

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

*République Algérienne Démocratique et Populaire*

*Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique*

جامعة محمد الصديق بن يحيى - جيجل

*Université Mohammed Seddik Benyahia-Jijel*

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département : des Sciences de la Terre et de  
l'Univers



كلية علوم الطبيعة و الحياة  
قسم: علوم الأرض و الكون

## Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme : Master Académique en Géologie

Option : Hydrogéologie

Thème

L'évolution de la qualité des eaux de  
Surface du bassin versant d'oued Kébir  
(Jijel N.E ALGERIEN)

Membres de Jury :

Président : DJORFI SAMIR

Examineur : RIHIA DJAMEL

Encadrant : DROUCHE ABDELMALEK  
ZAHY FAOUZI

Présenté par :

BOUDRAA HALIMA

BOUACHIBA ASMA

Année Universitaire 2019-2020

Numéro d'ordre (bibliothèque) : .....

# *Remerciements*

*Quelques mots en préambule de cette étude, qui met un point d'orgue à une année riche et intense.*

*Nous tenons tout d'abord à remercier Allah «الله» de nous avoir donné le courage, la patience et la santé d'accomplir ce modeste travail, et de nous avoir guidés vers le chemin du savoir.*

*Nous remercions nos très chers parents, de nous avoir permis d'arriver à ce stade de notre éducation.*

*Au terme de ce travail, nous tenons à exprimer notre profonde gratitude et nos sincères remerciements à nos encadrants Monsieur **DROUCHE Abdelmalek** et Monsieur **ZAHY Faouzi**, pour leur accord à nous encadrer, leur assistance, leurs précieuses recommandations et leur disponibilité tout au long de notre travail.*

*Nos vifs remerciements vont également aux membres de jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail, en acceptant de l'examiner et de l'enrichir par leurs propositions.*

*Nos sincères remerciements vont également à nos enseignants du Département STU, chacun à son nom, pour tous les efforts consentis.*

*À tous nos amis et collègues de notre promotion Master Hydrogéologie 2020 et à tous ceux qui nous ont aidé et encouragé à la réalisation de ce travail et nous ont soutenu quand le moral était au plus bas.*

*Nous terminons de remercier toute personne qui a contribué de près ou de loin à l'élaboration et la réalisation de ce travail.*

*Merci enfin à tous ceux qui ont lu et qui liront ce mémoire....*

*Halima & Asma*

*Je dédie ce mémoire à  
mes Chers parents  
Mes frères et sœurs.*

*Halima*

*Je dédie ce mémoire à  
ma chère mère  
Mon frère et mes sœurs.*

*Asma*

## *Résumé*

La présente étude vise à évaluer l'évolution spatio-temporelle de la qualité physico-chimique des eaux de surface du bassin versant d'oued Kébir à l'Est de la wilaya de Jijel (NE Algérien). Ces eaux représentent une ressource pour l'approvisionnement en eau potable (partie amont), ainsi que pour le développement agricole dans les plaines en aval. Au total, 27 échantillons d'eau ont été prélevés et analysés durant trois années successive 2016, 2017 et 2018. Ces prélèvements concernent oued Kébir de l'amont vers l'aval, et ses affluents avant qu'ils soient mélangés avec oued Kébir.

Les résultats obtenus montrent une pollution organique des eaux d'oued Kébir et ses affluents avec des teneurs d'ordre de 0,01 à 4,72 mg/l en ammonium et de 0,005 à 3,67 mg/l en Nitrites. La conductivité électrique des eaux d'oued Kébir varie de 607 à 3460  $\mu\text{s/cm}$  indiquant une eau chargée. Cependant elle reste inférieure à 1080  $\mu\text{s/cm}$  pour les affluents.

Les eaux de surface du bassin versant d'oued Kébir ont un caractère plus au moins alcalin (6,78 – 8,94). Les faciès hydrochimiques les plus dominants sont de type Chloruré –calcique magnésienne, avec des faciès hydrochimiques mineurs de types Sulfaté-Sodique magnésienne. Sa chimie est principalement contrôlée par l'altération des formations géologiques qui caractérisent le bassin versant.

L'indice de pollution organique (IPO) a révélé une dégradation de la qualité des eaux d'une campagne à l'autre, ce qui tire la sonnette d'alarme quant à la protection de ces ressources vitales est importante.

**Mots clés** : eaux de surface, bassin versant d'oued Kébir, qualité des eaux, pollution organique, éléments majeurs, Jijel.

## Abstract

This study was carried out with the aim of evaluating the spatio-temporal evolution of the physico-chemical quality of surface water in wadi Kebir catchment area located in the East of the wilaya of Jijel (NE Algeria). These waters represent a resource for drinking water supply (upstream part), as well as for agricultural development in the plains downstream. In total, 27 water samples were taken and analysed during three successive years 2016, 2017 and 2018. These samples concern wadi Kebir from upstream to downstream, and its tributaries before they are mixed with it.

The results obtained show an organic pollution of wadi Kebir waters and its tributaries with contents of the order of 0,01 to 4,72 mg/l in ammonium and 0,005 to 3,67 mg/l in nitrites. The electrical conductivity of wadi Kebir water varies from 607 to 3460  $\mu\text{s}/\text{cm}$  indicating charged water. However, it remains lower than 1080  $\mu\text{s}/\text{cm}$  for its tributaries.

The surface waters of the wadi Kebir catchment area are more or less alkaline (6,78 - 8,94). The most dominant hydrochemical facies are as the Chloride – calcium magnesium with minor's hydrochemical facies as the Sulfate-Sodium magnesium. Its chemistry is mainly controlled by the alteration of the geological formations that characterise the catchment area. The Organic Pollution Index (OPI) has revealed deterioration in water quality from one campaign to another, which raises the alarm about the protection of these vital resources, is important.

**Key words:** surface water, catchment area wadi kébir, water quality, organic pollution, major elements, Jijel.

## ملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم التطور المكاني والزمني للجودة الفيزيوكيميائية للمياه السطحية لمجمعات المياه في واد كبير شرقي ولاية جيجل (الشمال الشرقي للجزائر). تمثل هذه المياه مورداً أساسياً لتزويد مياه الشرب بالنسبة للجزء العلوي، وللتنمية الزراعية في السهول الواقعة أسفل مجرى الوادي. تم أخذ 27 عينة من المياه وتحليلها خلال ثلاث سنوات متتالية 2016 و2017 و2018. هذه العينات موزعة على وادي كبير انطلاقاً من المنبع حتى المصب، وكذلك روافده قبل اختلاطها بوادي كبير.

أظهرت النتائج المحصل عليها تلوث عضوي لمياه وادي كبير وروافده بتركيزات تراوح من 0,01 إلى 4,72 ملغ/ل بالنسبة للأمونيوم ومن 0,005 إلى 3,67 ملغ/ل بالنسبة للنترت. تختلف قيم الناقلية الكهربائية لمياه وادي كبير من 607 إلى 3460 ميكروسيمنس/سم، دلالة على وجود مياه غنية بالأملاح. ومع ذلك، تظل قيم الناقلية أقل من 1080 ميكروسيمنس/سم بالنسبة للروافد.

المياه السطحية لمستجمعات المياه في واد كبير لها طابع قلوي إلى حد ما ( $6,78 < \text{pH} < 8,94$ ). أكثر السحن الهيدروكيميائية السائدة هي من نوع كلوريد-كالمسيوم مغنيزيوم مع وجود سحن هيدروكيميائية ثانوية لأنواع كبريتات-صوديوم مغنيزيوم، هذه السحن ناتجة بشكل أساسي عن طريق اختلاف التكوينات الجيولوجية التي تميز مستجمعات المياه.

كشفت مؤشر التلوث العضوي (IPO) عن تدهور جودة المياه من معاينة إلى أخرى، مما يدق ناقوس الخطر بأن حماية هذه الموارد الحيوية أمر مهم.

الكلمات المفتاحية: المياه السطحية، مجمعات المياه وادي الكبير، جودة المياه، التلوث العضوي، العناصر الرئيسية، جيجل.

Table de matières

- *Dédicace*
- *Remerciements*
- *Résumé*
- *Abstract*
- *ملخص*
- *Table de matières*
- *Liste des Tableaux*
- *Liste des Figures*

	<b>Introduction Générale.....</b>	<b>1</b>
	<b>Chapitre I : Cadre Physico-géographique</b>	
	Introduction.....	2
1.	Situation géographique de la zone d'étude.....	2
2.	Etude morphométrique du bassin.....	4
2.1	Définition du bassin versant .....	3
2.2	Les caractéristiques géométriques du bassin versant.....	3
2.3	La surface et le périmètre du bassin versant.....	3
2.3.1	Surface.....	3
2.3.2	Périmètre.....	3
2.4	Forme du bassin .....	4
2.4.1	L'indice de Gravelius ( $K_c$ ).....	4
2.4.2	L'indice de Horton ( $R_f$ ).....	5
2.4.3	L'indice de Miller ( $R_c$ ).....	5
2.5	Rectangle équivalent.....	5
2.5.1	Longueur du rectangle équivalent.....	6
2.5.2	Largueur moyenne du bassin.....	6
3	Caractéristiques de relief.....	6
3.1	Répartition altimétrique de la superficie.....	6
3.2	Altitude moyenne du bassin versant de l'oued kébir.....	7
3.3	Carte hypsométrique.....	7
3.4	La courbe hypsométrique.....	8
3.5	L'indice de pente globale ( $I_g$ ).....	8
3.6	Pente moyenne du bassin versant.....	9
3.7	La carte de pente.....	10
4	Caractéristiques hydrographique du bassin.....	11
4.1	Définition du réseau hydrographique.....	11
4.2	Longueur du cours d'eau.....	13
4.3	La densité de drainage.....	13
4.4	Le temps de concentration.....	14
4.5	La vitesse d'écoulement de l'eau ( $V$ ).....	14
5	Occupation du bassin versant.....	16
5.1	Activités industrielles.....	17
5.2	Activités agricoles.....	17
5.3	Activités urbaines.....	17
	Conclusion.....	18
	<b>Chapitre II : Géologie et Climat</b>	
	<b>A. Contexte Géologique</b>	
	Introduction .....	19



<b>1</b>	Géologie régionale.....	19
<b>1.1</b>	Le domaine interne .....	19
<b>1.1.1</b>	Le socle kabyle.....	19
<b>1.1.2</b>	Couverture sédimentaire .....	20
<b>1.2</b>	Domaine des flyschs.....	20
<b>1.3</b>	Domaine externe ou domaine tellien.....	20
<b>1.3.1</b>	Les séries sédimentaires à la phase fini-lutétienne .....	20
<b>1.3.2</b>	Les formations poste nappes.....	20
<b>2</b>	Géologie du bassin versant d'oued kébir.....	21
<b>2.1</b>	Description lithologique des formations.....	21
	Conclusion.....	24
<b>B. Etude hydroclimatologique</b>		
	Introduction.....	25
<b>1.</b>	Analyse des paramètres climatiques.....	25
<b>1.1</b>	Les précipitations moyennes mensuelles.....	25
<b>1.2</b>	Les températures moyennes mensuelles .....	26
<b>1.3</b>	Diagramme Ombrothermique .....	27
<b>1.4</b>	Détermination de l'humidité du sol (méthode d'Euverte).....	27
<b>2.</b>	Approche du bilan hydrique.....	28
<b>2.1</b>	Evapotranspiration potentielle (ETP).....	28
<b>2.2</b>	Evapotranspiration réelle (ETR) .....	29
<b>2.3</b>	Interprétation du bilan hydrique .....	30
<b>2.4</b>	Ruissellement .....	31
<b>2.5</b>	Infiltration.....	32
	Conclusion .....	32
<b>Chapitre III: Hydrochimie</b>		
	Introduction.....	33
<b>1.</b>	Inventaires des points d'eau.....	33
<b>2.</b>	Caractérisation physico-chimique des eaux.....	35
<b>2.1</b>	Détermination des principaux faciès chimique.....	35
<b>2.2</b>	Les paramètres physico-chimiques.....	37
<b>2.2.1</b>	La température (T°C) .....	37
<b>2.2.2</b>	Potentiel d'hydrogène (pH).....	38
<b>2.2.3</b>	Conductivité électriques (CE $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).....	38
<b>2.2.4</b>	Potentiel d'oxydo-réduction (Eh).....	39
<b>2.3</b>	Elément majeur.....	40
<b>2.3.1</b>	Teneurs en calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ).....	41
<b>2.3.2</b>	Teneurs en magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ).....	41
<b>2.3.3</b>	Teneurs en sodium ( $\text{Na}^+$ ).....	42
<b>2.3.4</b>	Teneurs en potassium ( $\text{K}^+$ ).....	43
<b>2.3.5</b>	Teneurs en bicarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ ).....	44
<b>2.3.6</b>	Teneurs en chlorure ( $\text{Cl}^-$ ).....	45
<b>2.3.7</b>	Teneurs en sulfate ( $\text{SO}_4^{2-}$ ).....	47
<b>2.4</b>	Sel nutritif .....	48
<b>2.4.1</b>	Teneurs en ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ).....	48
<b>2.4.2</b>	Teneurs en nitrite ( $\text{NO}_2^-$ ).....	49
<b>2.4.3</b>	Teneurs en nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ).....	50
<b>2.4.4</b>	Teneurs en phosphate ( $\text{PO}_4^{3-}$ ).....	51
<b>3.</b>	Indice de pollution organique (IPO).....	52
<b>3.1</b>	Cartographie de l'indice de pollution organique (IPO).....	52

<b>3.1.1</b>	Indice de pollution organique de la campagne 2016.....	52
<b>3.1.2</b>	Indice de pollution organique de la campagne 2017.....	53
<b>3.2.3</b>	Indice de pollution organique de la campagne 2018.....	55
	Conclusion .....	56
	<b>Conclusion Générale et Recommandations.....</b>	<b>58</b>
	<b>Références Bibliographiques</b>	

# Liste des Abréviations

**Ca:** Calcium;

**Mg:** Magnesium;

**Na:** Sodium;

**K:** Potassium;

**Cl:** Chlorures;

**HCO:** Bicarbonate;

**NO<sub>3</sub>:** Nitrates;

**SO<sub>4</sub>:** Sulfate;

**NH<sub>4</sub>:** Ammonium;

**NO<sub>2</sub>:** Nitrites;

**PO<sub>4</sub>:** Ortho phosphates;

**PH:** potentiel d'Hydrogène;

**Eh:** Potentiel d'oxydoréduction ;

**CE :** Conductivité Électrique ;

**E.T.P :** Evapotranspiration potentielle ;

**E.T.R :** Evapotranspiration réel ;

**μS/cm:** Micro Siemens par centimètre ;

**°C :** Degré Celsius ;

**MNT :** Modèle numérique du terrain ;

**IPO :** Indice de pollution organique.

## Liste des figures

### Liste des figures

Figure	Titre	page
<b>Fig. 1</b>	Localisation géographique du bassin versant d'oued Kébir.....	2
<b>Fig. 2</b>	Carte hypsométrique du bassin versant d'oued Kébir.....	8
<b>Fig. 3</b>	La courbe hypsométrique du bassin versant d'oued Kébir.....	9
<b>Fig. 4</b>	Carte de pente du bassin versant d'oued Kébir.....	11
<b>Fig. 5</b>	Réseau hydrographique du bassin versant d'oued Kébir.....	12
<b>Fig. 6</b>	Carte de l'occupation des sols du bassin versant d'oued Kébir.....	16
<b>Fig. 7</b>	Schéma structural de la chaîne Alpine de Méditerranée occidentale.....	19
<b>Fig. 8</b>	Rapports structuraux entre les différentes unités de la chaîne des Maghrébides.....	20
<b>Fig. 9</b>	Carte géologique du bassin versant d'oued Kébir.....	22
<b>Fig. 10</b>	Coupe géologique structurale de l'axe Béni Haroune – El Milia.....	23
<b>Fig. 11</b>	Précipitations moyennes mensuelles de la station de Béni Haroune (2004 – 2017).....	26
<b>Fig. 12</b>	Températures moyennes mensuelles de la station de Béni Haroune (2004 – 2017).....	26
<b>Fig. 13</b>	Diagramme Ombrothermique de la station de Béni Haroune (2004-2017).....	27
<b>Fig. 14</b>	Bilan hydrologique selon la méthode de Thornthwaite à la station de Béni Haroune (2004 –2017).....	31
<b>Fig. 15</b>	Carte d'inventaire du bassin versant d'oued Kébir.....	34
<b>Fig. 16</b>	Diagramme de piper (Avril 2016, 2017, 2018).....	36
<b>Fig. 17</b>	Température des eaux de surface du bassin versant d'oued Kébir et ses affluents (Avril 2016, 2017, 2018).....	37
<b>Fig. 18</b>	pH des eaux de surface du bassin versant d'oued Kébir et ses affluents (Avril 2016, 2017, 2018).....	38
<b>Fig. 19</b>	Conductivité électrique des eaux de surface du bassin versant d'oued Kébir et ses affluents (Avril 2016, 2017, 2018).....	39
<b>Fig. 20</b>	Potentiel d'oxydo-réduction des eaux de surface du bassin versant d'oued Kébir et ses affluents (Avril 2016, 2017).....	40
<b>Fig. 21</b>	Teneurs en calcium des eaux de surface du bassin versant d'oued Kébir et ses affluents (Avril 2016, 2017, 2018).....	41
<b>Fig. 22</b>	Teneurs en magnésium des eaux de surface du bassin versant d'oued Kébir et ses affluents (Avril 2016, 2017, 2018).....	42
<b>Fig. 23</b>	Teneurs en sodium des eaux de surface du bassin versant d'oued Kébir et ses affluents (Avril 2016, 2017, 2018).....	43
<b>Fig. 24</b>	Teneurs en potassium des eaux de surface du bassin versant d'oued Kébir et ses affluents (Avril 2016,2017. 2018).....	44
<b>Fig. 25</b>	Teneurs en Bicarbonate des eaux de surface du bassin versant d'oued Kébir et ses affluents (Avril 2016, 2017, 2018).....	45
<b>Fig. 26</b>	Teneurs en Chlorure des eaux de surface du bassin versant d'oued Kébir et ses affluents (Avril 2016, 2017, 2018).....	46
<b>Fig. 27</b>	Teneurs en sulfates des eaux de surface du bassin versant d'oued Kébir et ses affluents (Avril 2016, 2017, 2018).....	47
<b>Fig. 28</b>	Teneurs en ammoniums des eaux de surface du bassin versant d'oued Kébir et ses affluents (Avril 2016, 2017, 2018).....	48
<b>Fig. 29</b>	Teneurs en nitrites des eaux de surface du bassin versant d'oued Kébir et ses	

## *Liste des figures*

---

	affluents (Avril 2016, 2017, 2018).....	49
<b>Fig. 30</b>	Teneurs en nitrates des eaux de surface du bassin versant d'oued Kébir et ses affluents (Avril 2016, 2017, 2018).....	50
<b>Fig. 31</b>	Teneurs en phosphates des eaux de surface du bassin versant d'oued Kébir et ses affluents (Avril 2016, 2017, 2018).....	51
<b>Fig. 32</b>	Carte de l'évolution de l'indice de pollution organique en Avril 2016.....	53
<b>Fig. 33</b>	Carte de l'évolution de l'indice de pollution organique en Avril 2017.....	54
<b>Fig. 34</b>	Carte l'indice de pollution organique Avril 2018.....	55

## Liste des tableaux

<b>Tableau</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>Tab. 1 :</b>	Périmètre et superficie des sous-bassins qui composent le bassin versant d'oued Kébir.....	4
<b>Tab. 2 :</b>	Répartition des surfaces en fonction des tranches d'altitude dans le bassin versant d'oued Kébir.....	6
<b>Tab. 3 :</b>	longueur des principaux oueds du bassin versant d'oued Kébir.....	13
<b>Tab. 4 :</b>	Tableau synthétique des caractéristiques morphométriques du bassin versant d'oued Kébir..	15
<b>Tab. 5 :</b>	Déchets liquides rejetés dans l'oued kébir .....	17
<b>Tab. 6 :</b>	Valeurs du rapport P/T pour la période (2004 – 2017).....	28
<b>Tab. 7 :</b>	ETP selon la formule de C.W Thornthwaite (Station de Béni Haroune (2004- 2017)).....	29
<b>Tab. 8 :</b>	Bilan hydrique d'après la formule de Thornthwaite de la station de Béni Haroune (2004 – 2017).....	30
<b>Tab. 9 :</b>	Faciès chimiques.....	35
<b>Tab.10 :</b>	Paramètres et classes de l'IPO.....	52

***INTRODUCTION***  
***GENERALE***

### **Introduction générale**

Le volume d'eau utilisée dans le monde à progresser deux fois plus que le taux de croissance de la population, Atteint la limite au-delà de laquelle il n'est plus possible de fournir des services fiables d'approvisionnements en eau pour les différents usages (FAO, 2007). La croissance démographique et le développement économique exercent une pression sans précédent sur les ressources en eau renouvelable, et peu renouvelables, particulièrement dans les régions arides et semi arides.

En Algérie l'eau est une denrée de plus en plus rare et de moins en moins renouvelable, elle fait actuellement l'objet d'une exploitation concurrentielle entre les besoins de la population, de l'agriculture et de l'industrie.

La pollution des eaux de surface et souterraine est possible par les rejets d'eaux usées tant domestique qu'industrielles ainsi que par l'utilisation d'engrais et de pesticide en agriculture. Cette pollution risque de constituer, à court terme, un risque de pénurie d'eau accentuée imposant la nécessité de protéger cette ressource contre toute forme de pollution.

En Algérie, les données disponibles sur la qualité de l'eau révèlent que la plupart des ressources en eau sont polluées par les rejets non contrôlés des eaux usées urbaine et des effluents industriels non traités (*Boudoukhana, 2008*).

L'objectif de notre travail est d'étudier l'évolution de la qualité physicochimique des eaux de surface du bassin versant d'oued Kébir, en se basant sur les données analytiques de trois années successives. Pour arriver à cet objectif, le travail est structuré en trois chapitres :

Le 1<sup>er</sup> chapitre est consacré à la présentation générale de la zone d'étude en abordant aussi les caractéristiques morphométriques et géomorphologique du bassin versant d'oued Kébir.

Le 2<sup>ème</sup> chapitre a pour objectif de présenter la géologie du bassin versant, ainsi que les caractéristiques climatiques de la zone d'étude.

Le 3<sup>ème</sup> chapitre traite l'évolution de la qualité physico-chimique des eaux de surfaces, il portera sur l'interprétation des paramètres physico-chimiques des échantillons prélevés et analysés.

En fin, notre travail se termine par une conclusion générale avec quelques recommandations.



*Chapitre I*  
*Cadre Physico*  
*Géographique*

## Introduction

Afin de comprendre les caractéristiques des ressources en eau et leur fonction hydrochimique et hydrogéologique pour la zone à étudier, il est nécessaire d'identifier et de traiter les facteurs physiques les plus importants pour cette zone afin de jeter un coup d'œil avant d'appeler d'autres études plus spécifiques telles que la géologie, la climatologie et l'hydrogéologie.

### 1. Situation géographique de la zone d'étude

Notre zone d'étude fait partie du bassin versant Rhumel-Kébir, situé dans le Nord de l'Algérie, où il est considéré comme l'un des bassins les plus importants et les plus vastes d'Algérie et occupe une superficie de 12,78% de la superficie totale.

Le bassin versant d'oued Kébir est situé à l'extrême Est de la wilaya de Jijel, sa source est le barrage de Béni Haroune, l'oued Kébir passe par les communes d'EL Milia et El Ancer jusqu'à son embouchure à la mer méditerranée. Le bassin versant d'oued Kébir comporte cinq sous-bassins, dont les plus importants sont le sous-bassin de Boussiaba et le sous-bassin de Mechta, qui occupent respectivement une superficie de 42% et 13% de la superficie totale.

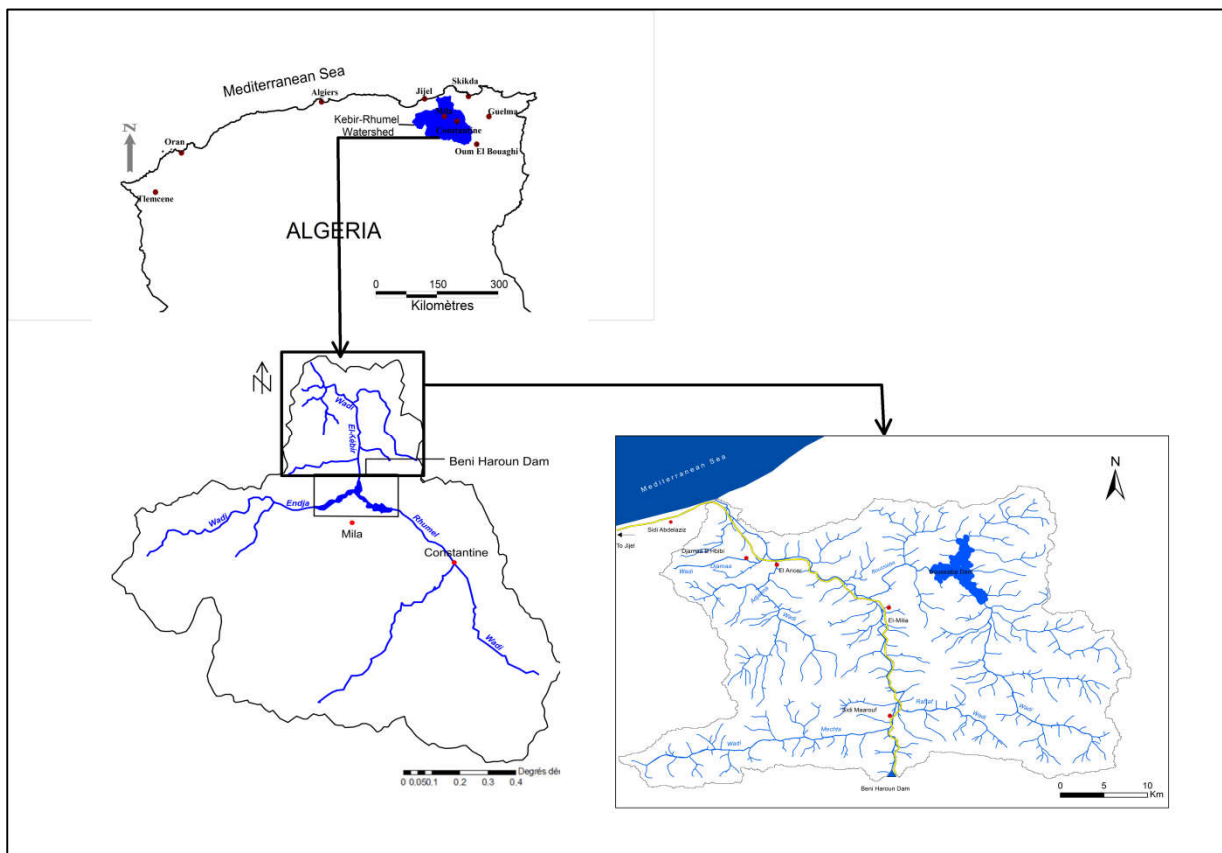


Figure 1 : localisation géographique du bassin versant d'oued Kébir.

