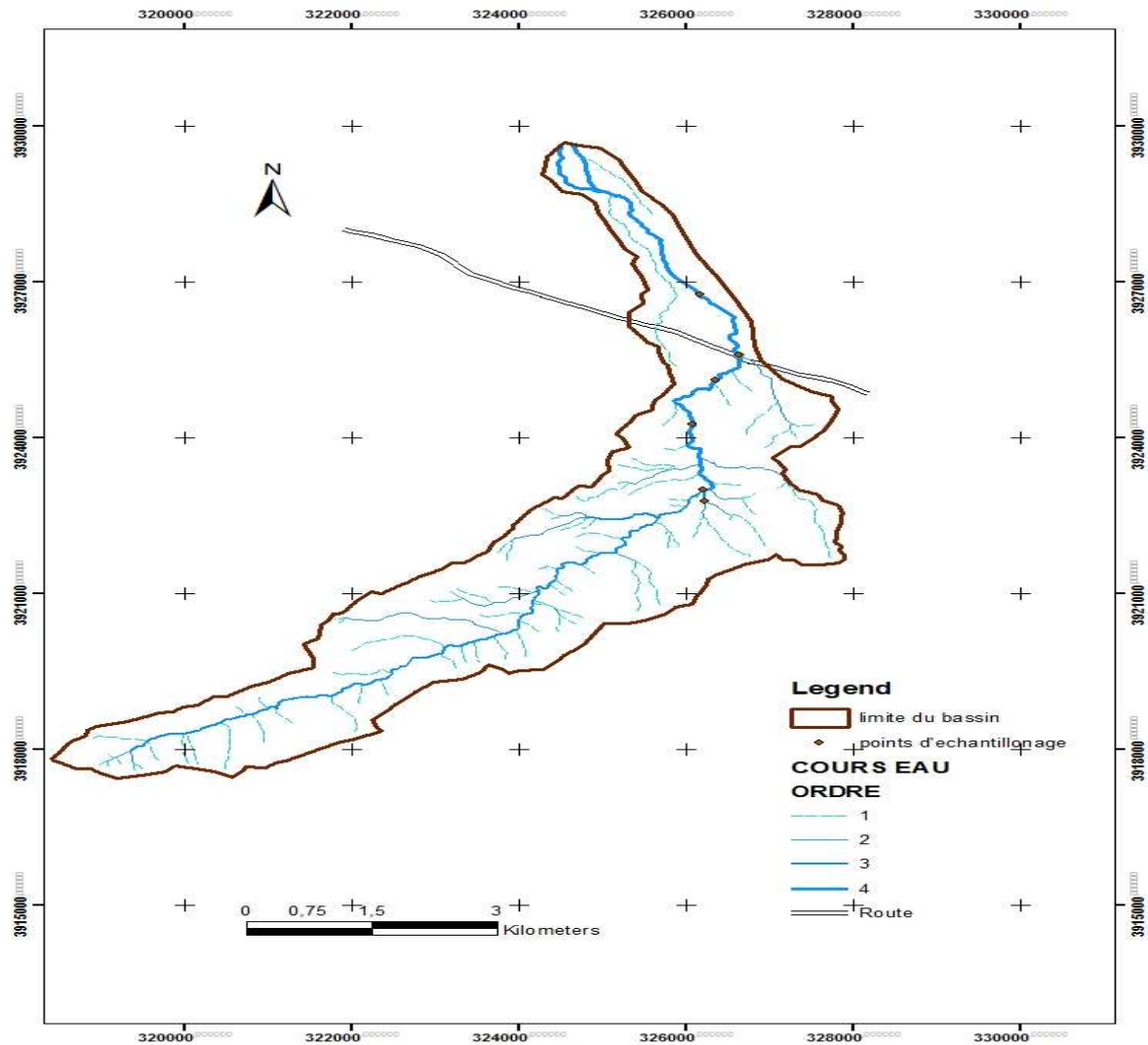


Figure 5 : de réseau hydrographique du bassin d'oued el Kissane

I.2 Le régime pluviométrique saisonnier

Les régimes saisonniers, schématisés par la (fig. 06) sont de type P.A.H.E ce régime saisonnier des précipitations correspond à notre zone d'étude, la saison la plus pluvieuse est celle du printemps avec environ 30% de précipitation, l'été est la saison la moins pluvieuse, mais reste considérable avec un pourcentage de 17,66%. L'automne vient en deuxième rang avec 28,34%.

CHAPITRE II HYDROCLIMATOLOGIE

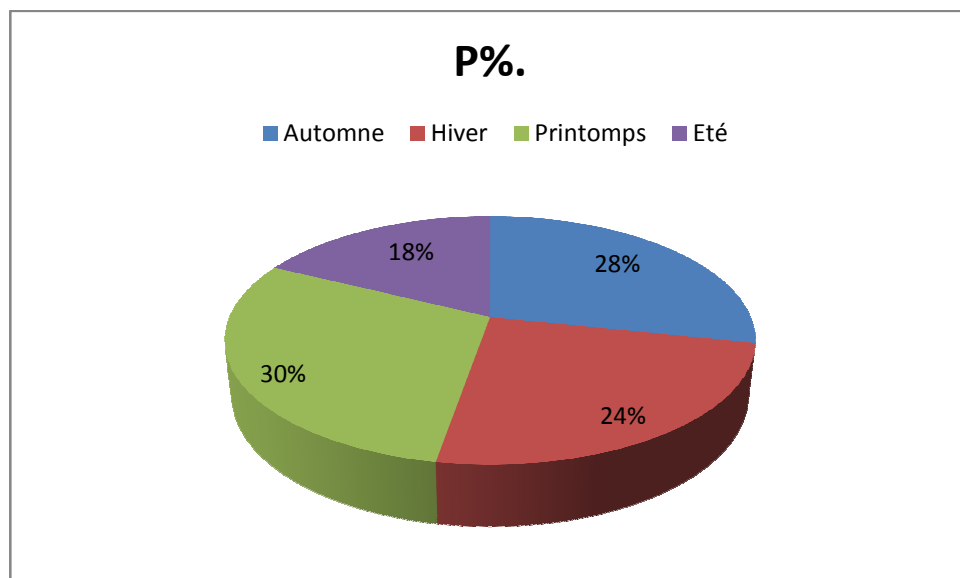


Figure 6 Le régime pluviométrique saisonnier d'el Hamma, période de (1997-2015)

I.3 Répartition annuelle des précipitations

Le régime pluviométrique joue un rôle prépondérant dans l'hydrochimie par le lessivage des terrains. Plus la pluviométrie est forte, plus la solubilité des sels minéraux est grande.

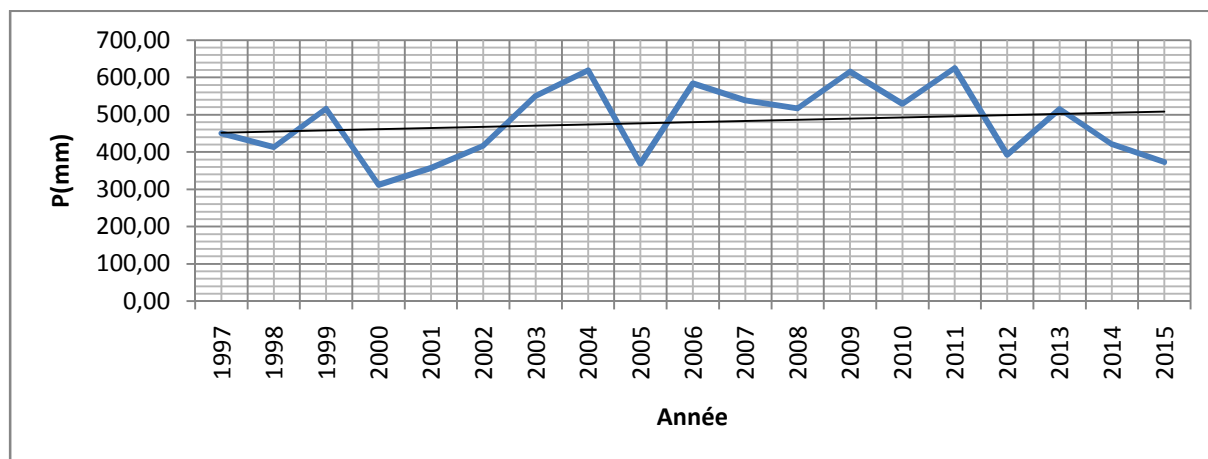


Figure 7 Courbe de variation de précipitation moyenne annuelle de la station d'el Hamma au période de 18 ans (1997-2015)

On remarque qu'il y'a une irrégularité de la répartition annuelle des précipitations, L'année la plus pluvieuse étant 2014, avec une hauteur annuelle de plus de 300 mm. L'année 2000 étant la plus sèche avec une hauteur annuelle de 311 mm.

I.4 Répartition mensuelle des précipitations

Les régimes des précipitations mensuelles sont à l'origine de l'écoulement saisonnier, des régimes de cours d'eau, de l'adaptation de la végétation et de l'agriculture (Djebaili, 1978),

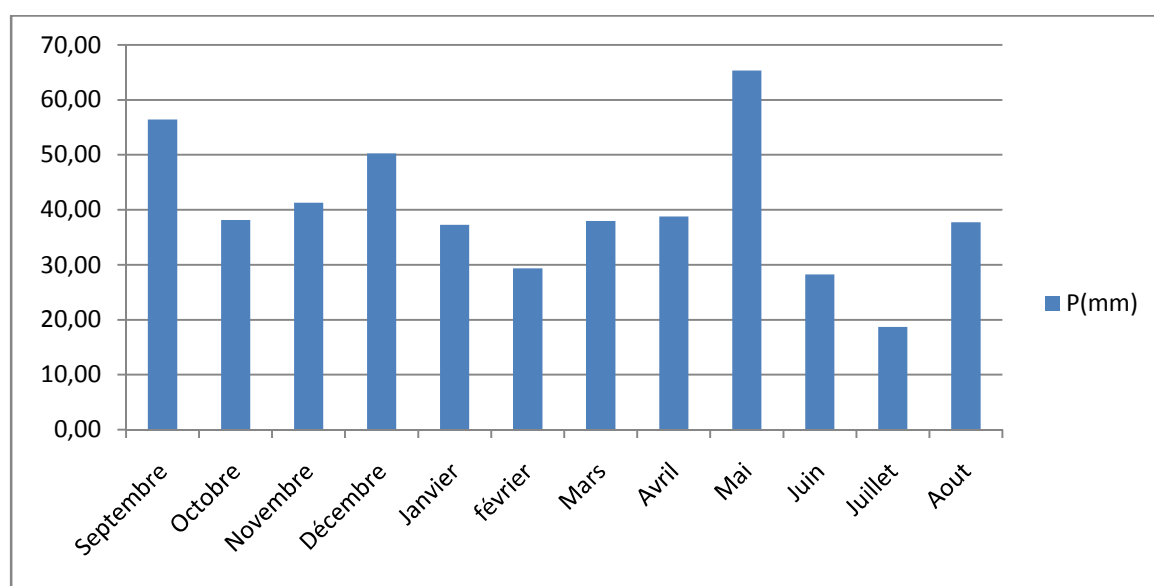


Figure 8 Histogramme de variation des précipitations moyennes mensuelles de la station d'El Hamma (1997-2015).

Les données pluviométriques mentionnées dans la figure n°08 montrent que le mois de Mai est le plus arrosé avec une moyenne de 65,43 mm. Juillet étant le mois le plus sec avec une moyenne de 17,84 mm.

La forte précipitation marquée dans la saison estivale joue un rôle très important dans le lessivage des roches, car le couvert végétal est presque nul.

I.5 Le coefficient pluviométrique

C'est un paramètre climatique important, représentant le rapport de la pluviométrie de l'année considérée au module pluviométrique pour la station donnée.

Soit

$$\bar{H} = \frac{H_i}{H} \quad \text{Avec :}$$

\bar{H} : Coefficient pluviométrique ;

H : Pluviométrie moyenne pour une période de N années ;

CHAPITRE II HYDROCLIMATOLOGIE

(Dans notre cas $H = 479.5$ mm) ;

H_i : Pluviométrie de l'année considérée en (mm).

Ce coefficient pluviométrique permet de déterminer les années excédentaires ($\bar{H} > 1$) et les années déficitaires ($\bar{H} < 1$).

Tableau 1 Valeurs du coefficient pluviométrique d'après la formule précédente de la station d'El hamma, (1997 -2015).

Année	Précipitation (mm)	Coefficient pluviométrique H	Observation
1997	449,9	0,93	Déficitaire
1998	413	0,85	Déficitaire
1999	516,4	1,06	Excédentaire
2000	311,9	0,64	Déficitaire
2001	357,4	0,74	Déficitaire
2002	416,66	0,86	Déficitaire
2003	550,2	1,13	Excédentaire
2004	618,6	1,27	Excédentaire
2005	368,6	0,76	Déficitaire
2006	583,6	1,20	Excédentaire
2007	538,2	1,11	Excédentaire
2008	516,6	1,06	Excédentaire
2009	615,3	1,27	Excédentaire
2010	529,1	1,09	Excédentaire
2011	625	1,29	Excédentaire
2012	392,3	0,81	Déficitaire
2013	515,1	1,06	Excédentaire
2014	420,9	0,87	Déficitaire
2015	372,9	0,77	Déficitaire

Le tableau montre une succession entre sèches et excédentaires sur toute la période d'observation

I.6 La température:

La température de l'air est un paramètre important qui régit le retour de l'eau à l'atmosphère par le phénomène de l'évapotranspiration.

L'étude des températures moyennes mensuelles et annuelles est primordiale, car elles permettent d'évaluer le déficit d'écoulement des bassins versants.

CHAPITRE II HYDROCLIMATOLOGIE

Tableau 2 Répartitions de la température moyenne mensuelle d'el Hamma entre la période (1997-2015)

MOIS	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
T °C	21,59	17,17	11,13	7,39	6,59	7,18	10,57	13,84	18,34	23,47	26,94	26,31

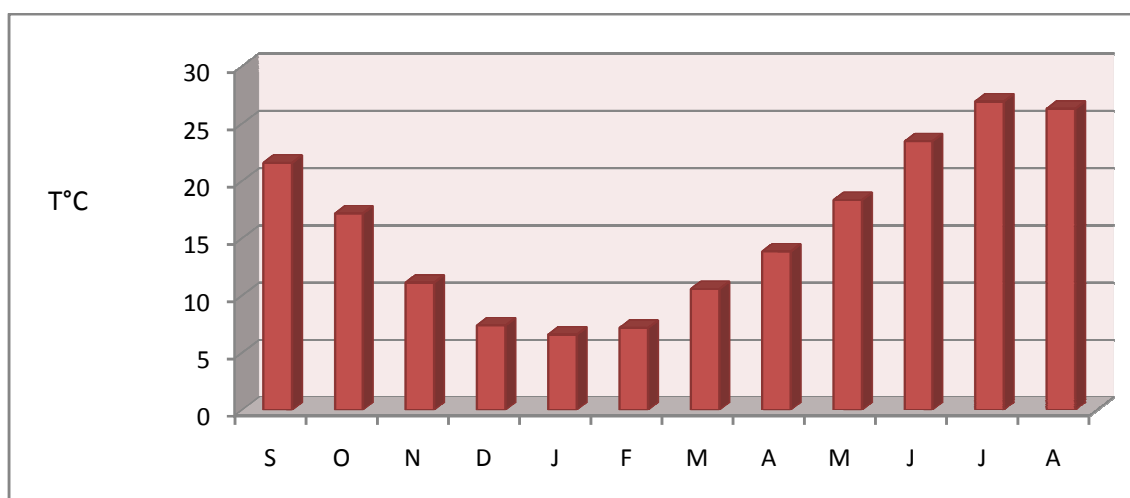


Figure 9 Histogramme de variation de la température moyenne mensuelle (1997-2015)

L'examen des valeurs du tableau montre que le mois le plus froid est le mois de janvier avec 7.8°C, tandis que le mois le plus chaud est Juillet avec 26.93°C, et une température moyenne de l'ordre de 16°. L'amplitude est de 19.13°C traduisant une variabilité des valeurs notamment que la région est exposée au conflit des courants, chaud et sec du Sahara au sud et froid et humide de la méditerranée au nord.

II Caractérisation du climat

La combinaison de deux principaux facteurs climatique : la température et les précipitations permet de déterminer les périodes sèches et humides ainsi que la localisation de l'étage bioclimatique bien définie d'une région donnée à l'aide du diagramme Ombrothermique et du l'indice de Martonne

CHAPITRE II HYDROCLIMATOLOGIE

II.1 Le diagramme Ombrothermique

Ce diagramme nous aide à déterminer la saison sèche qui est l'ensemble des mois où le total mensuel des précipitations exprimé en millimètre est inférieur ou égal au double de la température moyenne mensuelle exprimée en degrés centigrades ($P \leq 2T$) et le reste de l'année représente la saison humide.

Le diagramme Ombrothermique, permet de suivre les variations saisonnières de la réserve hydrique. Il est représenté par la figure 10,

- en abscisse les mois de l'année.
- en ordonnées à gauche les précipitations en mm.
- en ordonnées à droite les températures moyennes en °C.
- une échelle de $P=2T$.

