

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère De l'Enseignement Supérieur et De la Recherche Scientifique



Université Abbès Laghrou Khenchela  
Faculté des Sciences de la Nature Et de la Vie  
Département d'écologie et environnement



## MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de

Master Académique

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : science écologiques

Spécialité : Protection des écosystèmes

### THÈME

**Effets du temps de séjour des eaux dans un barrage sur la  
mobilité des matières totales dissoutes (TDS) dans les cours  
d'eau du sous bassin de Charef (Nord Est Algérien)**

**Présenté par:**

SEKKIOU Nasrine

MARIR Milad

**Devant le jury :**

**Président:** Mr ELAFRI Ali (MCA, Université Abbès laghrou Khenchela)

**Examinatrice :** Melle DELLAA Yasmina (MCB, Université Abbès Laghrou khenchela)

**Encadreur :** Mr ZIOUCH Omar Ramzi (MCB, Université Abbès Laghrou khenchela)

Année universitaire : 2020/2021

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ  
الْحَمْدُ لِلَّهِ الَّذِي  
خَلَقَ الْمَوَدَّعَةَ  
وَالْحَيَاةَ وَالْمَوْتَ  
وَالْحَيَاةَ وَالْمَوْتَ  
وَالْحَيَاةَ وَالْمَوْتَ

# *Remerciement*

*Tout d'abord, nous tiennes à remercier **ALLAH** le tout Puissant, le Miséricordieux, qui nous a donné l'opportunité de mener à bien ce travail. C'est grâce a lui ce travail a été réalisé.*

*Nos reconnaissances, nos vives gratitudees et nos sincères remerciements vont à Monsieur **ZIOUCH Omar Ramzi**, pour sa confiance, ses remarques et ses conseils, sa disponibilité et sa bienveillance, son Encouragement ainsi que sa gentillesse qui nous a permis de mener à bien ce travail.*

*Nos sincères remerciements s'adressent aux membres de Jury : le président monsieur **Elafri Ali** et l'examinatrice mademoiselle **Dellaa Yasmina** qui ont accepté de lire et juger ce travail.*

*Nous exprimons également notre profond remerciement à nos enseignants du département science de la nature et de la vie.*

*Nos sincères remerciements s'adressent également à nos familles, qui n'on pas hésiter de nous aider et nous encourager moralement et matériellement jusqu'à la fin de cette mémoire.*

**Merci**



# *Dédicace*



Je dédie mon modeste travail

Aux deux être le plus chers au monde, qui Ont souffert nuit et jour  
pour nous couvrir de Leur amour, mes parents.

A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, celui qui s'est toujours  
sacrifié pour me voir réussir, à toi mon père «MAMOUN »

A maman « KHEIRA » pour son amour, sa confiance, ses sacrifices et  
sa tendresse, Surtout ses prières qui m'ont toujours accompagné durant  
mon parcours scolaire, elle m'a aidé et soutenu pendant de  
nombreuses années avec à chaque fois une attention renouvelée.

Que le bon ALLAH vous garde en bonne santé.

A la lumière de mes yeux mon cher frère « LOTFI » et mes chères  
sœurs « AYA » et ma petite «ALAA», Je vous souhaite beaucoup de  
succès, de prospérité et une vie pleine de joie et de bonheur.

A ma chère amie et ma sœur «MILED» et sa mère, que le bon  
ALLAH te protège, t'accorde santé, succès et plein de bonheur dans  
ta vie.

A mon professeur et mon encadreur «ZIOUCH OMAR RAMZI».

A mes amies de promotion protection des écosystèmes et  
spécialement «CHAHINEZ», «CHAHRAZED», «SONDES» et  
«MERIEM ».

A toutes la famille « SEKKIOU ».

***NESRINE***



# *Dédicace*



J'ai le grand plaisir de dédier ce modeste travail accompagné d'un profond amour  
A ma chère grand-mère qui a fait de moi une femme, merci pour ton maternel  
amour qui m'a donné

A ma très chère mère (WAHIBA), ma Source de vie d'amour et d'espoir  
témoignage de son précieux sacrifice, qui m'a entouré d'amour, d'affection et  
des prières, qui fait tout pour ma réussite, que dieu la garde ;

A ma deuxième maman (MOUNIRA) qui m'a élevé et m'a soutenu depuis ma  
naissance jusqu'à aujourd'hui, Elle était aussi ma vertueuse enseignante qui m'a  
appris tout au long de mon parcours académique

A ma tante et ma troisième mère (LEILA), la source de la joie et la gentillesse  
dans ma vie, qui m'a donné sa tendresse, et ses enfants (AMMAR, YASMINE et  
MOHAMED) qui m'ont donné le sentiment de fraternité que je ne connais pas.

A sa fille (FARIDA) ma petite sœur, qui m'aimait et était toujours avec moi  
A ma meilleure amie (NESRINE), et ma grande sœur, pour avoir été à mes côtés  
tout au long de mon parcours universitaire, Et sa petite famille qui m'a donné  
tout le respect, l'amour et l'affection madame et monsieur (SEKKIOU) et ses  
deux belles fleurs (AYA) et (ALAA).

A mon fiancé (HAMZA) pour son soutien durant mon travail

A mon frère (YACINE) pour ses encouragements envers moi.

A mon encadreur (ZIOUCH OMAR RAMZI).

A mes amies de promotion protection des écosystèmes et spécialement  
(CHAHINEZ), (CHAHRAZED), (SONDES) et (MERIEM).

A mon autre petite famille et spécialement (MOHAMED, FADI, ROAIA et  
MOUJIB).