## **2. Etude morphométriques du bassin**

### **2.1 Définition du bassin versant**

Le bassin versant en un point ou plus précisément dans une section droite d'un cours d'eau est défini comme la surface topographique drainée par ce cours d'eau et ses affluents à l'amont de ladite section, tous les écoulements prenant naissance à l'intérieur de cette surface doivent traverser la section droite considérée pour suivre leur trajet vers l'aval. En d'autres termes, il s'agit d'un domaine dans lequel tous les écoulements des eaux convergent vers un même point, exutoire de ce bassin. Ainsi toute goutte d'eau qui tombe dans ce territoire délimité par des frontières naturelles se dirige vers le cours d'eau ou ses affluents, puis vers l'aval et son exutoire. Cette aire d'alimentation a des limites géographiques, qui ne tiennent pas compte des limites administratives (*Beloulou, 2012*).

### **2.2 Les caractéristiques géométriques du bassin versant**

Les caractéristiques physiques d'un bassin versant influencent fortement sa réponse hydrologique, et notamment le régime d'écoulement en période de crue ou d'étiage parmi les caractéristiques morphométriques nous citons en premier lieu, la taille du bassin (surface), sa forme, sa pente, et son orientation. A ces facteurs s'ajoutent encore les caractéristiques du réseau hydrographiques. Ces facteurs physiques, s'estiment à partir des cartes, pour le cas de notre étude nous avons utilisé les images MNT, leur utilisation est nécessaire pour élaborer une mise à jour du chevelu hydrographique (*Abdi, 2018*).

### **2.3 La surface et le périmètre du bassin versant**

**2.3.1 La surface :** Est le premier et la plus importante des caractéristiques. Elle s'obtient par planimétrage sur une carte topographique après que l'on y ait tracé les limites topographiques et éventuellement hydrogéologiques. La surface  $S$  d'un bassin s'exprime généralement en  $\text{Km}^2$  (*Laborde, 2000*).

Pour le cas du bassin versant d'oued Kébir, la valeur de la surface  $S=1126,67 \text{ km}^2$ .

**2.3.2 Le Périmètre :** Ce paramètre, de faible importance en hydrologie, se mesure directement à partir de la carte topographique à l'aide d'un curvimètre. L'exactitude des limites du périmètre du bassin porte toujours des erreurs à cause de la grande sinuosité de la ligne de partage des eaux. Pour cette raison on doit d'abord schématiser les limites du bassin considéré par un tracé géométrique permettant d'évaluer non pas le périmètre réel mais le périmètre stylisé (*Beloulou, 2012*).

Donc, le périmètre du bassin versant d'oued Kébir est égale **P = 561,74 km**.

Le tableau suivant résume le périmètre et la superficie des sous-bassins qui composent le bassin de l'oued Kébir:

*Tableau 1 : Périmètre et superficie des sous-bassins qui composent le bassin versant d'oued Kébir.*

Sous bassin	périmètre Km	surface Km <sup>2</sup>	% surface
Sous bassin oued El-kébir	164.53	259.06	23
Sous bassin oued Boussiaba	152.2	476.72	42,31
Sous bassin oued Mechta	88.24	152.98	13,57
Sous bassin oued Rafraf	44.18	62.16	5,50
Sous bassin oued Ardjanna	80.55	153.51	13,62
Sous bassin oued Djamaa	32.04	22.22	2
<b>bassin versant (totale)</b>	<b>561.74</b>	<b>1126.67</b>	<b>100</b>

**2.4 La forme du bassin :** La forme du bassin versant influence les caractéristiques de l'écoulement résultant d'une pluie donnée (Roche, 1963 ; Strahler, 1964). Les hydrologues ont été tentés de caractériser cette morphologie par des indices simples calculables avec le seul concours des cartes topographiques. L'idée la plus simple est de comparer le bassin étudié à un bassin de forme standard.

**2.4.1 L'indice de Gravelius (K<sub>c</sub>) :** Cet indice, comme son nom l'indique, est censé représenter la plus ou moins grande capacité du bassin. Autrement dit, ce paramètre doit rendre compte de la plus ou moins grande vitesse de concentration, à l'exutoire, des eaux de ruissellement en provenance des diverses parties du dit bassin. Le coefficient de compacité définit par la formule suivante :

$$K_c = 0,28 P / S^{1/2}$$

Avec, **P** : périmètre du bassin en (km).

**S** : surface du bassin versant en (km<sup>2</sup>).

Donc, on a : **K<sub>c</sub> = 0,28 \* 561,74 / (1126,67)<sup>1/2</sup> = 4,68.**

L'indice de compacité est supérieur à **1**, alors définit un bassin versant de forme allongée.

**2.4.2 L'indice de Horton ( $R_f$ ) :** C'est un facteur, sans dimensions, peut-être calculé par la formule suivante :

$$R_f = S / L_b^2$$

Dans laquelle S et  $L_b$  sont respectivement, la superficie et la longueur du bassin mesuré à partir de l'exutoire jusqu'à la ligne de partage des eaux la plus proche de la source du plus long thalweg le long d'une ligne droite. Ce facteur est égal à **0,50** donc l'exutoire se situe au niveau de l'angle défini par deux côtés (Beloulou, 2012).

**2.4.3 L'indice de Miller ( $R_c$ ) :** Cet indice défini par le rapport de la superficie de bassin versant (S) à la superficie du cercle ( $S_c$ ) ayant le même périmètre (P) que le bassin versant est donné par :

$$R_c = (4 * \pi * S) / P^2$$

Avec,

**P:** périmètre du bassin en (km).

**S :** surface du bassin versant en (km<sup>2</sup>).

Donc, on a:  $R_c = (4 * 3,14 * 1126,67) / (561,74)^2 = 0,044$ .

L'indice de circularité de Miller ( $R_c$ ) est inférieur à 1, définit un bassin versant de forme rectangulaire.

**2.5 Rectangle équivalent :** Le rectangle équivalent au bassin à même surface, même périmètre (donc même indice de compacité) et même hypsométrie. Ses côtés, longueur (L) et largeur (l), sont tels que ;  $L * l = S$  et  $2 * (L + l) = P$ .

**2.5.1 Longueur du rectangle équivalent :** On peut calculer à l'aide de la formule ci-dessous :

$$L_e = [K_C * \sqrt{S} / (1,128)] [1 + \sqrt{1 - (1,128/K_C)^2}]$$

Avec,  $K_C$  : l'indice de compacité de Gravelius.

**S :** surface du bassin versant en (km<sup>2</sup>).

Donc :  $L_e = 274,42$  Km.

### 2.5.2 Largeur moyenne du bassin

$$B = S / L_p$$

Avec,  $S$  : surface du bassin versant en (km<sup>2</sup>).

$L_p$  : la longueur du thalweg principal en (Km).

Donc : **B=23,74 Km.**

### 3. Les caractéristiques de relief

Il est important dans toute étude hydrologique de connaître les caractéristiques de relief du bassin, car elles jouent un rôle crucial dans la connaissance du comportement hydrologique, ainsi que leur influence sur les facteurs hydroclimatologique (précipitations, températures, vents, ruissellement).

**3.1 Répartition altimétrique de la superficie :** L'analyse hypsométrique est très utile pour l'étude du relief. Elle permet de comprendre la relation entre les paramètres hydroclimatiques (précipitations, écoulement de surface et bilan d'eau) et l'altitude du bassin.

*Tableau 2: Répartition des surfaces en fonction des tranches d'altitude dans le bassin versant d'oued Kébir.*

Altitude Z (m)	Surface (km <sup>2</sup> )	Surface partielle (%)	Surface cumulés (%)
<b>0-200</b>	290,2	25,76	25,76
<b>200-400</b>	310,41	27,55	53,31
<b>400-600</b>	190,14	16,88	70,19
<b>600-800</b>	163,8	14,54	84,73
<b>800-1000</b>	90,2	8,01	92,74
<b>1000-1200</b>	62,5	5,55	98,29
<b>1200-1400</b>	12,17	1,08	99,37
<b>1400-1443</b>	6,42	0,63	100
<b>total</b>	1125,84	100	

### 3.2 Altitude moyenne du bassin versant de l'oued Kébir

$$Z_{\text{moy}} = Z_i * S_i / S_t$$

Avec,  $Z_i$ : centre de la classe d'altitude (m).

$S_i$ : surface partielle (km<sup>2</sup>) de tranche d'altitude.

$S_t$ : surface du bassin (km<sup>2</sup>).

$Z_{\text{moy}} = 449,77 \text{ m}$ .

**3.3 Carte hypsométrique :** la carte hypsométrique (*fig.2*) montre une carte hypsométrique du bassin versant d'oued Kébir, où il est noté que les altitudes inférieures à 200 m sont la plaine alluviale du bassin versant de l'oued Kébir et son affluent avec un âge Mio-Plio-Quaternaire, tandis que les altitudes plus élevées sont situées dans la partie sud du bassin, plus précisément au niveau du sous bassin d'oued Rafraf où les altitudes atteignant 1440 m où sont présentes les formations telliens.

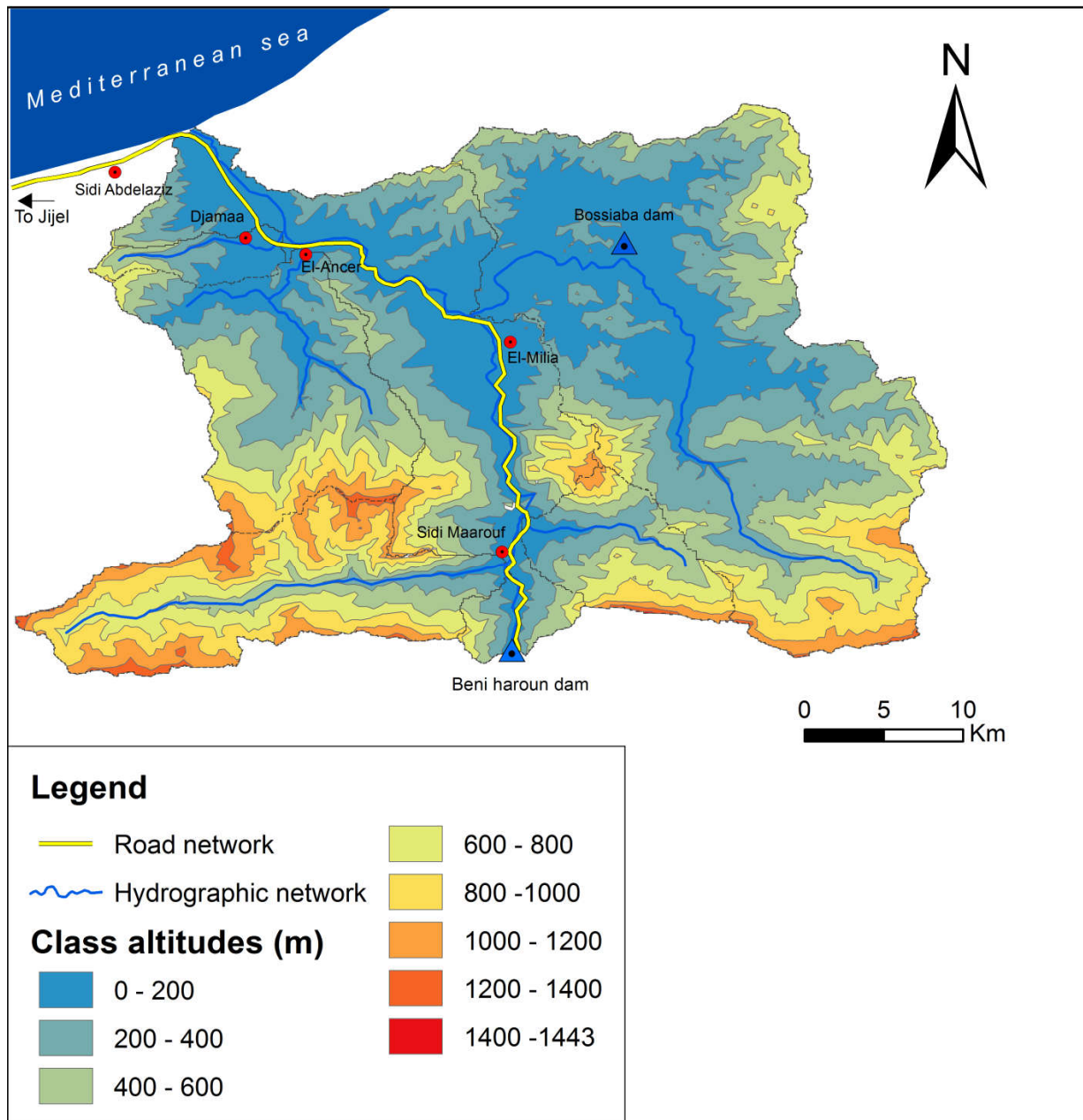


Figure 2 : Carte hypsométrique du bassin versant d'oued Kébir.

**3.4 La courbe hypsométrique :** L'étude statistique permet de tracer la « courbe hypsométrique ». Cette courbe donne la surface  $S$  (en  $Km^2$  ou en % de la surface totale) où les altitudes sont supérieures à un côté  $Z$  donnée cette courbe et établie en planimétrant pour différents altitudes les surfaces situées au-dessus de la courbe de niveau correspondante. Cette méthode est précise mais fastidieuse. Une autre consiste à échantillonner les altitudes selon un maillage carré. En admet alors que l'altitude aux centre d'une maille et égale à l'altitude moyenne de la maille.



Bien souvent, on définit la « dénivelée D » comme étant la différence de cote entre Z 05% et Z 95%,  $D = Z 05\% - Z 95\%$ .

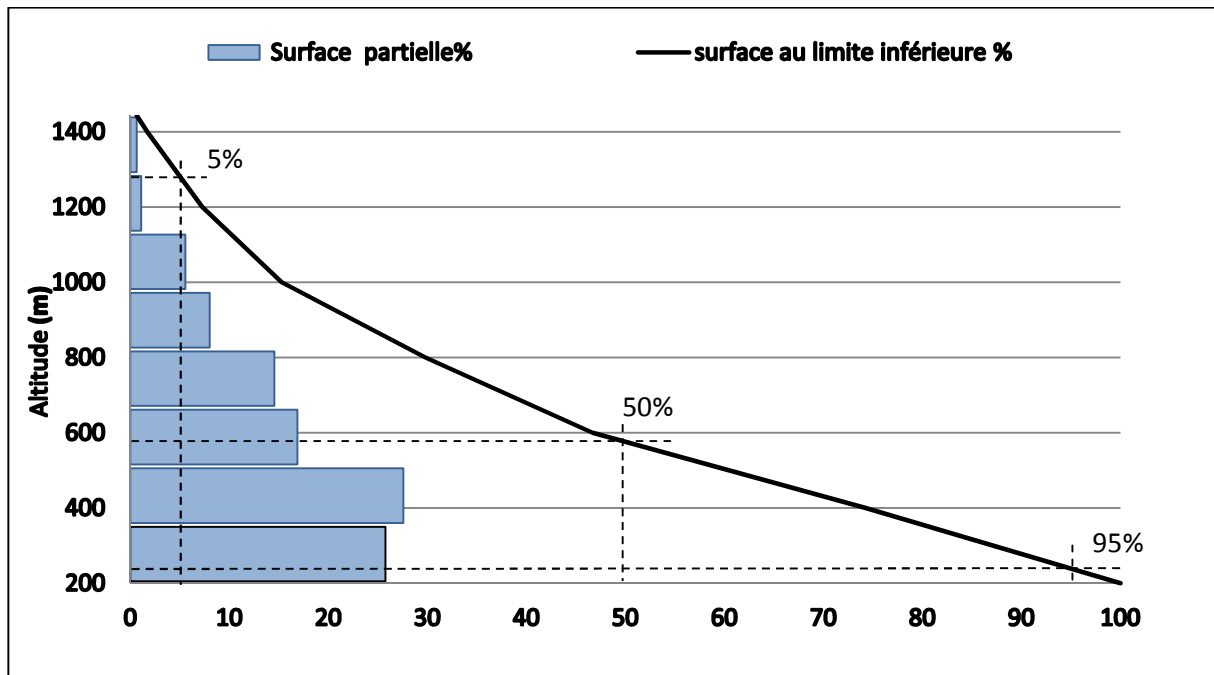


Figure 3 : La courbe hypsométrique du bassin versant d'oued Kébir.

La courbe hypsométrique (fig.3) montre que les altitudes inférieures à 200 m présentent environ 25,75% du bassin versant, sont caractérisées par une faible pente cette zone appartient généralement à la plaine alluviale de l'oued Kébir et de ses affluents.

Les zones d'altitude allant de 200 à 1000 m couvrent une superficie 754,55 km<sup>2</sup>, soit 67,02% de la surface totale du bassin versant, sont caractérisé par une moyenne pente (41°).

Les zones d'altitude allant de 1000 à 1440 m couvrent une superficie 81,09 km<sup>2</sup>, soit 7,20% de la surface totale du bassin versant, sont caractérisées par une forte pente (153°).

**3.5 L'indice de pente globale (I<sub>g</sub>) :** Exprimé en m/km, et donné par le rapport du dénivelé D = Z 05% - Z 95% en m'estimé à partir de la courbe hypsométrique à la longueur du rectangle équivalent en km (I<sub>e</sub>). Il est donné par la formule :

$$I_g = D / I_e$$

Donc :  $D = Z 05\% - Z 95\% = 1280 - 250 = 1030 \text{ m}$ .

$I_g = 1030 / 274,42 = 3,75 \text{ m/Km}$ , indiquant un relief faible pour notre bassin versant.

**3.6 Pente moyenne du bassin versant :** La pente moyenne du bassin versant définisse par la formule suivante:

$$I_{BV} = Z_{\max} - Z_{\min} / \sqrt{S}$$

Avec,  $Z_{\max}$  et  $Z_{\min}$  : les cotes des points le plus haut et le plus bas du bassin (**m**).

$$I_{BV} = 1443 / \sqrt{1126,67} \Rightarrow I_{BV} = 41,20 \text{ m/km.}$$

**3.7 La carte de pente :** La pente topographique est un paramètre capital dans le command du drainage des eaux de la surface, la carte des pentes de la région étudiée a été établie à partir du MNT (*fig.04*).

Elle montre que les pentes fortes ( $41-154^\circ$ ), se concentrent dans la partie Sud-ouest où la prédominance les terrains Mésozoïques, les pentes faibles à très faible ( $0-33^\circ$ ), se développent dans les plaines occupées par les formations d'âge Mio- Plio- Quaternaire dans la partie médiane et Est de la carte.

Ces valeur de pente sont à mettre en relation avec la structure géologique et surtout la lithologie de terrains qui déterminent leur comportement vis-à-vis de l'érosion, les forts valeur de la pente des versants sont liée à deux causes géologiques : la lithologie et la tectonique. La cause lithologique et la plus important car elle liée à l'existence de formation lithologiques de résistance ou de vulnérabilité différents à l'altération et l'érosion.

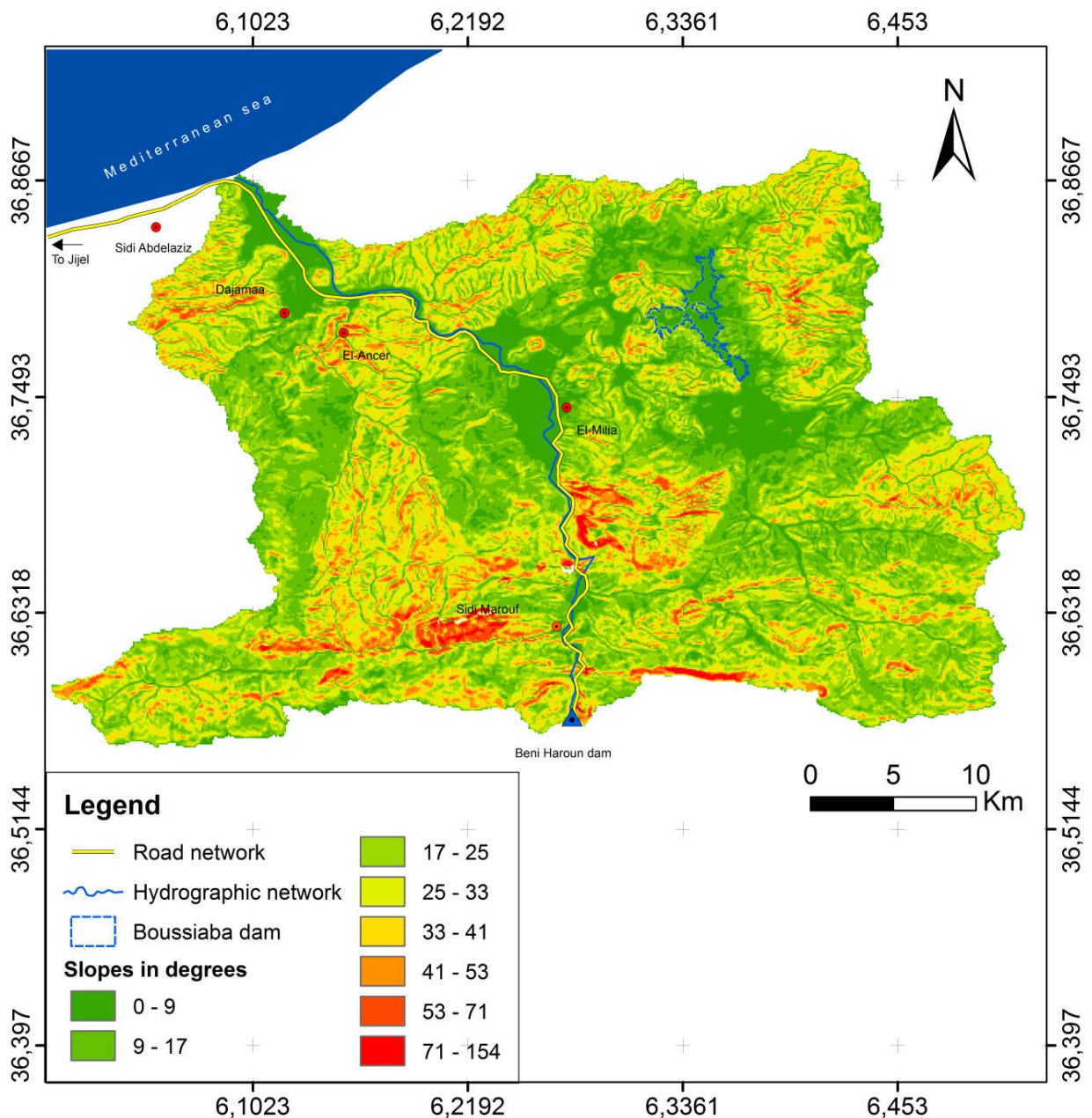


Figure 4 : Carte de pente du bassin versant d'oued Kébir.

#### 4. Les caractéristiques hydrographiques du bassin

Le réseau hydrographique c'est l'ensemble des cours d'eau naturels permanents ou temporaire, par lesquels s'écoulent toutes les eaux de ruissellement et déplace vers un point de vidange du bassin versant (exutoire). Le bassin versant d'oued Kébir occupe une superficie de 1126.67Km<sup>2</sup>, il est caractérisé par un réseau hydrographique très dense marquée par un drainage assez important des eaux superficielles depuis le barrage de Béni Haroune

jusqu'à l'embaucheur de oued Kébir dans la mer méditerranée nous citons quelques affluents importants : oued Djamaa, oued Ardjanna, oued Rafraf, oued Boussiaba, oued Mechta.

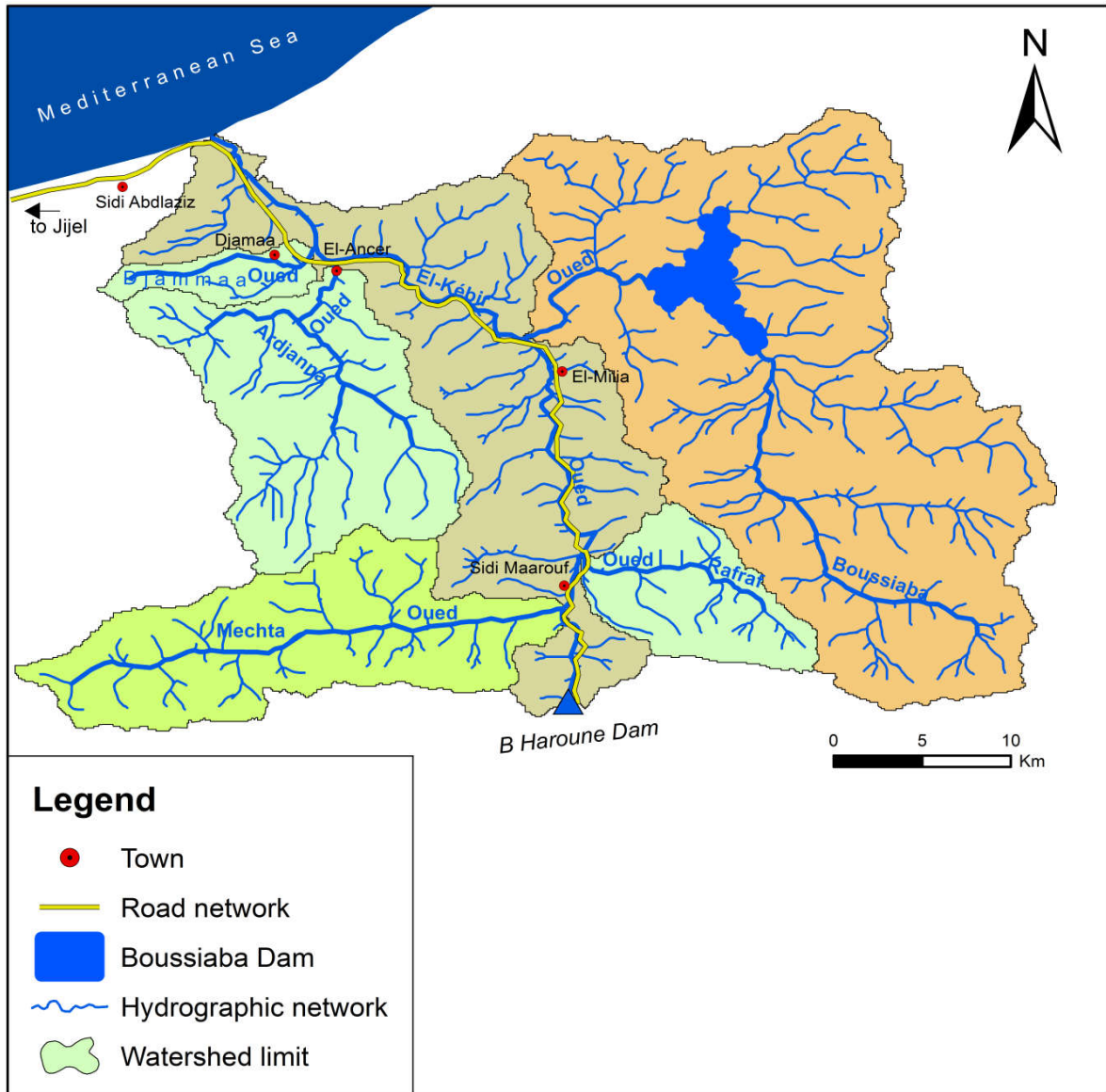


Figure 5 : Réseau hydrographique du bassin versant d'Oued Kébir.