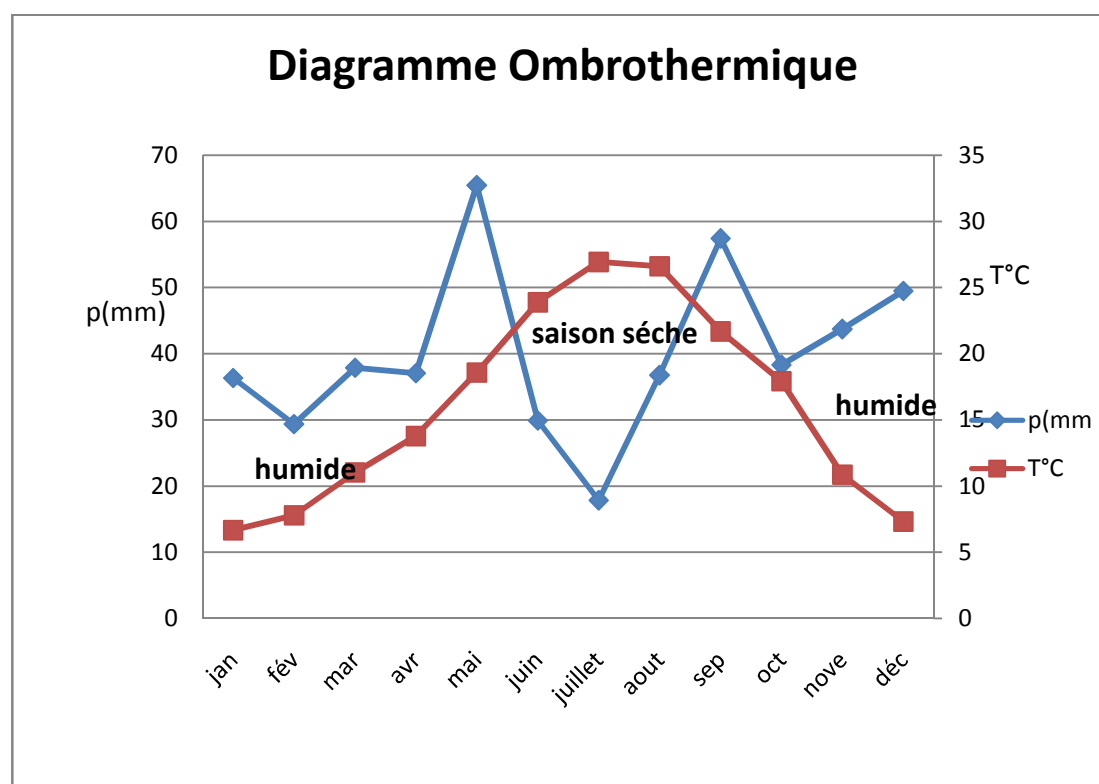


Figure 10 Diagramme Ombrothermique.

On constate que la région de notre étude présente une période humide, plus au moins longue, débutant au mois de Septembre et qui se termine au mois de Mai et une période sèche qui s'étend de début de mois de Juin au début de mois de Septembre.

CHAPITRE II HYDROCLIMATOLOGIE

II.2 Indice de Martonne

En 1925 Emmanuel de Martonne a proposé une formule climatique permettant le calcul d'un indice d'aridité (I). Cet indice est fonction de la température (T en °C) et des précipitations (P en mm) et permet de déterminer le type de climat qui caractérise la zone d'étude

Cet indice est calculé par la relation suivante :

$$I = P / (T + 10)$$

Avec : P : précipitation moyennes annuelles (mm) T : températures moyennes mensuelles (°C)

Tableau 3 Indice de Martonne (1923)

Valeur de I	Type de climat
0 à 5	hyper –aride
5 à 10	Aride
10 à 20	Semi –Aride
20 à 30	Semi-Humide
30 à 40	Humide

Application :

P= **479.5** mm

T=15.78°C

D'après les classifications précédentes, notre zone d'étude à climat semi-aride (I= 18,6)

CHAPITRE II HYDROCLIMATOLOGIE

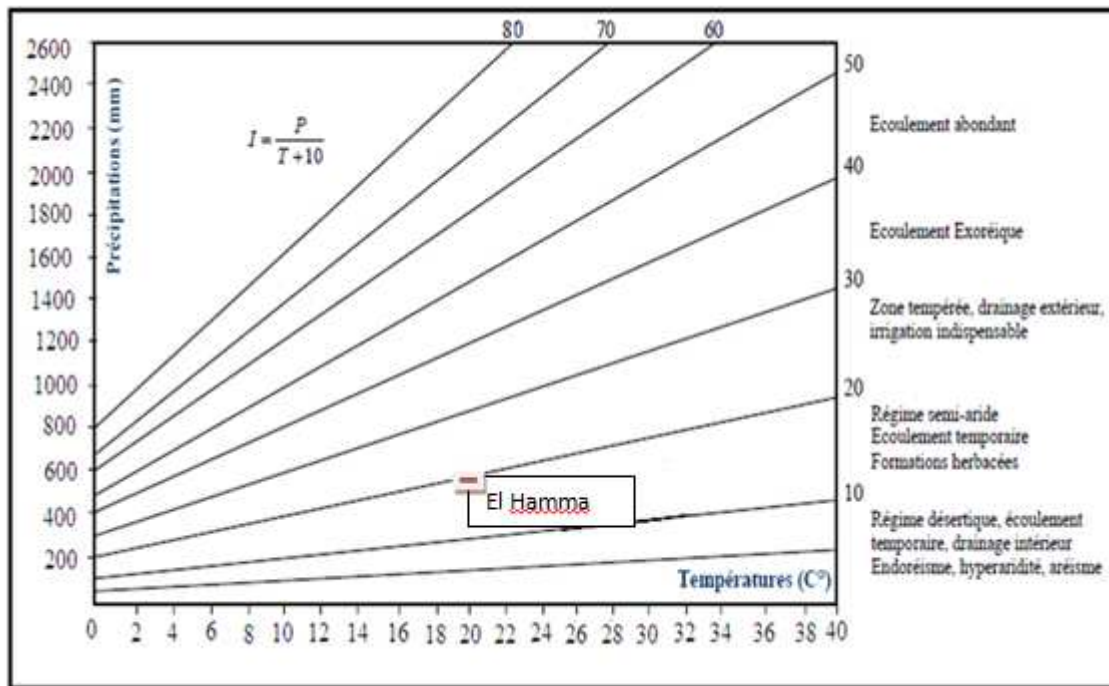


Figure 11 Abaque de l'indice d'aridité annuel de Martonne

III Estimation de l'évapotranspiration

Dans la troposphère, soit la couche de l'atmosphère au voisinage du sol (son épaisseur est de 2 à 3 kilomètres environ), l'air ambiant n'est jamais sec mais contient une part plus ou moins importante d'eau sous forme gazeuse (vapeur d'eau) qui est fournie par :

- L'évaporation physique au-dessus des surfaces d'eau libre (océans, mers, lacs et cours d'eau), des sols dépourvus de végétation et des surfaces couvertes par de la neige ou de la glace.
- La transpiration des végétaux qui permet à la vapeur d'eau de s'échapper des plantes vers l'atmosphère.

En hydrologie, on utilise le terme d'évapotranspiration qui prend en compte la combinaison de l'évaporation directe à partir des surfaces d'eau libre et des sols nus et de la transpiration végétale. Rappelons que ces processus se traduisent par un refroidissement tandis que la transformation inverse, à savoir la condensation, libère de l'énergie calorifique et s'accompagne d'une augmentation de la température.

L'évaporation et plus particulièrement l'évapotranspiration jouent un rôle essentiel dans l'étude du cycle de l'eau. Comme le montre la figure suivante, ces mécanismes sont importants

CHAPITRE II HYDROCLIMATOLOGIE

en regard des quantités de précipitations incidentes aussi bien à l'échelle des continents qu'à celle du bassin versant.

III.1 Evapotranspiration potentielle (ETP)

Est un paramètre climatique continu dans l'espace et dans le temps. Ce paramètre est utilisé au niveau des recherches; sur l'utilisation de l'eau pour les besoins en irrigation. L'importance des quantités d'eau est fonction de l'E.T.P où le déficit en eau des plantes en est fonction (Duboust, 1992)

A) Calcul de l'ETP selon Thornthwaite

La formule utilisée est :

$$ETP = 16 (10t / I)^a \cdot K$$

Où : T = la température moyenne annuelle en degré (°C)

I = la somme des indices thermiques mensuels

$$i = (T / 5)^{1.514}$$

a = un exposant climatique où $a = 0.016T + 0,5$

ETP corrigé = ETP · K dont K = est un facteur de corrélation mensuel dépend de la latitude et du mois, il est obtenu par un abaque de la durée d'éclairage.

III.2 Évapotranspiration réelle (ETR)

Plusieurs formules ont été proposées pour l'estimation de l'évapotranspiration réelle ETR .La hauteur des précipitations et les températures moyennes mensuelles forment les bases de ces formules.

Formule de TURC

Cette formule est applicable à tous les climats, elle est fonction des précipitations et des températures moyennes annuelles.

$$ETR = P / [0.9 + (P^2 / L^2)]^{1/2}$$

ETR: évapotranspiration réelle (mm/an)

P: hauteur annuelle de la pluie (mm)

T: température moyenne annuelle (°c)

On a donc un ETR de 456.3 mm.

CHAPITRE II HYDROCLIMATOLOGIE

Méthode du bilan hydrique selon Thornthwaite

C.W Thornthwaite a proposé une méthode qui permet de connaître les différents termes d'un bilan hydrique à l'échelle mensuelle, il fait intervenir l'évapotranspiration (ETR) et la pluviométrie (P), cette méthode est basée sur la notion de réserve en eau facilement utilisable (RFU). Cette dernière peut être reprise pour l'évaporation par l'intermédiaire des plantes. On suppose qu'une lame d'eau de 100 mm est la quantité nécessaire pour que le sol soit saturé.

Cette valeur représente alors la quantité d'eau optimale que le sol peut retenir ou soustraire à l'écoulement interne. On peut distinguer trois cas :

➤ $P > ETP$: alors $ETR = ETP$

• Il reste un excédent ($P - ETP$) qui est affecté en premier lieu à la RFU, et si la RFU est complète à l'écoulement Q

➤ $P = ETP$

• Les précipitations sont reprises par l'évapotranspiration

➤ $P < ETP$

• Dans ce cas il y a un épuisement des réserves et en aura alors un déficit

• Si le $RFU = 0$ la quantité $D = ETP - ETR$ représente le déficit agricole.

Les résultats de calcul de ces paramètres pour la station de'elhamma sont présentés sur le tableau suivant:

CHAPITRE II HYDROCLIMATOLOGIE

Tableau 4 Calcul du bilan hydrologique selon la méthode de C .W. Thornthwaite

Période	T_p (°C)	I	K	ETP_C (mm)	Pr (mm)	BH (mm)	CH	VR (mm)	RFU (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
S	21,59	9,2	1,03	99,6	56,43	-43,2	-0,4	0,0	0,0	56,4	43,2	0,0
O	17,16	6,5	0,98	64,3	38,14	-26,1	-0,4	0,0	0,0	38,1	26,1	0,0
N	11,13	3,4	0,85	26,8	41,32	14,6	0,5	14,6	14,6	26,8	0,0	0,0
D	7,80	2,0	0,83	14,3	50,26	36,0	2,5	36,0	50,5	14,3	0,0	0,0
J	6,58	1,5	0,86	11,1	37,29	26,2	2,4	26,2	76,7	11,1	0,0	0,0
F	7,17	1,7	0,85	12,7	29,36	16,7	1,3	3,3	80,0	12,7	0,0	0,0
M	10,56	3,1	1,03	29,7	37,96	8,3	0,3	0,0	80,0	29,7	0,0	21,6
A	13,83	4,7	1,08	49,1	38,77	-10,4	-0,2	-10,4	69,6	49,1	0,0	0,0
M	18,33	7,1	1,21	88,7	65,35	-23,4	-0,3	-23,4	46,3	88,7	0,0	0,0
J	23,46	10,4	1,21	134,8	28,24	-106,5	-0,8	-46,3	0,0	74,5	60,2	0,0
J	26,94	12,8	1,23	173,2	18,67	-154,5	-0,9	0,0	0,0	18,7	154,5	0,0
A	26,30	12,3	1,16	156,8	37,76	-119,0	-0,8	0,0	0,0	37,8	119,0	0,0
Année	15,9	74,6		861,0	479,6	-381,4				457,9	403,1	21,6

Interprétation du bilan d'eau selon Thornthwaite:

A l'échelle annuelle, l'ETP dépasse largement les précipitations. avec un total de 861mm/an.

- A l'échelle mensuelle nous constatons qu'à partir du mois d'Avril les précipitations sont inférieures à l'ETP jusqu'au mois Octobre Les autres mois de décembre jusqu'à Mars où les précipitations sont supérieures à l'ETP.
- En générale Les l'évapotranspiration en plus 95% des précipitations ce qui ne permettent pas la formation de la RFU qui n'atteint son maximum qu'en mois de février et mars, ainsi que l'excédent qui est presque sur tout l'année.
- Cette situation est traduite par un déficit agricole (DA) de 403,1 mm s'étale sur la période de cinq mois s'étale de juin à Octobre.

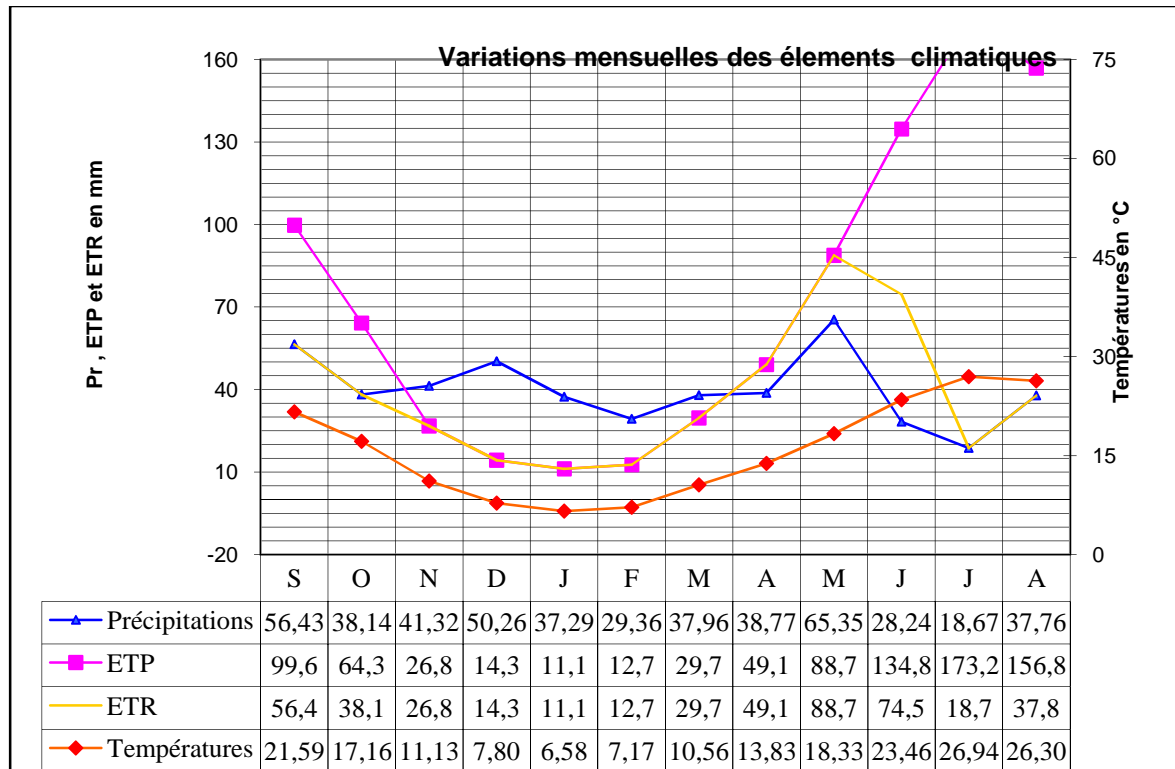


Figure 12 Moyenne pluri - annuelle des éléments climatiques de la station d'Elhamma (1997-2015)

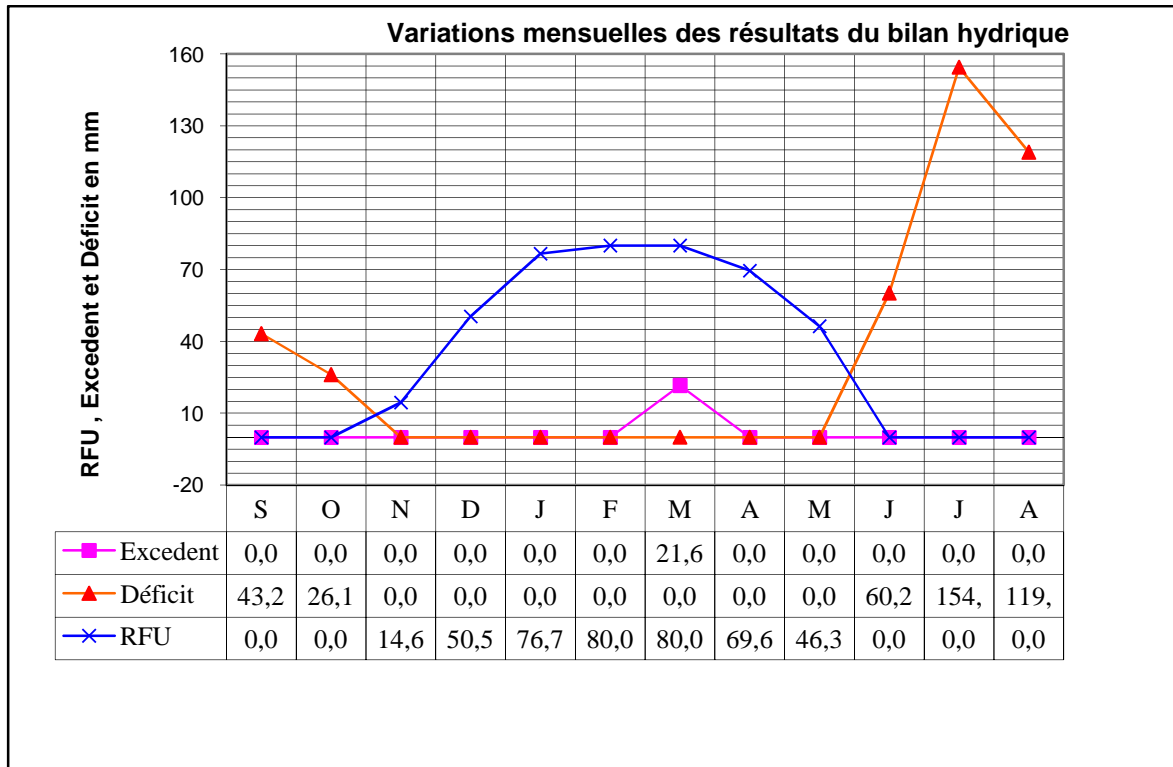


Figure 13 présentation géographique du bilan selon

Interprétation des graphes:

Les deux diagrammes (fig.12 et 13) qui représentent les paramètres du bilan d'eau, on remarque précipitation commence une forte irrégularité des précipitations sur tous les mois de l'année. La courbe de l'ETP augmente et atteint son maximum au mois Juillet (173,2mm), Elle est complètement satisfaite sur la période de Novembre à Mai, Dès que la RFU est diminué à partir de Mai, l'ETR diminua aussi et atteint son minimum avec la précipitation au mois de juillet, et c'est la période d'épuisement des réserves.