***MILED***

## SOMMAIRE




Sommaire	page
liste des figures	1
liste des tableaux	1
Liste des abréviations	1
Introduction	1
<b>Chapitre 1 : généralité sur les eaux usées</b>	
<b>I. Généralité sur l'eau :</b>	<b>5</b>
1. La molécule de l'eau :	5
2. Le cycle de l'eau :	6
3. Les eaux de surfaces :	7
3.1. Les eaux courantes :	7
3.2. Les eaux stagnantes :	7
3.2.1. Les lacs :	7
3.2.2. Les étangs :	7
3.2.3. Les marais :	8
3.2.4. Les barrages :	8
a. Définition :	8
b. Historique :	8
c. Les types des barrages :	8
d. L'utilisation des barrages :	9
e. Les avantages des barrages :	10
f. Les inconvénients des barrages :	10
g. La répartition des barrages dans le monde :	10
h. Les barrages en Algérie :	11
4. Paramètres de la qualité des eaux de surface :	12
4.1. La couleur :	12
4.1.2. L'odeur :	12
4.1.3. Le goût et la saveur :	12
4.1.4. La turbidité :	12
4.2. Les paramètres physico-chimiques :	13
4.2.1. Les paramètres physiques :	13

4.2.1.1. La température :	13
4.2.1.2. Potentiel hydrogène (PH) :	13
4.2.1.3. La conductivité électrique (CE) :	14
4.2.1.4. La matière en suspension (MES) :	15
4.2.1.5. L'oxygène dissous (O <sub>2</sub> ) :	15
4.2.1.6. Les matières totales dissoutes (TDS) :	16
4.2.1.7. La dureté :	17
4.2.2. Paramètres chimiques :	17
4.2.2.1. Calcium (Ca <sup>2+</sup> ) :	17
4.2.2.2. Magnésium (Mg <sup>2+</sup> ) :	18
4.2.2.3. Sodium (Na <sup>2+</sup> ) :	18
4.2.2.4. Potassium (K <sup>+</sup> ) :	18
4.2.2.5. Chlorure :	18
4.2.2.6. Bicarbonates (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) :	19
4.2.2.7. Sulfates (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ) :	19
4.2.3. Les nutriments :	19
4.2.3.1. Nitrate (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) :	19
4.2.3.2. L'ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) :	20
4.2.3.4. Phosphate (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ) :	20
4.2.3. Les paramètres organiques globaux :	20
4.2.4.1. La demande biologique en oxygène (DBO <sub>5</sub> ) :	20
4.2.4.2. Le rapport DCO/DBO <sub>5</sub> :	20
4.2.4.4. La matière organique MO :	21
5. Norme et classes de qualité des eaux superficielles :	22
6. Pollution de l'eau de surface :	22
6.1. Selon l'origine :	22
6.1.1. Origine naturelle :	22
6.1.2. Origine domestique :	23
6.1.3. Origine industrielle :	23
6.1.4. Origine agricole :	23
6.2. Selon type de pollution :	24
6.2.1. Pollution physique :	24

<b>6.2.1.1. Pollution thermique :</b>	<b>24</b>
<b>6.2.1.2. Pollution radioactive :</b>	<b>24</b>
<b>6.2.3. Pollution chimique :</b>	<b>24</b>
<b>6.2.4. Pollution biologique :</b>	<b>24</b>
<b>6.2.5. Pollution organique :</b>	<b>24</b>
<b>Chapitre 2 : Matériels et méthodes</b>	
<b>1. Présentation de la zone d'étude :</b>	<b>25</b>
<b>1.1. Situation géographique de bassin versant d'oued Charef :</b>	<b>25</b>
<b>1.2. Situation géologique de bassin versant d'oued Charef :</b>	<b>26</b>
<b>1.3. Le réseau hydrographique de bassin d'oued Charef :</b>	<b>27</b>
<b>1.4. Le barrage d'oued Charef :</b>	<b>28</b>
<b>1.4.1. Caractéristique hydrologique :</b>	<b>29</b>
<b>1.4.2. Caractéristique de la retenue d'eau :</b>	<b>30</b>
<b>1.4.3. Evacuateur de crues :</b>	<b>30</b>
<b>1.5. Anthropisation et occupation du sol :</b>	<b>30</b>
<b>1.5.1. La population :</b>	<b>30</b>
<b>1.5.2. Agriculture :</b>	<b>31</b>
<b>1.5.2.1. Le périmètre de Sedrata/ Zouabi :</b>	<b>32</b>
<b>1.5.2.2. Le périmètre de Ksar Sbahi :</b>	<b>32</b>
<b>1.5.2.3. Le périmètre d'Ain Babouche :</b>	<b>32</b>
<b>1.5.3. L'industrie :</b>	<b>33</b>
<b>1.5.4. Le couvert végétal :</b>	<b>33</b>
<b>2. Méthode de mesure des éléments physiques :</b>	<b>34</b>
<b>2.1. Mesures des paramètres physiques :</b>	<b>35</b>
<b>2.2. Estimation des flux d'eau (Débit liquide) :</b>	<b>35</b>
<b>2.3. Estimation des flux de TDS (Débit solide) :</b>	<b>35</b>
<b>2.4. Estimation du temps de séjour hydraulique (TSH) :</b>	
<b>2.5. Analyses statistiques :</b>	<b>37</b>
<b>Chapitre 3 : Résultats et discussion :</b>	
<b>1. Variation des paramètres physiques :</b>	<b>38</b>
<b>1.1. Température (°C) :</b>	<b>39</b>
<b>1.2. Salinité (PSU) :</b>	<b>41</b>
<b>1.3. Conductivité (µs/cm) :</b>	<b>43</b>

<b>1.4. Totale des sels dissous (TDS) :</b>	<b>45</b>
<b>1.5. Débit :</b>	<b>46</b>
<b>2. Estimation des flux liquides et solides :</b>	<b>48</b>
<b>2.1. Estimation du flux liquide :</b>	<b>48</b>
<b>2.2. Estimation du flux solides :</b>	<b>50</b>
<b>3. Discussion :</b>	<b>52</b>
<b>Conclusion</b>	<b>55</b>
<b>Références bibliographiques</b>	
<b>Résumé</b>	
<b>Abstract</b>	
<b>الملخص</b>	