**4.1 Longueur du cours d'eau :** La mesure des longueurs des thalwegs contribue aux différents calculs des paramètres morphométriques tels que les rapports de longueur et de confluence, la densité de drainage et le temps de concentration. Ainsi, la longueur de la vallée principale du bassin versant d'oued Kébir est égale à  $L_p = 47,45 \text{ Km}$ . Le tableau 4 résume la longueur d'oued Kébir et ses affluents du bassin d'oued Kébir:

Tableau 3 : La longueur des principaux oueds du bassin versant d'oued Kébir.

Cours d'eau	longueur km
Oued El-Kébir	47,45
Oued Boussiaba	43,3
Oued Mechta	23,89
Oued Ardjanna	19,65
Oued Rafraf	13,37
Oued Djamaa	9,32

**4.2 La densité de drainage :** Elle se définit par le rapporter de la longueur totale des cours d'eau à la surface de bassin versant, l'utilisation de ce paramètre significatif est conseillée en vue de connaitre si le chevelu du réseau hydrographique est dense ou lâche.

$$D_d = \sum L_i / S$$

Avec,  $D_d$  : densité de drainage (km/km<sup>2</sup>).

$L_i$  : longueur de cours d'eau (permanente) (km).

$S$  : superficie du bassin versant.

Donc,  $D_d = 156,96 / 1126,67 = 0,139 \text{ km/km}^2$ .

Le bassin versant de l'oued Kébir a une densité égale à 0,139 km/km<sup>2</sup>, ce bassin est fortement drainé par des cours d'eau permanents ce qui indique que le bassin caractérisé par une lithologie moins perméable où la végétation est dense et le relief est faible.

**4.3 Le temps de concentration :** C'est précisément le temps que met une goutte d'eau à parcourir la longueur du bassin versant. Dans la théorie hydrologique, il faut qu'un épisode pluvieux dure au moins le temps de concentration pour que l'ensemble de la surface du bassin versant soit sollicité, ce qui produit alors le débit maximum possible à l'exutoire. Ce paramètre s'exprime en heure et il est estimé par la formule de **Giandotti** qui s'écrit :

$$T_c = \frac{4\sqrt{S} + 1,5 L_p}{0,8\sqrt{Z_{moy} - Z_{min}}}$$

Avec,  $T_c$  : le temps de concentration.

$L_p$  : longueur de talweg principal (Km).

$S$  : surface de bassin versant (km<sup>2</sup>).

$Z_{moy}, Z_{min}$  : altitude moyenne et minimal du bassin versant (m).

Le temps de concentration du bassin versant de l'oued Kébir est:  $T_c = 12$  h.

On remarque que le bassin versant d'oued Kébir possède le temps de concentration est plus élevé d'où la fréquence des crues est les moins forte.

**4.4 La vitesse d'écoulement de l'eau (V) :** Elle est donnée par l'expression suivante :

$$V = L_p / T_c$$

Avec,  $V$ : Vitesse d'écoulement de l'eau en m/s.

$T_c$ : Temps de concentration en (sec).

$L$  : Longueur du talweg principal en (m).

La vitesse d'écoulement de l'eau dans le bassin versant d'oued Kébir est :  $V = 3,95$  m/s.

Tableau 4: Tableau synthétique des caractéristiques morphométrique du bassin versant d' oued Kébir.

Paramètre	Symbole ou formule	Unité	Valeur
Surface	S	Km <sup>2</sup>	1126,67
Périmètre	P	Km	561,74
L'indice de Graveluis	$K_c = 0.28 P / S^{1/2}$		4,68
L'indice de Horton	$R_f = S / L_p^2$		0,50
L'indice de Miller	$R_c = 4 \pi S / P^2$		0,044
Largeur de rectangle équivalent	$B = S / L_p$	Km	23,74
Longueur de rectangle équivalent	$Le = [K_c * \sqrt{A} / (1.128)] [1 + \sqrt{1 - (1.128/K_c)^2}]$	Km	274,42
Longueur du cours d'eau principale	$L_p$	Km	47,45
La densité de drainage	$D_d = \sum L_i / S$	Km / km <sup>2</sup>	0,139
Le temp de concentration Giandotti	$T_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5 L_p}{0.8\sqrt{Z_{moy} - Z_{min}}}$	h	12
La dénivelée	$D = Z_{5\%} - Z_{95\%}$	m	1030
Indice de pente globale	$I_g = D / Le$	m/km	3,75
Pente moyenne de bassin versant	$I_{BV} = Z_{max} - Z_{min} / \sqrt{A}$	m/km	41,20

5. Occupation du Bassin versant

Oued Kébir est considéré comme une source hydraulique importante pour les différentes activités de l’homme au bord de cet oued. En effet les activités agricoles, même aussi industrielles. La carte d'occupation ci-dessous présente les différentes activités agricoles et industrielles, ainsi que les zones d’agglomération.

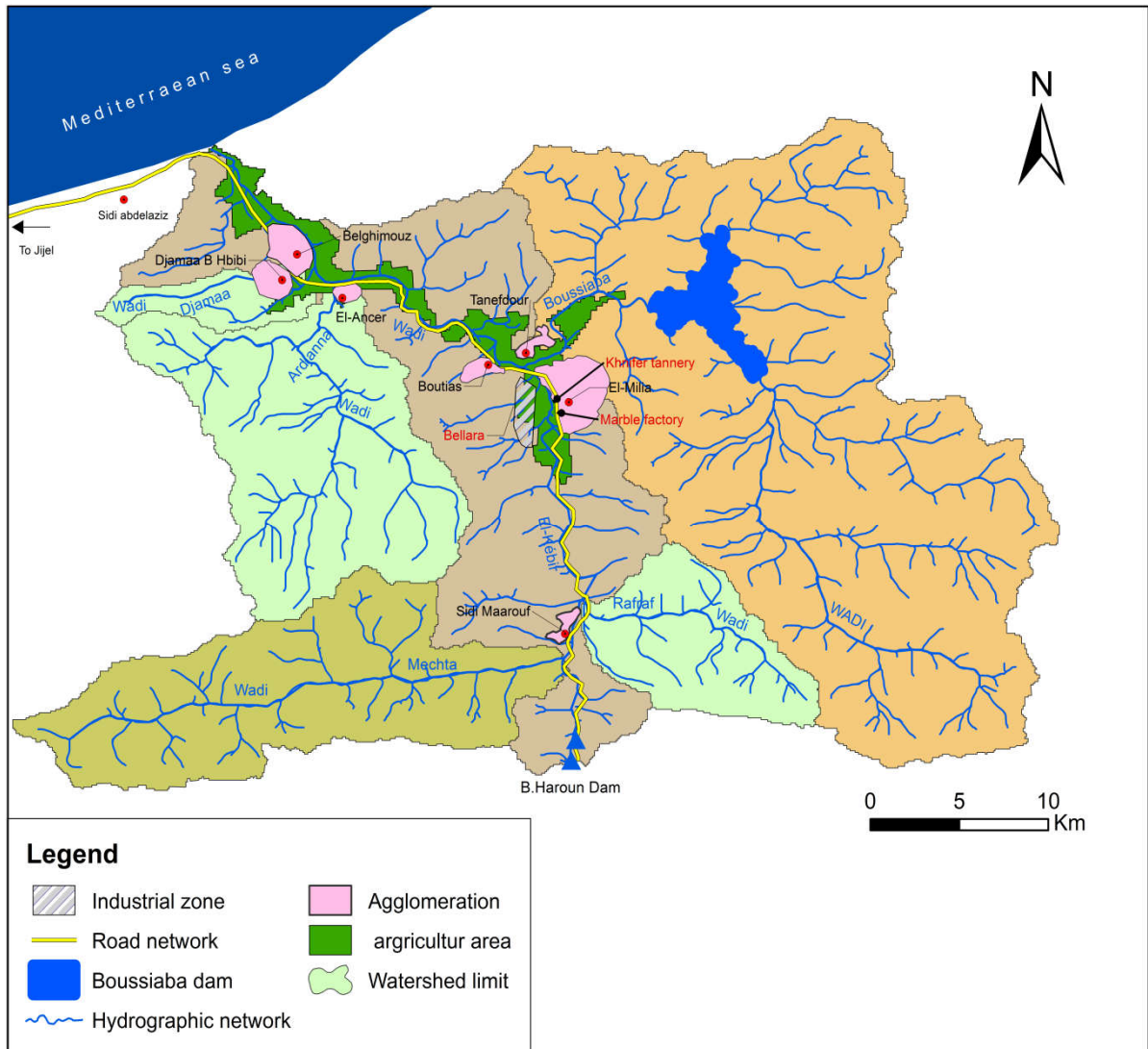


Figure 6 : Carte de l’Occupation des sols du bassin versant d’oued Kébir.

Les principales activités trouvées au niveau de la zone d’étude sont:



**5.1 Activités industrielles :** Hormis les unités de production, les matériaux de construction dans l'élément et l'autre à Sidi Maarouf, les activités industrielles du bassin d'oued Kébir sont fortement concentrées dans la région d'EL Milia, dont la plus importante est le Complexe Sidérurgique de Bellara, la tannerie de Khnifer, où cette dernière rejette ses déchets à oued Kébir malgré sa possession de stations d'épuration (bien qu'il possède des stations d'épuration, mais sa capacité d'épuration est 30% des eaux usées).

Le tableau suivant (tab.5) présente les déchets rejetés par la tannerie de l'oued Kébir:

*Tableau 5 : Déchets liquide rejeté dans l'oued kébir (Khoubache, Laouar. 2006)*

Unité industrielle	Quantité des déchets m <sup>3</sup> /jour	Nature des déchets
Tannerie de KHNIFER (El-Milia)	150m <sup>3</sup> /jour	-Sulfate de chrome Cr(SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> -Hydrate de calcaire Ca(OH) <sub>2</sub> -Acide sulfurique H <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) -Sulfure de sodium (NaS) -Colorants -Sulfure d'ammonium NH <sub>4</sub> (SO <sub>4</sub> ) -adjuvants

**5.2 Activités agricoles :** L'agriculture s'étend le long des bords de l'oued de l'amont vers l'amont, mais elle est largement concentrée dans la région de Belghimouz. L'agriculture est caractérisée par la diversité, car des engrais et des pesticides sont utilisés pour améliorer le rendement. Parmi les engrais utilisés au niveau du bassin d'oued Kébir sont les ammonitrates (33%) et les superphosphates (45%). Les engrais augmentent sans doute les rendements, mais ils affectent négativement la qualité des eaux de surface de l'oued Kébir.

**5.3 Activités urbaines :** Au niveau de notre zone d'étude, la source des déchets urbains provient des agglomérations des populations situées le long des bords de l'oued Kébir, dont la plus importante est celle d'EL Milia, puis vient les agglomérations d'El Ancer et Djamaa, comme des agglomérations secondaires.

Comme mentionné précédemment, malgré la présence d'une station d'épuration, malheureusement elle ne traite qu'environ 30% des eaux usées de l'agglomération d'EL Milia.

**Conclusion**

Dans ce chapitre nous avons mis en évidence la situation géographique de la zone d'étude et leur cadre morphométrique du bassin versant d'oued Kébir.

Le bassin versant de l'oued Kébir fait partie de Rhumel-Kébir situé dans la partie orientale de la wilaya de Jijel de surface 1126,67 km<sup>2</sup>, se caractérise par une forme allongée et d'altitude moyenne est 449,47 m.

Le relief du bassin versant est assez faible selon la valeur de l'indice de pente globale 3,75 m/km qui traduit un temps de concentration élevé (12h) pour la concentration les eaux et les crues et la vitesse d'écoulement 3,95 m/s, Avec une densité de drainage d'ordre 0,139 km/km<sup>2</sup>.

En revanche, notre secteur d'étude est considéré comme un centre d'activités agricoles et industrielles qui déchargent leurs déchets dans oued Kébir, ce qui affecte la qualité des eaux.

*Chapitre II*  
*Géologie et Climat*

## A. Contexte Géologique

### Introduction

L'analyse de l'environnement géologique est fondamentale à toute étude hydrogéologique ou hydrogéochimique. Elle permet d'identifier les matériaux et les structures des formations géologiques susceptibles d'être aquifères et qui conditionnent l'écoulement des eaux souterraines et des eaux superficielles.

### 1. Géologie régionale

La zone d'étude se trouve dans la petite Kabylie qui fait partie de la chaîne alpine des Maghrébides. Le dispositif Alpin de l'Algérie du Nord oriental est marqué par l'empilement de plusieurs nappes, la plus importantes est celle du socle Kabyle. Cette chaîne est subdivisée en trois grands domaines paléogéographiques ordonnés du Nord vers le Sud en : domaine interne, domaine des flyschs et le domaine externe (fig.7).

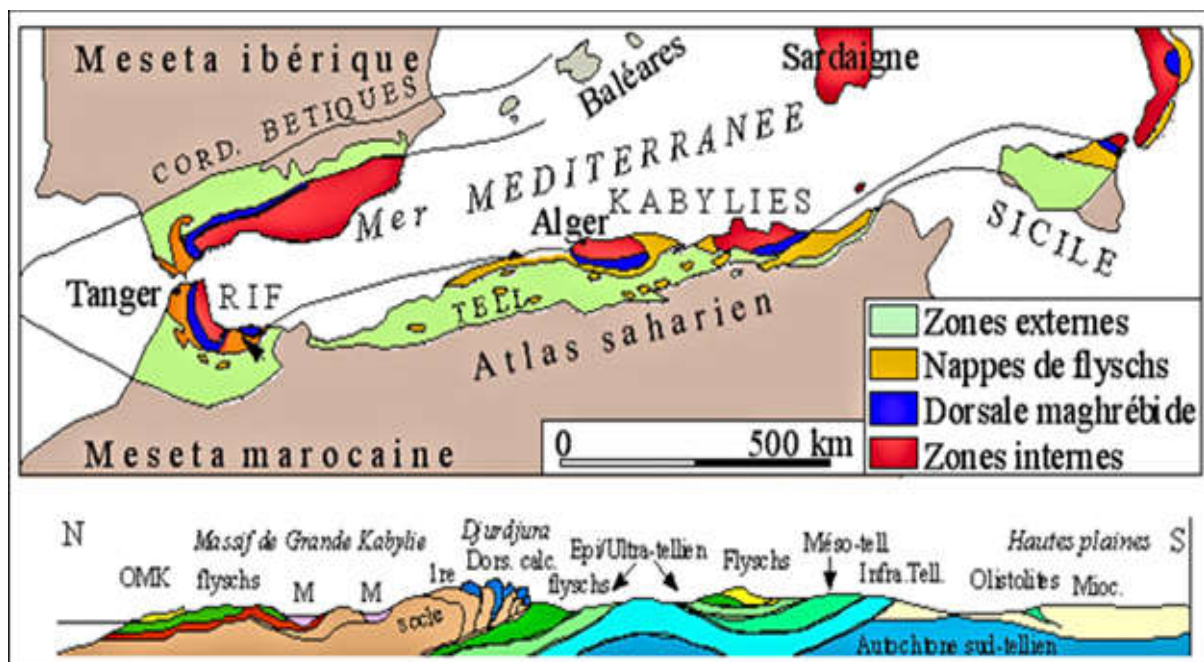


Figure 7 : Schéma structural de la chaîne Alpine de Méditerranée occidentale (D'après Delga, 1969).

#### 1.1 Le domaine interne

Les unités du domaine interne comprennent :

**1.1.1 Le socle kabyle :** Les terrains du socle kabyle affleurent dans la région de Kabylie et constituent les couches les plus importantes. On les retrouve de l'Est vers l'Ouest ; En petite Kabylie, En grande Kabylie et Dans les massifs d'Alger : le Chenoua et Ténès.

**1.1.2 Sa couverture sédimentaire :** représentée par des termes paléozoïques, puis par des niveaux carbonatés du trias à l'Eocène (Dorsale kabyle ou chaîne calcaire).

### 1.2 Domaine des flyschs

Les travaux de Gélard et Raoult (1969) ont permis de distinguer deux grands types de flysch gréseux, respectivement, *le flysch mauritanien*, et *le flysch massylien* d'âge Crétacé inférieur. En plus de ces deux types ont également ajouté *le flysch Numidien* d'âge Oligo-Miocène (Mebrouk, 2019).

### 1.3 Domaine externe ou domaine tellien

Ces formations ont été définies par Vila (1980) comme des séries épaisses à dominante marneuse issues du sillon tellien. Les phases tectoniques tertiaires ont fractionné les séries telliennes en trois grandes entités agencées du Nord vers le Sud : les unités ultra-telliennes, les unités telliennes sensu stricto, et les unités péni-telliennes.

#### 1.3.1 Les séries postérieures à la phase fini-lutétienne

- a. Le Nummulitique II,
- b. L'Oligo-Miocène Kabyle et les Olistostromes.

#### 1.3.2 Les formations post-nappes

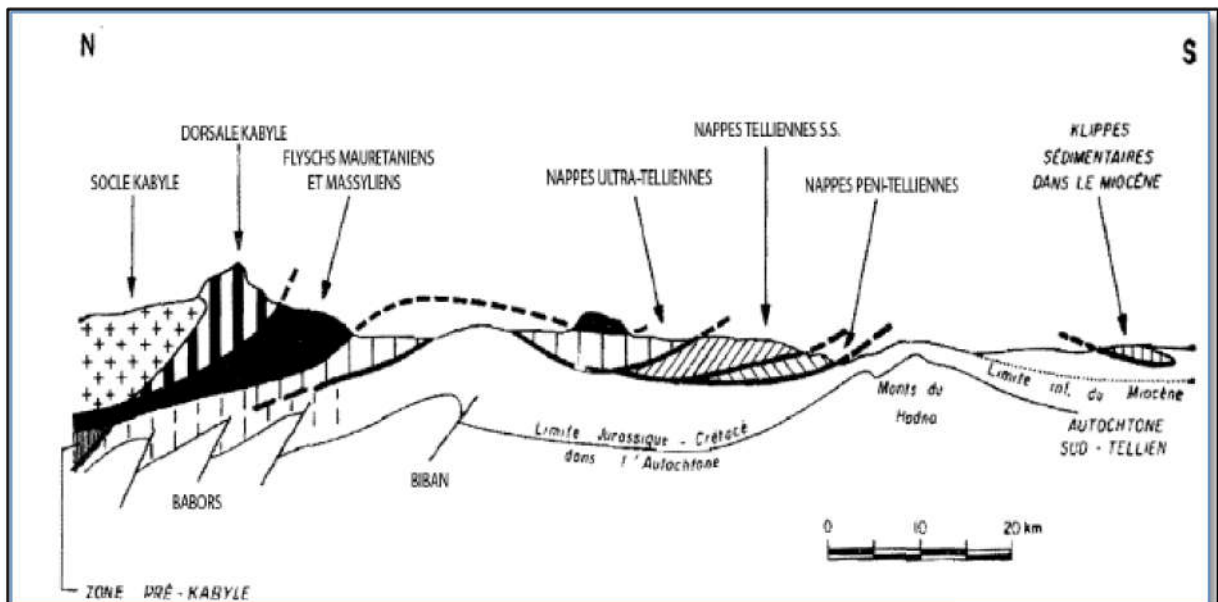


Figure 8 : Rapports structuraux entre les différentes unités de la chaîne des Maghrébides (d'après Durand-Delga, 1969 ; les Bibans et les Babors qui étaient considérés comme étant de l'Autochtone font également partie des nappes telliennes).

## 2. Géologie du bassin versant d'oued Kébir

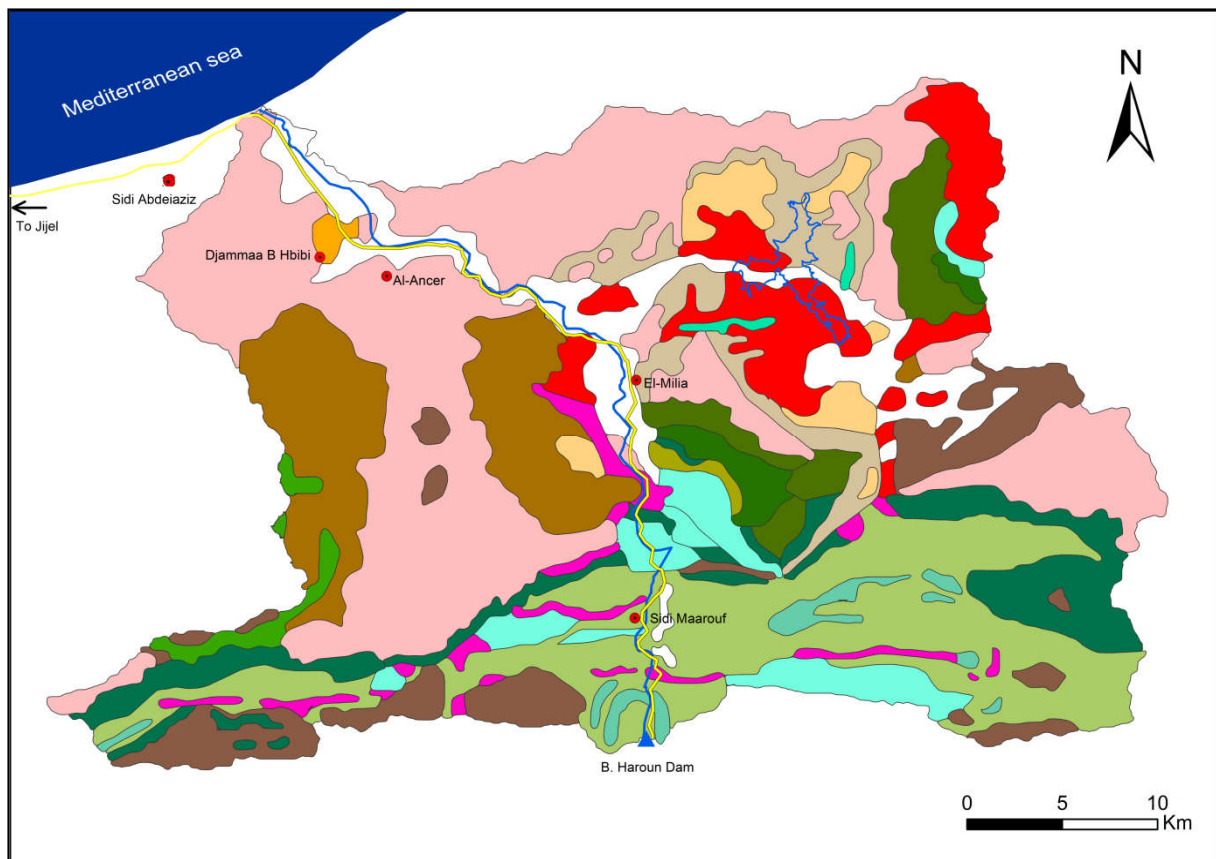
Le cours d'eau d'oued Kébir prend naissance dans les zones telliennes du Sud Constantinois par l'affluent oued Rhumel et dans la wilaya de Mila par l'affluent oued Endja. Ces deux affluents constituent les principaux cours d'eau qui alimentent le barrage de Béni Haroune. Oued Kébir part de la confluence entre ces deux oueds et se jeter 50 Km plus au nord dans la mer Méditerranée au niveau de la plage de Béni Belaid dans la wilaya de Jijel.

Du Sud au Nord, oued Kébir traverse plusieurs domaines géologiques comme décrits par *Bouillin en 1979* à savoir, le domaine tellien au sud, le domaine des flyches kabyles au centre et le domaine kabyle et les terrains qu'il supporte au Nord.

### 2.1 Description lithologique des formations

En se référant aux études suscitées, la série stratigraphique caractérise les formations des nappes telliennes allant du Trias à l'Eocène :

- **Le Paléogène** : il est représenté par les termes marneux à boules jaunes du Lutétien, les marnes noires du paléocène des calcaires massifs à silex. Ces faciès affleurent sur les berges et le long d'oued Dib.
- **Le Crétacé supérieur** : il est représenté par les termes du sénonien marneux à fausses boules jaunes et des marno-calcaires quelques lambeaux des termes argilo-gréseux à caractères flyschoides apparaissent dans la région de Sidi Maarouf.
- **Le crétacé inférieur** : il est représenté par les termes du Barrémo-aptien constitués de marnes indurés à débit feuilleté de couleur vert-jaunâtre admettant des intercalations de calcaires gréseux, et des calcaires détritiques grisâtres, il affleure dans la région de Sidi Maarouf et Taskift.
- **Le Jurassique supérieur** : il forme des reliefs escarpés de Moul Edmamène et des régions limitrophes. Les faciès sont à dominance calcaro-dolomitique admettant des minéralisations ferrifères concentrées (gisement de fer de Sidi Maarouf).
- **Le Lias** : à tendance dolomitique, il présente une morphologie ruiniforme et karstifiée dans la région de Hammam Béni Haroune. Des passées de grés grossiers sont parfois signalées par certains auteurs, et attribuées à ce terme (*Bouillin, 1986*).
- **Le Trias** : argilo-gypsifère et localement des grés rouges, le trias souligne le tracé des grands accidents tectoniques de Béni Haroune à El Milia, il est associé à des ophites.