Cet épuisement persiste jusqu'au mois d'Octobre formant une période de déficit agricole, et à partir de ce mois la précipitation retombe en reconstituant les réserves et les cours d'eau, est c'est la saison pluvieuse étalant jusqu'au mois de Mai.

IV Le bilan hydrologique

L'application des différentes méthodes pour le calcul du bilan hydrologique montre que, lorsque l'on s'intéresse à des régions à déficit hydrique, l'estimation du bilan devient un véritable exercice d'équilibre.

L'équation générale d'un tel bilan peut s'écrire : $P = ETR + R + I$

Avec :

P : Précipitation annuelle en mm ;

ETR : Évapotranspiration réelle annuelle en mm ;

R : Ruissellement en mm.

I : Infiltration annuelle en mm.

IV.1 Ruissellement

Ce paramètre est très important pour l'étude hydrologique du bassin versant, la lame d'eau ruisselée sera estimée par la formule de Tixeront-Berkaloff :

$$R = P^3 / 3 (ETP)^2$$

$$P = 479.5 \text{ mm}, ETP = 861. \text{ mm}, \text{ donc } R = 49.6 \text{ mm}$$

IV.2 L'infiltration

L'infiltration est le passage de l'eau à travers la surface du sol. Ce paramètre est aussi très important puisqu'il conditionne l'aquifère. Il est exprimé par la formule suivante

$$P = ETR + R + I \text{ donc } I = P - (ETR + R)$$

Pour le bassin versant d'Oued el Kissane:

$$P = 479.5 \text{ mm}$$

$$ETR = 457.9 \text{ mm}$$

$$R = 49.6 \text{ mm}$$

Dans le sous bassin d'Oued el Kissane l'infiltration est nulle, on peut justifier ça par la forte évapotranspiration qui influe énormément sur l'infiltration qui est nulle et l'écoulement de l'eau qui ne provient que des sources.

Conclusion

L'étude climatique que nous avons réalisée confirme que le climat de la région d'étude est soumis à un climat semi-aride (environ de cinq mois secs), elle est caractérisée :

-par un hiver froid et pluvieux et un été chaud et sec.

-Les précipitations moyennes annuelles, sur une période de 18 ans (1997 – 2015), sont estimées à 459,6 mm, leurs répartitions mensuelles montrent une saison bien distincte. La première est humide, s'étend les mois de Septembre jusqu'au Mai. La deuxième est sèche, qui s'étale sur les mois de Juin jusqu'au mois d'aout.

-L'évapotranspiration réelle est estimée a456, 3mm

Les températures moyennes mensuelles varient entre 6,58 °C et 26,94°C, avec une moyenne annuelle de15.87°C. Le mois de Juillet étant le plus chaud avec 26.94°C, et le mois de Janvier est le plus froid avec6.58°C.

CHAPITRE III POLLUTION DES EAUX DE SURFACE

Introduction

L'eau recouvre environ 75% de la Terre, mais juste 1% de l'eau de la planète est disponible pour l'homme, elle est la composante essentielle de tous les êtres vivants.

La moitié des réserves d'eau du monde sont polluées mais cette pollution concerne indifféremment les pays développés et les pays en voies de développement.

La pollution de l'eau est l'introduction de n'importe quelle substance dans une rivière, un cours d'eau, un lac, ou dans l'océan qui altère les ressources naturelles de cet environnement. Il s'agit parfois d'objets fabriqués par l'homme comme des sacs en plastique, des capsules de limonade, du fil de pêche, des balles ou mêmes des chaussures... Mais le plus souvent, la pollution de l'eau n'est pas visible. Des produits agricoles fertilisants ou des produits chimiques industriels sont des sources de pollution de l'eau difficile à voir. Nos activités quotidiennes comme la chasse des toilettes, le lavage des aliments, le nettoyage des voitures sont aussi une cause de pollution de l'eau.

I Généralité sur la pollution des cours d'eau

Les activités anthropique donnent naissance à une grande variété de déchets dont beaucoup sont entraînés par l'eau qui doit alors être traitée soigneusement avant d'être rejetée dans le milieu. Les eaux usées peuvent contenir des excréta, des déchets d'origine domestique, des décharges industrielles, des ruissellements d'origine agricole, et des eaux de pluie recueillies par les égouts des villes. Tous ces déchets peuvent individuellement ou collectivement polluer et contaminer l'environnement. Avec le développement de l'urbanisation et de l'industrialisation, le volume des eaux usées domestiques, des effluents industriels, des déchets agricoles et des eaux de ruissellement urbaines ne cesse d'augmenter. Toutes ces eaux polluées doivent être assimilées par le milieu sans nuire à la santé et au bien-être de l'homme.

La protection des eaux contre la pollution est inséparable du développement d'une saine économie. Il est essentiel que la pollution soit combattue, autant pour le maintien de la santé publique que pour la conservation des ressources en eau. (Houha, 1996)

I.1 Les principaux types de polluants

Il y a 2 sources principales de pollution. Les sources précises et les sources non-précises. Les sources précises incluent les usines, installations de traitements d'eau usées,

CHAPITRE III POLLUTION DES EAUX DE SURFACE

systèmes de fosses septiques et d'autres sources qui déversent très clairement des polluants dans les courses des eaux. Les sources non-précises sont plus difficiles à trouver car on ne peut pas les retracées jusqu'à un emplacement particulier. Elles incluent les écoulements de sédiments, engrais, produits chimiques, déchets d'animaux de ferme, champs, chantiers et mines. L'origine des polluants est multiple: domestique, urbaine, industrielle et agricole. Tout en distinguant les polluants miscibles des non-miscibles, on les classe en polluants physiques, chimiques et biologiques (Gaujous.D, 1995)

- Polluants physiques: température, matière en suspension et radioactivité
- Polluants chimiques: substances sous forme minérale ou organique, ils peuvent être: dissous (sels, hydrocarbure), mélangés (alcools), émulsés (graisse sur détergents) et en phase séparée (produits pétroliers)
- Polluants organiques et microorganismes : matière organique, germes, virus et/ou amibes

I.1.1.Les polluants physiques

Au nombre de trois, les principaux agents physiques de la pollution sont: la chaleur, le transport des matières solides en suspension et la radioactivité (Koller, 2004).

a. La chaleur

La chaleur est une source de pollution de l'eau. Lorsque la température de l'eau augmente, le nombre de particules d'oxygènes dissoutes diminue. La pollution thermique peut être déclenché naturellement comme des sources d'eaux chaudes et des étangs peu profond l'été ou par l'homme comme des déversements d'eau qui a été utilisée pour refroidir des centrales électriques ou d'autres équipements industriels. Les poissons et les plantes demandent une certaine température et un certain niveau d'oxygène pour survivre et c'est pour cette raison que la pollution thermique réduit très sérieusement la diversité de la vie aquatique dans l'eau.

b. Les matières solides en suspension

Sont introduites par les précipitations et les eaux de surfaces. Certaines, très petites particules de l'ordre du micron peuvent ainsi transiter et atteindre parfois les nappes profondes surtout quand il s'agit des calcaires fissurés ou d'autres formations dont la porosité est élevée.

Le dépôt de sédiment est une source commune de la pollution de l'eau. Le dépôt de sédiment consiste en des matières minérales ou organiques qui sont soient lavés ou transportés par le vent dans des sources d'eau. La pollution par le dépôt de sédiment est difficile à identifier car

CHAPITRE III POLLUTION DES EAUX DE SURFACE

il provient de source non-précise comme la construction agricole, le bétail, les inondations et les écoulements provenant de la ville.

c. La radioactivité

Est potentiellement le plus dangereux des polluants physiques, c'est pourquoi tous les rejets doivent être interdits, sinon sévèrement réglementés et contrôlés.

Des polluants radioactifs provenant des déversements d'eaux usées d'usines, des hôpitaux et des mines d'uranium. Ces polluants peuvent aussi venir d'isotopes naturels comme le radon. Les polluants radioactifs sont très dangereux et peuvent prendre des milliers d'années avant de ne plus être dangereux pour l'environnement.

I.1.2. Les polluants chimiques

Parmi les polluants chimiques, les composés d'azote, nitrites et nitrates sont très importants. Responsables de la dégradation de l'hémoglobine, ils peuvent être à l'origine de nitrosamines cancérigènes. Les composés de l'azote ne sont pas présents dans les roches; ils proviennent principalement des engrais utilisés en agriculture et quelques fois d'intenses activités bactériennes liées à l'azote de l'air (zone aride) (Ziani, 2009)

I.1.3 Les polluants organiques

L'eau souterraine est le vecteur des microorganismes ou non pathogènes. Le pouvoir auto-épurateur du sol est très efficace. Une pollution organique diminue avec la profondeur et se dissipe généralement avant d'atteindre la nappe souterraine, de ce fait l'eau souterraine en est pratiquement dépourvue dans les conditions naturelles. Un problème particulier peut se poser précisément pour les aquifères karstiques dont le pouvoir auto-épurateur naturel est faible ou quasiment nul. Il faut leur assurer une minutieuse protection et il en est de même pour les aquifères superficiels surtout quaternaires à grande perméabilité qui sont les plus exposés aux eaux de surface trop polluées (Duchaufour, 2001).



Figure 14 Photo d'Oued el Kissane el HammaKhenchela

I.2 Les éléments pouvant constituer un signe de pollution

Une modification des valeurs habituelles de la turbidité ou son inverse la limpidité, de la résistivité ou son inverse la conductivité, du pH ou un pourcentage de certains éléments minéraux peuvent faire soupçonner une pollution.

Pour des éléments importants de température, on constate une consommation anormale d'oxygène, donc un appauvrissement du pouvoir autoépurateur du cours d'eau. La faune aquatique déprît et des algues capables de développer des mauvais goûts peuvent proliférer, d'où un risque pour les nappes souterraines si ces eaux de surfaces arriveraient à s'infiltrer et gagner les eaux souterraines.

Parmi les autres manifestations pouvant faire craindre une pollution rappelons que par la valeur du taux d'oxygène dissous, on en déduit une éventuelle pollution.

Il en est de même pour les éléments que l'on retrouve dans la chaîne de dégradation normale de la matière organique, c'est-à-dire l'ammoniaque, les nitrites et les nitrates dont l'augmentation sera l'indice d'une infiltration suspecte.

I.2.1 L'oxygène dissous

Le dosage de l'oxygène dissous est d'une importance primordiale dans les études portant sur la qualité des eaux.

Les substances biodégradables consomment de l'oxygène, si bien que la détermination de la teneur en oxygène dissous constitue une mesure indirecte du degré de pollution. Ce dosage intervient également dans la mesure de la DBO « demande biochimique en oxygène », autre critère important de la qualité d'une eau.

La solubilité de l'oxygène, comme celle de tous les gaz peu solubles, dépend de la pression, de la température et de la Salinité du milieu (Houha, 1996).

I.2.2. Les Nitrites

Les nitrites résultent :

- Soit de l'oxydation partielle de l'azote ammoniacal sous l'action des bactéries nitreuses du type Nitrosomonas.
- Soit de la réduction des nitrates par les bactéries dénitrifiantes.

Normalement, en milieu aérobie, leur teneur doit être faible, bien inférieure à 1 mg /l.

CHAPITRE III POLLUTION DES EAUX DE SURFACE

Les nitrites peuvent également provenir de rejets industriels puisqu'ils sont utilisés pour inhiber la corrosion des réservoirs.

I.2.3. Les nitrates

Il est donc normal que les eaux naturelles contiennent des nitrates. Cependant, une teneur supérieure à 45 mg/l est un indice de pollution, le plus souvent d'origine agricole. En effet, les nitrates contenus dans les engrais entraînés par les eaux de ruissellement.

I.2.4 Les phosphates (PO₄)

Les phosphates (PO₄) peuvent être d'origine organique ou minérale. Le plus souvent. Leur teneur dans les eaux naturelles résulte de leur utilisation en agriculture. De leur emploi comme additifs dans les détergents et comme agent de traitement des eaux de chaudière souvent leur présence dans les eaux indique la proximité de fosse septique ou la possibilité d'infiltration d'eaux de ruissellement agricole riche en engrais pour les eaux d'alimentation on peut admettre jusqu'à 1mg/l

I.2.5 Les matières – organique

La charge de pollution organique d'une eau est fonction de la demande en oxygène que le milieu exerce afin d'oxyder et donc de minéraliser ces matières organique .elle peut être mesurée à la DBO selon le type d'eau. Selon les renseignements désirés .selon l'appareillage et le temps dont on dispose

I.2.6 Demande biochimique en oxygène (DBO)

La mesure de la DBO permet d'évaluer le contenu d'une eau en matières organique biodégradables et donc. Dans une certaine mesure .sa qualité ou son degré de pollution la DBO₅ représente la quantité d'oxygène consommée en faisant incuber pendant 5 jours .à 20°C .un échantillon d'eau conservé à l'abri de l'air et de la lumière. Elle est exprimée en unité de concentration (mg d'oxygène par litre d'échantillon)

I.2.7 Demande chimique en oxygène (DCO)

La DCO .est une mesure directe de toutes les matières organiques y compris les substances toxique dans les eaux naturelles ou usée qu'elles soient ou non biodégradables

Introduction

Les études hydro chimiques qui ont été faite au paravent nous ont aidés à faire des analyses de la situation, on facilitant les interprétations des paramètres physico-chimique des 7 points de prélèvement choisis. Ces échantillons ont été prélevés au mois d'Avril 2016. L'échantillonnage a été effectué sur 7 points de Oued El Kissane dans la région d'el Hamma (fig. 16) ont été analysés au laboratoire d'analyses physico-chimique des matériaux à Ain M'lila

Dans cette étude les paramètres analysés sont :

- Les paramètres physiques mesurés in-situ (pH, conductivité électrique, la température).
- Les paramètres chimiques mesurés au laboratoire: éléments majeurs
 - *Les cations: Calcium (Ca^{2+}), Magnésium (Mg^{2+}), Potassium (K^+), et Sodium (Na^+).
 - *Les anions: Bicarbonate (HCO^-), Sulfate (SO_4^{--}), Chlorure (Cl^-), et Nitrate (NO_3^-).
- les paramètres inorganiques: éléments de trace
 - * Chrome (Cr), Mercure (Mr), Plomb (Pb), Cuivre (Cu), zinc (Zn), nickel (Ni)etCadmium (Cd)

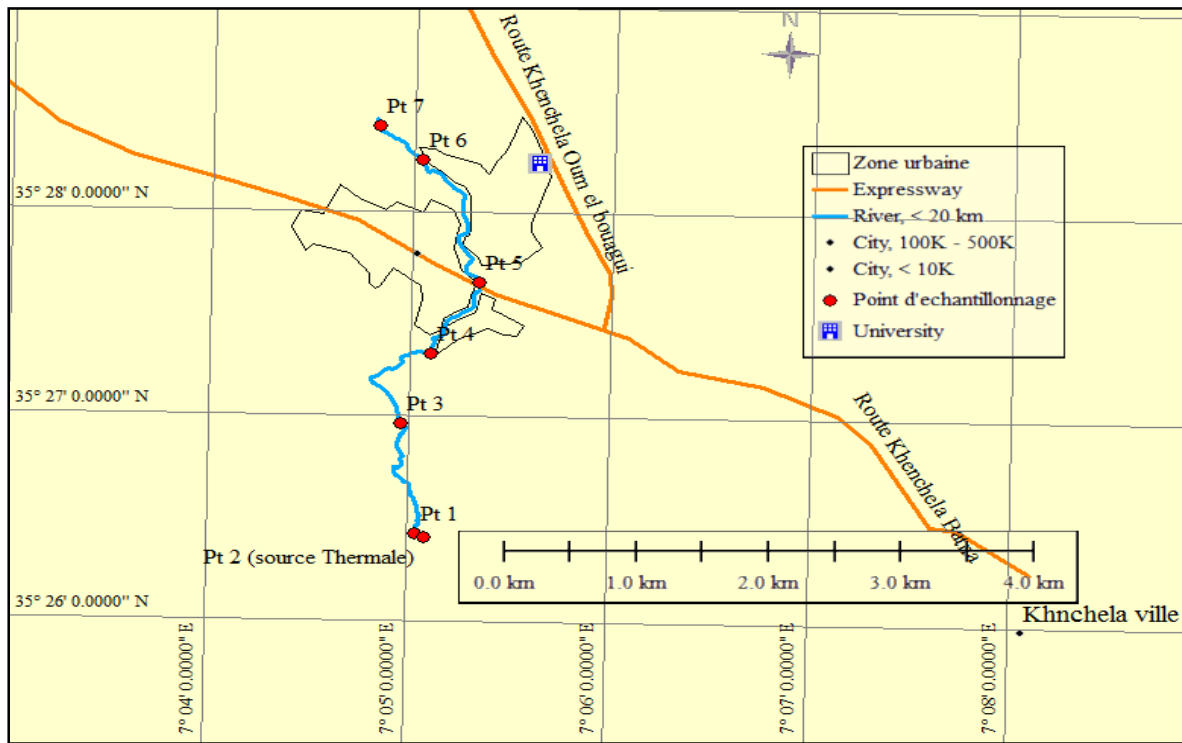


Figure 15 Carte d'inventaire des points d'échantillonnage d'eau de prélèvement (avril 2016).

I.1 Matériel et méthode

I.1.1 pH-mètre HACH sension1 (Description)

Cet appareil est construit selon les dernières technologies et ne nécessite aucun entretien particulier. Il est équipé d'un nouveau système « anti-encrassement », et un correcteur potentiométrique de haute technologie la sonde permet de mesurer: pH, température, et la conductivité



Figure 16 mesure de pH et CE au terrain

I.1.2 Spectrophotomètre

Le spectrophotomètre est un instrument utilisé de façon ubiquitaire dans la recherche biologique, chimique, clinique et environnementale.