## Liste des figures

N°	Liste des figures	Page
Figure 1	La molécule de l'eau	6
Figure 2	Le cycle de l'eau	6
Figure 3	les différents types de barrage en béton	9
Figure 4	les différents types de barrage en remblai (digues)	9
Figure 5	La répartition des barrages au monde	10
Figure 6	Distribution des barrages >15m par continents et pays	11
Figure 7	Répartition des barrages en exploitation dans le Nord algérien	11
Figure 8	Situation géographique du sous bassin d'oued Charef/Sadrata (sous bassin de la Seybousse)	25
Figure 9	Carte de réseau hydrographique de bassin d'oued Charef/Sadrata	28
Figure 10	Situation géographique de barrage d'oued Charef	29
Figure 11	Répartition de la population du bassin versant de l'oued Cherf /Sedrata selon le groupe d'age.	31
Figure 12	Répartition de la population du bassin de l'oued Cherf / Sedrata selon le sexe.	31
Figure 13	Plan de situation des différents périmètres irrigués du bassin d'oued Charef /Sedrata	32
Figure 14	Station 1 : A l'amont 1 d barrage de Charef (Oued Sbihi)	34
Figure 15	Station 2 : A l'amont 2 d barrage de Charef (Oued Sedrarta)	34
Figure 16	Station 3: A l'aval du Barrage de Charef	34
Figure 17	Carte géographique qui représente le bassin de Seybousse et les stations d'échantillonnage;  : Barrage Bouhamdane,  : Barrage Charef,  : Stations <b>1</b> : Pont ksar sbihi (amont barrage charef 1), <b>2</b> : Zouabi (amont barrage charef 2), <b>3</b> : Aval barrage charef,	35
Figure 18	Le Multi paramètre wtw 1970i.	36
Figure 19	Variation bimensuelle de la température (°C) dans les eaux du barrage	40

	de Charef durant la période Janvier-Décembre 2012.	
Figure 20	Variation moyenne saisonnière et annuelle et le budget de la température (°C) des eaux de barrage de Charef durant l'année 2012.	40
Figure 21	Variation bimensuelle de la salinité (PSU) dans les eaux du barrage de Charef durant la période Janvier-Décembre 2012.	41
Figure 12	Variation moyenne saisonnière et annuelle et le budget de la salinité (PSU) des eaux de barrage de Charef durant l'année 2012.	42
Figure 23	Variation bimensuelle de la conductivité ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) dans les eaux du barrage de Charef durant la période Janvier-Décembre 2012.	43
Figure 24	Variation moyenne saisonnière et annuelle et le budget de la conductivité ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) des eaux de barrage de Charef durant l'année 2012.	44
Figure 25	Variation bimensuelle de TDS (mg/l) dans les eaux du barrage de Charef durant la période Janvier-Décembre 2012.	45
Figure 36	Variation moyenne saisonnière et annuelle et le budget de TDS (mg/l) des eaux de barrage de Charef durant l'année 2012.	46
Figure 27	Variation bimensuelle des précipitations (mm) et du débit ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) durant la période Janvier-Décembre 2012.	47
Figure 48	Variation moyenne saisonnière et annuelle et le budget de débit ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) des eaux de barrage de Charef durant l'année 2012.	48
Figure 29	Variation bimensuelle des flux d'eau ( $10^6 \text{ m}^3/\text{an}$ ) et du temps de séjour des eaux (ans) du barrage de Charef durant l'année 2012.	49
Figure 30	Variation du flux solide TDS (t/an) en fonction du temps de séjour (mois) des eaux du barrage de Charef durant l'année 2012. La courbe de tendance et le coefficient de détermination sont aussi représentés.	50
Figure 31	Variation bimensuelle de TDS (t/an) et du temps de séjour des eaux (ans) du barrage de Charef durant l'année 2012.	51



## Liste des tableaux

N°	Liste des tableaux	Page
Tableau 1	Inventaire des eaux terrestres d'après Lvovitch.	5
Tableau 2	Classification des eaux selon la conductivité.	14
Tableau 3	plage de valeurs du titre hydrotimétrique.	17
Tableau 4	Grille de la qualité des eaux superficielles.	22
Tableau 5	Résultat géotechnique de sous bassin Charef.	26
Tableau 6	Les stations d'échantillonnage et leurs caractéristiques.	36
Tableau 7	Variation des paramètres physiques durant la saison sèche, saison humide et la moyenne annuelle, les mins et maxs sont aussi enregistrés.	38
Tableau 8	Résultats du test ANOVA à un facteur (F: test de Fisher) montrant les facteurs de variation entre les stations (Amont et Aval) et les saisons (sèche et humide) et les différents variables à partir de n = 24 échantillons bimensuels en 2012.	38
Tableau 9	Résultats du coefficient de corrélation entre les différents variables à partir de n = 24 échantillons bimensuels en 2012.	39
Tableau 10	Flux d'eau durant la saison sèche, la saison humide et la moyenne annuelle, les mins et maxs sont aussi rapportés.	48
Tableau 11	Les flux de TDS durant la saison sèche, la saison humide et la moyenne annuelle, les mins et maxs sont aussi rapportés.	50