**Légende**

**Roches Eruptives récentes**

**δ** Granites, grano-diorites, microgranites, dolérites et rhyolites.

**Roches récentes et cycles postérieurs**

**Q** Quaternaire indifférencié (villa-franchien à actuel).

**P** Pliocène marin des zones côtières.

**m** Burdigalien supérieur-Langhien de la marge littorale.

**Socle kabyle, chaîne calcaire**

**OFN OM** Oligo-Miocène Kabyle, olistostromes à flyschs residimentés

**OF** Olistostromes superposés à l'Oligo-Miocène kabyle ; **OT**

Olistolites telliens de la région d'El Milia.

**Sk** Socle métamorphiques de petites Kabylie et du Bou Hatem.

**Nappes Telliennes S.S**

DJ – de Djemila ; T- unités Telliennes non différenciées parfois réduites à leur Eocène décollé.

**1** Yprésien à Priabonien basal.

**2** Crétacé moyen à paléocène.

**3** Crétacé inférieur.

**4** Jurassique.

**Nappes Numidiennes**

**GN** Grès Numidiens et séries mixtes.

**Nappes de Flyschs kabyles**

**Flysch Mauritanien**

**FM** Séries internes  
Séries médianes  
séries externes.

**Cas de la série des Achaïches (série médiane)**

**FM 1** Crétacé.

**FM 2** Jurassique.

**Flysch Massylliens**

**F** Sénonien marneux à microbrèches ou à blocs.

**Trias exotique ou extrusif**

**t** Argiles, gypses broyés et calcaro-dolomitiques.

Cours d'eau.

Réseau routière

Barrage Boussiaba

Figure 9 : Carte géologique du bassin versant d'oued Kébir (D'après Vila, 1978).

➤ **Les formations du domaine de Flyschs :** Au Sud d'El Milia, affleurent des termes du flyschs Massylien schisto-gréseux à structure chaotique. Le flysch à faciès mauritanien est représenté par des termes à des caractères dissociés représenté par des grès verts, de phanites rouges et blanches et des radiolarités bien litées.

➤ **Les formations du domaine Kabyle :** Elles sont représentées par les termes du complexe volcano-sédimentaires : calcschistes des Achaïches, des pillow-lavas et autres volcanites associées. Ces termes volcano-sédimentaires sont surmontées par les séries cristallophylliennes du socle kabyle dont les affleurements couvrent le territoire du Sud d'El Milia jusqu'à la mer, et au sein desquelles coulent les eaux d'oued Kébir jusqu'à Béni Belaid.

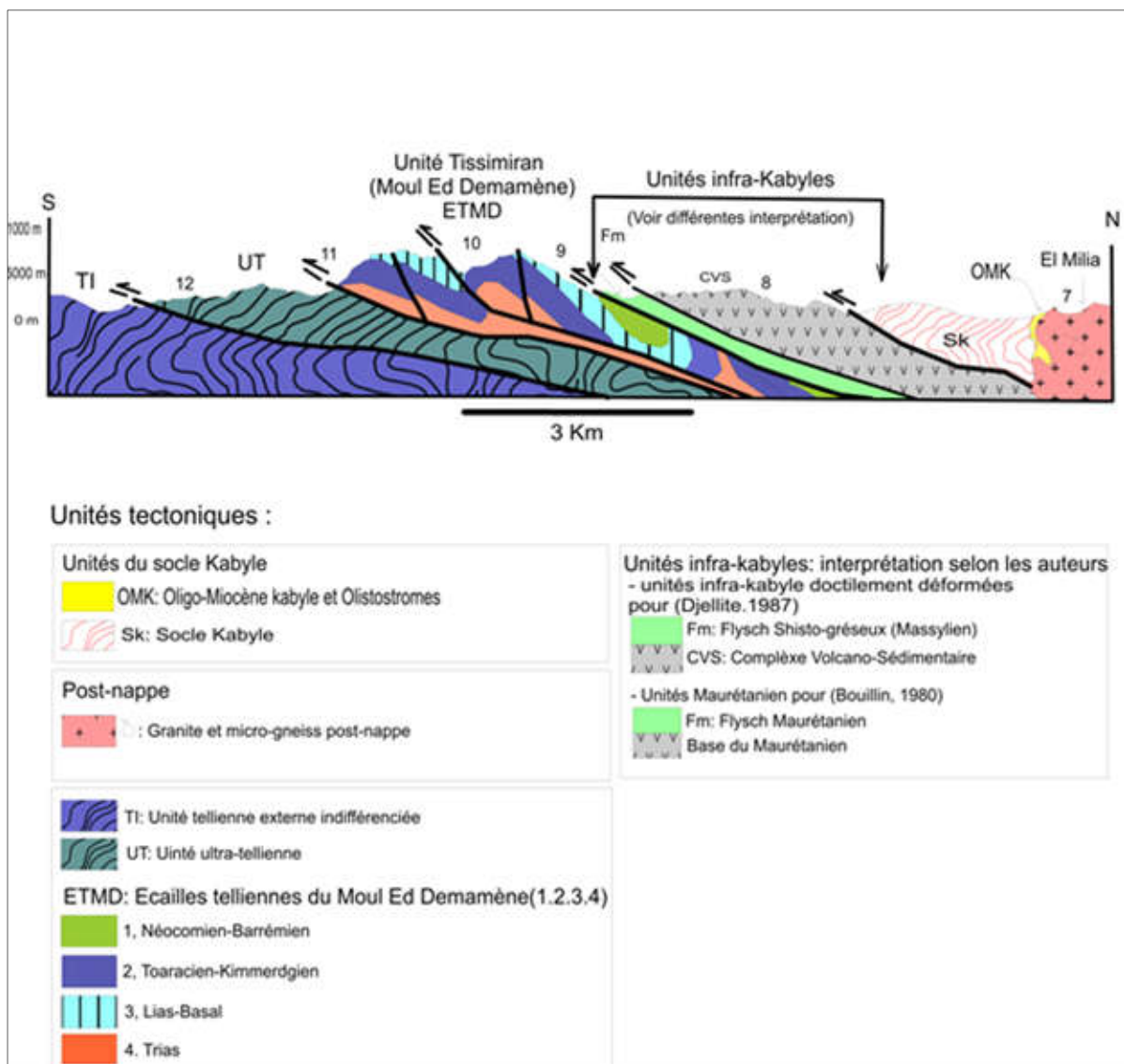


Figure 10: Coupe géologique structurale de l'axe Béni Haroune – El Milia (Djellit, 2014).



Deux séries métamorphiques principales caractérisent le socle Kabyle dans son ensemble, à la base par une série inférieure gneissique et au sommet par une série supérieure phylladique (schisteuse).

➤ *Les formations post-nappes et les alluvions* : se présentent surtout dans la région de Belghimouz et Djamaa, elles sont représentées par des marnes bleues parfois jaunâtres. Elles sont surmontées dans la basse vallée d'oued Kébir par des alluvions anciennes et récentes constituées des galets grossiers.

### **Conclusion**

La zone d'étude se trouve dans la petite Kabylie qui fait partie de la chaîne alpine des Maghrébides. Du Sud au Nord, oued Kébir traverse plusieurs domaines géologiques de la petite Kabylie d'El Milia, le domaine Tellien au Sud, le domaine des Flyschs kabyles intermédiaires et le domaine Kabyle et les terrains qu'il supporte au Nord.

## B. Etude Hydroclimatologique

### Introduction

La possibilité d'étudier et de contrôler l'eau d'une région est totalement liée aux phénomènes qui régissent les écoulements de surface et souterrains où les conditions climatiques jouent un rôle spécifique dans le système de cours d'eau. Les précipitations restent la composante la plus importante à cet effet, car elles interviennent par la hauteur annuelle totale qui détermine l'abondance de la rivière et la distribution mensuelle et saisonnière qui affecte directement le système hydrologique.

D'autres facteurs climatiques ajoutés aux précipitations, à savoir la température et l'évapotranspiration qui sont des paramètres nécessaires à tout essai de bilan hydrique.

La zone d'étude se situe proche à la côte de la mer méditerranée, elle est caractérisée par un climat de type méditerranéen, son régime climatique dépend de deux paramètres principaux ; les précipitations et la température. A partir des données disponibles, nous tenterons de mettre en évidence les caractéristiques générales du climat de la région, ses différences spatiales et ses distorsions temporelles (*Daifallah, 2008*).

### 1. Analyse des paramètres climatiques

#### 1.1 Les précipitations moyennes mensuelles

Les précipitations représentent toutes les eaux météoriques qui tombent sur la surface de la terre sous forme liquide ou solide, elles sont considérées comme la principale composante de l'hydrologie. Pour l'étude des précipitations moyennes mensuelles nous avons basé sur les données pluviométriques fournies par la station de Béni Haroune pour une période de 13 ans (2004 - 2017).

D'après la figure ci-dessous (*fig.11*), on remarque que la période la plus pluvieuse s'étale du mois de Novembre à Mars, avec un maximum au mois de Février (101,06 mm). Alors que, la période sèche s'étale du mois de Juin au mois d'Août, avec un minimum au mois de Juillet (1,36 mm).

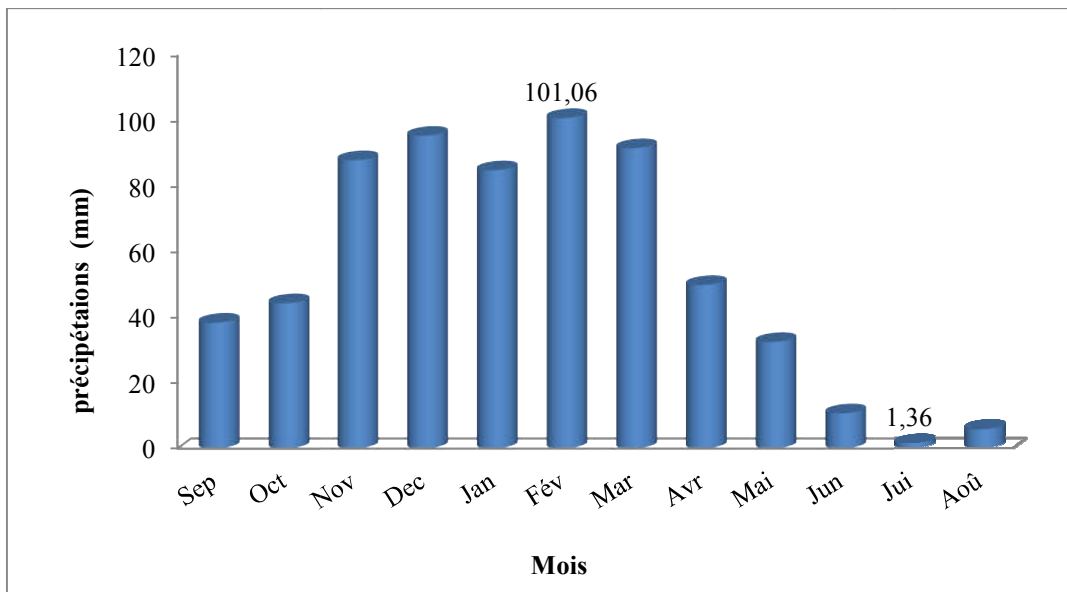


Figure 11 : Précipitations moyennes mensuelles de la station de Béni Haroune (2004 – 2017).

### 1.2 Les températures moyennes mensuelles

La température de l’air est un facteur qui a une grande influence sur le bilan hydrologique du fait de son impact sur le déficit d’écoulement.

D’après l’histogramme des températures moyennes mensuelles (fig.11), le mois de Février est le mois le plus froid (7,77 °C), alors que le mois de Juillet est le plus chaud (24,55°C).

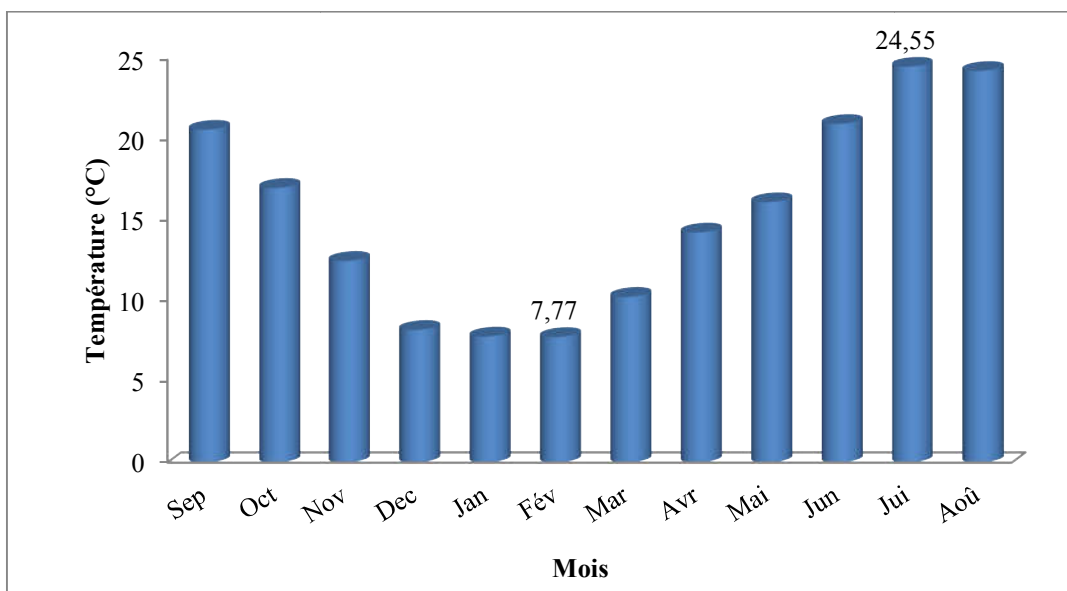


Figure 12 : Températures moyennes mensuelles de la station de Béni Haroune (2004 – 2017).

### 1.3 Diagramme Ombrothermique

Le diagramme Ombrothermique (combinaison de deux paramètres climatiques ; la température et les précipitations), permet la détermination du type du climat régnant dans la région. Un mois sec se définit, selon (*Bagnouls et Gaussen, 1953, 1957*) comme celui ayant un total pluviométrique (moyenne en millimètres) égal ou inférieur au double de la température ( $P \leq 2T$ ). Cette formule ( $P \leq 2T$ ) permet de construire des diagrammes Ombrothermique traduisant la durée de la saison sèche d'après les intersections des deux courbes (*Zahi, 2014*).

À partir de ce diagramme (*fig.13*) on distingue la succession de deux saisons ; une saison humide caractérisée par une forte pluviométrie et une faible température, elle s'étend de la fin d'Octobre jusqu'au mois de Mai, au cours de cette période, les précipitations sont importantes. Une saison sèche occupe le reste des mois c'est-à-dire du mois de Mai jusqu'au mois de Septembre.

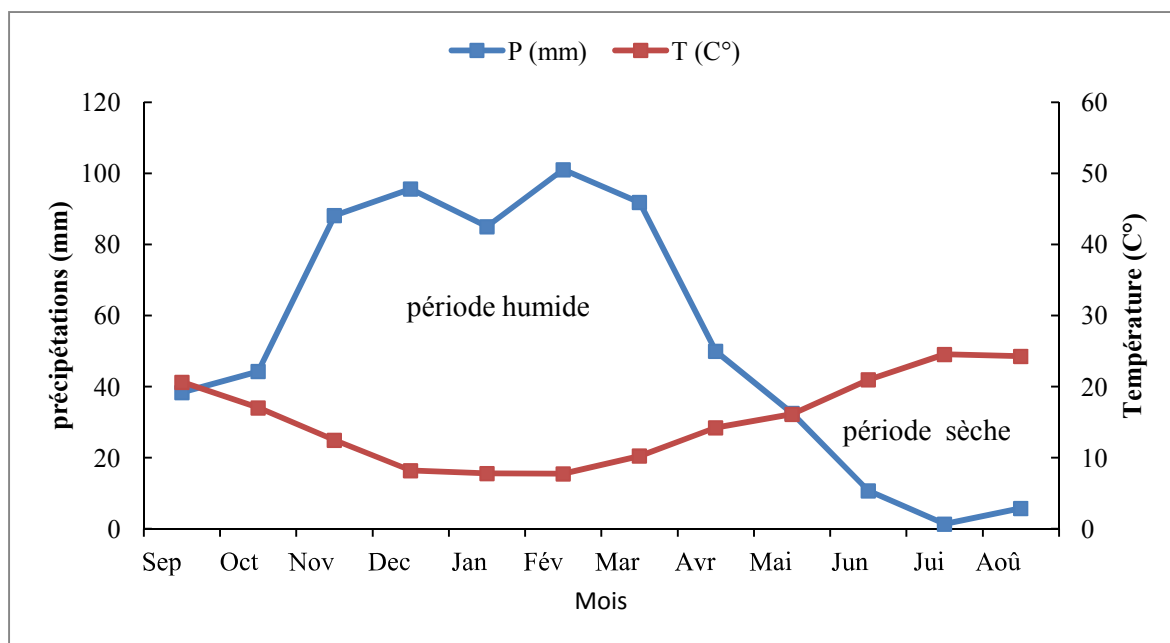


Figure 13 : Diagramme Ombrothermique de la station de Béni Haroune (2004-2017).

### 1.4 Détermination de l'humidité du sol (méthode d'Euverte)

Cette méthode est basée sur l'établissement d'un rapport entre les précipitations et les températures moyennes mensuelles ( $P/T$ ) d'une même période. Le rapport ( $P/T$ ) donne la valeur de l'humidité du sol et permet de définir 4 types de régimes :

- $P/T < 1$  : Régime très sec.
- $1 < P/T < 2$  : Régime sec.

- $2 < P/T < 3$  : Régime subhumide.
- $P/T > 3$  : Régime humide.

Les valeurs du rapport (P/T) représentées dans le tableau ci-dessous (tab.6) nous a permis de connaître l'évolution de l'humidité du sol de notre région d'étude au cours de l'année :

- Un régime très sec durant les mois de Juin, Juillet, Août.
- Un régime sec durant le mois de Septembre.
- Un régime subhumide durant les mois d'Octobre.
- Un régime humide durant les de mois de Novembre, Décembre, Janvier, Février, Mars, Avril.

Tableau 6 : Valeurs du rapport P/T pour la période (2004 – 2017)

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aoû
<b>P moy (mm)</b>	38,37	44,3	88,15	95,64	85,07	101,06	91,84	49,97	32,53	10,72	1,36	5,79
<b>T moy (°C)</b>	20,64	17,03	12,49	8,21	7,8	7,77	10,26	14,25	16,13	20,98	24,55	24,29
<b>P/T</b>	1,85	2,6	7,05	11,64	10,9	13	8,95	3,5	2,01	0,51	0,05	0,23

## 2. Approche du bilan hydrique

L'établissement du bilan hydrique selon *Thorntwaite* d'une région consiste à évaluer la répartition des précipitations reçues sur une surface, entre les différentes composantes suivantes : Evapotranspiration réelle (ETR), Ruissellement (R) et l'infiltration dans le sous-sol. L'équation du bilan hydrique s'exprime par la relation suivante :

$$P = ETR + R + I$$

Avec ;

**P** : Précipitations moyennes annuelles en (mm) ;

**ETR** : Evapotranspiration réelle en (mm) ;

**R** : Ruissellement en (mm) ;

**I** : Infiltration moyenne en (mm).

### 2.1 Evapotranspiration potentielle (ETP)

Une évapotranspiration potentielle ETP est la quantité maximale d'eau susceptible d'être évaporée par évapotranspiration sous un climat donné par un couvert végétal continu bien alimenté en eau. Elle comprend donc l'évaporation du sol/substrat et la transpiration de la

végétation d'une région donnée pendant le temps considéré. Elle s'exprime en hauteur d'eau (*aquaportail*).

L'évapotranspiration potentielle est donnée par la formule de *C.W. Thornthwaite (1948)* ;

$$ETP = 16 [10 T/I]^a$$

$$ETP \text{ corrigée} = 16 * [10 T/I]^a * K$$

Avec ;

**ETP**: Evapotranspiration potentielle mensuelle (mm) ;

**ETPc** : Evaporation potentielle mensuelle corrigée ;

**T** : Température moyenne mensuelle exprimé en °C ;

**K** : Coefficient d'ajustement de la formule de Thornthwaite. ;

**i** : Indice thermique mensuel,  $i = (T/5)^{1,514}$  ;

**a**: Exposant climatique défini ainsi :  $a = 0,016 (I) + 0,5$  ;

D'après les données du tableau suivant on trouve que : **a = 1,61**.

**Tableau 7: ETP selon la formule de C.W Thornthwaite (Station de Béni Haroune (2004- 2017)).**

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Août	Année
<b>P (mm)</b>	38,37	44,3	88,15	95,64	85,07	101,06	91,84	49,97	32,53	10,72	1,36	5,79	644,80
<b>T (C°)</b>	20,64	17,03	12,49	8,21	7,8	7,77	10,26	14,25	16,13	20,98	24,55	24,29	15,37
<b>i</b>	8,55	6,39	3,99	2,11	1,96	1,94	2,96	4,88	5,89	8,76	11,12	10,94	<b>I = 69,49</b>
<b>ETP (mm)</b>	92,32	67,74	41,11	20,92	19,27	19,15	29,96	50,84	62,07	94,78	122,06	119,99	740,21
<b>K</b>	1,05	0,91	0,75	0,7	0,73	0,78	1,02	1,15	1,32	1,33	1,33	1,24	/
<b>ETPc (mm)</b>	96,93	61,64	30,83	14,64	14,06	14,93	30,55	58,46	81,93	126,05	162,33	148,78	841,13

## 2.2 Evapotranspiration réelle (ETR)

On appelle évapotranspiration réelle, effective, actuelle ou encore déficit d'écoulement (ETR) la somme de l'évaporation et de la transpiration réelle pour une surface donnée et une période définie. L'estimation de l'évapotranspiration réelle établie par la méthode de Thornthwaite est liée au volume de précipitations, trois cas peuvent se présenter :

- **1<sup>er</sup> Cas** : ( $P \geq ETP \Rightarrow ETR = ETP$ ) : Il y a reconstitution des réserves du sol jusqu'à saturation (un sol saturé, quand il aura absorbé une lame d'eau équivalente à une précipitation de 100 mm), le surplus représentera l'écoulement superficiel.

- 2<sup>ème</sup> Cas : ( $P < ETP \Rightarrow ETR = P + RFU$ ) : Dans ce cas, on puisera dans les réserves du sol jusqu'à satisfaction de l'ETP.
- 3<sup>ème</sup> Cas : ( $P < ETP$  et  $RFU = 0 \Rightarrow ETR = P$ ) : Dans ce cas, on aura un déficit qui représentera la quantité d'eau à apporter pour l'irrigation (déficit agricole).

Tableau 8 : Bilan hydrique d'après la formule de Thornthwaite de la station de Béni Haroune (2004 – 2017).

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Août	Année
<b>P (mm)</b>	38,37	44,3	88,15	95,64	85,07	101,06	91,84	49,97	32,53	10,72	1,36	5,79	644,80
<b>T (C°)</b>	20,64	17,03	12,49	8,21	7,8	7,77	10,26	14,25	16,13	20,98	24,55	24,29	15,37
<b>i</b>	8,55	6,39	3,99	2,11	1,96	1,94	2,96	4,88	5,89	8,76	11,12	10,94	I=69,49
<b>ETP (mm)</b>	92,32	67,74	41,11	20,92	19,27	19,15	29,96	50,84	62,07	94,78	122,06	119,99	740,21
<b>K</b>	1,05	0,91	0,75	0,7	0,73	0,78	1,02	1,15	1,32	1,33	1,33	1,24	/
<b>ETPc (mm)</b>	96,93	61,64	30,84	14,64	14,06	14,93	30,56	58,47	81,93	126,06	162,35	148,79	841,2
<b>RFU</b>	0	0	57,31	100	100	100	100	91,5	42,1	0	0	0	/
<b>ETR (mm)</b>	38,37	44,3	30,83	14,64	14,06	14,93	30,56	58,47	81,93	52,82	1,36	5,79	388,06
<b>Da (mm)</b>	58,56	17,34	0	0	0	0	0	0	0	73,24	160,99	143	453,13
<b>EXC (mm)</b>	0	0	0	38,32	71,01	86,13	61,28	0	0	0	0	0	256,74

### 2.3 Interprétation du bilan hydrologique

L'interprétation du bilan hydrologique calculé par la méthode de Thornthwaite pour la station de Béni Haroune (2004-2017) (fig.14), nous a permis de constater qu'il y a deux périodes qu'elles viennent successivement en fonction de la variation des précipitations (P), l'Evapotranspiration potentielle (ETP), et l'Evapotranspiration réelle (ETR).

La première période concerne la recharge et le surplus d'eau, s'étend du mois d'Octobre jusqu'au mois d'Avril, elle est caractérisée par des précipitations atteignant 556,03 mm, et une évapotranspiration faible relativement ne dépasse pas 225,14 mm.

La deuxième période l'épuisement du stock, ce dernier commence à rabattre de début de Mai et sera vide à Juillet, aussi que le déficit agricole qui est presque synchrone avec l'épuisement du stock et s'étale de la troisième semaine du mois de Mai jusqu'au début d'Octobre, cette période se caractérise par des très faibles précipitations qui ne dépassent pas 133,07 mm, avec

une forte évapotranspiration qui atteint 677,7 mm.