La spectrophotométrie est la mesure de la quantité de lumière qu'une substance chimique peut absorber, en faisant passer un faisceau de lumière à travers un échantillon dans un spectrophotomètre



Figure 17 spectrophotomètre HACH

Tableau 5 Les paramètres mesurés par la méthode spectrophotométrique :

Paramètres	Méthodes
Matières totales en suspension mg /l	Spéctrophotométrique
Nitrates mg/l NO ₃	Spectrophotométrique
Nitrites mg/l NO ₂	Spectrophotométrique
Phosphates mg/l	Spectrophotométrique
DCO mg/l	Spectrophotométrique
DBO mg/l	Spectrophotométrique
Ammonium mg/l NH ₄	Spectrophotométrique

I.1.3. Méthode colorimétrique

Principe

L'eau à analyser est additionnée d'un indicateur et la coloration obtenue comparée à une échelle de teintes préparées à partir de solutions de pH connues.

Tableau 6 Les indicateurs des couleurs d'eaux

Nom de l'indicateur	ml de NaOH 0,05 N ajoutés	Zone de Ph d'utilisation	Virage
Pourpre de bromocrésol	3,7	5,2 à 6,8	Jaune-pourpre
Bleu de bromothymol	3,2	6,0 à 7,6	Jaune-bleu
Rouge de crésol	5,3	7,2 à 8,8	Jaune-rouge
Bleu de thymol	4,3	8,0 à 9,6	Jaune pâle-bleu

I.1.4 Méthode de Charpentier-Volhard CHLORURE

Principe

Les chlorures d'un volume connu d'eau sont précipités en présence d'acidenitrique par un excès de nitrate d'argent titré. L'excès de sel argentique est déterminé par une solution titrée de thiocyanate d'ammonium en présence d'alun de fer.

I.1.5 Méthode potentiométrique avec électrode de verre

Cette méthode plus précise est couramment utilisée.

Principe

La différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence (calomel-K Cl saturé) plongeant dans une même solution, est une fonction linéaire du pH de celle-ci. Selon l'expression de NERNST, le potentiel de l'électrode est lié à l'activité des ions H⁺ présents par la relation

I.1.6 Photomètre à flamme

La méthode de dosage du potassium par spectrométrie d'émission de flamme est souvent suffisante pour les eaux naturelles. Les faibles concentrations sont mesurables par la spectrométrie d'absorption atomique et spectrométrie d'émission à l'aide d'un générateur inductif de plasma sont sensibles, rapides et précises.



Figure 18 Photomètre à flamme

I.1.7 Spectromètre d'absorption atomique

Principe

L'absorption atomique de flamme est une méthode qui permet de doser essentiellement les métaux en solution. Cette méthode d'analyse élémentaire impose que la mesure soit faite à partir d'une analyse (élément à doser) transformé à l'état d'atomes libres. L'échantillon est porté à une température de 2000 à 3000 degrés pour que les combinaisons chimiques dans lesquelles les éléments sont engagés soient détruites.

I.1.8 Méthode d'Accuvac

Les fioles Accouvas contiennent la quantité exacte de réactif nécessaire pour un test unique et peuvent être utilisées comme cuves de mesure. Pour la détermination d'ozone par la méthode à l'indigo.

II Discussions des résultats

II.1. La balance ionique

C'est la somme algébrique des produits de la concentration molaire par la charge ionique de tous les cations et anions présents dans une solution. Dans toutes les eaux, cette somme doit être égale à zéro. Les échangeurs ioniques sont courants dans le traitement de l'eau, notamment pour l'adoucir, lui enlever sa couleur ou son goût.

Pour valider les résultats d'analyse, on a procédé en premier lieu d'établir la balance ionique pour les sept échantillons, la simulation par le logiciel Diagramme a abouti à des valeurs entre 4% et 6%, on a considéré que les résultats d'analyse sont fiables, significatives

et peuvent être exploités dans la suite de chapitre

.II.2 Les Paramètres physiques

II.2.1 Potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH est une mesure de l'acidité de l'eau c'est-à-dire de la concentration en ions d'hydrogène (H⁺). L'échelle des pH s'étend de 0 (très acide) à 14 (très alcalin); la valeur médiane 7 correspond à une solution neutre à 25°C. Le pH d'une eau naturelle peut varier de 4 à 10 en fonction de la nature acide ou basique des terrains traversés.

Les valeurs du pH mesurées au niveau de l'Oued el Kissane varient entre (7.16 et 8.54) de l'amont vers l'aval. Cela est dû à la présence des bicarbonates qui permettent de tamponner les eaux qui s'écoulent vers Oued el Kissane

On remarque que la variation du pH entre les différents points, ne dépasse pas en général une unité de pH et l'allure de la courbe augmente dans le sens d'écoulement de l'oued. En effet, le pH a tendance à augmenter de l'amont vers le point en aval P7. Ce qui peut être expliqué par les taux élevés de carbonates (voir figure 19)

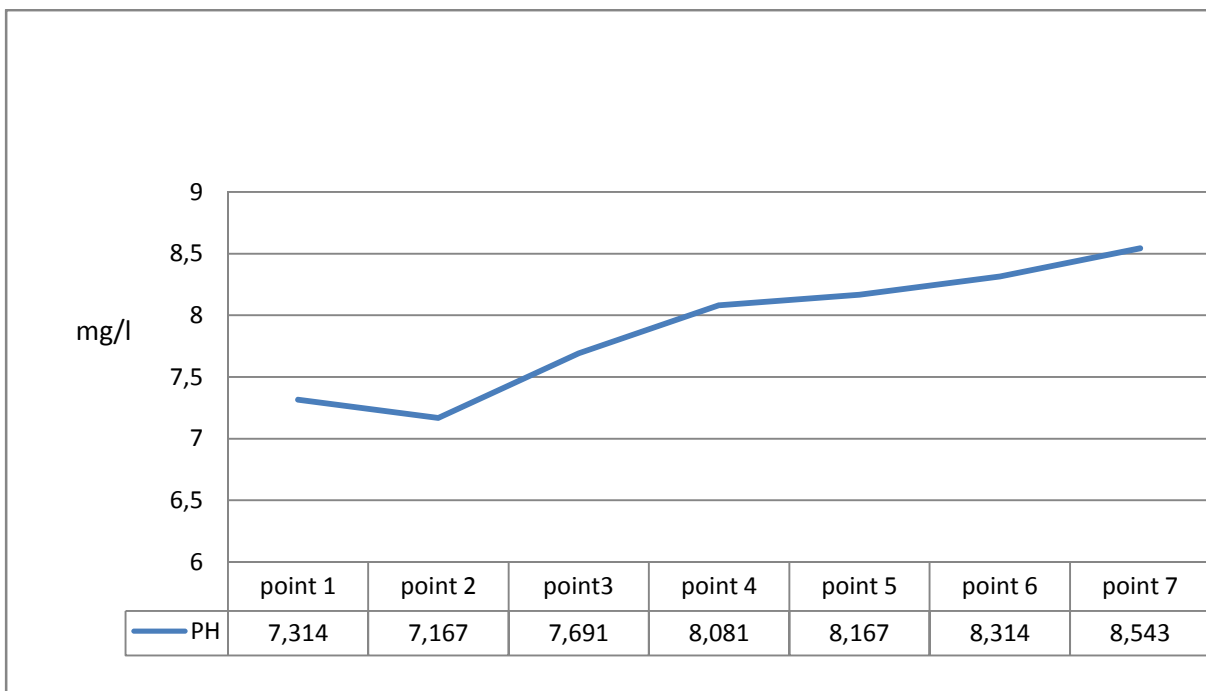


Figure 19 Courbe de variation du pH des eaux de Oued el Kssane (avril 2016)

II.2.2 Conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique exprime la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La plupart des éléments dissous dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement. La mesure de la CE permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau. Une CE élevée traduit une salinité élevée. Elle est également fonction de la température de l'eau, elle augmente avec la température. La conductivité électrique standard s'exprime généralement en milli siemens par cm (ms/cm) à 20 °C. La conductivité d'une eau naturelle est comprise entre 50 et 1500 $\mu\text{s/cm}$ (Beaudy & Henry, 1984).

On remarque que les valeurs enregistrées durant la période d'étude sont variées entre 1938 $\mu\text{s/cm}$ (P7) minimales et la valeur 2493 $\mu\text{s/cm}$ (P3) maximale de oued el kissane dépassant la norme algérienne des eaux de surfaces, indiquant une minéralisation excessive ($>1000\mu\text{s/cm}$) minéralisation élevée due principalement à la dissolution des roches traversées par le cours d'eau, et favorisée par la forte température des effluents de Hammam el Salhine, peut être attribuée aussi aux eaux usées de la station thermal de Hammam el Salhine ainsi que celles des agglomérations urbaines qui se diversifient leurs eaux usées dans cet oued. (voir figure 20)

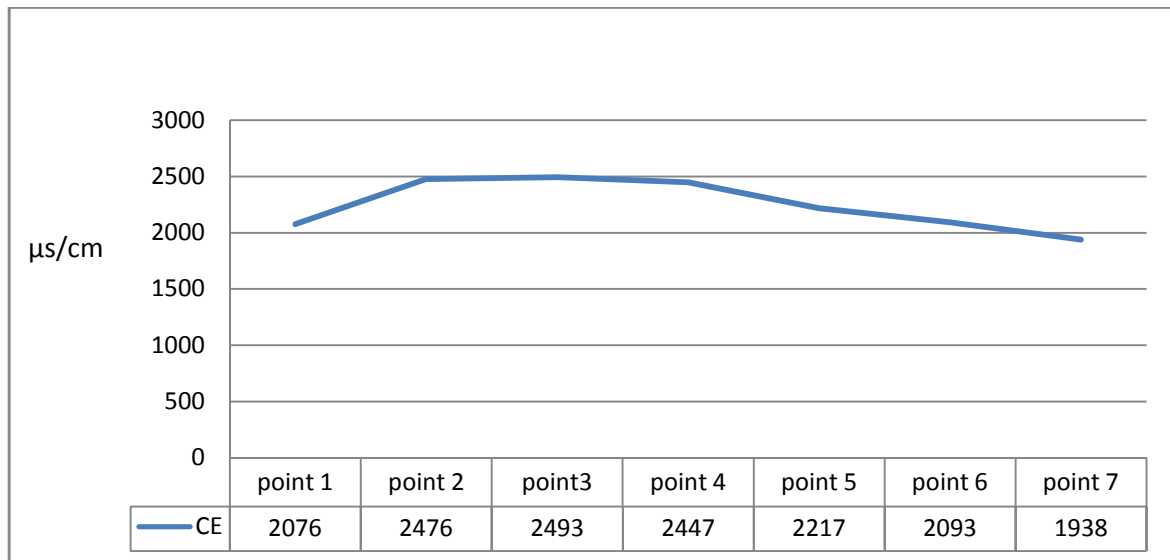


Figure 20 Courbe de variation de la CE de l'eau

II.2.3 : La température

La température de l'eau, est un facteur écologique qui entraîne d'importantes répercussions Écologiques. 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 (Makhoukh, Sbaa, Berrahou, & Van, 2011).

Dans notre zone d'étude, les températures enregistrées oscillent entre 34,4°C (P1) et 23C (P 7). Au début du mois d'Avril, à l'exception du point 2 qui représente la source thermale ou la température est de 91,3. La température aux points 1 et 3 dépasse la norme de 25 C influencés par les rejets du Hammam. Notons que les variations des températures des eaux sont indépendantes de la variation des températures de l'air ambiant. Les températures de l'air mesuré le long de l'oued varient de 28 à 24,3 °C. (Voir figure 21)

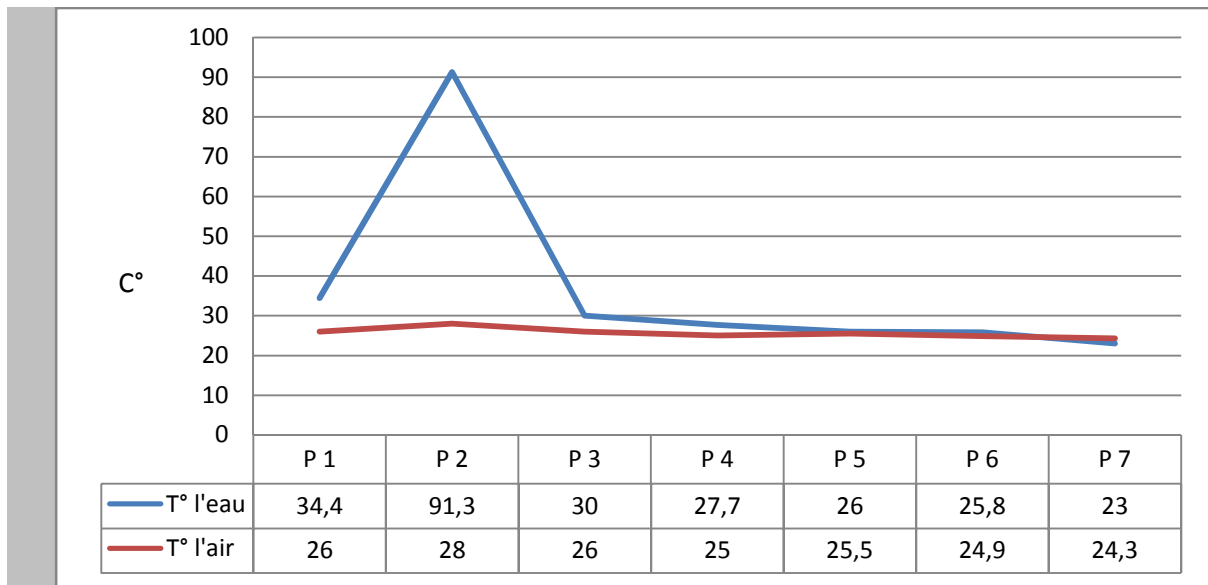


Figure 21 Courbe de variation de T° l'eau, T° l'air (avril 2016)

II.3.4 Taux de salinité

TDS signifie total des solides dissous et représente la concentration totale des substances dissoutes dans l'eau. Le TDS est composé de sels inorganiques et de quelques matières organiques. Les sels inorganiques communs trouvés dans l'eau incluent le calcium, le magnésium, le potassium et le sodium qui sont tous des cations et des carbonates, nitrates, bicarbonates, chlorures et sulfates qui sont tous des anions. Des cations sont des ions chargés positivement et des anions sont des ions chargés négativement. (1)

CHAPITRE IV ETUDE DE LA QUALITE DE L'EAU

L'augmentation du TDS dans la partie amont est due à la forte minéralisation de l'eau à travers le lessivage des roches favorisé par la température, sur la partie aval on remarque une diminution de la TDS qui peut être expliqué par l'abaissement de la température et de la pente, et par conséquent le dépôt de la matière minérale.

Mais le taux de salinité reste toujours au-dessus de normes (fig. 22)

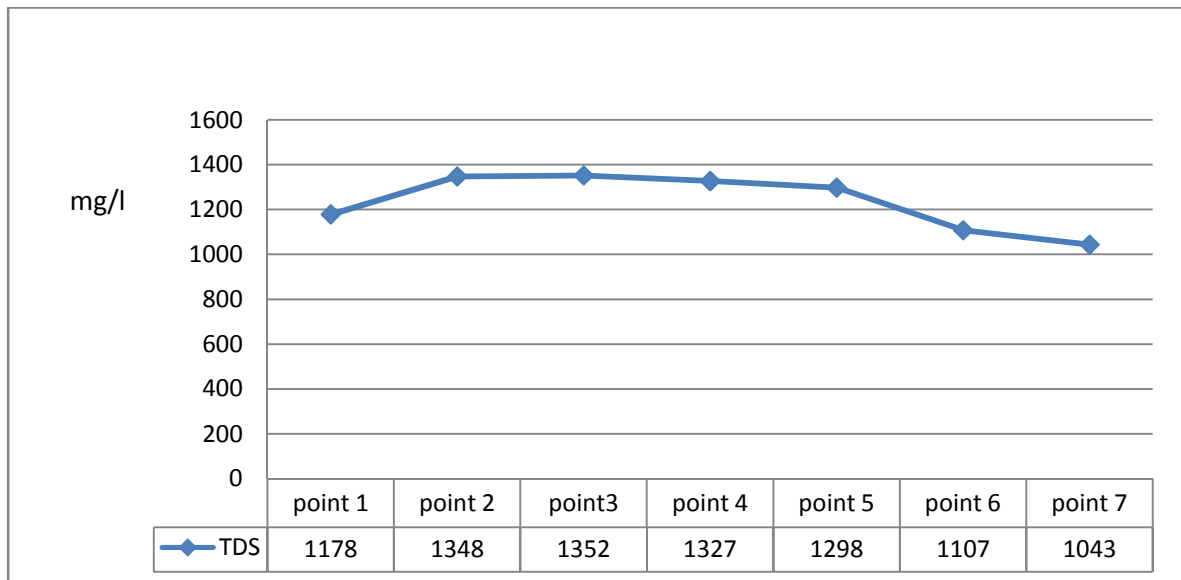


Figure 22 Courbe de variation de TDS de l'eau

II.3 Les faciès chimiques

L'interprétation des résultats des analyses a pour but de déterminer les faciès chimiques et d'effectuer une comparaison temporelle. Parmi les méthodes graphiques les plus utilisées, Celle de SCHOELLER-BERKALOFF (1935-1938) et celle de PIPER(1944).

Le diagramme de PIPER permet de représenter le faciès chimique d'un ensemble d'échantillons d'eaux. Il est composé de deux triangles permettant de représenter le faciès cationique et le faciès anionique et d'un losange synthétisant le faciès global. Il permet de présenter sur un même schéma un grand nombre d'analyses qui peuvent être comparées visuellement de façon simple. Ce type de diagramme est particulièrement adapté pour étudier l'évolution du faciès des eaux lorsque la minéralité augmente ou pour distinguer des groupes d'échantillons.