## LISTE DES ABREVIATIONS

<b>%:</b>	Pourcent
<b>°C:</b>	degré Celsius
<b>μS/cm :</b>	Micro siemens/ centimètre
<b>ABH :</b>	l'agence des bassins hydrographiques
<b>Ca<sup>2+</sup>:</b>	calcium
<b>CE:</b>	La conductivité électrique
<b>Cl:</b>	chlorure
<b>DBO<sub>5</sub>:</b>	demande biologique de l'oxygène
<b>DCO:</b>	demande chimique en oxygène
<b>FAO :</b>	Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture
<b>H :</b>	hydrogène
<b>H<sub>2</sub>O :</b>	l'eau
<b>Ha:</b>	Hectare
<b>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>:</b>	bicarbonates
<b>Hm<sup>3</sup>:</b>	kilomètre cube
<b>K<sup>+</sup>:</b>	potassium
<b>Km:</b>	kilomètre
<b>Km<sup>2</sup>:</b>	kilomètre carré
<b>km<sup>3</sup>:</b>	kilomètre cube
<b>L:</b>	litre
<b>M:</b>	mètre
<b>m<sup>3</sup>/s :</b>	mètre cube par seconde
<b>m<sup>3</sup>:</b>	mètre cube
<b>MES :</b>	matière en suspension
<b>Mg:</b>	milligrams
<b>Mg<sup>2+</sup>:</b>	magnésium
<b>Mm :</b>	millimètre
<b>MO :</b>	matière organique
<b>Na<sup>2+</sup>:</b>	sodium
<b>NaCl:</b>	chlore de sodium
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup>:</b>	ammonium
<b>NO<sub>2</sub><sup>-</sup>:</b>	nitrite
<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup>:</b>	nitrate
<b>NTU :</b>	(Nephelometric Turbidity Unit / Unité standard de mesure de la turbidité)
<b>O :</b>	oxygène
<b>O<sub>2</sub>:</b>	Oxygène dissous
<b>OMS:</b>	organisation mondial de la santé
<b>ONID:</b>	Office national de l'irrigation et du drainage
<b>PH:</b>	potentiel Hydrogène
<b>PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>:</b>	phosphate
<b>PP :</b>	précipitations
<b>PSU :</b>	Practical Salinity Unit
<b>SEQ :</b>	Le Système d'Evaluation de la Qualité des eaux superficielles
<b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>:</b>	sulfate
<b>t/an :</b>	tonne par ans
<b>TDS:</b>	les matières totales dissoutes

<b>TH :</b>	titre hydrotimétrique
<b>TSH:</b>	temps de séjour hydrolique
<b>µm :</b>	micromètre

### **Introduction:**

Le cycle de la vie sur terre est impossible sans la présence de l'eau, car cette matière vitale joue un rôle primordial dans tous les phénomènes physiques et biologiques qui entourent l'être humain. Elle constitue l'élément indispensable pour l'alimentation, la santé et le bien-être de l'humanité, habitat d'une partie de la faune et de la flore, vecteur de matières érodant et modifiant les paysages. Ce patrimoine précieux doit être protégé, défendu et traité comme tel. Une politique de l'eau efficace et cohérente doit tenir compte de la vulnérabilité des écosystèmes aquatiques. La protection de l'état de l'eau à l'intérieur des bassins hydrographiques apportera des bénéfices économiques en contribuant à la protection des biocénoses, y compris les ressources halieutiques côtières (CE, 2000; Ziouch et *al.*, 2020).

Les matières d'origine continentale (anthropique ou naturelle), avant d'aboutir à la mer, transitent un continuum aquatique diversifié incluant zones humides, rivières, barrages, apports ponctuels anthropiques et diffus et aboutissent aux embouchures des rivières où se produisent d'intenses transformations biogéochimiques et physico-chimiques d'immobilisation, de rétention et d'échanges avec la nappe et l'atmosphère (Conelly et *al.*, 1993; Turner et *al.*, 1998; Billent et Garnier, 2007).

Les activités anthropiques représentent la principale source de pollution, bien que de nombreuses incertitudes demeurent quant à leur contribution respective, aux différents flux (rivières, atmosphère, sources diffuses et ponctuelles) et au sort des polluants qu'elles génèrent (AEE, 1999). Ces apports massifs ont des impacts directs sur la chimie des eaux de surface, le flux des nutriments au littoral et le fonctionnement des écosystèmes côtiers (Howarth et *al.*, 1996; Meybeck, 2003; Liu et *al.*, 2008; Ziouch et *al.*, 2020).

Les rivières représentent le lien majeur entre la terre et l'océan. Actuellement, les rivières déversent chaque année environ 35 000 km<sup>3</sup> d'eau douce et 20 à 22 x 10<sup>9</sup> tonnes de sédiments solides et dissous dans l'océan mondial (Milliman, 2001; Liu et *al.*, 2006). De plus, plusieurs études ont démontré une diminution du débit d'eau et de sédiments des rivières nord-américaines et européennes, en Amérique centrale et Amérique du Sud, Afrique et Asie (Milliman, 2001; Ludwig et *al.*, 2009; Yang et *al.*, 2015; Pietroni et *al.*, 2017).

Dans certains bassins, comme le Colorado et le Nil, les sédiments sont complètement piégés en raison de la grande taille des réservoirs et de la déviation des débits (Vörösmarty et *al.*, 2003). Selon Williams et Wolman (1984) et Graf (2005), l'efficacité de piégeage des grands réservoirs (volume  $> 10^7 \text{ m}^3$ ) est généralement supérieure à 99%, selon les caractéristiques des sédiments, des apports et du réservoir. L'efficacité du piégeage pour les petits barrages varie entre 10 et 90% (Kummu et Varis, 2007; Kondolf et *al.*, 2014).

Les ressources en eau dans les pays méditerranéens sont rares et les pressions anthropiques sur les rivières deviennent particulièrement importantes. Par ailleurs, la construction des barrages sur les rivières et les prélèvements d'eau pour l'irrigation ont évolué depuis les années soixante et ont largement réduit le débit des rivières d'au moins 20%, ce qui a profondément modifié le fonctionnement naturel des cours d'eau méditerranéens (Homburg et *al.*, 2008; Ludwig et *al.*, 2009; Ziouch et *al.*, 2020). La méditerranée connaît en conséquence, des modifications rapides de son chimisme directement lié aux apports issus des activités agricoles, domestiques et industrielles (Turley, 1999; Bèthoux et *al.*, 2002).

Les fleuves côtiers d'Afrique du Nord connaissent une réduction exceptionnelle des débits fluviaux en raison du stockage des barrages, de l'extraction pour l'irrigation et du changement climatique (Margat et Treyer, 2004 ; Ounissi et Bouchareb, 2013 ; Tovar-Sánchez et *al.*, 2016). De plus, des traitements inadéquats des déchets domestiques et industriels ajoutés à des plans de développement urbain inefficaces en Afrique du Nord (Kitheka et *al.*, 2009) auraient accru les pressions sur les systèmes fluviaux, entraînant eutrophisation, pollution et altération de la qualité des eaux (Tovar-Sánchez et *al.*., 2016).