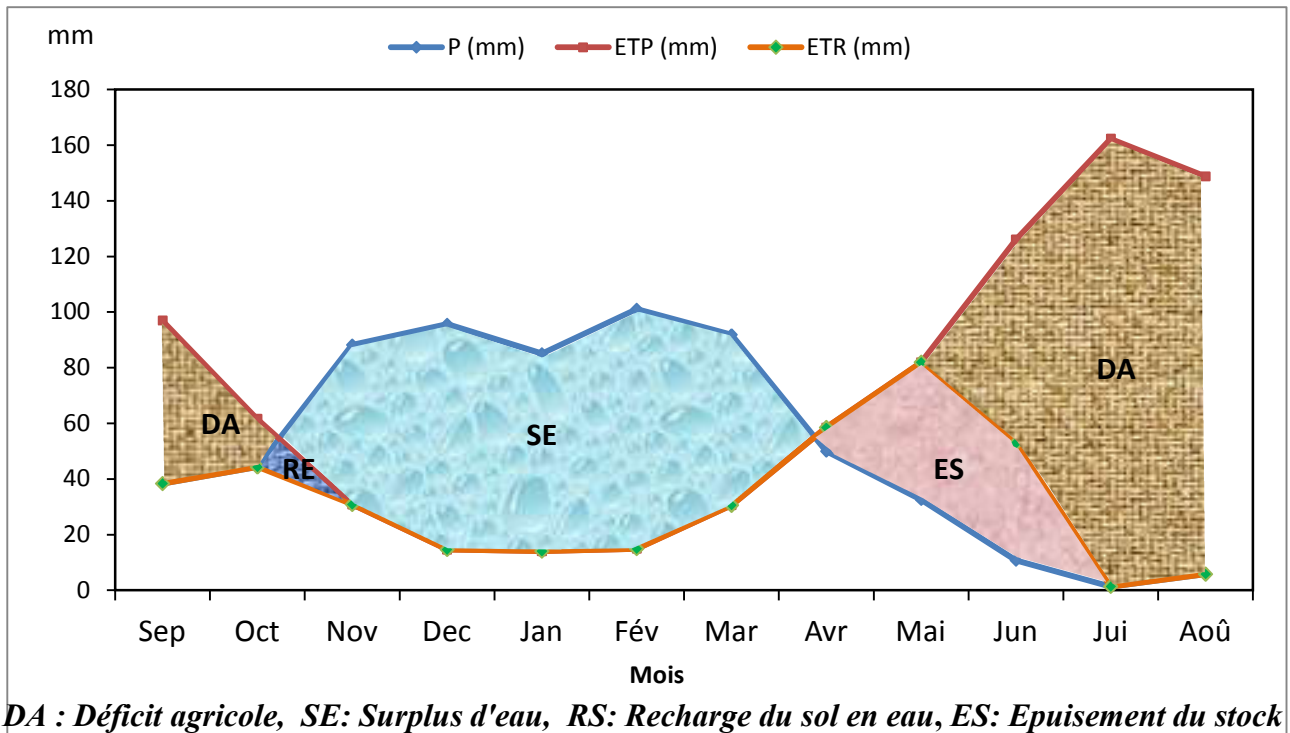


Figure 14: Bilan hydrologique selon la méthode de Thornthwaite à la station de Béni Haroune (2004 – 2017).

## 2.4 Ruissellement (R)

La quantité d'eau qui, au cours d'une précipitation, échappe à l'infiltration et à l'évapotranspiration.

L'évaluation du ruissellement est impérative pour estimer l'importance de l'érosion mécanique et chimique qui affecte la surface du sol, il est calculé selon deux formules :

- Formule de Tixeront-Berkaloff ;

Si :  $P < 600 \text{ mm}$

$$R = P^3 / 3 * ETP^2$$

-Formule de Tixeront-Berkaloff modifiée par Romantchouk ;

Si :  $P > 600 \text{ mm}$

$$R = P^3 / 3$$

Avec ;

$P$  : Précipitations moyennes annuelles (mm).



**ETP** : Evapotranspiration potentielle annuelle (mm).

**R** : Ruissellement (mm).

Nous appliquons donc la deuxième formule,  $R = (0,644)^3 / 3$ ,  $R = 0,089$  m,

Alors ; **R = 89,02 mm.**

D'après les résultats ci-dessus, la quantité d'eau ruisselée à la station Béni Haroune présente 13,80% des eaux précipitées.

### 2.5 Infiltration

Passage de l'eau à travers la surface du sol (pénétration dans le sol) et mouvement descendant de l'eau dans la zone non saturée, jusqu'à la zone saturée ou non. A partir de la formule du bilan hydrologique :  $P = ETR + R + I \Rightarrow I = P - (ETR + R)$

La quantité d'eau infiltrée à la station de Béni Haroune est de l'ordre de **167,73** mm soit 26,01% des eaux précipitées.

### Conclusion

Le bassin versant d'oued Kébir possède un climat méditerranéen, avec un hiver doux a très doux et un été sec. La région d'étude reçoit des précipitations annuelles moyennes de l'ordre de 644,80 mm. L'évapotranspiration potentielle (ETP) et l'évapotranspiration réelle (ETR) déterminée par la méthode de Thornthwaite, sont respectivement égales à 841,2 mm et 388,06 mm. Le ruissellement (R) estimé par la formule de Tixeront-Berkaloff est de 89,02 mm et l'infiltration (I) est de l'ordre de 167,73 mm, ils représentent successivement 13,80 % et 26,01% des précipitations moyennes annuelles.

*Chapitre III*  
*Hydrochimie*

**Introduction :**

L'étude hydrochimique ou l'étude des caractéristiques physico-chimiques de l'eau, permet de donner une idée sur sa composition chimique, et d'apprécier sa qualité, car elle définit son utilisation pour l'alimentation en eau potable ou d'autres usages (irrigation, industrie, ... etc.).

Ce chapitre sera consacré à l'interprétation des analyses physico-chimiques de trois campagnes réalisées au mois d'avril pour les années 2016, 2017 et 2018 sur 27 échantillons, répartis de l'amont vers l'aval de l'oued Kébir. Dont le but d'identifier les faciès chimiques des eaux de surface, de les comparer et de suivre leur évolution dans l'espace et dans le temps. Pour cela un certain nombre de diagrammes et d'histogrammes ont été élaborés et serviront de base à l'interprétation générale des résultats d'analyses chimiques.

**1. Inventaire des points d'eau**

Trois (3) campagnes de mesures et d'échantillonnage ont été effectuées au mois d'Avril des années 2016, 2017 et 2018. Les prélèvements concernent l'oued Kébir et ses affluents (*fig. 15*).

Les eaux d'oued Kébir sont prélevées de l'amont vers l'aval, on tient compte des sources de pollution (agglomérations et zones industrielles), alors que les affluents ont été échantillonné en amont avant son passage par les agglomérations et en aval avant sa confluence avec oued Kébir.

Un réseau d'échantillonnage dense est nécessaire pour déterminer avec précision le contaminant et sa distribution (*Schiedek et al, 2007*). De ce fait, pendant l'année 2018, deux stations ont été rajoutées pour évaluer l'influence des eaux de Hammam Béni Haroune et l'impact de la zone industrielle de Bellara.

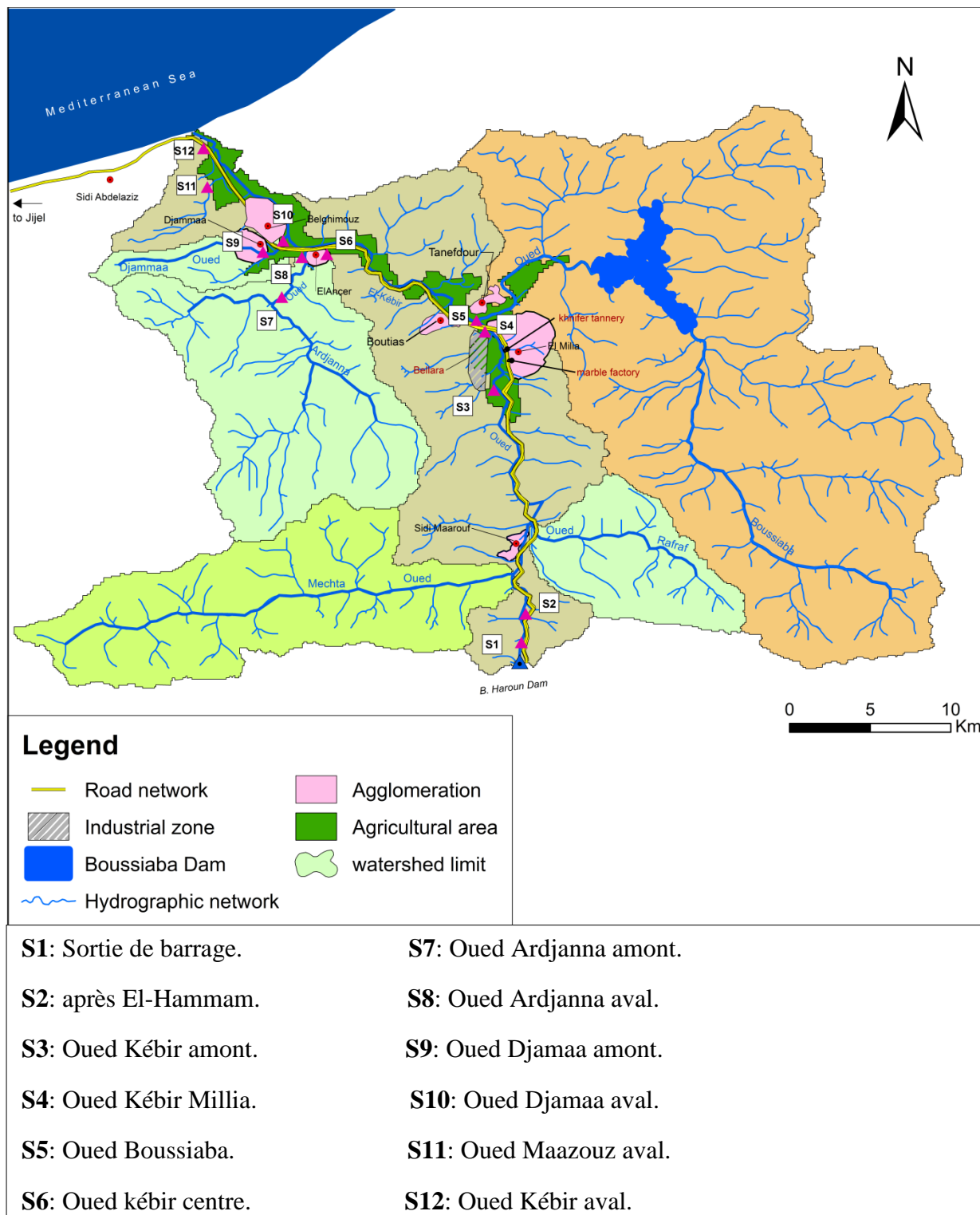


Figure 15 : Carte d'inventaire du bassin versant d'oued Kébir

## 2. Caractérisation physico-chimique des eaux

### 2.1 Détermination des principaux faciès chimiques

L'application de la formule de Stabler nous a permis de classer séparément les anions et les cations par ordre décroissant. Les résultats obtenus permettant de distinguer plusieurs faciès récapitulés dans le tableau 9, ils sont repartis comme la suite :

- En Avril 2016, les eaux Chlorurées présentent 100% des échantillons ;
- En Avril 2017, des eaux Bicarbonatées et Sulfatées présentent successivement 60 % et 40 % des échantillons ;
- En Avril 2018, les eaux Chlorurées présentent 88,88% des échantillons ;

La représentation graphique des analyses chimiques des eaux de surface du bassin versant d'oued Kébir, sur le diagramme triangulaire de Piper (*fig.16*), montre trois groupes de points, le premier regroupe tous les échantillons de la campagne 2016, caractérisés par des eaux du type chloruré magnésien-calciques à chloruré sodique, ce faciès indique une dissolution évaporitiques riche en sels. Le deuxième groupe comporte deux ensembles d'échantillons, l'un pour la campagne d'Avril 2017, caractérisé par des eaux sulfatées sodique, calcique-magnésien, et l'autre pour la campagne d'Avril 2018, caractérisé par des eaux chlorurées sodique, magnésien-calcique, ces faciès indiquent une dissolution évaporitiques riche en gypses et en sels. Le dernier groupe rassemble les eaux de type bicarbonatées magnésien-calcique, indiquant une dissolution carbonatée, ce type de faciès a été remarqué en dominance dans les eaux de la deuxième campagne (Avril 2017).

*Tableau 9: faciès chimiques.*

Compagnes	Faciès chimique	effectifs
<b>Avril 2016 (8 stations)</b>	Chloruré sodique	3
	Chloruré magnésien	3
	Chloruré calcique	2
<b>Avril 2017 (10 stations)</b>	Sulfaté sodique	2
	Sulfaté calcique	1
	Sulfaté magnésien	1
	Bicarbonaté magnésien	4

	Bicarbonaté sodique Bicarbonaté calcique	1 1
<b>Avril 2018 (9 stations)</b>	Chloruré calcique Chloruré sodique Chloruré magnésien Bicarbonaté magnésien	1 5 2 1

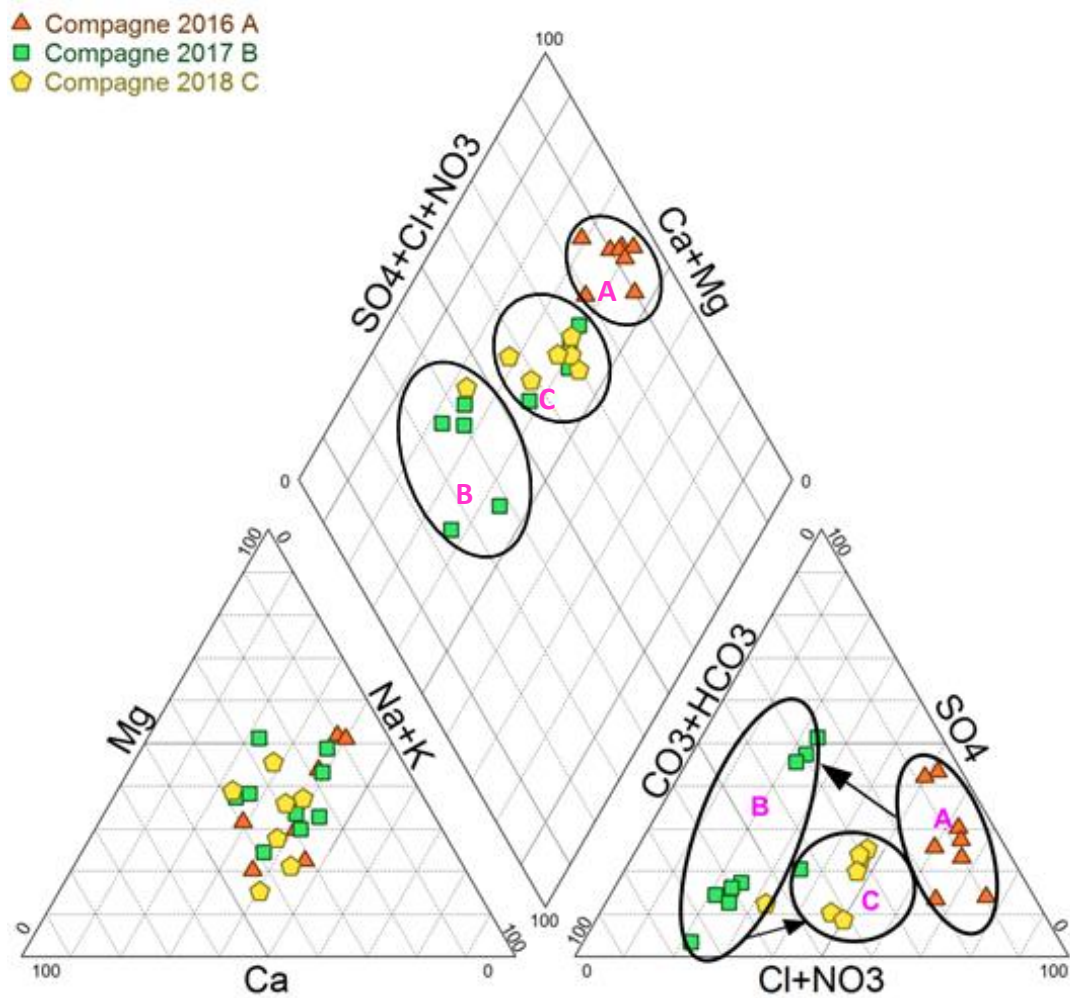


Figure 16: Diagramme de piper Avril (2016, 2017, 2018).

## 2.2 Les paramètres physico-chimiques

### 2.2.1 La température T (°C)

La température est un facteur écologique important pour les milieux aqueux. Elle est liée d'une part aux variations saisonnières et journalières de la température ambiante et d'autre part, aux rejets des activités anthropiques (eau de refroidissements). Sa perturbation peut influencer la vie aquatique (pollution thermique). Elle joue un rôle important dans les processus bactériens comme la nitrification et la dénitrification. Plusieurs paramètres dépendent de la température de l'eau comme le pH et l'oxygène dissous (Benkaddour, 2018).

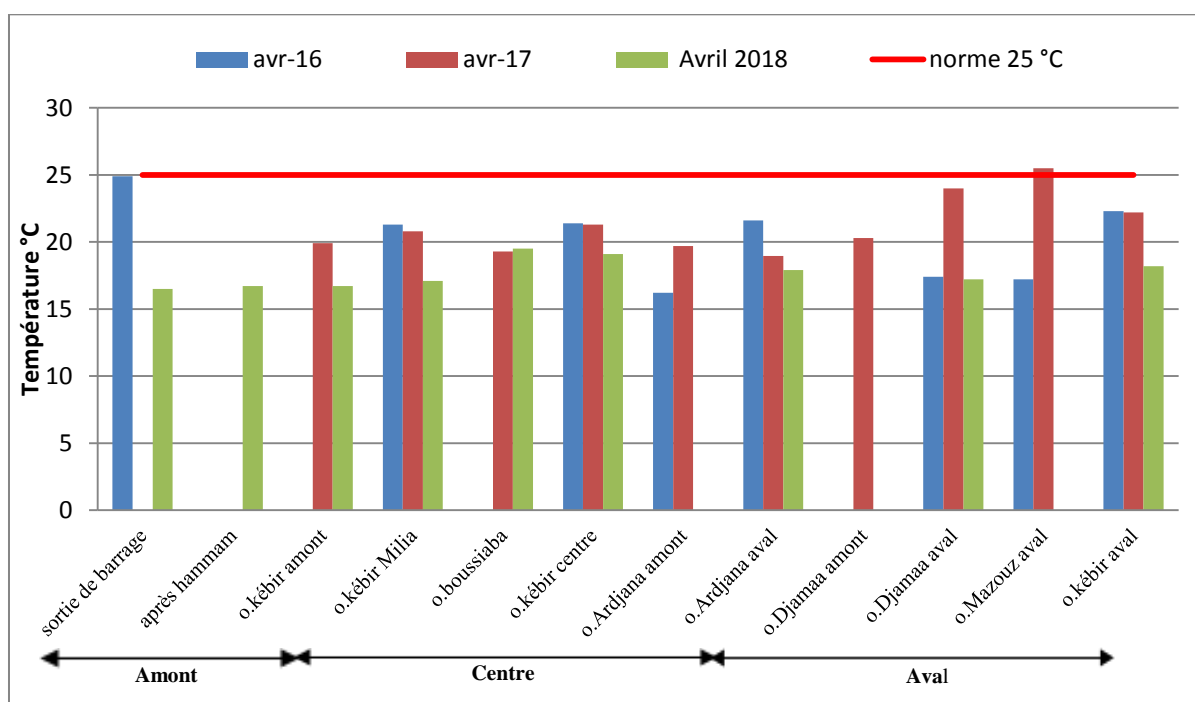


Figure 17: Température des eaux de surface du bassin versant d'oued Kébir et ses affluents (Avril 2016, 2017, 2018).

D'après l'histogramme de variation de la température (fig.17) des stations étudiées (sortie de barrage à oued Kébir aval), elle ne présente pas une grande variation spatiale pour la même campagne. Généralement, une légère augmentation de la température observée de l'amont vers l'aval de l'oued Kébir, liée à l'influence de ses affluents, notamment oued Boussiaba, oued Djamaa et oued Maazouz. Les valeurs de la température des eaux de surface d'oued Kébir restent dans la norme Algérienne (25°C) pour les trois campagnes, sauf à oued Maazouz aval (station 11) en 2016, dépasse la norme. Elle est influencée par la température de l'air, en raison de son faible débit et sa faible vitesse d'écoulement.

2.2.2 Potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH de l'eau est défini selon la concentration des ions H<sup>+</sup> contenu dans la solution, il exprime l'alcalinité ou l'acidité milieu, aussi c'est un élément important sur le caractère du agressif ou incrustant de l'eau (Zahi, 2014).

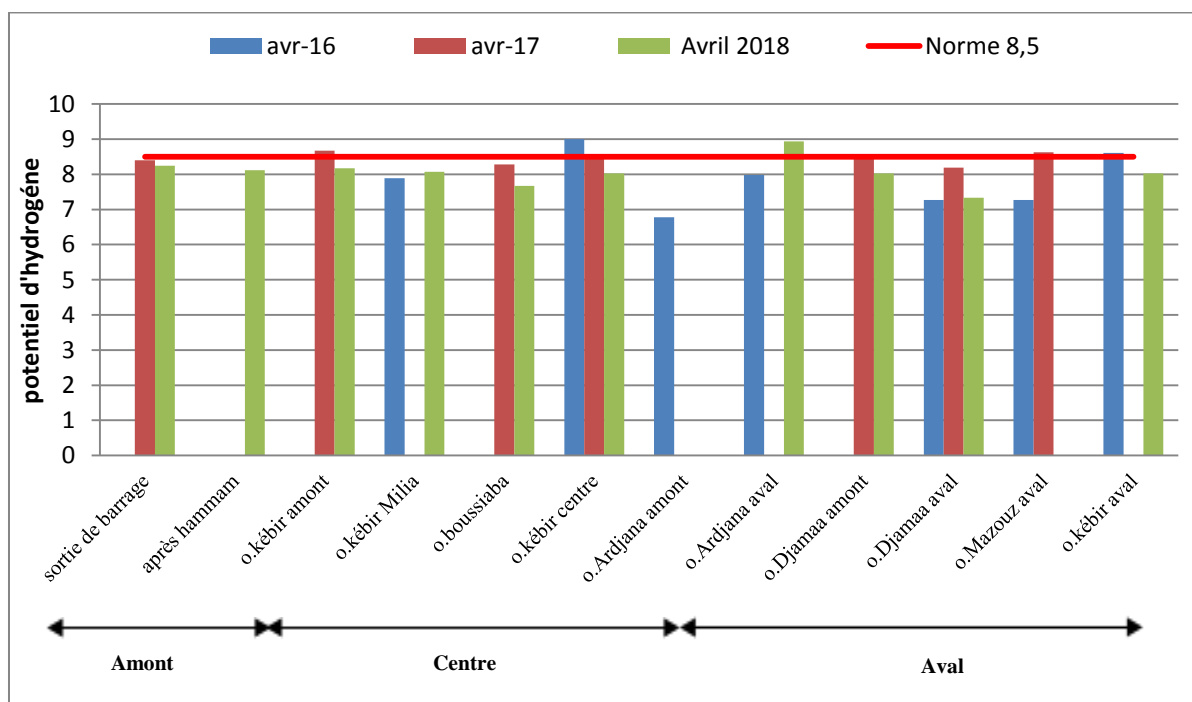


Figure 18: pH des eaux de surface du bassin versant d'oued Kébir et ses affluents (Avril 2016, 2017, 2018).

L'histogramme ci-dessus (fig.18) montre que la majorité des valeurs du pH des eaux de surface de bassin versant d'oued Kébir pour les trois compagnes (2016, 2017, 2018), oscille dans la norme Algérienne (6,5 - 8,5), avec un caractère plus au moins alcalin. Les valeurs les plus élevées (>8,5), enregistrées à Oued Ardjanna aval, expliquées par l'influence des rejets domestiques de l'agglomération d'El-Ancer.

2.2.3 Conductivité électrique (CE µS/cm)

La conductivité de l'eau fournit une indication de la qualité et de la quantité de matières dissoutes dans l'eau. La mesure de conductivité de l'eau dépend d'une large variété de substances ou de matières inorganiques solides dissoutes dans les solutions d'eau (sodium, chlorure, sulfates, calcium, bicarbonates, nitrates, phosphates, fer, et magnésium). Tous ces matériaux à certaines concentrations ont la capacité d'induire un courant électrique. Ce paramètre doit être mesuré sur le terrain et validé aussi au laboratoire. (Chaden M.H, 2014).



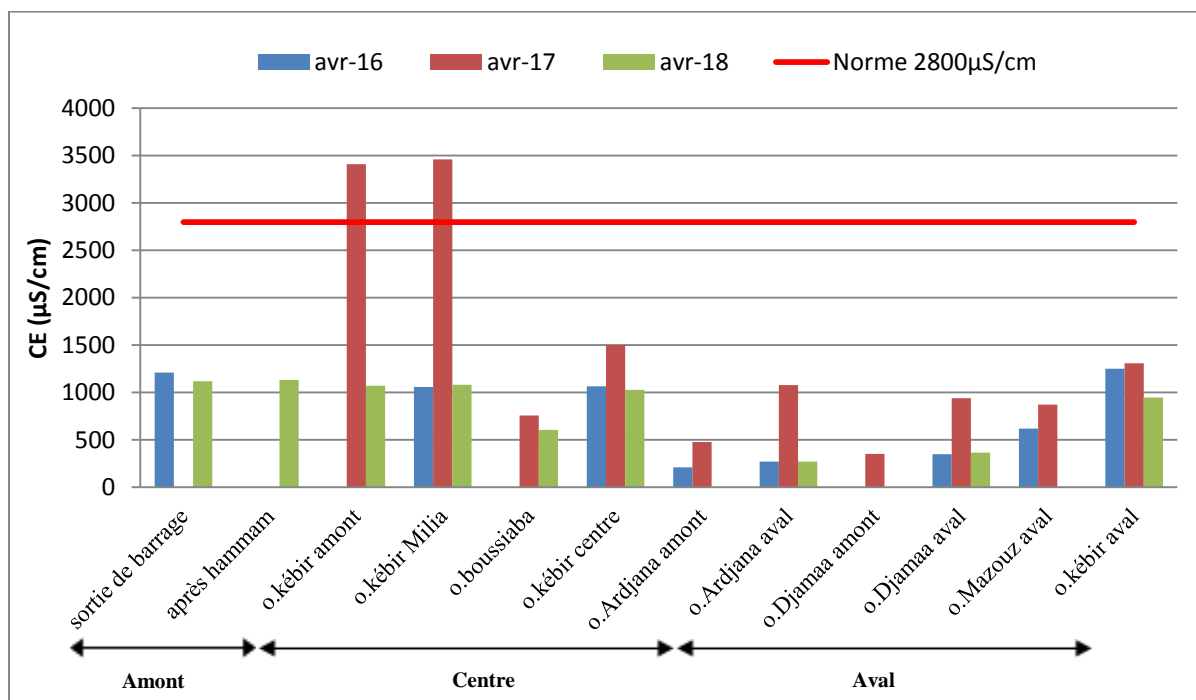


Figure 19: Conductivité électrique des eaux de surface du bassin versant d'oued Kébir et ses affluents (Avril 2016, 2017, 2018).