Le diagramme de SCHOELLER-BERKALOFF permet de représenter le faciès chimique de plusieurs eaux. Chaque échantillon est représenté par une ligne brisée. La concentration de chaque élément chimique est figurée par une ligne verticale en échelle logarithmique. La ligne brisée est formée en reliant tous les points figurant les différents éléments chimiques

Diagramme de Piper de Oued el Kissane

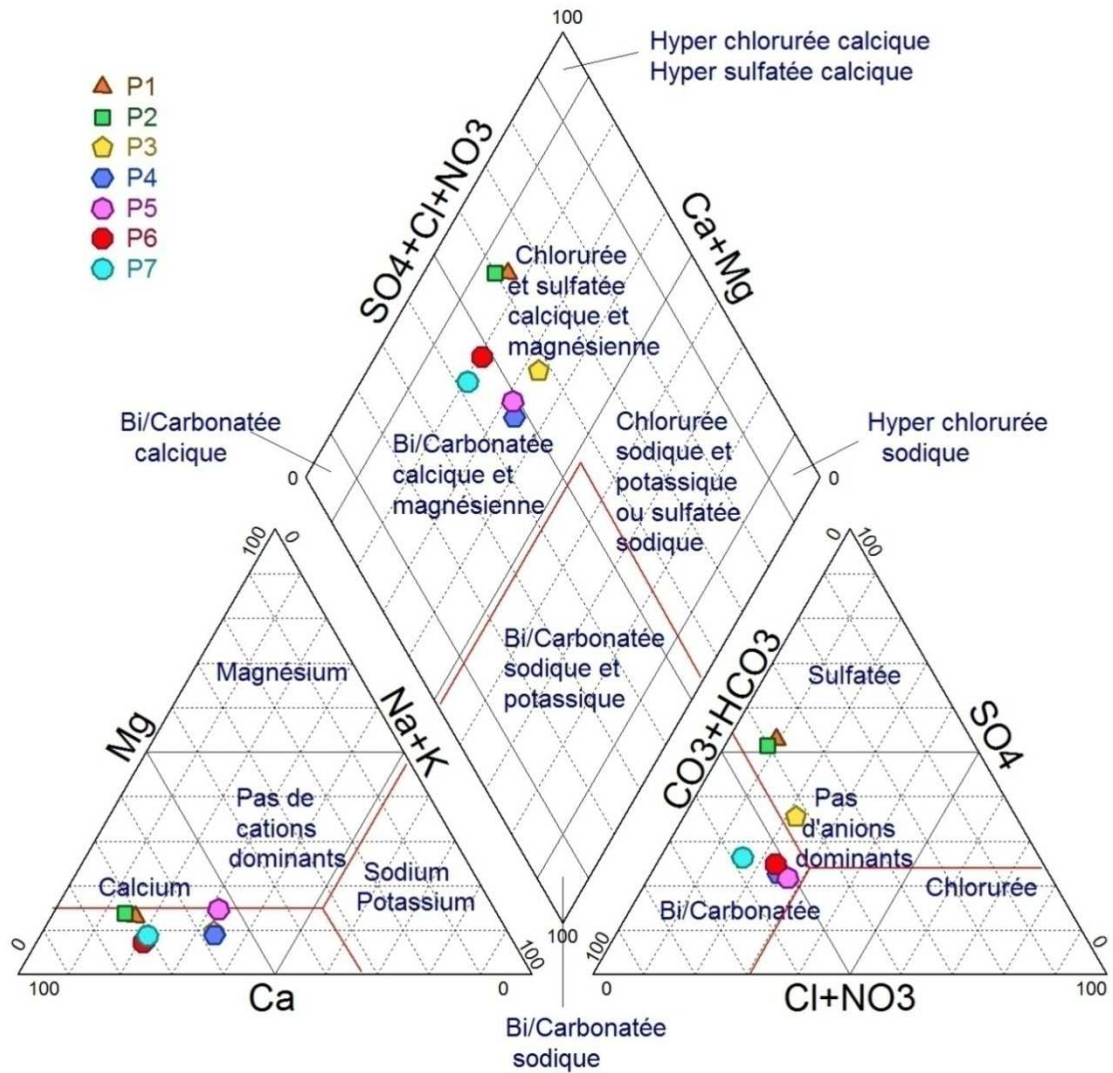


Figure 23 Représentation des résultats sur Diagramme de Piper

Le diagramme de Piper démontre clairement que les eaux de la zone étudiée ont un faciès chimique « Sulfaté calcique » au niveau des points 1,2 et 3 et Bicarbonaté calcique dans le reste des points.

Le diagramme de Schoeller:

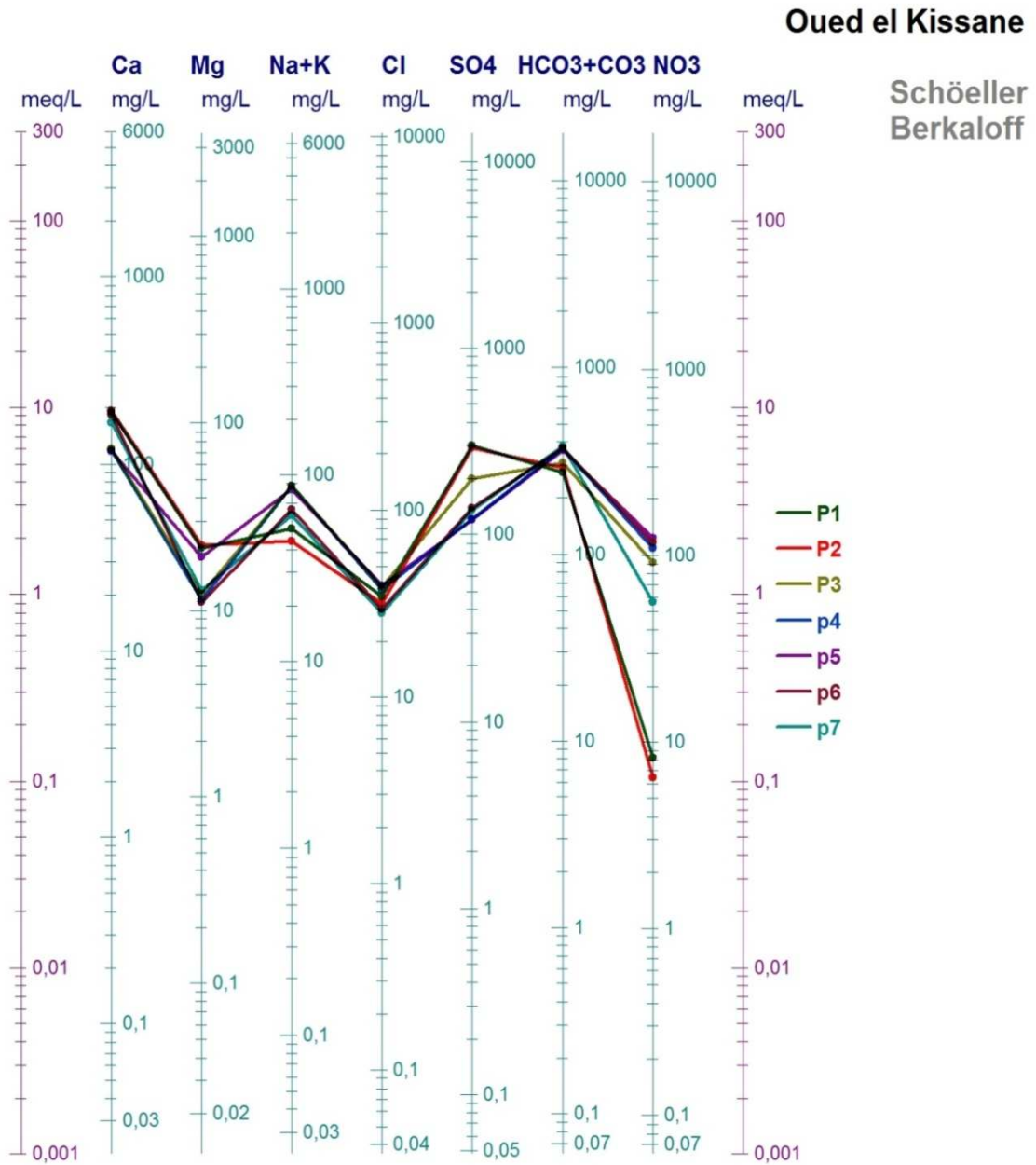


Figure 24 Diagramme de Schoeller-Berkaloff

Le diagramme de Schoeller montre que les points d'échantillonnage 1 et 2 ont un faciès Sulfaté Calcique, et les autres points ont un faciès Bicarbonaté Calcique.

En concluant que le faciès dominant dans la partie amont du cours d'eau est Sulfaté Calcique, alors qu'en aval les eaux sont Bicarbonaté Calcique.

II.4 Les Éléments chimiques

II.4.1 Les cations

II.4.1.1 Le calcium (Ca^{++})

Il est le composant majeur de la dureté de l'eau, et l'élément dominant des eaux naturelles. La concentration du calcium dans l'eau dépend du temps de séjour de l'eau dans des formations géologiques riches en calcium (Beaudy & Henry, 1984)

La présence des ions Ca^{++} dans l'eau est liée principalement à deux origines naturelles : soit la dissolution des formations carbonatées ($\text{CaCO}_3 = \text{Ca}^{++} + \text{CO}_3^{--}$), soit à la dissolution des formations gypseuses [$\text{CaSO}_4 \cdot 2(\text{H}_2\text{O}) = \text{Ca}^{++} + \text{SO}_4^{--} + 2(\text{H}_2\text{O})$].

Une teneur faible en calcium fait penser à un échange de base contre le sodium ou à l'absence des minéraux riches en calcium faiblement altérables. Par contre une teneur élevée en calcium provient de la mise en solution du gypse ou de l'anhydrite (Athamna, 2008).

Les eaux de oued el kissane ont des concentrations en Ca^{+2} varient entre 18,4mg/l(P6) et 193,8 (P2). Le point 6 a teneurs faibles (inférieures à 85 mg /l) par contre le reste des points 1, 2, 3, 4, 5,7 ont fortes concentrations dépassent les 100 mg/l. Notons que le calcium présente une moyenne de 100 mg/l et que ces valeur restent dans les normes

II.4.1.2 Magnésium (Mg^{++})

C'est un élément dominant dans l'eau, les principales sources du magnésium contenu dans les eaux sont les minéraux ferromagnésiens des roches ignées et les carbonates de magnésium des roches sédimentaires.

Il constitue un élément significatif de sa dureté, sa teneur dépend du terrain traversé, il dépasse rarement 15 mg/l dans les eaux naturelles, par contre dans les eaux minérales il peut largement dépasser cette valeur. Dans les régions riches en roches magnésiques, l'eau peut contenir des concentrations de 10 à 50 mg/l de cet élément (E Becker, 1972).

Les valeurs de magnésium varient entre 9.3mg/l (p5) à 22.3mg/l (p2) mg/l et le calcium varie entre 193.8 mg/l au maximale et 18.4 mg/l au minimale

Le rapport $\text{Mg}/\text{Ca} < 1$ la quantité du calcium dépasse celle du magnésium, l'eau aurait obtenu sa minéralisation du calcaire (fig. 25)

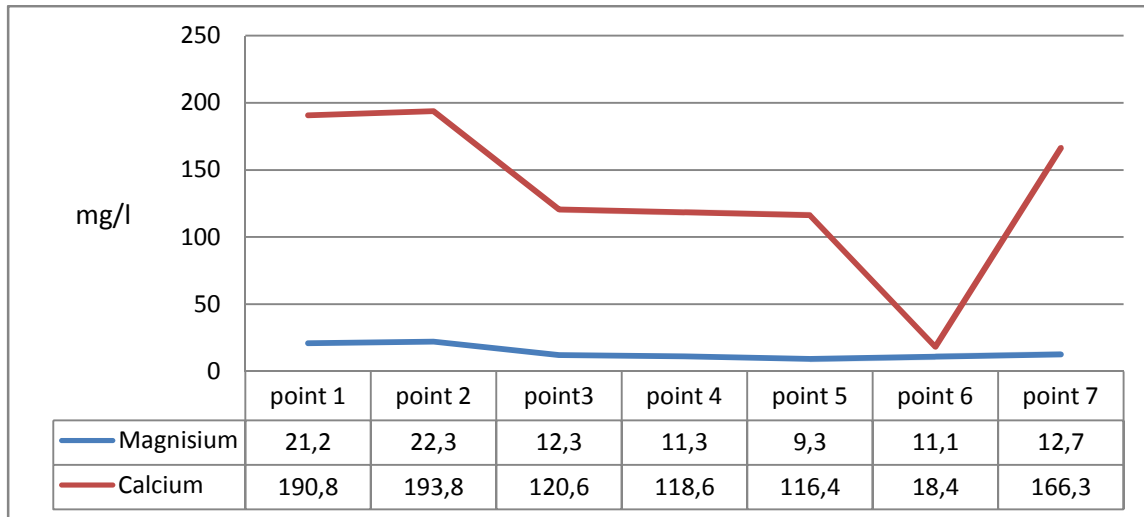


Figure 24 Courbe de variation de magnésium et calcium

II.4.1.3 Potassium (K^+)

C'est un élément alcalin, très réactif avec l'eau, on le retrouve dans les roches ignées et dans la nature sous forme de chlorure double dans de nombreux minerais. Il se trouve aussi dans la végétation sous forme de carbonate. Il est à peu près constant dans les eaux naturelles (10 à 15 mg/l) et n'a pas d'effet sur la santé humaine. Certains rejets industriels et d'usines d'engrais peuvent entraîner des quantités de potassium relativement importantes dans l'eau (Rodier, 1975; Gafou, 2007)

L'analyse de potassium montre que les valeurs au niveau de P3, P4, P5, P6 dépassent les normes algérienne, on peut dire que leur présence est à cause de l'utilisation des engrais puis l'eau subir une dilution en amont vers l'aval.

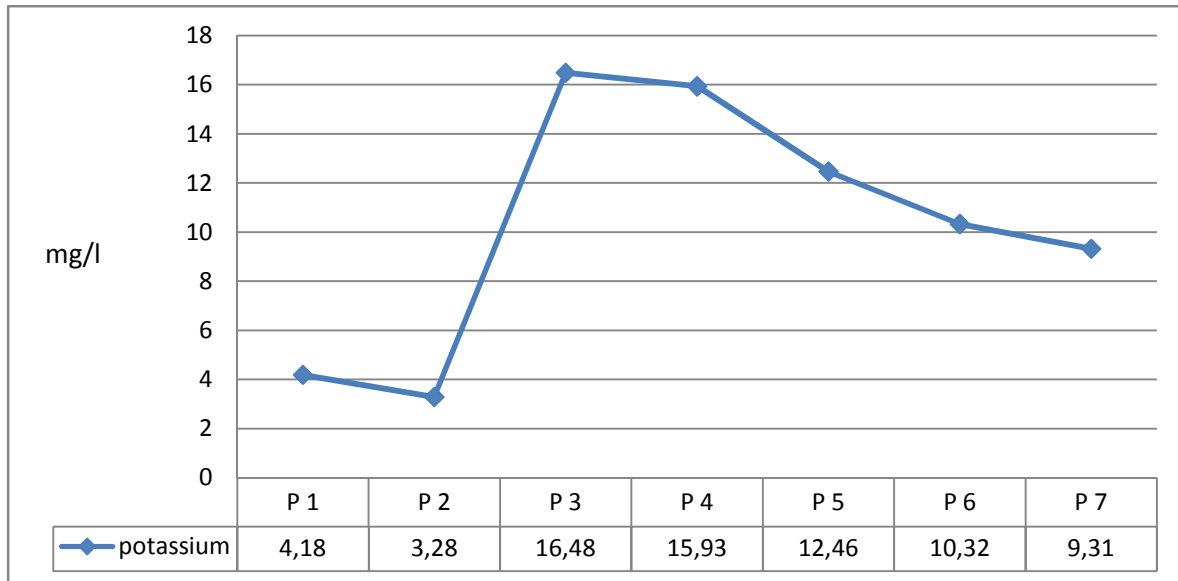


Figure 25 Courbe de variation de potassium

II.4.1.4 Sodium (Na⁺)

C'est un élément qui existe dans la totalité des eaux car la solubilité de ses sels (NaCl) est très élevée. En agriculture, le composé du sodium le plus important est le chlorure de sodium. (Figure 27)

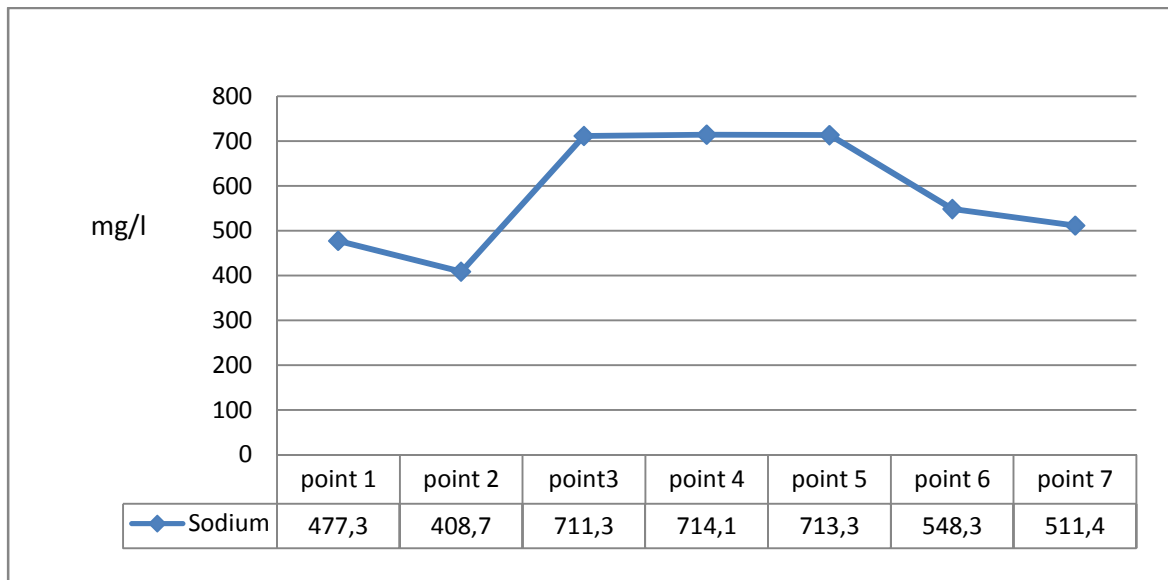


Figure 26 Courbe de variation de sodium

La variation des concentrations du sodium est due principalement aux échanges de base avec les ions calcium.