En Algérie, la recherche des objectifs économique et écologique se justifie d'abord par la méconnaissance de l'état hydrologique des rivières et de leurs répercussions sur l'environnement littoral. De plus, dans les bassins versants, les pratiques agricoles et les activités industrielles ont profondément changé en même temps que la composante démographique s'est accrue rapidement (Benblidia et *al.*, 1997). On comprend que les ressources en eau méditerranéennes sont limitées, fragiles et menacées.

Sur un autre plan hydrologique, l'Algérie dispose de ressources naturelles limitées, irrégulières et très inégalement réparties. Environ 90 % de la totalité des écoulements

---

superficiels estimés à 12,4 Milliards de m<sup>3</sup>/an, se trouvent sur la région littorale (Benblidia, 2011). La construction de plus de 30 barrages au cours de la dernière décennie a haussé la capacité de stockage d'eaux superficielles à environ 7 milliards de m<sup>3</sup> (Remini, 2010; Benblidia, 2011). Les investissements consacrés aux grandes infrastructures de mobilisation et aux ouvrages d'adduction et de transfert représentent actuellement 2% du PIB (environ 200 Milliard de \$ en 2012). Cependant, seulement la moitié de ce volume mobilisé est exploitée pour les besoins d'irrigation et de consommation domestique. En raison des besoins d'irrigation de culture et d'alimentation en eau potable de la population, il est encore prévu de stocker dans les quelques années à venir, environ 7,65 milliards de m<sup>3</sup> (Remini, 2010), ce qui représente 61% des écoulements des rivières côtières. On comprend en conséquence qu'en quelques années, les quantités mobilisées et écoulées se sont inversées ce qui a réduit fortement le débit des rivières et aura certainement de graves conséquences sur la fertilité, le fonctionnement et la productivité des eaux côtières.

Les barrages piègent une grande partie des sédiments, ce qui peut à son tour diminuer la productivité biologique à mesure que des éléments nutritifs sont attachés aux sédiments (Kummu et Varis, 2007). Dans les rivières, les sédiments ont influencé les aspects structurels et fonctionnels des écosystèmes aquatiques (Håkanson, 2005). Des quantités insuffisantes de solides totaux ont affecté la production primaire de phytoplancton, d'algues benthiques et de macrophytes, la production et la biomasse de bactérioplancton, et donc également la production secondaire, par exemple, de zooplancton, de zoobenthos et de poisson (Håkanson, 2006; Taamalah et *al.*, 2016; Bougdah et Amira, 2017; Ziouch et *al.*, 2020). Il est possible que les conditions d'alimentation et de frai soient perturbées et entraînent une baisse de la biodiversité et de la productivité (Blake 2001). L'effet des barrages sur le transport de la charge de lit est encore plus dramatique car il est entièrement piégé par des réservoirs (par exemple) (Kondolf, 1997).

De prime abord, la rétention des matières au niveau des barrages est liée aux caractéristiques de l'écoulement (vitesse et courants de densité), à la morphologie du réservoir et la position des prises d'eau ; Mais aussi sur un facteur très important c'est le temps de séjours (Durée pendant laquelle l'eau, ou une substance quelconque, demeure dans un compartiment donné du cycle hydrologique) qui va dépendre du bilan hydrologique et du volume du réservoir. Ce dernier peut effectivement être impacté par la perte de capacité de

---

stockage du fait de la sédimentation. Par ailleurs, un temps de résidence long peut favoriser le taux de sédimentation (Grant *et al.*, 2003).

Les réservoirs des hautes terres ont tendance à avoir un temps de séjour beaucoup plus court que les lacs naturels, ce qui peut conduire à un cycle plus rapide des nutriments à travers le plan d'eau, de sorte qu'ils sont plus rapidement perdus dans le système. Cela peut être vu comme un décalage entre la chimie de l'eau et la biologie de l'eau avec une tendance pour les composants biologiques à être plus oligotrophes que la chimie ne le suggère. (Lac oligotrophe est un lac présentant un déficit de nutriments). À l'inverse, les réservoirs de plaine puisant l'eau des rivières riches en nutriments sont eutrophes exagérées car le temps de séjour dans le réservoir est beaucoup plus long que dans la rivière et les systèmes biologiques ont une bien plus grande opportunité d'utiliser les nutriments disponibles (Lehner *et al.*, 2011).

La présente étude s'insère dans le cadre d'un programme de surveillance environnementale portant sur le transfert de matières du bassin côtier de Seybouse au littoral. Elle vise donc à décrire la cinétique des écoulements d'eau et des matières solides dissoutes à travers le barrage de Charef (Nord-Est de l'Algérie) et de déterminer l'effet du temps de séjours des eaux sur la mobilité d'eau et des sels à travers le barrage.

Le mémoire est assigné en trois chapitres dont le premier est strictement documentaire et qui forme un essai de synthèse sur les eaux de surfaces (Qualité et mobilisation). Le deuxième chapitre décrit le milieu étudié et les méthodes d'échantillonnage, de mesure des paramètres physiques et d'estimation de débit et approximation des flux. Le troisième chapitre interprète et discute les résultats d'hydrologie et la répartition et le budget de TDS en relation avec le temps de séjours des eaux dans le barrage de Charef. Le mémoire s'achève par une conclusion.

### I. Généralité sur l'eau :

L'eau est un élément de base extrêmement précieux dans nos vies. Il existe en nous et autour de nous sous diverses formes et répond à nos besoins domestiques, agricoles et industriels. L'eau couvre près de 70% de surface terrestre. Cependant, la quasi-totalité (97%) des eaux c'est des eaux salées (mers et océans), l'eau douce ne représente qu'une fraction infime de 2,7% (Tab. 1), dont environ 77,2% sont attachés aux calottes glaciaires (Aissaoua et Lhmar, 2019) (Dans Ramade, 1981). L'eau est également une substance indispensable des activités biologiques, elle fait partie des composants principales des être vivants. L'eau se retrouve dans la planète terrestre sous trois formes: solide, liquide, et gazeuse dépendant des conditions spécifiques de température et de pression. L'eau est un excellent solvant par rapport à autres liquides car elle a des propriétés physicochimiques très spécifiques (Chibane et Moussaoui, 2015).