L'évolution de la conductivité électrique dans les eaux de surface (fig.19) montre que la majorité des valeurs sont inférieures à la norme Algérienne (2800  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), à l'exception d'oued Kébir amont et oued Kébir Milia pour la deuxième campagne (Avril 2017), elle dépasse les 3400  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Les eaux d'oued Kébir présentent des valeurs de conductivité dépassant les 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , ce qui montre l'influence de la dissolution des formations géologiques, ainsi que les lâchés du barrage de Béni Haroune. Généralement, les valeurs les plus faibles ont été remarquées dans les affluents, particulièrement en amont des oueds Ardjanna et Djamaa, expliqué par la dominance des formations métamorphiques moins altérables. En fin, une diminution de la conductivité observée de l'amont vers l'aval pour l'oued principale (oued Kébir), à cause de l'influence des apports pauvres de ses affluents (phénomène de dilution).

#### 2.2.4 Potentiel d'oxydo-réduction (Eh)

Le potentiel redox (Eh) permet de prévoir l'état des ions chimiques dans l'eau, la direction des réactions chimiques (oxydation, réduction) et l'évolution de la composition chimique des eaux naturelles au cours des échanges avec les autres phases de leurs environnements. (Zahi, 2014)

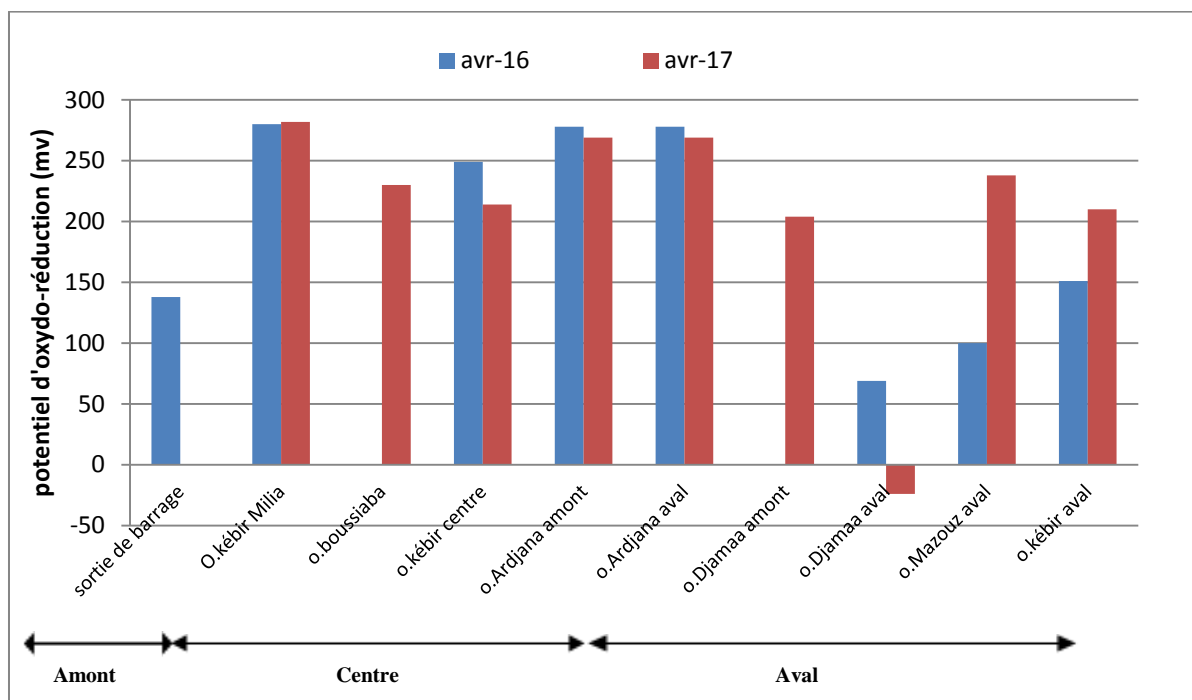


Figure 20: Potentiel d'oxydo-réduction des eaux de surface du bassin versant d'oued Kébir et ses affluents (Avril 2016, 2017)

La figure (20) montre qu'une variation irrégulière du Eh dans les eaux de surface, avec des valeurs oscillant entre 69 à 280 en 2016 et -24 à 282 en 2017. Les fortes valeurs observées à oued Kébir et en amont de ses affluents, en raison de l'importance de débit et de la surface de contact avec l'atmosphère pour le premier et l'absence de pollution (zones vierges) pour les affluents. L'aval d'oued Djamaa est caractérisé par une valeur faible en 2016 et négative en 2017, due à l'influence des eaux usées de la commune de Djamaa. La variation du potentiel d'oxydo-réduction est très liée aussi à l'effet de précipitations (précipitations mensuelles d'ordre de 330,5 mm en Avril 2016 et 125,5 mm en 2017).

## 2.3 L'élément majeur

### 2.3.1 Teneurs en calcium (Ca)

Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates. Composant majeur de la dureté de l'eau, le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables. Sa teneur varie essentiellement suivant la nature des terrains traversés. Il existe surtout à l'état d'hydrogencarbonates et en quantité moindre, sous forme de sulfates, chlorures, etc. (Boucherit, Hakimi, 2016).

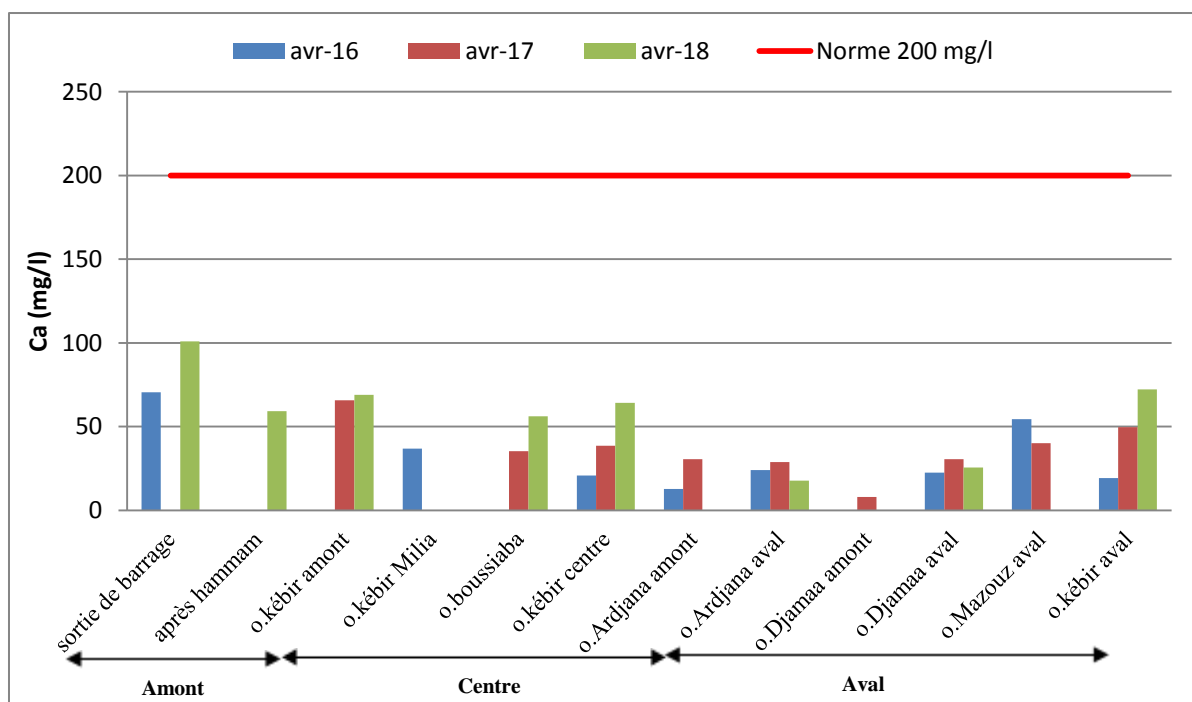
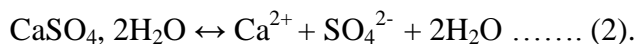
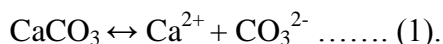
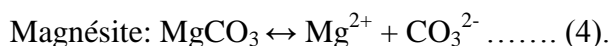
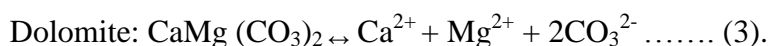


Figure 21: Teneurs en calcium des eaux de surface du bassin versant d'oued Kébir et ses affluents (Avril 2016, 2017, 2018).

L’histogramme de l’évolution des teneurs en calcium (fig.21) montre que les concentrations en calcium restent toujours inférieures à la norme Algérienne (200 mg/l). Les teneurs les plus élevées sont enregistrés dans les eaux d’oued Kébir et oued Boussiaba, dues à la dissolution des formations triasiques riches en gypse notamment dans la région de Sidi Maarouf et la partie sud-ouest du bassin versant. Les formations carbonatées de la région de Béni Haroune et la partie amont du bassin versant d’oued Boussiaba, peuvent contribuer à l’enrichissement des eaux en calcium.

### 2.3.2 Teneur en magnésium (Mg)

Il provient de la dissolution des formations dolomitiques en présence du gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) et de la dissolution des roches magnésiennes. Le processus de dissolution se fait selon les équations suivantes (Zahi, 2014):



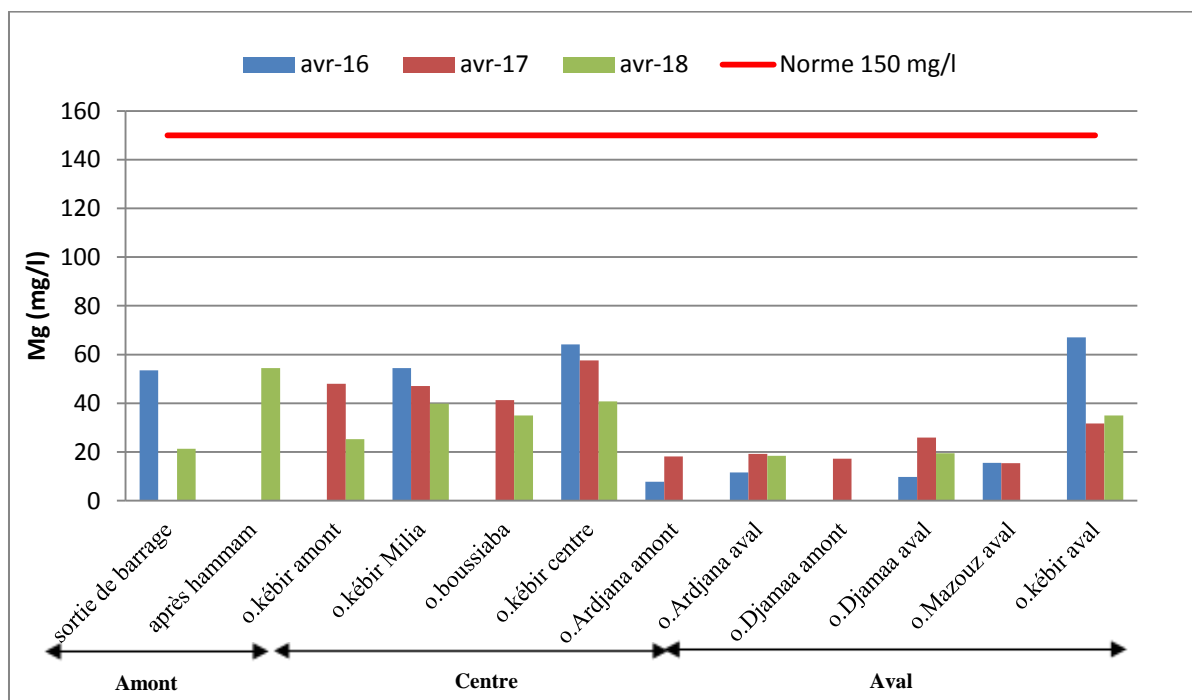
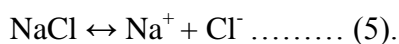


Figure 22: Teneurs en magnésium des eaux de surface du bassin versant d'oued Kébir et ses affluents (Avril 2016, 2017, 2018).

D'après l'histogramme de l'évolution de magnésium (fig.22) les faibles teneurs en magnésium ont été enregistrées au niveau des oueds Ardjanna, Djamaa et Maazouz, avec une valeur minimale de 7,77 mg/l à oued Ardjanna amont (Avril 2016). Généralement, l'évolution des teneurs en magnésium est semblable à celle du calcium, où les stations d'oued Kébir et oued Boussiaba présentant les teneurs les plus élevées (67,09 mg/l à oued Kébir aval en 2016), mais elles sont toujours dans les normes Algériennes (150 mg/l) pour les trois compagnes. Une légère diminution des teneurs en magnésium est observée entre 2016 et 2018 notamment pour l'oued Kébir probablement liée aux conditions climatiques de la période d'échantillonnage.

### 2.3.3 Teneurs en sodium (Na)

Le cation sodium (Na<sup>+</sup>) est très abondant sur la terre. On le trouve dans les roches cristallines, les roches sédimentaire (sable, argiles, évaporites) et l'Halite (NaCl). L'origine de cet élément est liée principalement à la dissolution des formations salifères et à l'effet de la salinité marine (Zahi, 2014). La dissolution des minéraux salifère se fait selon la relation suivante :



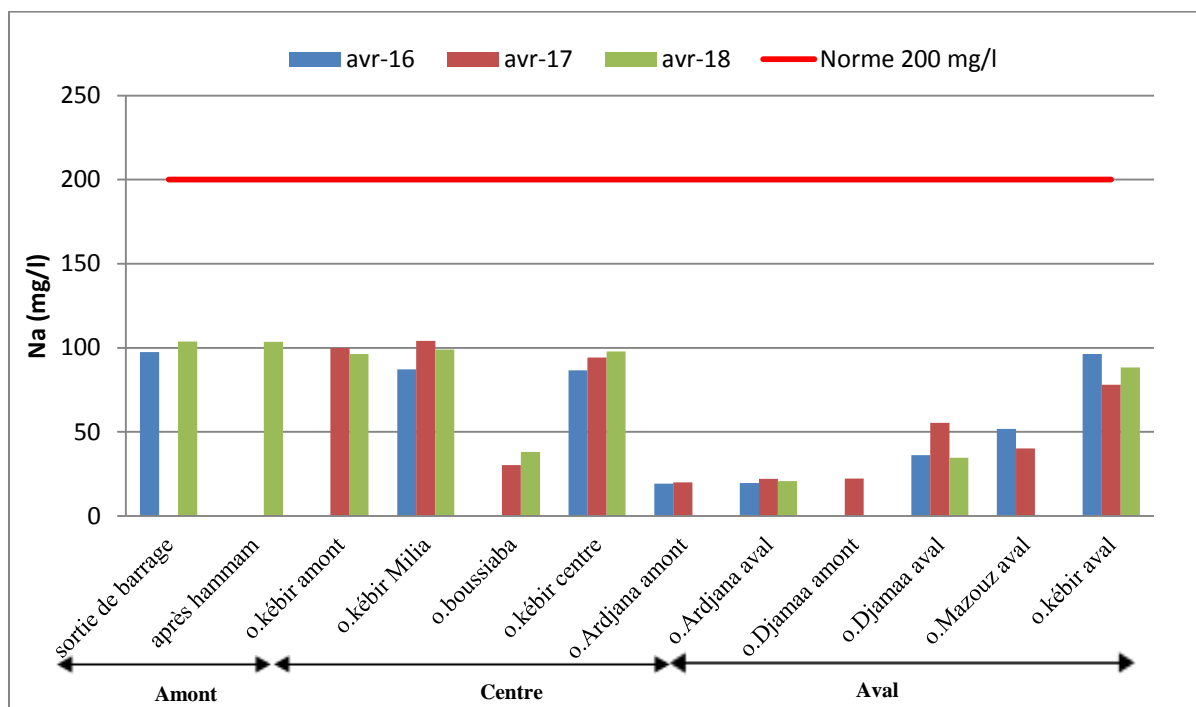


Figure 23: Teneurs en sodium des eaux de surface du bassin versant d'oued Kébir et ses affluents (Avril 2016, 2017, 2018).

D'une manière générale, les teneurs en sodium sont toujours dans l'intervalle de la norme fixée pour les eaux de surface (200 mg/l), d'après l'histogramme (fig.23) on note une sorte de stabilisation des teneurs en sodium entre la sortie du barrage et la station de Kébir Milia, puis une légère diminution à la station de Kébir centre suite aux apports pauvres en Na d'oued Boussiaba. Pour la station de Kébir aval, due à l'influence des apports pauvre en Na des affluents : oued Ardjana, oued Djamaa et oued Maazouz. Le sodium ne présente pas une grande variation d'une campagne à l'autre, notamment en amont des oueds, ce qui confirme l'origine géologique de cet élément.

#### 2.3.4 Teneures en potassium (K) :

Le potassium provient de l'altération des formations silicatées (gneiss, schiste), des argiles potassiques et de la dissolution des engrais chimiques (NPK). (Debieche T.H, 2002)

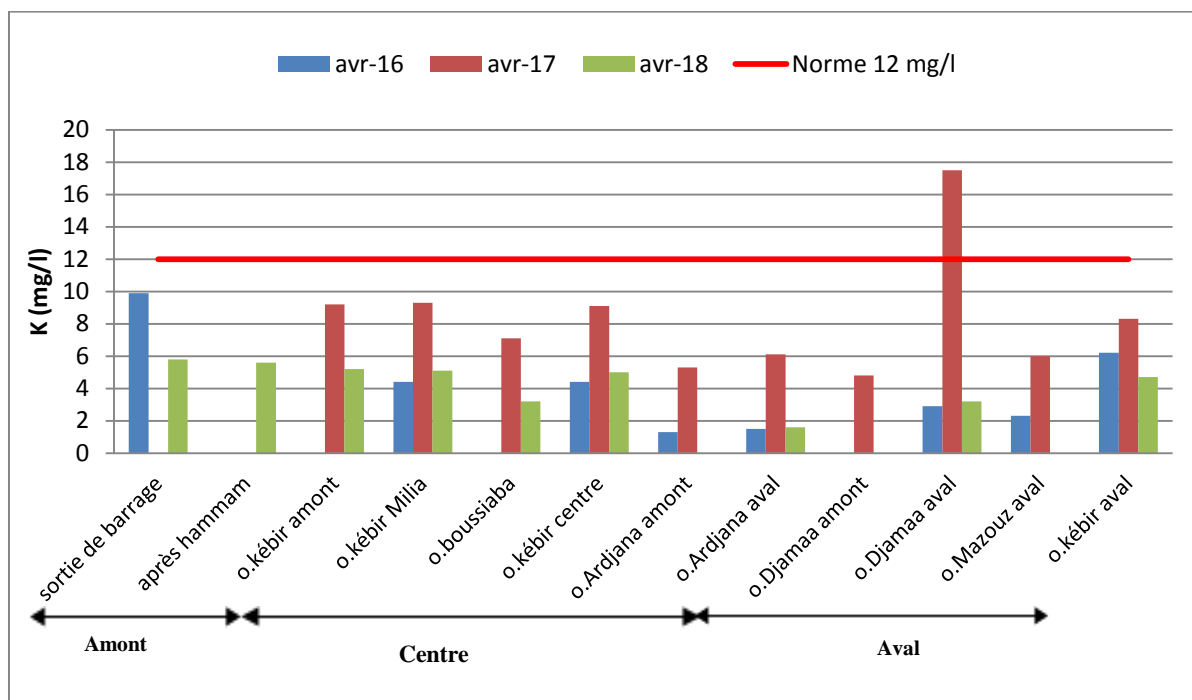


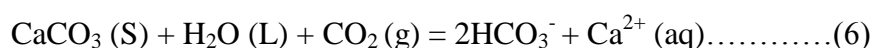
Figure 24: Teneurs en potassium des eaux de surface du bassin versant d'oued Kébir et ses affluents (Avril 2016,2017, 2018).

La figure ci-dessus (fig.24) montre que les teneurs en potassium restent toujours proches aux normes Algériennes (12 mg /l). Elles ne dépassent pas les 6 mg/l en 2016 et 2018, par contre, elles sont élevées en 2017 atteignant 17,5 mg/l à la station d'oued Djamaa aval. La présence de cet élément avec ces concentrations est liée aux activités agricoles comme source majeure et les rejets des eaux usées particulièrement pour oued Djamaa.

**2.3.5 Teneur en bicarbonate (HCO<sub>3</sub>) :**

Les concentrations en bicarbonates dans les eaux naturelles sont en relation directe avec le pH de l'eau, la température, la concentration en CO<sub>2</sub> dissous et la nature lithologique du sol. (KHERIFI, ACHI, 2016)

Les bicarbonates résultent de la dissolution des formations carbonatées (Cipolins calcaire) par des eaux chargée en gaz carbonique : l'équation de la dissolution des bicarbonates : (Amiour, 2015):



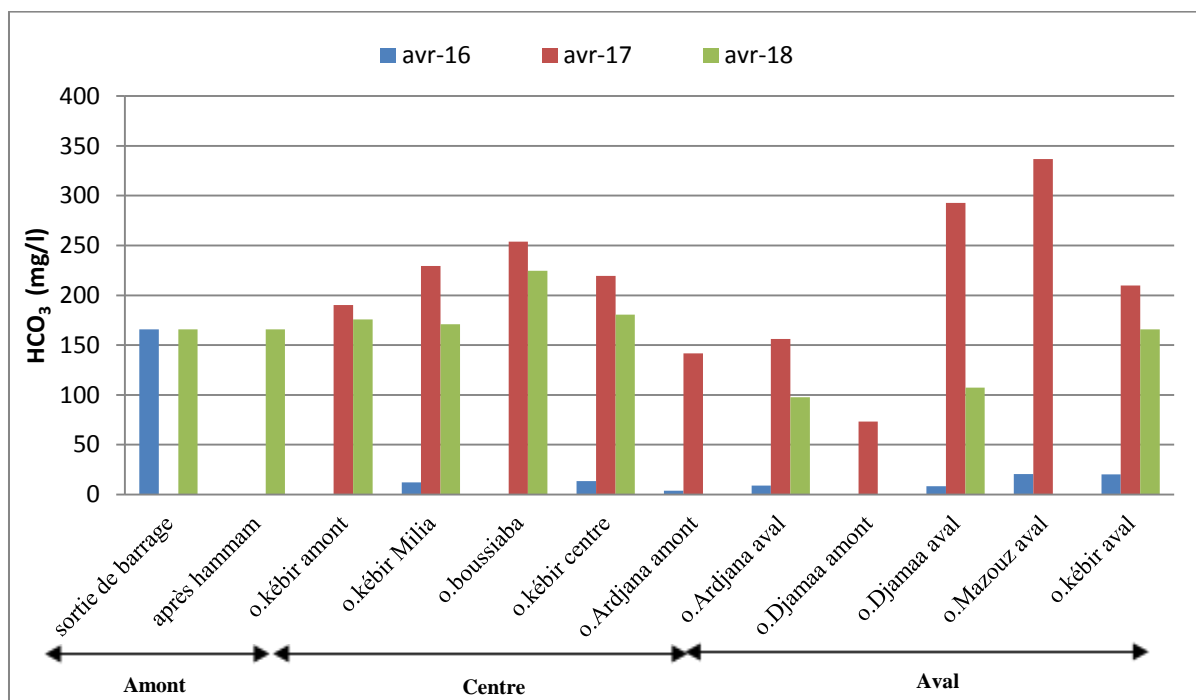


Figure 25: Teneurs en Bicarbonate des eaux de surface du bassin versant d'oued Kébir et ses affluents (Avril 2016, 2017, 2018).

L'historique de l'évolution des bicarbonates (*fig.25*) montre que les teneurs sont très faibles durant la campagne 2016 par rapport aux autres campagnes (2017 et 2018), peuvent être expliqués par l'effet de dilution (330 mm de pluie en Avril 2016). L'augmentation des teneurs en bicarbonates durant les deux ces dernières probablement causée par la dissolution des formations carbonatés (Calcaro-dolomitique du jurassique).

### 2.3.6 Teneurs en chlorure (Cl)

Ils peuvent provenir de l'intrusion des eaux marines ou bien liée aux activités humaines (salage des routes) ou par contamination des eaux usées d'origines domestique ou industrielle, aussi de la dissolution des sels naturels par le lessivage des terrains salés, la teneur admissible de l'eau en (Cl) est fixée à 200 mg/l pour les eaux potables de cours et 250 mg/l pour les eaux d'irrigation. L'ion chlorure possède des caractéristiques différents de celles des autres éléments, il n'est pas adsorbé par les formations géologiques, ne se combine pas facilement avec les éléments chimiques et reste très mobile. (*Bouguerioune, Toumi, 2018*)

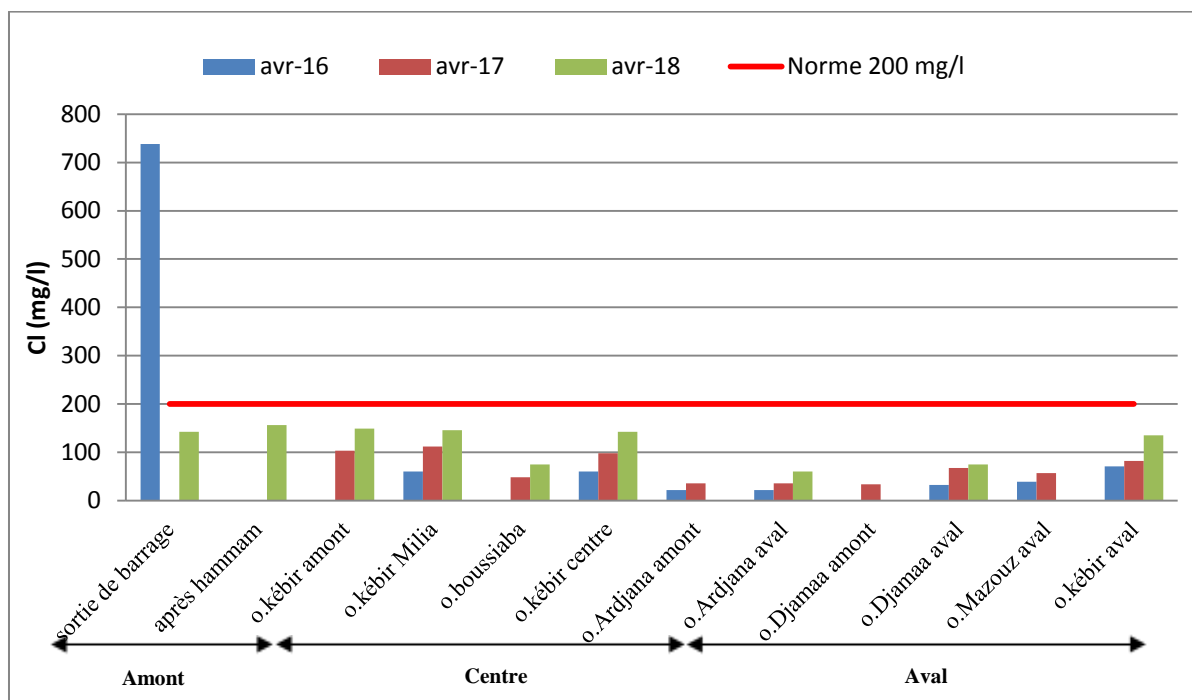


Figure 26: Teneurs en Chlorure des eaux de surface du bassin versant d'oued Kébir et ses affluents (Avril 2016, 2017, 2018).