II.4.1.5:Ammonium NH₄⁺

L'azote ammoniacal constitue un des maillons du cycle complexe de l'azote dans son état primitif. C'est un gaz soluble dans l'eau. Il existe en faible proportion, inférieure à 0,1 mg/l d'azote ammoniacal dans les eaux naturelles. Il constitue un bon indicateur de la pollution des cours d'eau par les effluents urbains. Dans les eaux superficielles, il provient de la matière organique azotée et des échanges gazeux entre l'eau et l'atmosphère (Chapman & Kimstach, 1996).

Les concentrations d'ammonium au niveau des points P5 etP6 dépassent les normes algérienne sont supérieur à 0.5 mg/l, cela peut être expliquée par une décomposition aérobie de la matière organique par des bactéries et oxydation de l'azote.

Donc c'est une pollution due aux rejets des eaux usées de la ville d'el Hamma, cette concentration à une tendance de diminution remarquée dans le point sept peut être expliqué par la dilution ou le pouvoir auto-épuration de l'eau. (fig. 28)

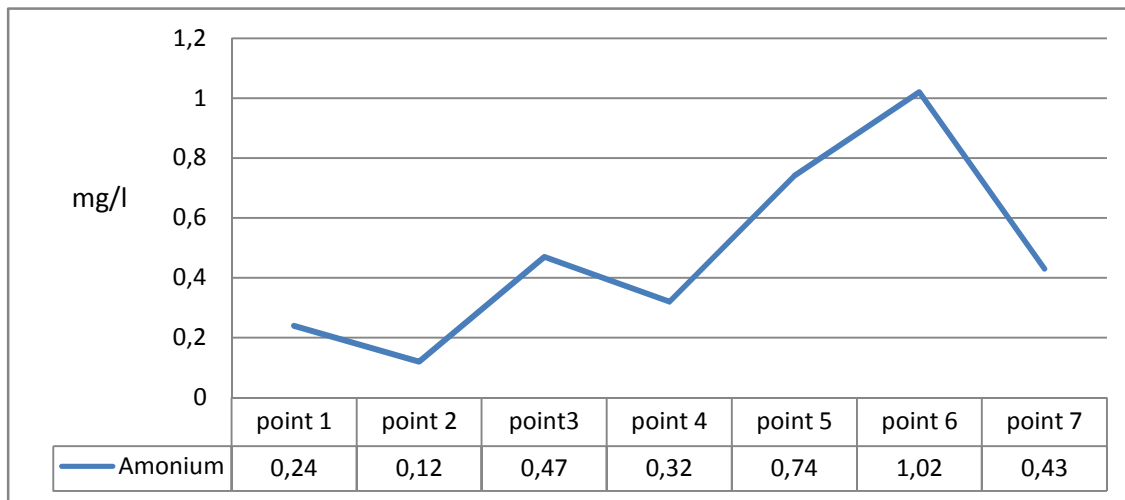


Figure 27 Courbe de variation d'ammonium

II.4.2 Les Anions

II.4.2.1 Les nitrites (NO₂-)

Sont les sels de l'acide nitreux. L'acide nitreux est un acide instable de formule (HNO₂). Dans les cours d'eau, notamment canalisés, et dans les régions densément habitées ou d'agriculture intensive, les nitrites sont souvent un paramètre important de déclassement des cours d'eau.

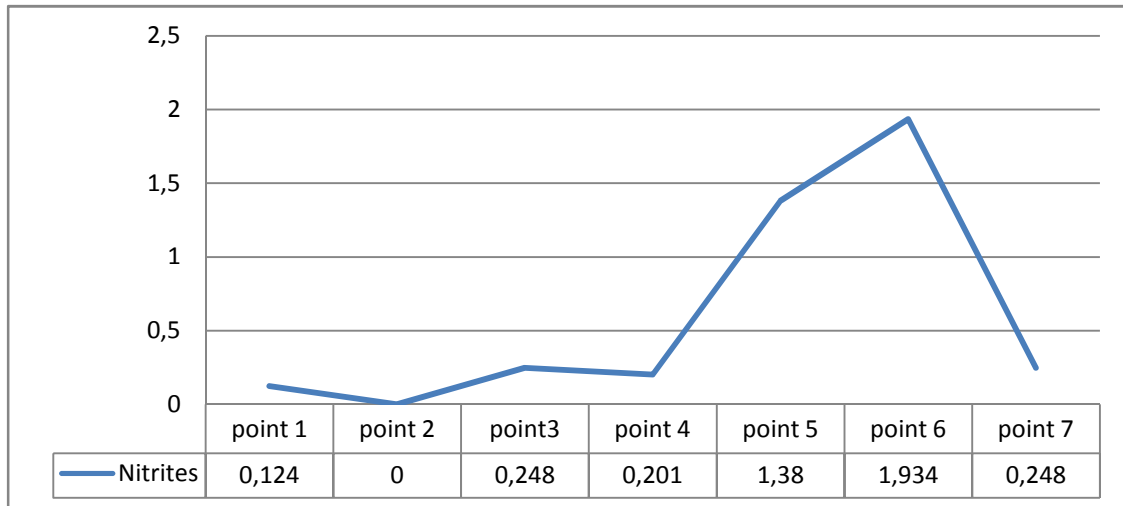


Figure 28 Courbe de variation de la concentration des nitrites dans l'eau

On Remarque que les concentrations des nitrites au niveau des points d'étude est très élevée aux points 5 et 6 qui se trouvent au milieu de la zone urbaine où on a enregistré respectivement des concentrations de 1,38 et 1,934mg /l (voir figure29).c'est un indice de pollution d'origine agricole (engrais), urbaine (rejet eaux usées), le pouvoir épurateur de l'eau a pu diminuer les concentrations des nitrites juste à la sortie de la zone urbaine

II.4.2.2. Les nitrate

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote, et représentent la forme D'azote au degré d'oxydation le plus élevée présent dans l'eau. Leurs concentrations dans les eaux naturelles sont comprises entre 1 et 50 mg/l.

Les teneurs en nitrates dans les eaux Oued el Kissane, montre une variation entre 6,42 mg/l (P2) et 124,81 mg/l (P5)

L'augmentation des teneurs en nitrates dans les eaux de Oued el Kissane aux pointsP4, P5, P6 peut être due au lessivage des fertilisants et les composts utilisés dans les sols agricoles situés sur les bords de l'oued. Cependant les valeurs assez levées du point **P3**, **P7** peut être attribuées aux rejets d'eaux usées qui n'ont fait l'objet d'aucun traitement préalable particulièrement dans les stations thermales. (fig. 30)

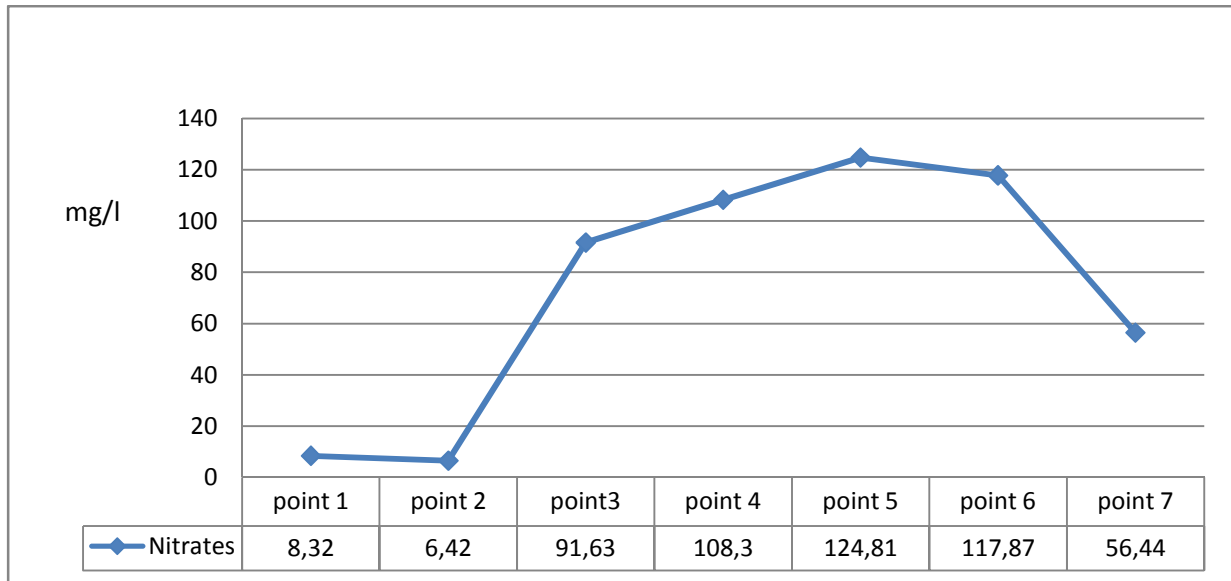


Figure 29 Courbe de variation de nitrates

II.4.2.3 Chlorures (Cl⁻)

Les chlorures sont des anions inorganiques importants contenus en concentrations variables dans les eaux naturelles, généralement sous forme de sels de sodium (NaCl) et de potassium (KCl). Ils sont souvent utilisés comme un indice de pollution. Ils ont une influence sur la faune et la flore aquatique ainsi que sur la croissance des végétaux (Makhoukh et al. 2011).

Le chlorure existe dans toutes les eaux à des concentrations très variables. L'origine peut être naturelle, percolation à travers des terrains salés (Beaudry et (Henry, 1984)

On observe les concentrations en ion chlorures relevées dans les eaux de oued el kissane s'échelonnent entre 283 mg/l (p7) et 396 mg/l (p5). Ces teneurs indiquent qu'il n'existe pas d'apport anthropique ou industriel mais l'origine naturelle est envisageable. (fig31)

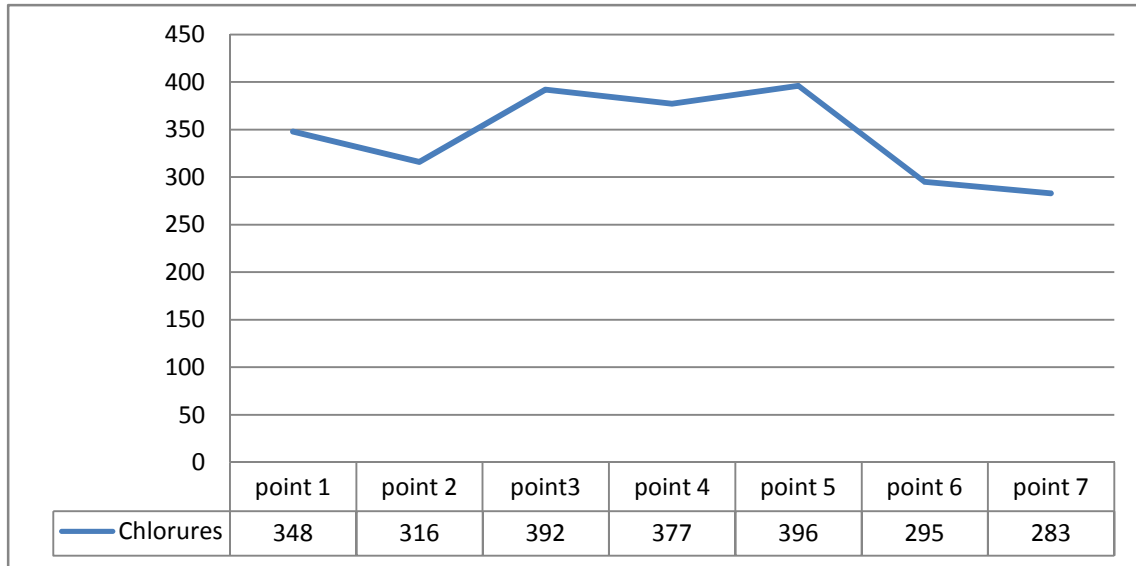


Figure 30 Courbe de variation de chlorures

II.4.2.4 Bicarbonate (HCO_3^-)

La présence des bicarbonates dans l'eau est due à la dissolution des formations carbonatées (cipolin, calcaire, dolomie...) par des eaux chargées en gaz carbonique (CO_2).

D'après la coupe géologique dans la figure n4 (chapitre 1), la géologie du terrain semble le premier responsable sur l'augmentation du bicarbonate en déplaçant dans le sens d'écoulement

Ces concentration dépend aux affleurements des roches calcaires de plus en plus qu'on allant vers la plaine de Remila. (fig.32)

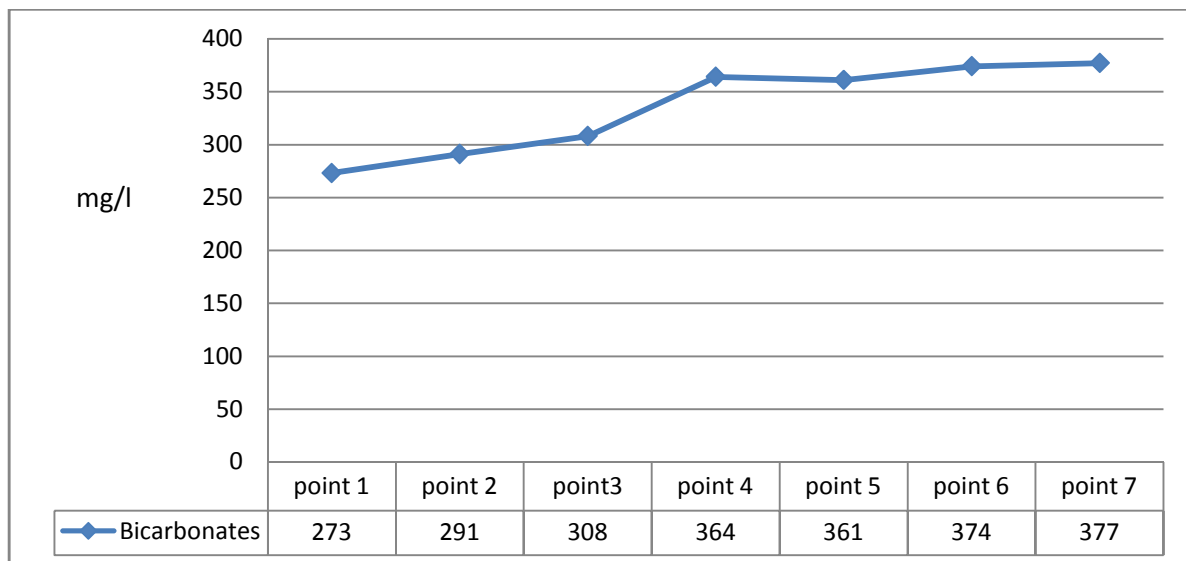


Figure 31 Courbe de variation de bicarbonates

II.4.2.5 Les sulfates (SO₄⁻)

La concentration des sulfates est très faible, dans la plupart des eaux douces. Elle peut atteindre 30 à 50 mg/l dans les terrains ne contenant pas une proportion importante de minéraux sulfatés. La teneur en sulfates dans l'eau est élevée dans les zones contenant du gypse. Pour une eau destinée à la consommation humaine, en raison du goût et de l'odeur, l'OMS en 2011, recommande comme valeur limite 250 mg/l. (Ahonon, 2011)

La forte concentration en sulfate dans les deux point 1 et 2 qui dépasse les 250 mg /l est du a la dissolution des roches gypseuse composé de sulfate de calcium CaSo4 et l'anhydrite CaSO₄, H₂O qui sont très fréquentes aux alentours de la dépression de Hammam el Salhine. (fig 33)

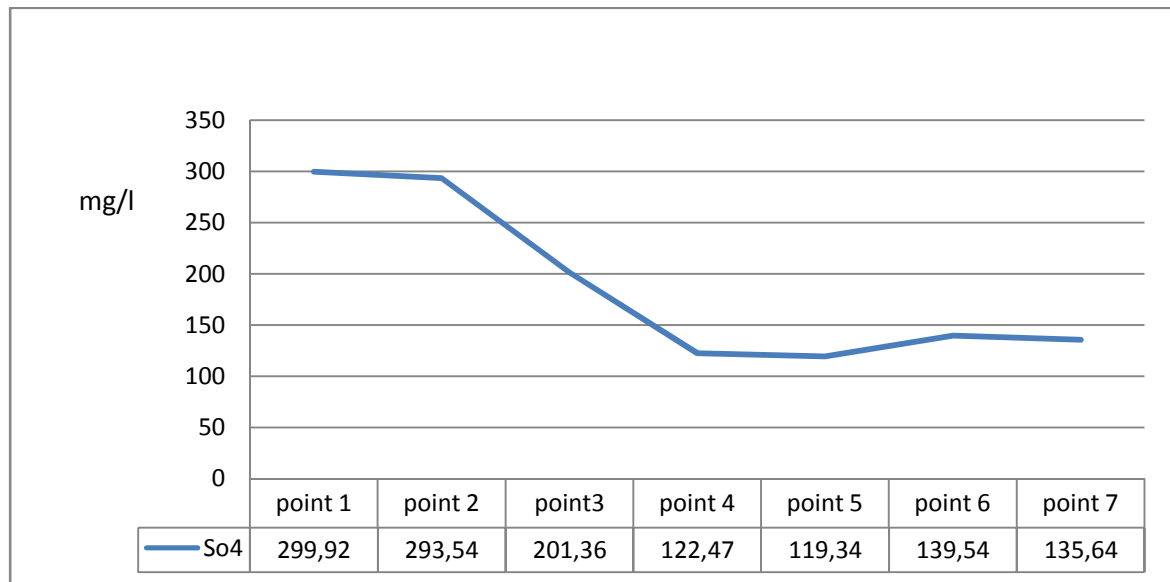


Figure 32 Courbe de variation de sulfates

II.4.2.6 Les phosphates (PO₄³⁻)

Les phosphates font partie des anions facilement fixés par le sol, leur présence dans les eaux naturelles est liée à la nature des terrains traversés et à la décomposition de la matière organique (Beaudry et Henry, 1984).

Le phosphore est un élément essentiel à la vie aquatique et les fortes concentrations en phosphates rencontrées dans l'estuaire témoignent d'un enrichissement d'origine domestique et agricole de l'activité industrielle. L'excès en phosphate entraîne l'eutrophisation des écosystèmes aquatiques. Des teneurs supérieures à 0,5 mg/l doivent constituer un indice de pollution

L'interprétation des résultants d'analyse montre que la concentration en phosphates

CHAPITRE IV ETUDE DE LA QUALITE DE L'EAU

dans les eaux de surface de notre région d'étude (Oued el kissane) varie entre 9.13mg/l(p2) et 1.42mg/l (p7) .