**Tableau 1:** inventaire des eaux terrestres d'après Lvovitch (Halimi, 2008)

Phase du cycle de l'eau	Volume $10^3 \cdot \text{km}^3$	Pourcentage %	Temps de séjours années
Océans	1.370.000	93,93	3.000
Eaux souterraines	60.000	4,12	5.000
Glaciers	24.000	1,65	12.000
Lacs	230	0,016	10
Humidité du sol	75	0,005	0,9
Vapeur d'eau	14	0,001	0,027
Eaux fluviales	12	0,0001	

#### 1. La molécule de l'eau :

L'eau est un corps incolore, inodore, insipide (sans saveur), liquide à la température ambiante. L'eau est une molécule composée d'hydrogène et d'oxygène ( $\text{H}_2\text{O}$ ) (Chibane et Moussaoui, 2015). Dans cette molécule, un atome d'oxygène (O) est relié à deux atomes d'hydrogène (H), par des liaisons covalentes, formant un angle au sommet proche de  $105^\circ$ . La distance entre O-H est environ 2 angströms. La molécule d'eau possède ainsi une attractivité vis-à-vis des molécules voisines. Des forces d'attraction s'exercent également entre les atomes d'hydrogène et d'oxygène des molécules d'eau voisines. Cette liaison, dite « pont hydrogène », est cependant moins forte que les liaisons au sein de la molécule elle-même. L'importance des ponts hydrogène entre les molécules d'eau explique les différences d'organisation des molécules aux états gazeux, sans liaison; liquide, avec quelques liaisons déformables ; et solide, à structure rigide (Riali et Amrane, 2019).

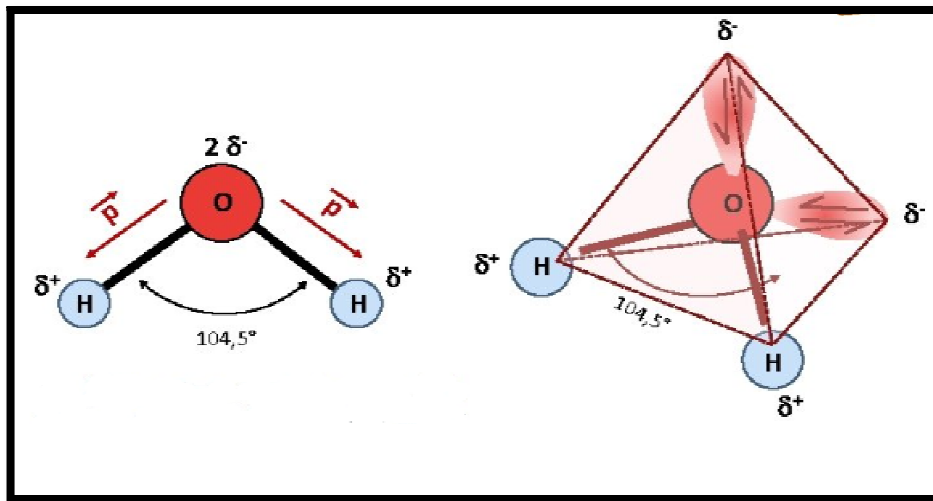


Figure 1: La molécule de l'eau

## 2. Le cycle de l'eau :

Le cycle de l'eau est définie comme l'existence et le mouvement de l'eau entre les différents réservoirs (l'atmosphère, la surface et dans le sous-sol) de notre terre. Cette eau circule en permanence, et change constamment d'état physique, de liquide en vapeur et en glace (Khettaf, 2018) (dans Hem, 1985), grâce à l'énergie solaire qui fait évaporer l'eau des mers, des océans, des rivières et des lacs, qui se transforme en nuages dans la haute atmosphère, où elle rencontre des masses d'air froides (Riali et Amrane, 2019). Cette eau se condense en gouttes ou cristaux de glace, et se précipite à la lithosphère sous forme de pluie, de neige ou de grêle, environ  $\frac{1}{4}$  s'infiltré,  $\frac{1}{4}$  se ruisselle, et  $\frac{1}{4}$  restant s'évapore à son tour (Boucherit et Hakimi, 2016) (dans Vilagines, 2003).