L'histogramme de l'évolution des chlorures (*fig.26*) montre une légère augmentation des teneurs en chlorures d'une campagne à l'autre, avec une stabilité remarquable au niveau d'oued Kébir avant sa confluence avec les oueds Boussiaba, Ardjanna et Djamaa. Ces derniers sont marqués par des faibles teneurs en chlorures qui contribuent à la diminution des teneurs dans les eaux d'oued Kébir. L'origine de cet élément est 'une part, la dissolution des formations évaporitiques présentes en amont du bassin versant, et d'autre part est attribuée aux rejets domestiques et agricoles notamment pour les oueds Ardjanna, Djamaa et Maazouz en l'absence des formations évaporitiques dans ses bassins versants.



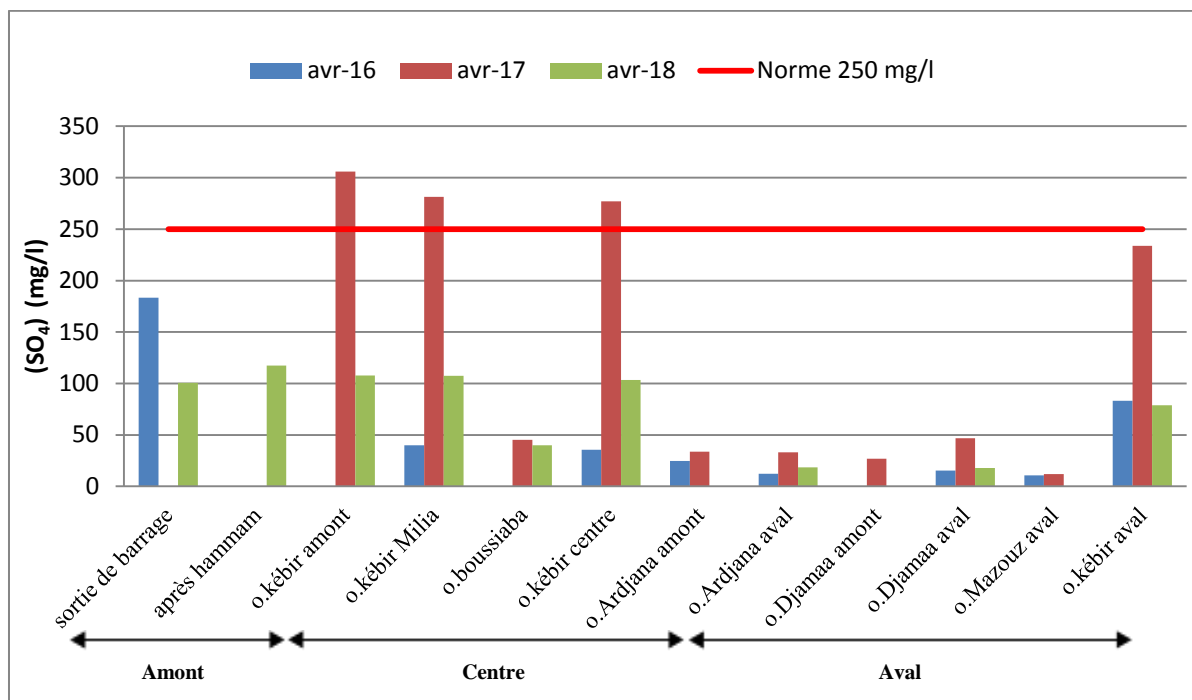
2.3.7 Teneurs en sulfate (SO<sub>4</sub>):

Figure 1: Teneurs en sulfates des eaux de surface du bassin versant d'oued Kébir et ses affluents (Avril 2016, 2017, 2018).

D'après l'histogramme de l'évolution des sulfates (fig.27), on peut constater que toutes les teneurs en sulfates respectent la norme de potabilité. Les échantillons d'oued Kébir présentent toujours les teneurs les plus élevées, avec une diminution des concentrations de l'amont vers l'aval suite aux apports moins chargés de ses affluents. Les eaux de la deuxième campagne (2017) présentent des teneurs en sulfates élevées par rapport à celles des autres campagnes, ceci est dû aux conditions climatiques qui règnent durant chaque année.

L'origine des sulfates est attribuée en premier lieu à la dissolution des formations gypseuses du trias en amont et au centre du bassin versant. Une autre origine anthropique est fortement probable aux rejets des eaux usées des agglomérations entourant la vallée (El Milia, El Ancer et Djamaa), ainsi que les rejets industriels générés par le complexe de Bellara et la tannerie de Khnifer en produisant des déchets qui peuvent contribuer à augmenter la concentration de sulfates dans l'Oued (sulfates du chrome  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ , Acide Sulfurique  $\text{H}_2\text{SO}_4$  et Sulfure de Sodium  $\text{Na}_2\text{S}$ ).

## 2.4 Sel nutritifs

### 2.4.1 Teneurs en ammonium (NH<sub>4</sub>)

Est assez souvent rencontré dans les eaux et traduit habituellement un processus de dégradation incomplète de la matière organique. Dans les eaux superficielles, il peut avoir pour origine : la matière végétale des cours d'eau, la matière organique animale ou humaine les rejets industriels, les engrais, etc. L'azote ammoniacal est fréquent dans les eaux superficielles. Il a pour origine la matière organique végétale et animale des cours d'eau. La nitrification des ions ammonium se fait en milieu aérobie faible. En général, l'ammonium se transforme assez rapidement en nitrites et nitrates par oxydation bactérienne (Boukermi, Hamdellou, 2018).

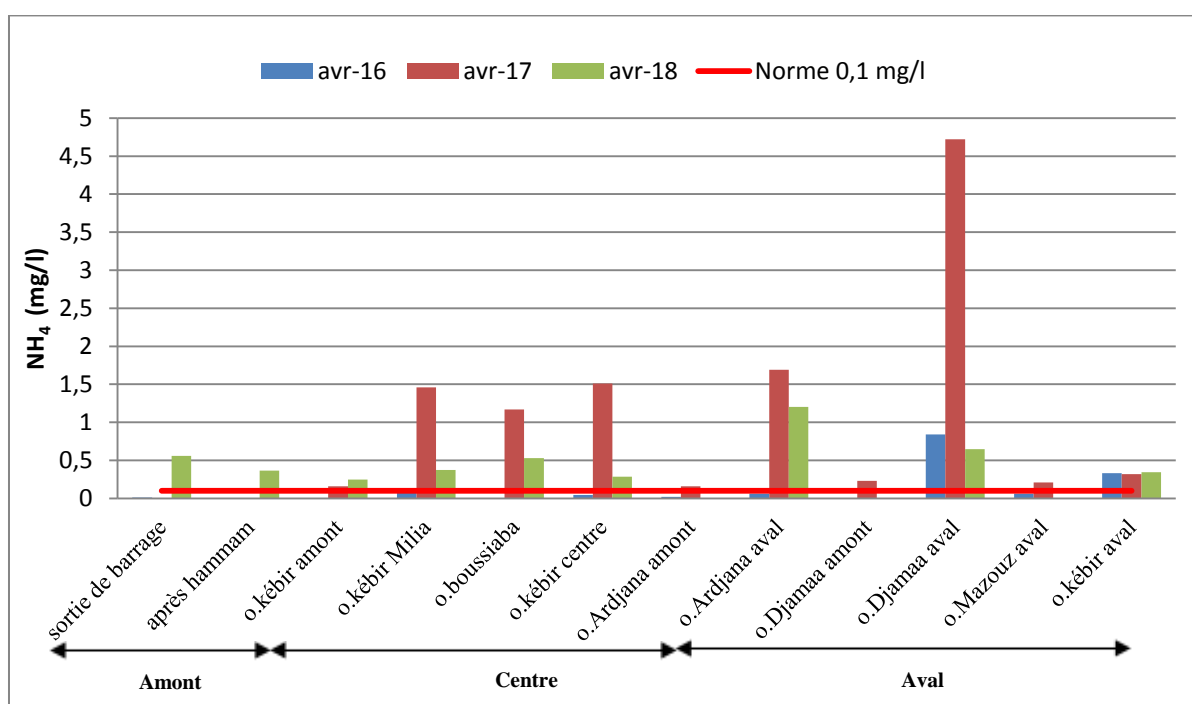


Figure 28: Teneurs en ammoniums des eaux de surface du bassin versant d'oued Kébir et ses affluents (Avril 2016, 2017, 2018).

D'après l'histogramme de l'évolution des teneurs en ammonium (fig.28) on remarque bien que les stations des oueds Kébir Milia, Boussiaba, Ardjanna et Djamaa présentent les concentrations les plus élevées en ammonium en relation directe avec les rejets domestiques et industriels de la région d'El Milia pour oued Kébir et Boussiaba, et les rejets domestiques pour oued Ardjanna et Djamaa. La campagne de 2017 est marquée par des concentrations élevées par rapport aux deux autres campagnes, ceci est due à l'effet de dilution à cause des

faibles précipitations durant le mois d'avril 2017 (125,5mm) et les fortes pluies durant le mois d'Avril des années 2016 et 2018 (330,5mm).

#### 2.4.2 Teneurs en Nitrite ( $\text{NO}_2$ )

Les nitrites sont instables au plan biochimique. Entre le remplissage des flacons et l'analyse au laboratoire, une importante dégradation biologique peut se produire durant le transport. En présence de fortes concentrations en ammonium dans l'échantillon, les nitrites peuvent également apparaître par nitrification, c'est la raison pour laquelle les échantillons devraient être réfrigérés ( $< 4^\circ\text{C}$ ) et analysés rapidement après prélèvement.

Les nitrites sont très toxiques pour la faune. Des concentrations élevées en nitrites peuvent être observées par suite de la transformation biologique de l'ammonium en nitrates ou, en condition anaérobies lors de la dénitrification des nitrates en  $\text{NO}_2^-$  ou  $\text{N}_2$  gazeux (Derouiche, 2014).

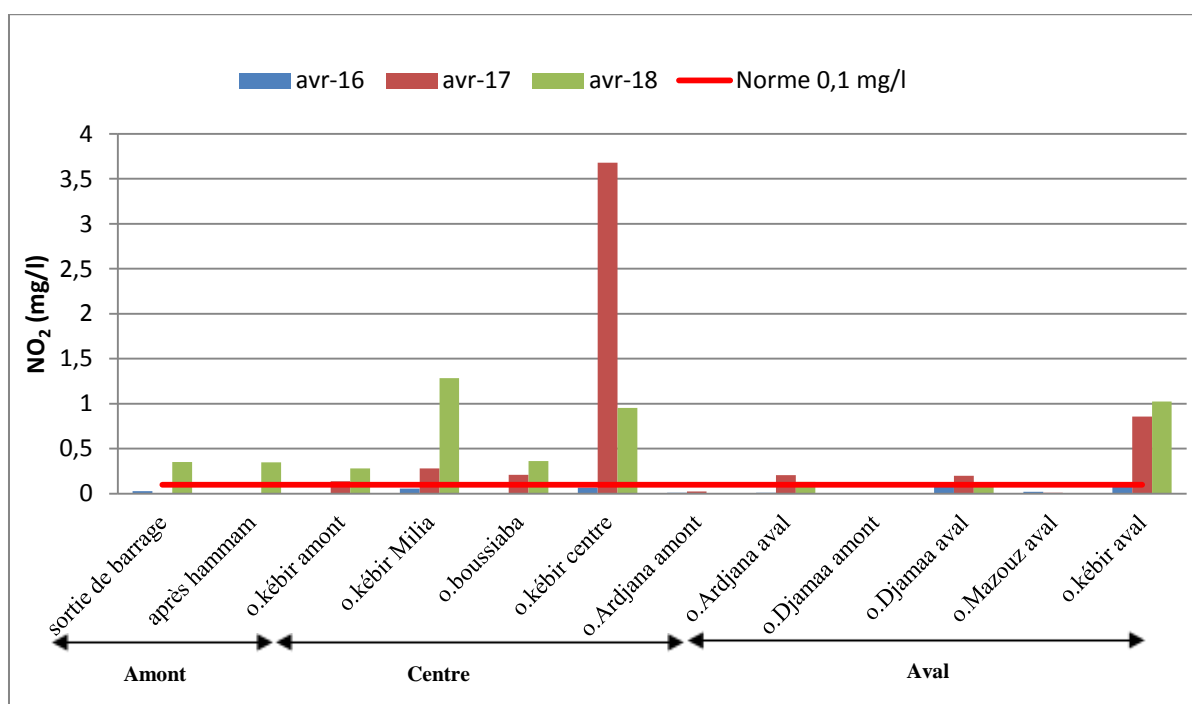


Figure 29: Teneurs en nitrites des eaux de surface du bassin versant d'oued Kébir et ses affluents (Avril 2016, 2017, 2018).

L'évolution de nitrites (fig.29) mis en évidence le phénomène de nitrification par deux pics, l'un à la station de Kébir centre après sa confluence avec oued Boussiaba, et l'autre à la station de Kébir aval après la confluence avec oueds Ardjanna et Djamaa qui sont caractérisés par des concentrations plus ou moins importantes. La deuxième campagne (Avril 2017)

présente toujours les teneurs les plus élevées à cause de l'effet de dilution durant les autres campagnes.

### 2.4.3 Teneur en nitrate ( $\text{NO}_3$ )

Présents à l'état naturel et soluble dans le sol, les nitrates pénètrent dans le sol et les eaux souterraines et se déversent dans les cours d'eau. Cependant, ils sont aussi apportés de manière synthétique par les engrais et constituent l'un des facteurs de la dégradation de la qualité de l'eau. Les nitrates constituent aussi, la phase finale de la nitrification et représentent la forme d'azote la plus oxydée présente dans les eaux. (Iounes et al, 2016)

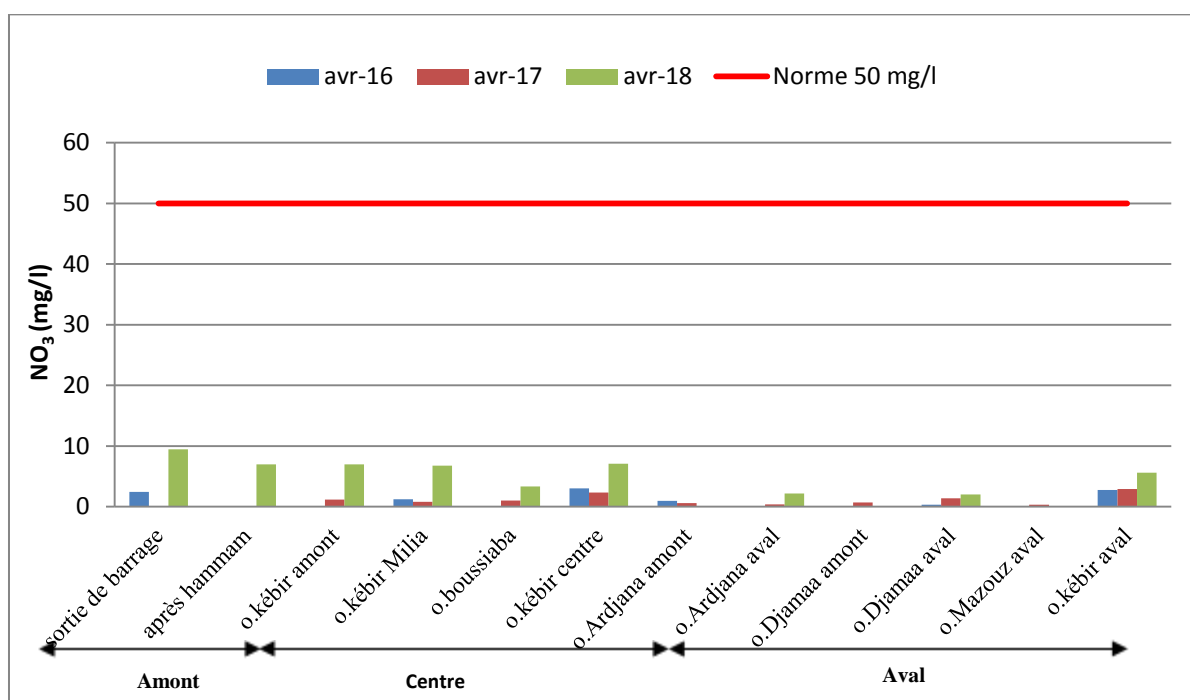


Figure 30: Teneurs en nitrates des eaux de surface du bassin versant d'oued Kébir et ses affluents (Avril 2016, 2017, 2018).

D'après l'histogramme de l'évolution des teneurs en nitrates (fig.30), les concentrations en nitrates restent faibles ( $< 10$  mg/l) durant les trois campagnes et pour toutes les stations échantillonnées, ces concentrations sont généralement attribuées aux rejets agricoles et domestiques.

On remarque également une légère augmentation de la concentration du nitrate au niveau de la station de l'oued kébir aval qui est le début de processus de nitrification.

2.4.4 Teneurs en phosphate (PO<sub>4</sub>) :

Les phosphates peuvent se trouver sous différentes formes oxydées, méta HPO<sub>3</sub>, pyro H<sub>4</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub> et ortho H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, en milieu aqueux, les formes méta et pyro tendant vers la forme ortho pour des pH de 5 à 8. Les réactions chimiques entre les différentes formes de phosphates sont données par :

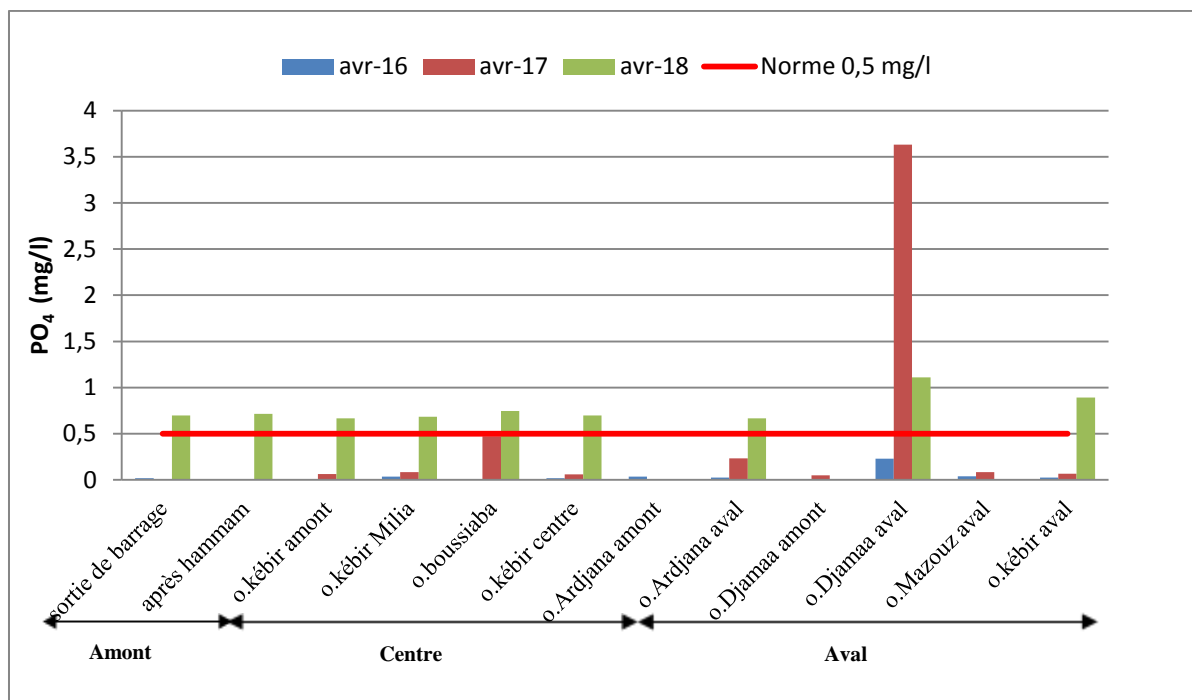
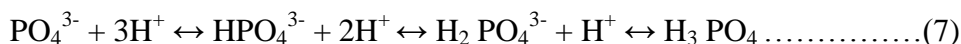


Figure 31 : Teneurs en phosphates des eaux de surface du bassin versant d'oued Kébir et ses affluents (Avril 2016, 2017, 2018).

L’histogramme de l’évolution des concentrations en phosphates (fig.31) montre que les eaux d’oued Djamaa présentent les teneurs les plus élevées en phosphates, liées aux rejets urbains de la commune de Djamaa qui se jette directement dans l’oued sans aucun traitement préalable. L’ensemble des eaux de troisième campagne (Avril 2018) présent des teneurs en phosphates dépassant la norme (> 0.5), ceci peut être dû à la présence de la matière organique à des fortes concentrations ou au lessivage des terres agricoles.

### 3. L'indice de pollution organique (IPO):

Cet indice est calculé en intégrant les concentrations de 4 paramètres chimiques liés à la pollution organique: demande biologique en oxygène (DBO<sub>5</sub>), ions ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) et phosphates (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>). La valeur de l'indice IPO varie de 1 à 5 (5 correspondant à la qualité la meilleure). Les teneurs sont réparties en (05) cinq classes de l'indice de pollution organique. Suite à la détermination de la classe de chaque polluant, on fait ensuite une moyenne pour caractériser la pollution en se référant au Tableau 10. (Adje et al, 2019).

Tableau 10: Paramètres et classes de l'IPO.

Classes	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg N/l)	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (µg N/l)	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (µg P/l)	DBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /l)	Couleur	IPO	Pollution organique
Classe 5	<0,1	<6	<16	<2		5 – 4,6	Nulle
Classe 4	0,1 – 0,9	6 – 10	16 - 75	2 – 5		4,5 – 4,0	Faible
Classe 3	1,0 – 2,4	11 – 50	76 – 250	5,1 – 10		3,9 – 3,0	Modérée
Classe 2	2,5 – 6,0	51 - 150	251 - 900	10,1 - 15		2,9 – 2,0	Forte
Classe 1	>6	>150	>900	>15		1,9 – 1,0	Très forte

#### 3.1 Cartographie de l'indice de pollution organique (IPO)

Après le calcul de l'indice de pollution organique (IPO) pour chaque station et pour chaque campagne séparément, nous avons procédé à la représentation graphique de l'IPO, afin de faciliter l'interprétation.

##### 3.1.1 Indice de pollution organique de la campagne 2016

La carte de l'indice de pollution organique (*fig.32*) de la campagne 2016 montre un indice faible à la station S1 (sortie de barrage)

La carte montre aussi un IPO modérée à la station S4 (Oued Kébir Millia) explique par l'influence des eaux domestiques et industrielles de la région d'El Milia.

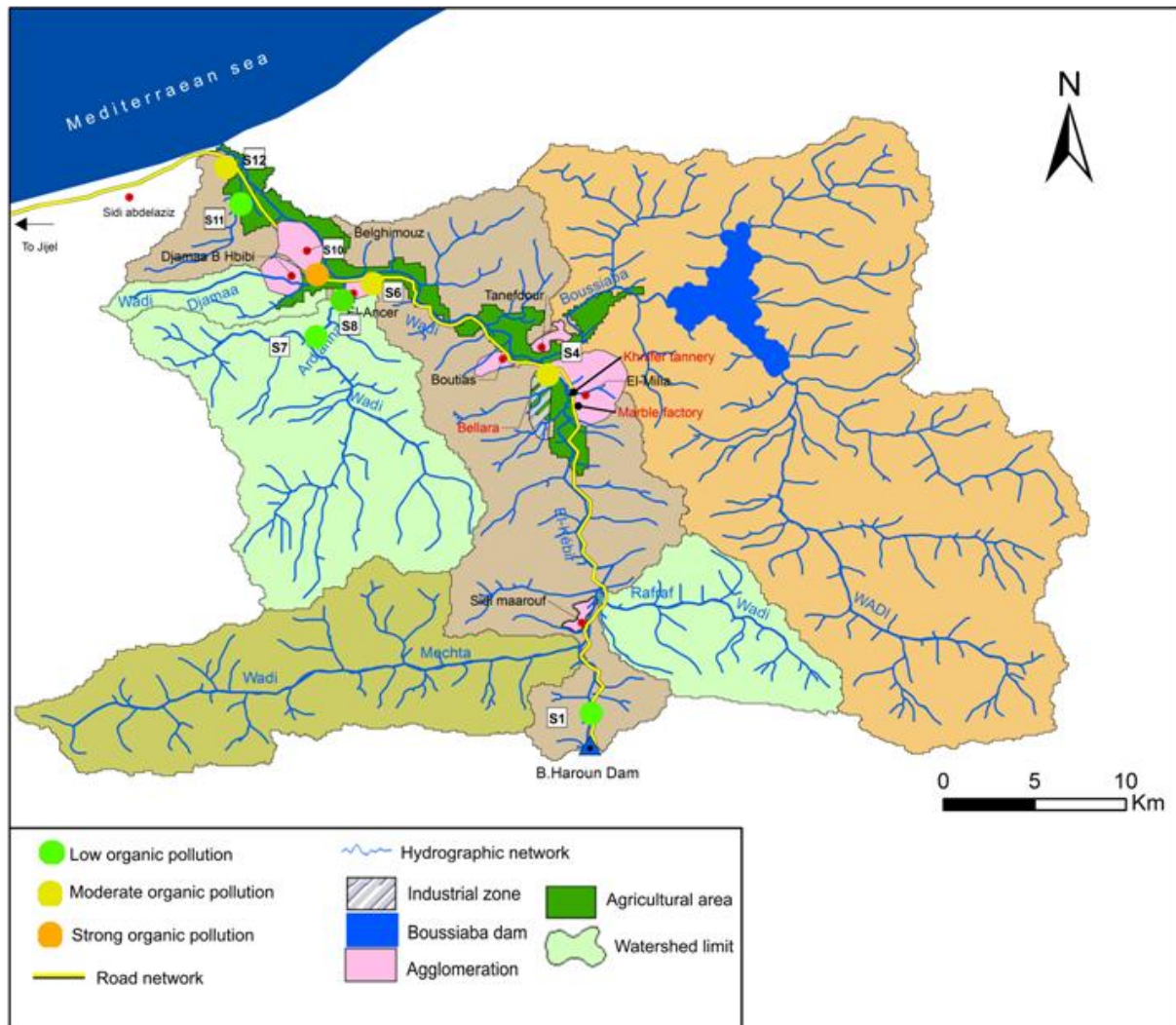


Figure 32: Carte de l'évolution de l'indice de pollution organique en Avril 2016.