On peut expliquer cette variation par les rejets de station thermal a cause de certain produit tel que les shampoings et les savons etc., les agents atmosphérique, vent et pluie, représentent aussi des sources de phosphate. (fig. 34)

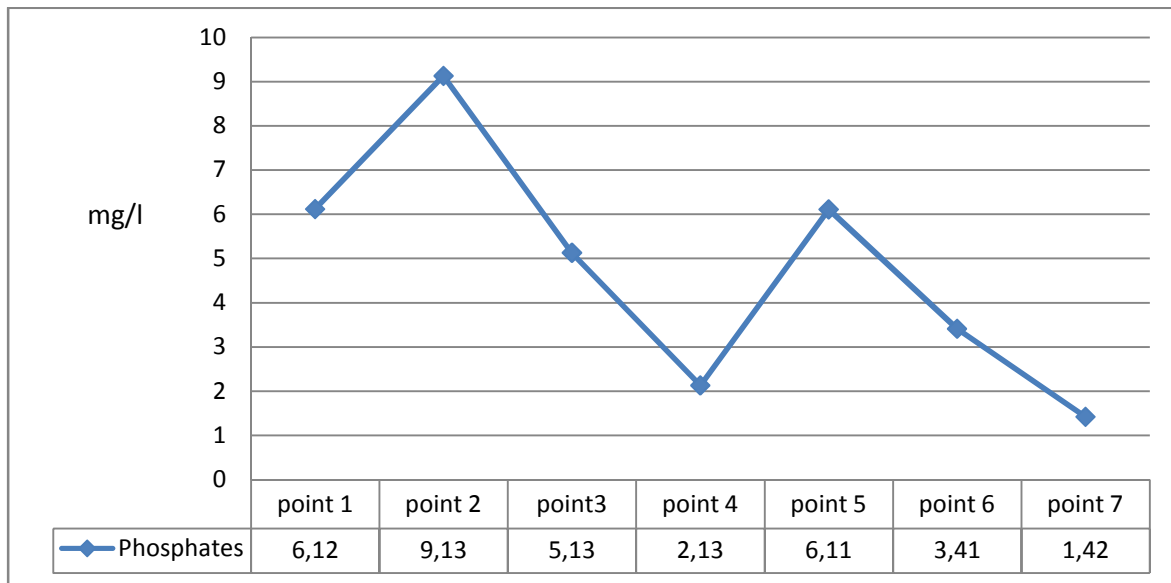


Figure 33 Courbe de variation de phosphates

II.4.2.7 DCO et DBO5

La demande biochimique en oxygène est la quantité d'oxygène consommée dans des conditions d'essais spécifiques (incubation pendant 5 jours, à 20° dans l'obscurité) par les micro-organismes présents dans l'eau, pour assurer la dégradation de la matière organique par voie biologique

La DCO est la quantité d'oxygène consommée par la matière oxydable dans des conditions de l'essai. Contrairement à la DBO5 où l'oxydation se fait lentement par l'activité des microorganismes, l'oxydation, pour la mesure de la DCO, est provoqué à l'aide d'un oxydant puissant (bichromate de potassium) en milieu acide fort (H₂SO₄). La DCO permet de mesurer la majeure partie de la matière organique biodégradable. Elle donne une image de la matière organique présente même si le développement de micro-organismes est impossible (présence d'un toxique par exemple). C'est pourquoi les valeurs de DCO sont

nécessairement supérieures aux valeurs de DBO5 (Marcel, 1995).

au niveau du point 4 et 5 on remarque une élévation des teneurs de DBO et DCO peut être expliquée par l'arrivée des eaux usées brutes riches en matière organique et en substances toxiques provenant de hammam Essalhine., et par l'instauration des conditions de dégradation de la matière organique par les micro-organismes dont l'activité s'intensifie avec la diminution de la vitesse d'écoulement et avec les températures des eaux cette activité, consommatrice d'oxygène, est à l'origine de l'autoépuration des eaux. et aussi l'augmentation de la charge polluante qui provient du versement des eaux usées qui provient de l'agglomération citoyenne des laboratoires l'université de khenchela ainsi que celle des eaux usées de la commune d'el Hamma. cependant les points 6 et 7 ces eaux subissent des dilutions de la charge organique et par conséquent une chute de la DBO et DCO, ce qui confirme l'augmentation de l'oxygène dissout en ces points. (fig. 37)

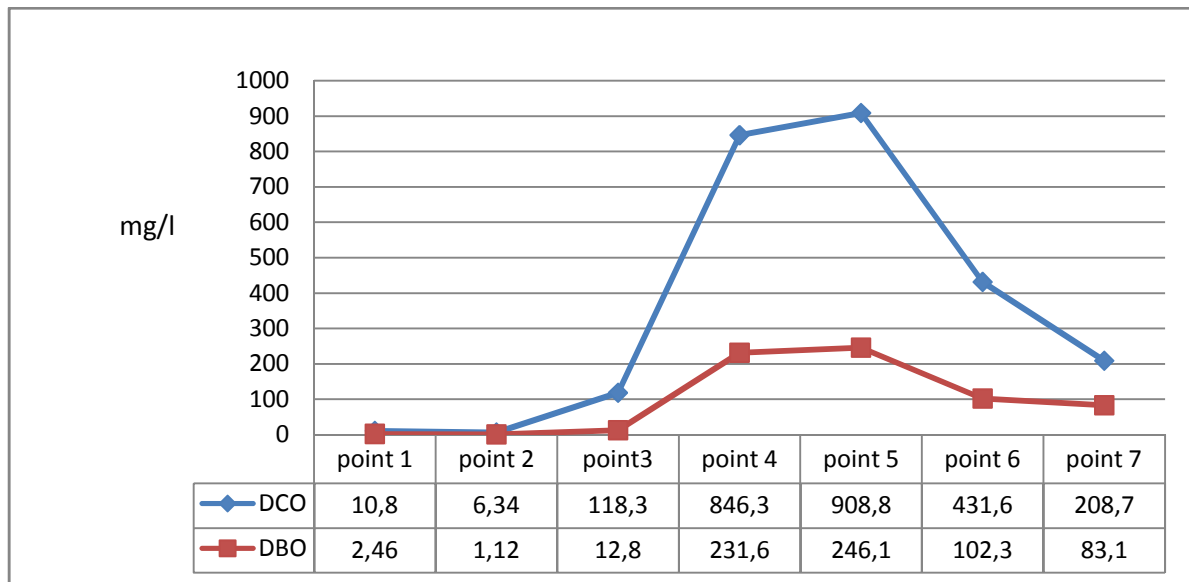


Figure 34: Courbe de variation de DCO et DBO5

II.4.2.8 Le rapport DCO/DBO₅

Le rapport entre la DBO₅ et la DCO constitue une mesure indicative de la « dégradabilité » biochimique des composés présents dans l'eau. Le rapport DCO/DBO₅, permet donc d'apprécier la dégradabilité de la matière organique (Jowett, 1980).

Si le rapport DCO / DBO₅ est inférieur à 3, on peut dire que l'effluent est facilement biodégradable, un traitement biologique devant être capable d'éliminer l'essentiel de la pollution. Le rapport DCO/DBO₅ des échantillons P1, P2, P3, P4, P5, P6 semble être supérieur à 3, donc les effluents correspondants sont difficilement biodégradables, alors que le P7 inférieur à 3, on peut dire que l'effluent est facilement biodégradable (fig.36).

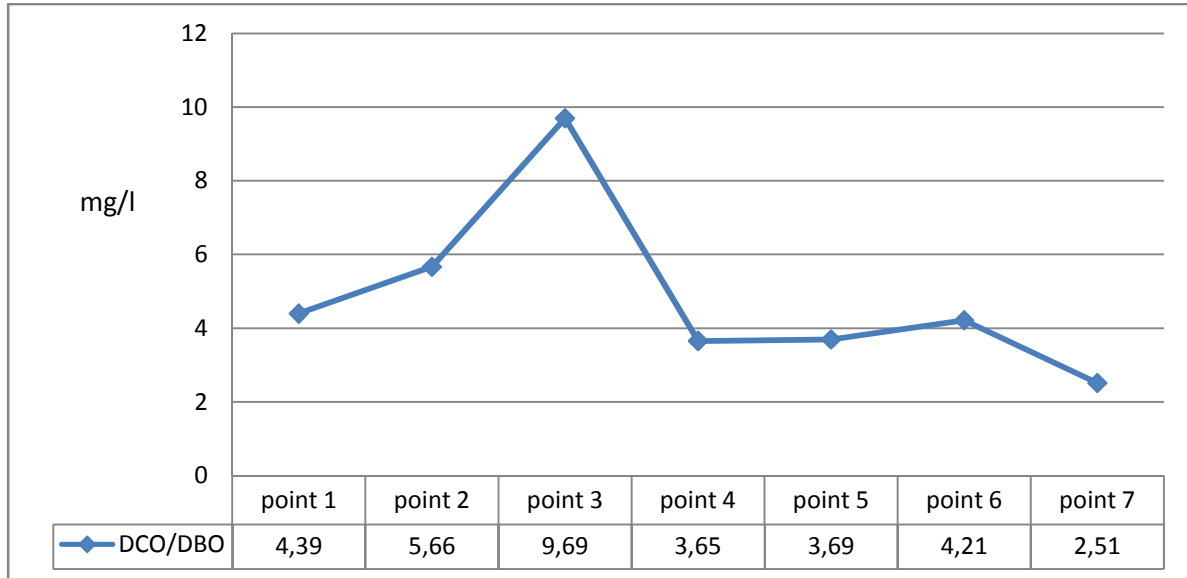


Figure 35 Courbe de variation de DCO / DBO

II.4.2.9 L'oxygène dissous(O₂dis)

La concentration en oxygène dissous constitue, avec les valeurs du pH, l'un des plus importants paramètres de qualité des eaux pour la vie aquatique. L'oxygène dissous dans les eaux de surface provient essentiellement de l'atmosphère et de l'activité photosynthétique des algues et des plantes aquatiques (Beupoil & Bornens, 1997).

L'examen des résultats montre que l'eau de la source thermique et le point 1 sont bien aérées avec des concentrations en oxygène dissous proche de 7mg/l malgré la température élevée. Au niveau des points P3, P4, P5 des valeurs très basses indiquent une présence de pollution organique ce qui favorise l'activité bactérienne qui consomme l'oxygène dissous présent dans l'eau. et légère augmentation au P6.P7 ce qui prouve que ces points présentent des dilutions de la pollution. (fig. 37)

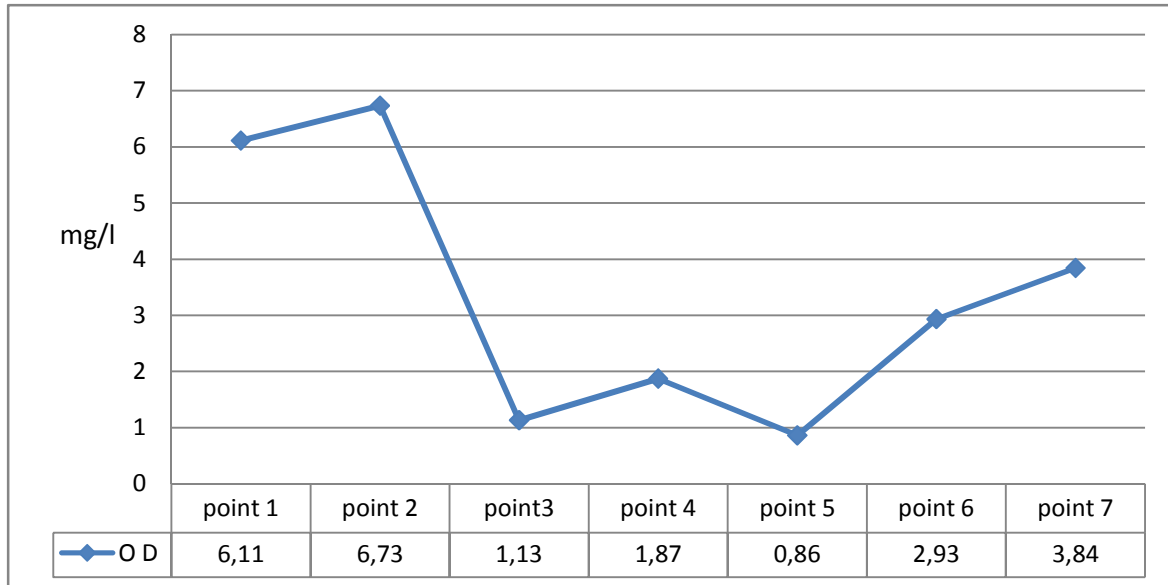


Figure 36 Courbe de variation d'oxygène dissous

II.4.3 Les métaux lourds

Les métaux lourds sont des constituants naturels dans les roches et dans les gisements minéraux. Ainsi, normalement ces éléments sont présents à de faibles teneurs (à l'état de traces, moins de 0.1%) dans les sols, les sédiments, les eaux de surface et les organismes vivants (Callender, 2003)

Ces faibles concentrations en métaux lourds constituent le fond géochimique d'un certain environnement. Pour évaluer l'impact d'un métal lourd dans l'environnement, la seule présence n'est pas suffisante. Cet impact est potentiel si le métal donné se trouve à des niveaux des concentrations anormalement élevées par rapport au fond géochimique (Alloway, 1997)

II.4.3.1 Le Plomb (Pb) :

La forme la plus fréquente dans les milieux naturels est Pb^{2+} , ses caractéristiques physico-chimiques le rapprochent des alcalino-terreux (Ca^{2+} et Ba^{2+}). Cet élément peut être associé aux sulfates et aux carbonates mais aussi aux argiles et à la matière organique suivant le pH. Cet élément a beaucoup d'affinités avec le cadmium Cd et le zinc Zn. Lors de l'altération de minéraux primaires, le Pb peut être fixé par des argiles comme la kaolinite (Mosser, 1980)

II.4.3.2 Le Cadmium (Cd)

Le cadmium est un élément qui est peu présent dans la nature; il est principalement un sous-produit des procédés métallurgiques du zinc, du cuivre et du plomb (Martelli et autres, 2006). Le cadmium peut se retrouver dans l'environnement sous deux formes, soit le cadmium métallique et les sels de cadmium (Andujar, 2010)

II.4.3.3 Le zinc

Le zinc est un élément chimique, de symbole Zn et de numéro atomique 30. Le zinc est un métal, moyennement réactif, qui se combine avec l'oxygène et d'autres non-métaux, et qui réagit avec des acides dilués en dégageant de l'hydrogène (Mahan, 1987)

Il peut avoir comme origine naturel les différents gisements minéraux très abondants dans la région à savoir la Sphalérite, Baryte et les Sénarmontites.

II.4.3.4 Nickel

Métal d'un blanc qui tient le milieu entre la couleur de l'argent et celle de l'étain, et qui a Il se trouve assez souvent dans les mines de cobalt un minéral qui ne ressemble à aucun autre, et qui n'a été reconnu que dans ces derniers temps.

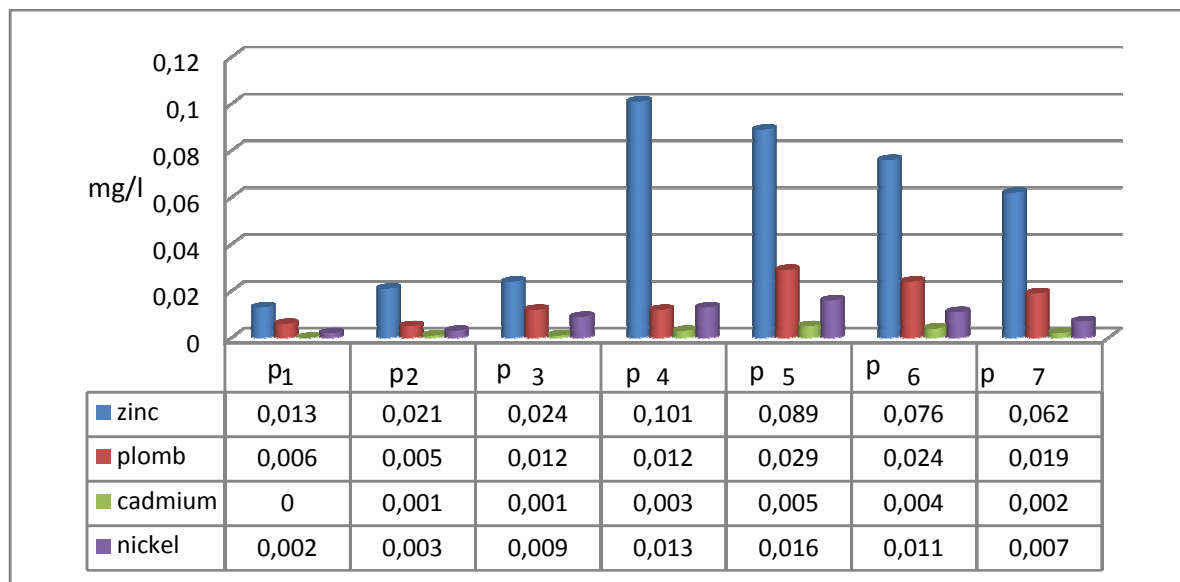


Figure 37 Courbe de variation de zinc, nickel, plomb et cadmium

Ce diagramme représente les teneurs en zinc, nickel, plomb et cadmium, dans les 7 points analysé. Les concentrations de ces métaux sont dans les normes

II.4.3.5 Le chrome (Cr):

Il provient généralement des résidus de galvanoplastie, des tanneries, des raffineries et de l'industrie de textile (Kemmer N, 1984)

Il est toxique surtout sous forme de Cr VI (chromate), il passe sous forme de Cr III (sels chromiques) en milieu naturel. Le Cr VI est mutagène et cancérogène (Gaujous, D, 1995).