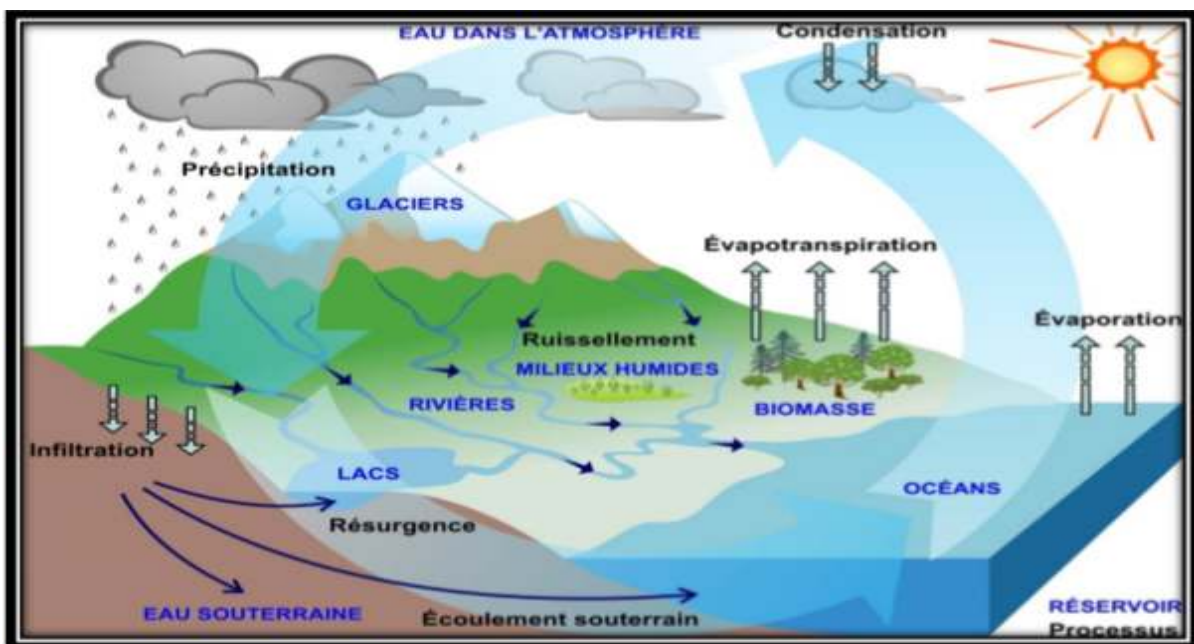


Figure 2 : Le cycle de l'eau (Chibane et Moussaoui, 2015).

### 3. Les eaux de surfaces :

Le terme “eaux de surface“ englobe toutes les eaux stockées ou courantes à la surface de la terre. Elles ont pour origine des eaux de ruissellement, ou l'émergence de nappes profondes qui servent de source de ruisseau, de rivière. Ces eaux se rassemblent dans un ruisseau en contact avec l'atmosphère et en mouvement avec une vitesse de circulation appréciable. Elles peuvent être stockés dans des réservoirs naturels (lacs) ou artificiels (réservoirs et barrages). Elles sont caractérisées par une profondeur qui peut être importante et un temps de séjours important. Elles sont définies aussi comme eaux douces superficielles, les embouchures et les eaux côtières (Ghoubal et Merzougui, 2018) (dans Monod ,1989 ; Valiron ,1994)

#### 3.1. Les eaux courantes :

Les eaux courantes sont les eaux qui subissent constamment un écoulement, de l'amont vers l'aval le cours d'eau dévale des pentes jusqu'à terminer sa course dans les mers et océans (Rodier, 1999). Les rivières et les fleuves, dénommées eaux à faciès lotique en écologie limnique. Elles présentent une stratification longitudinale (Faurie, 2003) cité par (Ghoubal et Merzougui, 2018)

#### 3.2. Les eaux stagnantes

Les eaux stagnantes apparaissent Lorsque l'écoulement de l'eau est bloqué par des obstacles naturels ou artificiels, plusieurs types stagnants se distinguent :  
Des étendues d'eau naturelle (Boucherit et Hakimi, 2016)

##### 3.2.1. Les lacs:

On peut considérer comme un bassin de décantation naturelle. La turbidité de ces eaux est donc faible et la contamination n'est pas très importante. Les caractéristiques des eaux des lacs varient très lentement au cours de l'année, à l'exception de deux courtes périodes au printemps et à l'automne (Bahloul et Kerfah, 2017).

Les plans d'eau artificiels sont dus à l'homme. Leur profondeur est beaucoup plus faible que pour un lac et peut s'élever au maximum à plusieurs dizaines de mètres. Ces plans d'eau artificiels comprennent deux milieux :

##### 3.2.2. Les étangs

Les étangs sont des plans d'eau plus petits que les lacs. Ils sont souvent créés dans le but d'élever des poissons (pisciculture) (Bélai et Redjimi, 2011).

### 3.2.3. Les marais :

Correspondant à un affleurement d'une nappe d'eau peu profonde sur un terrain fortement couvert par végétation. Une forte quantité de sédiments, c'est-à-dire de dépôts laissés par l'eau, s'est accumulée au fond (Bélai et Redjimi, 2011).

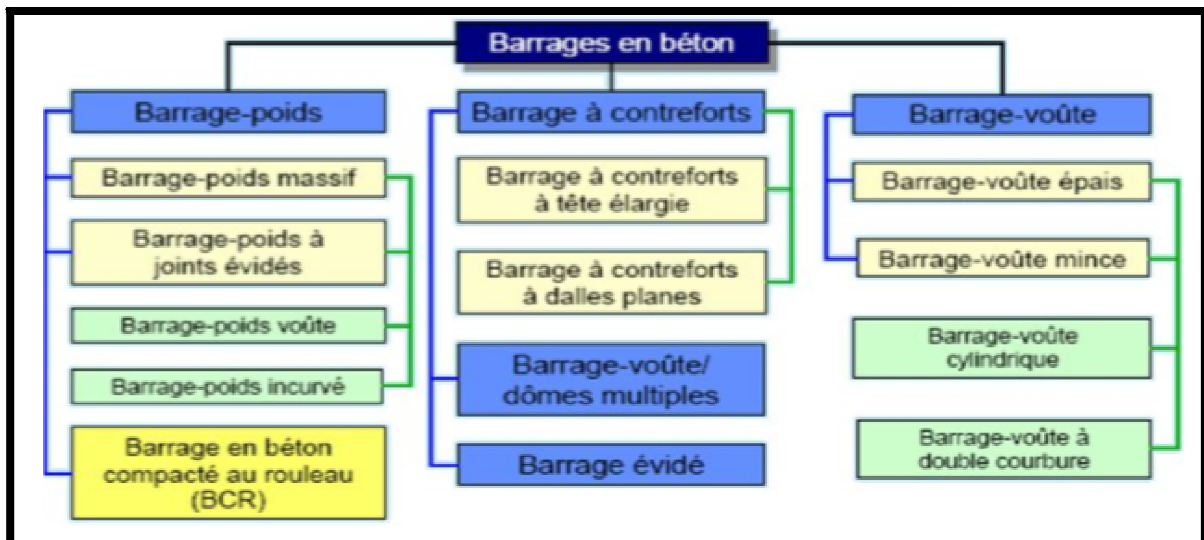
### 3.2.4. Les barrages :

**a. Définition :** Les barrages sont des structures artificielles qui retiennent l'eau. Peut être installé sur la rivière pour arrêter son débit et élever le niveau de l'eau en amont, Ou pour fermer une retenue naturelle pour retenir l'eau de pluie et ruissellement. Le barrage peut être fait de matériaux durs (auparavant En maçonnerie, maintenant en béton), ou en matériaux meubles (terre, enrochements) (Amara, 2018).