### 3.1.2 Indice de pollution organique de la campagne 2017

D'après la carte (fig. 33), durant la campagne Avril 2017 on a enregistré un IPO modérée à la station S3 (Oued Kébir amont) dû à l'influence des agglomérations qui se trouvent à l'amont du bassin, particulièrement l'agglomération de Sidi Maarouf, cet indice devient fort après le passage de l'oued par la zone industrielle de Bellara et la partie amont de l'agglomération d'El Milia.

A la station S6 (oued Kébir centre) l'IPO est toujours fort à cause de l'effet conjuguées des rejets d'agglomération d'El Milia et les apports d'oued Boussiaba caractérisée par un IPO fort.

A la station S12 (oued Kébir aval) l'IPO devient modérée malgré la confluence d'oued Kébir avec oued Ardjanna qui présent un IPO forte et oued Djamaa avec un IPO très forte ceci est dû au pouvoir autoépuration d'oued Kébir.

Les oueds Ardjanna et Djamaa sont caractérisés par un IPO faible dans ces parties amont (zones vierges). Puis on constate une dégradation de la qualité des eaux suivi un passage de ces oueds pour l'agglomération d'El Ancer pour oued Ardjanna (IPO forte) et l'agglomération de Djamaa pour oued Djamaa (IPO très forte).

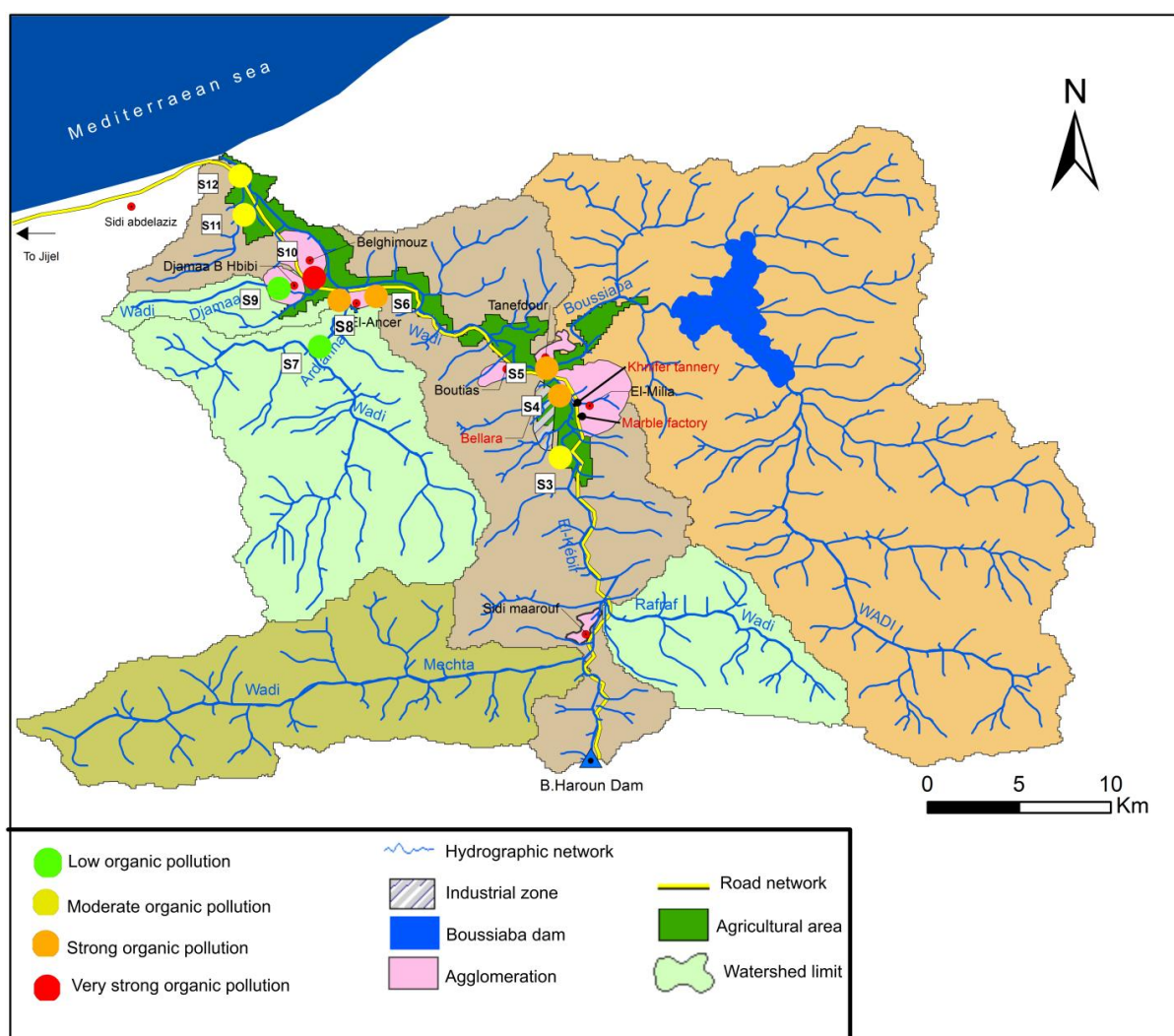


Figure 33: Carte de l'évolution de l'indice de pollution organique en Avril 2017.



## 3.1.3 Indice de pollution de la campagne 2018

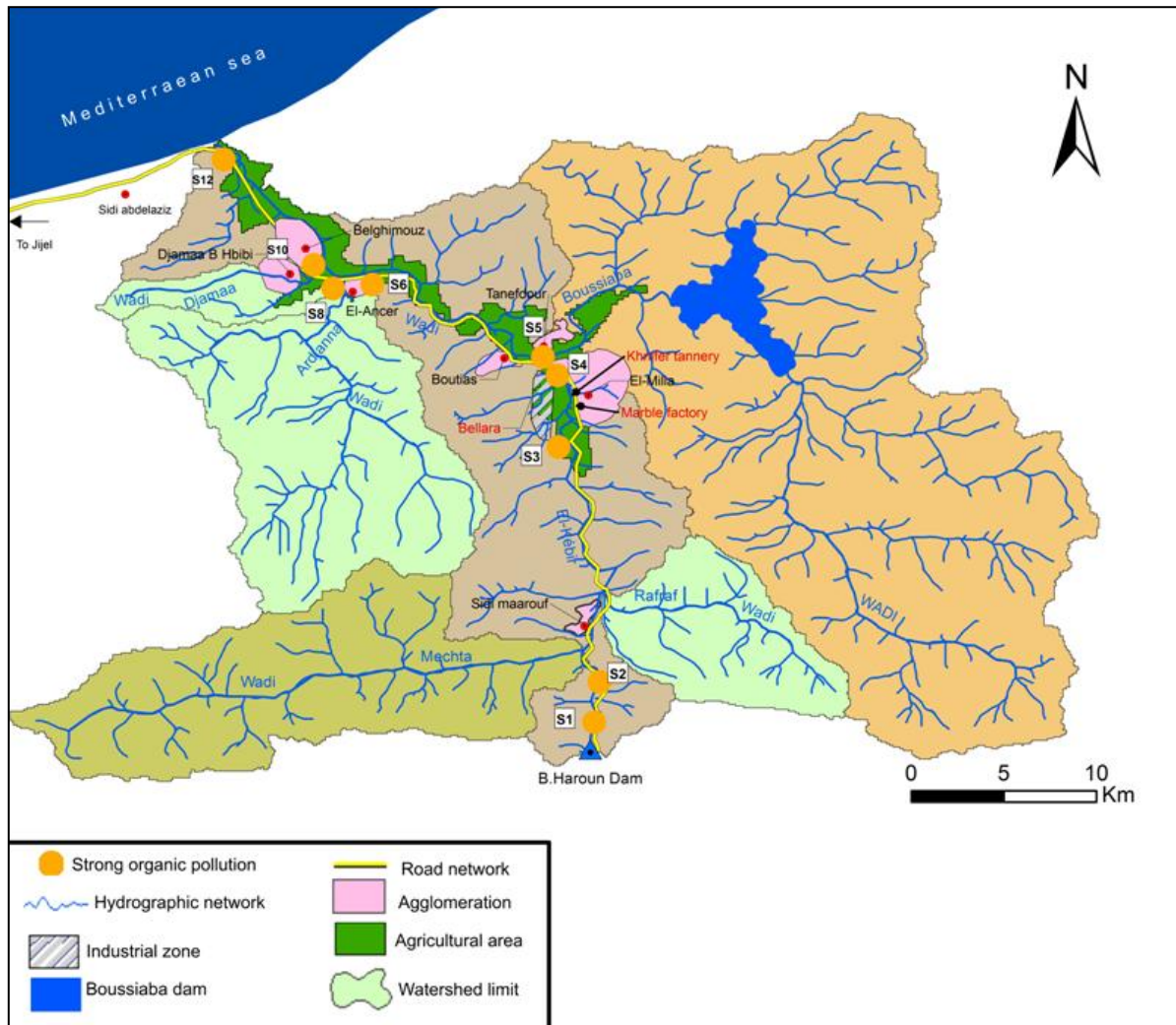


Figure 34 : Carte L'évolution de l'indice de pollution organique Avril 2018.

La carte de l'indice de pollution organique (fig. 34) de la campagne d'avril 2018 montre un IPO forte pour toutes les stations d'oued Kébir, ainsi que ses affluents, ceci explique la pollution excessive par la présence de forte concentration de matière organique, à cause des rejets non contrôlés des agglomérations le long d'oued Kébir.

De manière générale on remarque une dégradation continue de la qualité des eaux entre 2016-2018 de la nécessité de contrôler des rejets de différentes agglomérations par l'installation des stations d'épuration en aval des grandes agglomérations (1) l'extension de la station existants El Milia. (2) l'installation des nouvelles agglomérations El Ancer, Djamaa et Belghimouz afin protégeait cette ressource vitale.

**Conclusion :**

La qualité des eaux de surface d'oued Kébir et ses affluents sont fonction de plusieurs facteurs, physique, chimique, biologique et lithologique.

Les eaux de la zone d'étude présentent un caractère plus au moins alcalin pour les campagnes d'échantillonnage.

La mesure de la conductivité électrique a donné des valeurs élevées oscillant entre 1030 et 3460  $\mu\text{S}/\text{cm}$  pour les eaux d'oued Kébir. Ces fortes valeurs sont dues essentiellement à la dissolution des formations gypseuses.

La détermination du faciès chimique des eaux de la zone d'étude, a montré la prédominance du faciès chloruré sodique et magnésien pour les campagnes d'avril 2016 et 2018. Pour la campagne d'avril 2017, nous avons une variété de faciès, expliquée par l'influence conjuguée de la géologie et des rejets.

Les éléments organiques présentent des teneurs élevées notamment oued Djamaa aval et oued Kébir centre, due aux rejets urbains des agglomérations d'El Milia, El Ancer et Djamaa, et industriels (Tannerie de Khnifer et complexe sidérurgique de Bellara).

Les cartes de l'indice de pollution organique montrent un IPO fort à très fort au niveau des stations aval des affluents. Toutefois il est faible à nul dans les stations amont d'oued Kébir et ses affluents.

Une évolution de l'indice de pollution organique est observée d'une année à l'autre, ce qui explique le risque continu de l'altération de la qualité des eaux, et en contrepartie la nécessité de limiter les rejets que ce soit urbains ou industriels, à travers l'installation des stations d'épuration.

***CONCLUSION***  
***GENERALE***

### **Conclusion Générale et Recommandations**

Le bassin versant de l'oued Kébir fait partie de Rhumel- Kébir situé dans la partie orientale de la wilaya de Jijel (1126,67 km<sup>2</sup> de superficie), se caractérise par une forme allongée et une altitude moyenne de 449,47 m. Le relief du bassin versant est assez faible selon la valeur de l'indice de pente globale (3,75 m/km) qui traduit un temps de concentration élevée (12h), une vitesse d'écoulement de 3,95 m/s et une densité de drainage d'ordre de 0,139 km/km<sup>2</sup>.

Notre secteur d'études est considéré comme un centre d'activités agricoles et industrielles qui soulagent leurs déchets dans oued Kébir, ce qui affecte la qualité des eaux.

Du point de vue géologique, le bassin versant se trouve dans la petite Kabylie qui fait partie de la chaîne alpine des Maghrébides. Du Sud au Nord, oued Kébir traverse plusieurs domaines géologiques de la petite Kabylie d'El Milia à savoir ; le domaine Tellien au Sud, le domaine des flyschs Kabyles intermédiaires et le domaine Kabyle avec les terrains qu'il supporte au Nord.

Le bassin versant d'oued Kébir possède un climat méditerranéen, avec un hiver doux a très doux et un été sec. La région d'étude reçoit des précipitations annuelles moyennes de l'ordre de 644,80 mm. L'évapotranspiration potentielle (ETP) et l'évapotranspiration réelle (ETR) déterminée par la méthode de Thornthwaite, sont respectivement égales à 841,2 mm et 388,06 mm. Le ruissellement (R) estimé par la formule de Tixeront-Berkaloff est de 89,02 mm et l'infiltration (I) est de l'ordre de 167,73 mm, ils représentent successivement 13,80 % et 26,01% des précipitations moyennes annuelles.

Les eaux de la zone d'étude présentent un caractère plus au moins alcalin durant les trois campagnes. La conductivité électrique oscillant entre 1030 et 3460  $\mu\text{S}/\text{cm}$  pour les eaux d'oued Kébir. Ces valeurs sont dues essentiellement à la dissolution des formations gypseuses. Une prédominance du faciès chloruré sodique et magnésien pour les campagnes d'avril 2016 et 2018 avec une variété de faciès en avril 2017, cette dernière est expliquée par l'influence conjuguée de la géologie et les rejets.

Les éléments organiques présentent des teneurs élevées notamment oued Djamaa aval et oued Kébir centre, due aux rejets urbains des agglomérations d'El Milia, El Ancer et Djamaa, et industriels (Tannerie de Khnifer et complexe sidérurgique de Bellara). Les cartes de l'indice de pollution organique montrent un IPO fort a très fort en aval des affluents. Toutefois, il est faible à nul en amont d'oued Kébir et ses affluents. Une évolution de cet indice est observée d'une année à l'autre, ce qui explique le risque continue de l'altération de la qualité des eaux,

## *Conclusion Générale*

---

et en contrepartie la nécessité de limiter les rejets que ce soit urbains ou industriels, à travers l'installation des stations d'épuration.

Enfin, pour assurer une bonne qualité des eaux du bassin versant d'oued Kébir, nous recommandons :

- L'installation des stations de traitements des rejets des unités industrielles du complexe sidérurgique de Bellara et la tannerie de Khnifer dans la région d'El Milia.
- La réhabilitation et la mise en service et l'agrandissement de la station d'épuration d'El Milia.
- L'installation d'une station d'épuration pour les agglomérations d'El Ancer et Djamaa.
- La sensibilisation des agriculteurs de la région de Belghimouz vis-à-vis de l'utilisation des eaux pour l'irrigation des cultures maraichères.

*Références*  
*Bibliographiques*

## Références Bibliographiques

- **Abdi OA., 2018.** Etude des paramètres morphométriques et hydrographiques du bassin versant de l'oued Taria. *Mémoire de Master, Université de Saida, Algérie, 71p.*
- **Adje D., Gnohossou P.M., Akodogbo H., Gouissi M., Abahi S., Okoya J., 2019.** Étude de la pollution organique de la rivière okedama dans la commune de parakou. *Afrique science 15(4) 299 – 305, 302p.*
- **Amiour S., 2015.** Qualité des eaux et des sédiments de la plaine alluviale d'oued El-Nil (wilaya de Jijel, NE Algérien). *Mémoire de Master, Université d'Oum Bouaghi, Algérie, 105p.*
- **Beloulou L., 2012.** Cours d'hydrologie fondamentale, 29p.
- **Benkaddour B., 2018.** Contribution à l'étude de lac contamination des eaux et des sédiments de l'oued Cheliff (Algérie). *Thèse Doctorat, Université Perpignan, 193p.*
- **Boucherit A & Hakimi H., 2016.** Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau du barrage Hammam Debagh-Guelma. *Mémoire Master, Université 8 Mai 1945 Guelma, 56p.*
- **Bouguerione Z & Toumi M., 2018.** Evaluation de la qualité des eaux de surfaces dans la partie aval d'oued Kébir (Jijel N-E Algérien). *Mémoire de Master, Université Jijel, 43p.*
- **Bouillin J.P., 1986.** le bassin maghrébin une ancienne limite entre l'Europe et l'Afrique à l'Ouest des Alpes. *Bull, Soc, Géol. 547p.*
- **Boukermi R & Hamdellou A., 2018.** Caractérisation et évaluation de la qualité physico-chimique et de la pollution organique des eaux du Barrage Bouhamdane (W.de Guelma). *Mémoire de Master, Université de Constantine, 39p.*
- **Chabou C.M.,** La chaîne des Maghrébides. Cours de Géologie Algérienne (3ème année). *Univ Ferhat Abbas de Sétif, Algérie 4p.*
- **Chaden M.H., 2014.** Evaluation de la qualité de l'eau du bassin supérieur de la rivière du Litani, Liban : Approche hydrogéochimique. *Thèse Doctorat, Université de Lorraine, 99p.*
- **Daifallah T., 2008** Ressources en eau et gestion intégrée dans le bassin versant de l'oued Kébir Ouest (N-E Algérien). *Mémoire de Magister, Université de Annaba, Algérie, 176p.*
- **Debièche T.H., 2002.** Evolution de la qualité des eaux (salinité, azote et métaux lourds) sous l'effet de la pollution saline, agricole et industrielle. Application à la basse plaine de la Seybouse, Nord-Est algérien. *Thèse de Doctorat, Université Franche-Comté France, 199p.*
- **Djellit H (CRAAG), 2014.** Livret-Guide des excursions. *Université de Jijel, Algérie, 52p.*
- **Drouiche A., 2014.** Impact de la remontée des eaux sur la qualité des eaux de la nappe phréatique et sur l'environnement dans la vallée du souf Sud-Est Algérien. *Thèse de Doctorat, Université de Annaba, Algérie, 158p.*
- **Durand Delga M., 1969.** Mise au point sur la structure du Nord-Est de la Berbérie. *Publ, Serv, Géol, Algérie, n°39, pp.89-131.*

- **Iounes N., Kabriti M., El Amrani S., 2016.** Caractérisation physico-chimique et analyse biologique des eaux de surface de l'oued Daliya, Maroc. *Afrique science* 12(4) 256-270., 265.
- **Karaouet A & Bourafa S., 2015.** Caractéristique hydrogéologique et hydrochimique de la nappe alluviale de l'oued Djendjen (Jijel- NE Algérien). *Mémoire de Master, Université de Jijel, Algérie, 53p.*
- **KHerifi N & Achi I., 2016.** Caractéristique physico-chimique d'un cours d'eau (cas de l'oued Charef) dans la région de Guelma (Nord-Est Algérien). *Mémoire de Master, Université 08 Mai 1945 Guelma, Algérie, 63p.*
- **Laborde J.P., 2000.** Elément d'hydrologie de surface. *Edition 2000, Université de Nice, France, 192p.*
- **Mebrouk, F., 2020.** Géologie de l'Algérie 2. *Cours synthétique en ligne (Géologie), Université de Jijel, 4p.*
- **Schiedek T., Beier M., Ebhardt G., 2007.** An Integrative Method to Quantify Contaminant Fluxes in the Groundwater of Urban Areas. *Journal Soils Sédiments* 7 (4) pp 261–269.
- **Zahi F., 2014.** Contribution à l'étude hydrochimique du sous bassin versant du lac Fetzara (N-E Algérien) approche géochimique et fonctionnement des sols et des. *Thèse de Doctorat, Université de Annaba, Algérie, 164 p.*

#### **Sites web**

- <https://www.aquaportail.com> consulté le 24- 08- 2020



## Résumé

La présente étude vise à évaluer l'évolution spatio-temporelle de la qualité physico-chimique des eaux de surface du bassin versant d'oued Kébir à l'Est de la wilaya de Jijel (NE Algérien). Ces eaux représentent une ressource pour l'approvisionnement en eau potable (partie amont), ainsi que pour le développement agricole dans les plaines en aval. Au total, 27 échantillons d'eau ont été prélevés et analysés durant trois années successives 2016, 2017 et 2018. Ces prélèvements concernent oued Kébir de l'amont vers l'aval, et ses affluents avant qu'ils soient mélangés avec oued Kébir.

Les résultats obtenus montrent une pollution organique des eaux d'oued Kébir et ses affluents avec des teneurs d'ordre de 0,01 à 4,72 mg/l en ammonium et de 0,005 à 3,67 mg/l en Nitrites. La conductivité électrique des eaux d'oued Kébir varie de 607 à 3460  $\mu\text{s/cm}$  indiquant une eau chargée. Cependant elle reste inférieure à 1080  $\mu\text{s/cm}$  pour les affluents.

Les eaux de surface du bassin versant d'oued Kébir ont un caractère plus au moins alcalin (6,78 – 8,94). Les faciès hydrochimiques les plus dominants sont de type Chloruré –calcique magnésienne, avec des faciès hydrochimiques mineurs de types Sulfaté-Sodique magnésienne. Sa chimie est principalement contrôlée par l'altération des formations géologiques qui caractérisent le bassin versant.

L'indice de pollution organique (IPO) a révélé une dégradation de la qualité des eaux d'une campagne à l'autre, ce qui tire la sonnette d'alarme quant à la protection de ces ressources vitales est important.

**Mots clés :** eaux de surface, bassin versant d'oued Kébir, qualité des eaux, pollution organique, éléments majeurs, Jijel.

## Abstract

This study was carried out with the aim of evaluating the spatio-temporal evolution of the physico-chemical quality of surface water in wadi Kebir catchment area located in the East of the wilaya of Jijel (NE Algeria). These waters represent a resource for drinking water supply (upstream part), as well as for agricultural development in the plains downstream. In total, 27 water samples were taken and analysed during three successive years 2016, 2017 and 2018. These samples concern wadi Kebir from upstream to downstream and its tributaries before they are mixed with it.

The results obtained show an organic pollution of wadi Kebir waters and its tributaries with contents of the order of 0, 01 to 4, 72 mg/l in ammonium and 0,005 to 3, 67 mg/l in nitrites. The electrical conductivity of wadi Kebir water varies from 607 to 3460  $\mu\text{s/cm}$  indicating charged water. However, it remains lower than 1080  $\mu\text{s/cm}$  for its tributaries.

The surface waters of the wadi Kebir catchment area are more or less alkaline (6, 78 - 8, 94). The most dominant hydrochemical facies are of the Chloride – calcium magnesium type with minor's hydrochemical facies of the Sulfate-Sodium magnesium type. Its chemistry is mainly controlled by the alteration of the geological formations that characterise the catchment area.

The Organic Pollution Index (OPI) has revealed deterioration in water quality from one campaign to another, which raises the alarm about the protection of these vital resources, is important.

**Key words:** surface water, catchment area kébir wadi, water quality, organic pollution, major elements, Jijel.

ملخص  
تهدف هذه الدراسة إلى تقييم التطور المكاني والزمني للجودة الفيزيوكيميائية للمياه السطحية لمجمعات المياه في واد كبير شرقي ولاية جيجل (الشمال الشرقي للجزائر). تمثل هذه المياه مورداً أساسياً لتزويد مياه الشرب بالنسبة للجزء العلوي، وللتنمية الزراعية في السهول الواقعة أسفل مجرى الوادي. تم أخذ 27 عينة من المياه وتحليلها خلال ثلاث سنوات متتالية 2016 و2017 و2018. هذه العينات موزعة على وادي كبير انطلاقاً من المنبع حتى المصب، وكذلك روافده قبل اختلاطها بوادي كبير. أظهرت النتائج المحصل عليها تلوث عضوي لمياه وادي كبير وروافده بتركيزات تراوح من 0,01 إلى 4,72 ملغ/ل بالنسبة للأمونيوم ومن 0,005 إلى 3,67 ملغ/ل بالنسبة للنيتريت. تختلف قيم الناقلية الكهربائية للمياه وادي كبير من 607 إلى 3460 ميكروسيمنس/سم، دلالة على وجود مياه غنية بالأملاح. ومع ذلك، تظل قيم الناقلية أقل من 1080 ميكروسيمنس/سم بالنسبة للروافد. المياه السطحية لمجمعات المياه في واد كبير لها طابع قلوي إلى حد ما ( $\text{pH} > 6,78 < 8,94$ ). أكثر السحن الهيدروكيميائية السائدة هي من نوع كلوريد-كالمسيوم مغنيزيوم مع وجود سحن هيدروكيميائية ثانوية لأنواع كبريتات-صوديوم مغنيزيوم، هذه السحن ناتجة بشكل أساسي عن طريق اختلاف التكوينات الجيولوجية التي تميز مستجمعات المياه. كشف مؤشر التلوث العضوي (IPO) عن تدهور جودة المياه من معاينة إلى أخرى، مما يدق ناقوس الخطر بأن حماية هذه الموارد الحيوية أمر مهم.

الكلمات المفتاحية: المياه السطحية، مجمعات المياه واد كبير، جودة المياه، التلوث العضوي، العناصر الرئيسية، جيجل.