En milieu alcalin, on estime que la stabilité des chromates peut atteindre 50 ans, et qu'ils peuvent migrer vers les nappes aquifères, même au travers de sols cohérents

Les fortes concentrations remarquées dans l'aval du cours d'eau objet de l'étude nous fait penser aux rejets du laboratoire de l'université de Khenchela sis à la rive droite de l'oued et qui utilise les chromates dans les différentes analyses effectuées dans le cadre des travaux pratiques et les travaux de fin d'études des étudiants

II.4.3.6 Cuivre (Cu):

Le cuivre est un élément chimique de symbole Cu et de numéro atomique 29. Métal de couleur rougeâtre, il possède une haute conductivité thermique et électrique à température ambiante, le seul métal pur ayant une meilleure conductivité électrique est l'argent (Hurlbut Jr, 1982)

Sa couleur rougeâtre le différencie au même titre que l'or par la couleur généralement grise des métaux. Le cuivre est un des rares métaux qui existe à l'état natif. L'occurrence du cuivre natif est cependant assez faible (Hurlbut Jr. et Klein, 1982).

Son existence naturelle dans les eaux de l'oued est due à l'abondance des jurites de cuivre et carbonate de cuivre sous forme d'azurite et de malachite surtout dans la partie aval du bassin.

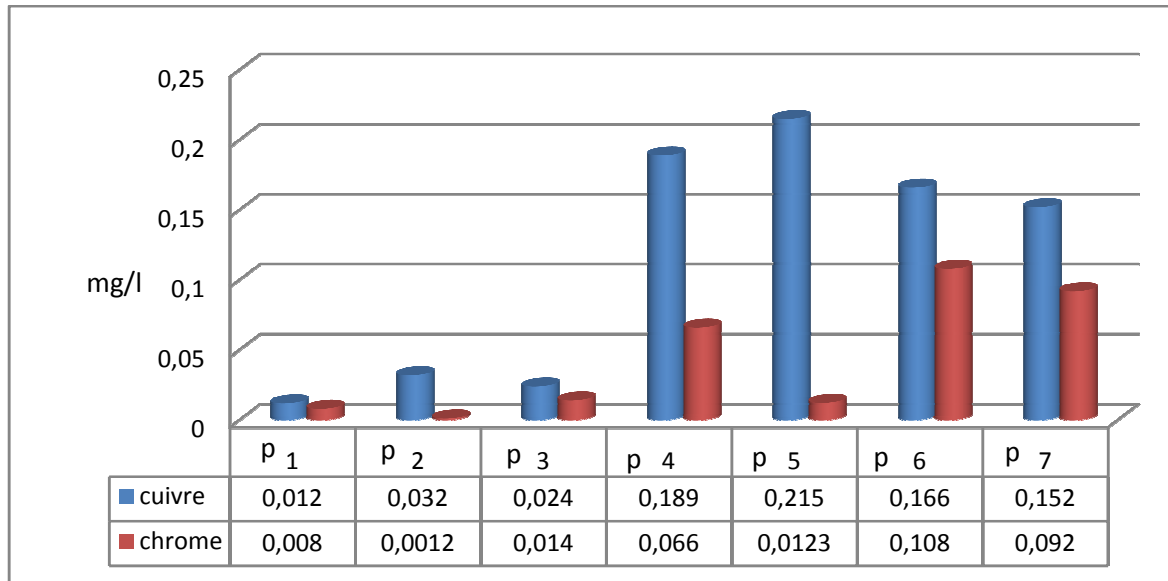


Figure 38 Courbe de variation des métaux cuivre et chrome

II.4.3.7 Le mercure

Le mercure peut se trouver dans l'eau, fixé sur les matières en suspension et (ou) à l'état dissous, sous forme de composés organiques et (ou) à l'état minéral. Le cas échéant, il pourra être nécessaire de procéder à une filtration avant minéralisation.

Le dosage du mercure total est effectué par spectrométrie d'absorption atomique sans flamme après minéralisation de l'échantillon obtenue soit au permanganate peroxodisulfate soit au brome ou encore par spectrométrie de fluorescence atomique.

Celui de mercure organique est réalisé par chromatographie gazeuse (Bernard LEGUBE, 2009)

On a enregistré des concentrations en mercure très élevées dans les point 2, 3, 5 et 7, cela peut être expliqué par la géologie des terrains profondes traversés par les eaux de la source avant d'arrivée à la surface comme le Cinabre, l'augmentation de la concentration dans le point 3 peut être due au lessivage des certaines roches comme le schistes carbonatés.

La présence dans les points 5 et 7 fait penser à une pollution anthropique. (Fig. 40)

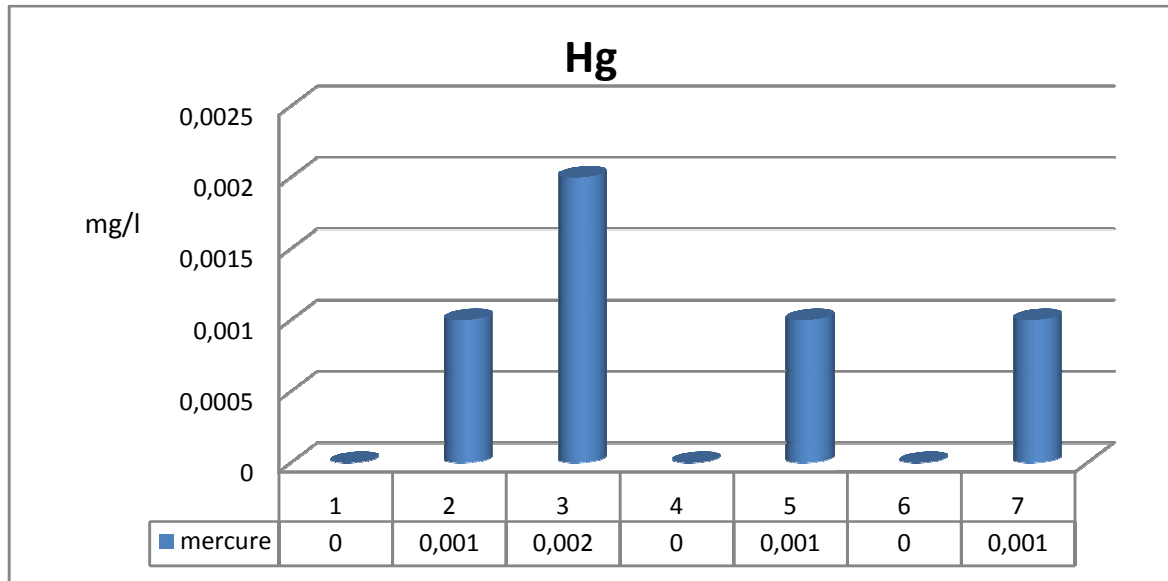


Figure 39 Courbe de variation du mercure

CONCLUSION

Afin de mettre en évidence une éventuelle pollution des eaux de l'oued el Kissane, une campagne d'échantillonnage a été effectuée en mois d'Avril sur sept points choisis d'une façon à nous permettre de comparer les concentrations des éléments, analysés que soit in-situ ou au niveau du laboratoire, avant , au milieu ou à l'aval de la zone urbaine d'el Hamma y compris Hammame el Salhine.

Les résultats d'analyse soumises à un simple test par le biais de la balance ionique, cette dernière présente des valeurs inférieures ou égales à 6% pour tous les point, ce qui est jugé acceptable.

Deux faciès chimiques sont caractérisent les eaux de l'Oued, Sulfaté calcique à l'amont, et Bicarbonaté calcique en aval.

- Une léger augmentation de PH de l'amont vers l'aval, mais en générale les eaux dans les normes.
- L'eau de l'Oued présente une conductivité élevée par apport aux normes algériennes, ce qui indique que l'eau est très, minéralisée à cause des roches traversées.
- La même allure du TDS que la conductivité confirme celle minéralisation.
- Une variation des concentrations du calcium et sodium d'un point à l'autre due principalement aux échanges des ions entre ces deux éléments.
- Compte aux nitrites et nitrate des pollutions ont été détectés à dans la partie qui travers l'agglomération d'el Hamma, cette pollution d'origine anthropique causée par les eaux usées domestique d'el Hamma et les activités connexe à savoir l'irrigation cette pollution organique confirmé par la diminution de l'O₂ dissous et en opposition l'augmentation de le DBO₅ et DCO dans l'aval du bassin versant
- Une pollution peut être signalée également par les métaux lourds comme le chrome qui résulte des rejets du laboratoire probablement.

CONCLUSION GENERALE

Ce travail entrepris dans la région d'el Hamma des eaux de surface (Oued el Kissane) a porté principalement sur la qualité d'eau d'Oued el Kissane

Pour répondre aux objectifs fixés nous avons utilisé un ensemble de méthodes d'analyse
L'étude climatologique a montré que la région d'étude appartient au climat semi-aride,
L'analyse élémentaire des paramètres physico-chimiques et de quelques métaux lourds de la région d'étude (Oued el Kissane) effectuées sur les sept points d'échantillons de l'eau, en amont et en aval a permis de conclure que :

La balance ionique, présente des valeurs inférieures ou égales à 6% pour tous les points, ce qui est jugé acceptable, le faciès chimique des eaux est qualifié sulfaté calcique à bicarbonaté calcique vers l'aval, le pH de l'eau a un caractère neutre vers le basique
La conductivité est élevée par rapport aux normes algériennes, ce qui indique que l'eau est très minéralisée à cause des roches traversées. Cette minéralisation traduite par le TDS.
Une variation des concentrations du calcium et sodium d'un point à l'autre due principalement aux échanges des ions entre ces deux éléments.

On a identifié une pollution par les nitrites et nitrate des dans la partie qui travers l'agglomération d'el Hamma, cette pollution d'origine anthropique causée par les eaux usées domestique d'el Hamma et les activités connexes à savoir l'irrigation cette pollution organique confirmé par la diminution de l'O₂ dissous et en opposition l'augmentation de le DBO₅ et DCO dans la partie aval du bassin versant

Parmi les métaux lourds dosés, on a remarqué des valeurs élevées en concentration du Chrome et de Cuivre, cette pollution est due probablement aux effluents du laboratoire de l'université de Khenchela.

Concernant les éléments suivante leurs présence est d'origine naturel, sont : les chlorures, l'ammoniac, sodium, potassium, sulfure, calcium, magnésium et TDS.

Recommandation :

Installation d'un système d'assainissement plus performant pour les eaux usées d'el Hammam et de la ville d'el Hamma.

Modérer l'utilisation des produits chimiques tels que les chromates dans le laboratoire d'université.

Installation d'une STEP (station de traitement de l'eau polluée)

Bibliographie

- Ahonon, A. (2011). Evaluation de la qualité physico chimique et bactériologique des eaux de surface dans les zones montagneuses du sud-ouest du Togo. *Mémoire de mastèr* . Université de I.
- Alloway, B. A. (1997). *chemical principales of Environemental pollution*. Blackie Academic and professional, an imprnt of champan and Hall. london.
- ANDI. (2013). *Agence nationale de développement de l'investissement*.
- Andujar, P. r. (2010). *Altoxication aigue et chronique au cadmium* .*La revue de médecine interne*,vol:n°2,P .107-115.
- Athamna, A. (2008). Etude de l'évaluation des flux d'azote au niveau de la pleine de Seriana- Ain Baida. *Mémoire de Magistère* . Université de Batna.
- Beaudy, T., & Henry, T. (1984). Chimie des eaux. *Les griffons d'argiles* , p. 537.
- Beupoil, C., & Bornens, C. J. (1997). *Oxygene dissous et toxicité de l'amoniac en zone estuarienne: seuils d'acceptabilité* .*Rapport de synthèse*.
- Berkani, C. (2011). Etude hydrochimique des sources thermèles des Aurès. *Mémoire de Master* . Université de Khenchela.
- Bernard LEGUBE, N. M. (2009). *Analyse de l'eau*. Paris: Dunod.
- Callender, E. (2003). *heavy Metals in the environment Historical trends In B,S Iollar (Ed) Environmental Geochemistry*. Oxford, PP,67,105.
- Chapman, D., & Kimstach, V. (1996). Selection of water quality variables, water quality assesements: a guide to use of biota, sédiments and water in envirenment monitoring. London: Chapman edition.
- Cherifa, B. (2011). Etude hydrochimique des sources thermales des Aurès. *Mémoire de master* . Université de Khenchela.
- Direction de l'environnement . Khenchela.
- Direction de tourisme. (2007). *Guide touristique de la wilaya de Khenchela*. Khenchela.
- Direction générale du budget 166p. *Monographie de la wilaya de Khenchela*. Khenchela.
- Djebaili, S. (1978). Recherches phytoécologiques et phytosociologiques sur la végétation des hautes plaines steppiques et de l'atlas saharien algériens. *Thèse de Doctorat* . France: Université de Montpellier.
- Duboust, D. (1992). *agriculture et aménagement des oasis algériennes*. paris.
- Duchaufour, P. (2001). Introduction à la science de la pollution de l'eau: sol,végétation, environnement. Dunod.

- E Becker, C. J. (1972). Constituents and properties of water: water quality in stressed environment. *Burgess publishing company* .
- Gafou, G. (2007). Evaluation des eaux souterraines des quartiers périphériques non assainis de la ville de Lomé. *Mémoire d'ingénieur* . Université de Lomé.
- Gaujous.D. (1995). *la pollution des milieux aquatique ,aide mémoire,*. paris.
- Houha, B. (1996). Qualité des eaux de Khenchela, étude hydrochimique. *Memoire de Magistère* . Université de Annaba.
- Hurlbut Jr, C. e. (1982). *Manual de Mineralogia de Dana* . Barcelona : Reverté.
- Jowett, J. R. (1980). Clean lakes program guidance manual. *United States Environmental Protection Agency, Washington* .
- Kemmer N, F. (1984). *Manuel de l'eau Technique et Documentation (lavoisier)*.
- Khabtane, A. e. (2010). Contribution à l'étude du cophysiologie du genre tamarix.
- Koller, E. (2004). Traitement des polluents industrielles: eau, air, déchets, sols, boues. Dunod.
- Mahan, B. (1987). *Quimica Curso Universitario. Fondo Educativo Interamericano S.A.*
- Makhouk, M., Sbaa, M., Berrahou, A., & Van, M. (2011). Contribution à l'étude physico chimique des eaux superficielles de l'oued Moulouya (Maroc oriental). *Larhyss* , 149-169.
- Marcel, D. (1995). Chimie des oxydants et traitement des eaux, Université de Poitiers . *ESIP* , p. 230.
- Mizane, N. (2012). Etude d'impact des activités anthropiques sur la qualité des eaux de Oued el Kissane.
- Mosser, C. (1980). *Etude Géochimique de quelques élément traces dans les argiles des altérations et des sédiments ,thèse de doctorat.* starsbourg.
- Rodier, J. (1975). *L'analyse de l'eau*. Paris: Dunod .
- tarek, D. (2008). *Ressources en eau et gestion intégré dans le bassin versant de l'oued kebir Ouest Nord Est Algérien- 68 P.* annaba.
- Ziani, D. (2009). Impact de la pollution agricole et urbaine sur la qualité des eaux souterraines de l'aquifère de Ain Djasser, Est algérien. *Mémoire de Magistère* .

Les sites web

<https://www.safewater.org/PDFS/resourcesknowthefacts/tds+ph.pdf>

RESUME

L'objectif de ce travail c'est d'évaluation de la qualité physico-chimique des eaux et les caractéristiques d'Oued El Kissaned'El Hamma d'une longueur de six kilomètres, la région est une commune peuplée de la wilaya de Khenchela, Pour déterminer les sources de pollution et les risques encourus par les activités anthropique tel que les eaux usées rejetées sans aucune traitement préalable qui influencé'une façon négative sur la qualité des eaux de l'Oued, établir un état des lieux de la qualité des ressources de l'Oued et proposer des recommandations et des solutions pour sa protection.

Pour cela nous avons effectué des analyses au laboratoire sur sept échantillonne des points au niveau de logeur de l'Oued

Comme on le voit dans les résultats : les abaques des indices thermiques de Martonne qualifient le climat de semi-aride avec une tendance vers un climat influencé par les reliefs et l'altitude .Après l'établissement du bilan hydrique on a constaté que celui-ci est déficitaire.

L'interprétation des résultats d'analyse nous a permet d'identifier deux types de pollution, organique et minérale dues principalement aux activités anthropiques caractérisant la ville d'el Hamma, les points les plus pollués sont : 3, 4, 5,6

Mots clés : El Hamma, oued el Kissane, Khenchela, analyses physicochimiques, pollution

ABSTRACT

The objective of this work is to assess the physico-chemical water quality and the characteristics of Oued El Kissane in Al-Hamma field with a length of six kilometers, this area is populated municipality of the province of Khenchela,

To identify sources of pollution and risks to anthropogenic activities such as wastewater discharged without prior treatment which influences in a negative way on the quality of water in the Al-oued. We should establish an inventory from quality resource of Al-oued than propose recommendations and solutions for protect this area.

For this reason we performed laboratory analyzes samples in seven points which has been chosen. At length Oued

As we saw the results: the charts of thermal indices of Martonne qualify the semi-arid climate with a tendency toward a climate influenced by the relief and altitude. After the water balance was found that it is in deficit. The interpretation of test results has allowed us to identify two types of pollution, organic and mineral due to primarily human activities in town of Al-Hamma, and the most polluted points are: 3, 4, 5, 6

Keywords: Al-Hamma, Wadi el Kissane, Khenchela, physicochemical analysis, pollution

المخلص

الهدف من هذا العمل هو تقييم نوعية المياه الفيزيائية والكيميائية وخصائص واد الكيسان الذي يبلغ طوله 6 كيلومترات وواقع بمدينة الحامة بولاية خنشلة. لتحديد مصادر التلوث ومخاطرها من الأنشطة البشرية المتعددة مثل مياه الصرف الصحي دون معالجة مسبقة الذي يؤثر بطريقة سلبية على نوعية المياه. ووضع قائمة جرد لجودة الموارد واقتراح الحلول لحمايته.

لهذا أجرينا التحاليل المخبرية لسبع عينات بمناطق مختلفة من الوادي أظهرت نتائج مؤشر الحرارة Martonne مناخ شبه جاف مع وجود اتجاه نحو مناخ معتدل يتأثر بالتضاريس وارتفاع عن سطح البحر. بعد إقامة توازن المياه وفق نظرية تور نويت وجدنا أن الميزان غير موجود

بعد تفسير نتائج التحليل يمكننا تحديد نوعين من التلوث العضوية والمعدنية بسبب أنشطة السكان التي تميز المنطقة وتعتبر النقاط 3, 4, 5, 6 الأكثر تلوثا

الكلمات المفتاحية: الحامة. واد الكيسان. خنشلة. التحاليل الفيزيوكيميائية.