**b. Historique :** Les premiers barrages sont nés avec les premières civilisations de l'antiquité, en particulier dans la vallée du Nil, Mésopotamie, en chine et en Asie du sud. Ce sont certainement les traces de ces anciennes civilisations que les archéologues retrouvent facilement. Le XXème siècle a été marqué pour un taux très élevé de construction de barrages sur la planète, la plupart concentrés dans les pays les plus industrialisés selon le rythme de la croissance démographique et du développement économique, on a assisté a un accroissement de la construction des barrages dans le monde. A la fin du XXème siècle, le total de retenues a atteint les 45 000, distribuées sur plus de 140 pays. Actuellement, près de la moitié des grands fleuves du monde comptent au moins un grand barrage. L'apogée de la construction de ces ouvrages remonte aux années 1960 et 1970, époque à laquelle ils étaient considérés comme un symbole de développement économique, de progrès technologique et de modernisation. C'est à cette époque que la plus grande partie des barrages a été construite dans les pays d'Amérique du Nord, d'Asie et d'Europe, tandis que les pays d'Afrique, d'Amérique du Sud et d'Océanie présentaient un taux linéaire de croissance (Alberge et *als*, 2004).

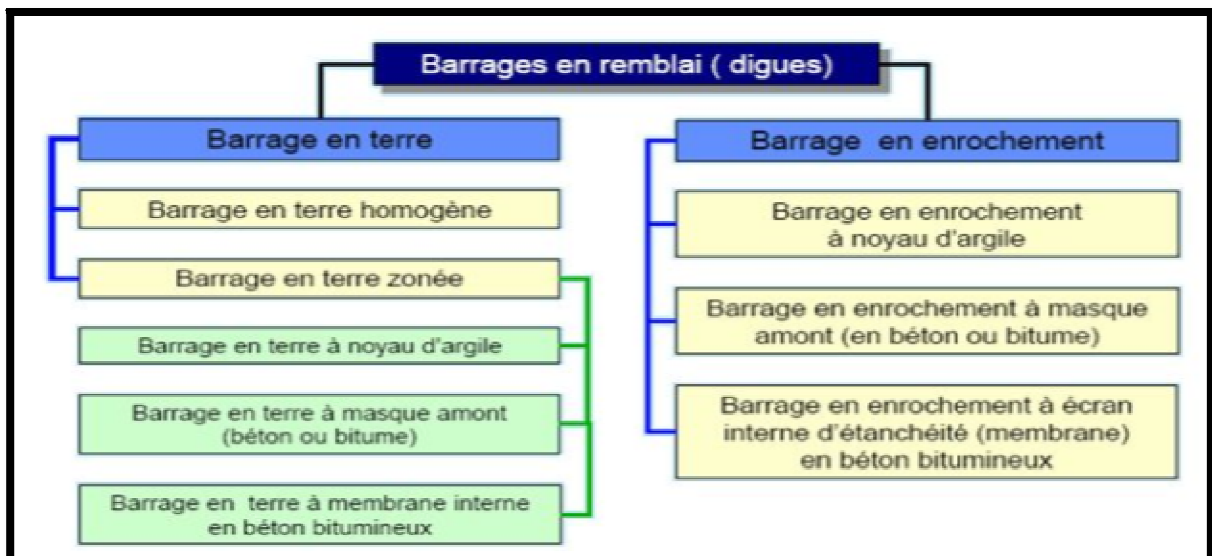
### c. Les types des barrages :

Il existe deux grandes familles de barrages, ceux construits en béton et ceux construits en remblai (terre ou enrochement).



**Figure 3:** les différents types de barrage en béton (Heragmi, 2009)

Les barrages en remblais sont constitués de matériaux locaux meubles, qu'ils soient très fins (argile) ou très grossiers (enrochements). Cette famille regroupe cependant plusieurs catégories. Les différences proviennent des types de matériaux utilisés, et de dispositif d'étanchéité (Amara, 2018)



**Figure 4:** les différents types de barrage en remblai (digues) (Heragmi, 2009)

#### d. L'utilisation des barrages :

Les barrages permettent de stocker l'eau pour les différents besoins et utilisations comme :

- Alimentation en eau potable ;
- Irrigation des terres ;
- Production de l'électricité ;
- Protection contre les crues ;
- Besoins industriels (refroidissement, lavage) ;

- Navigation et sports nautique (Ouandjeli, 2018).

### e. Les avantages des barrages :

- Permet de stocker l'eau dans les périodes d'abondance et la fourniture en période de carence.
- Maîtriser les crues dévastatrices.
- Régulation des débits naturels variables selon les saisons et les adaptant à la demande en eau pour l'irrigation, l'hydroélectricité, l'eau potable, et industrielle.
- Favorise les loisirs, tourisme, pêche et pisciculture (CFBR, 2012).

### f. Les inconvénients des barrages :

- Rétention des sédiments
- Dégradation de la qualité de l'eau (eutrophisation)
- Effet néfaste des vidanges décennales
- Perturbation du régime hydraulique en aval
- Obstacle aux poissons migrateurs.

### g. La répartition des barrages dans le monde :

Le nombre de barrages dans le monde est estimé à 45 000 grands barrages et au moins 800 000 petits barrages, dont la moitié en Chine. La moitié des barrages ont été construits pour l'irrigation. Le rapport de la Commission mondiale des barrages (2000) a déclaré que les barrages ont apporté une contribution importante et significative au développement humain et que les avantages qui en découlent ont été considérables (Christian, 2005).

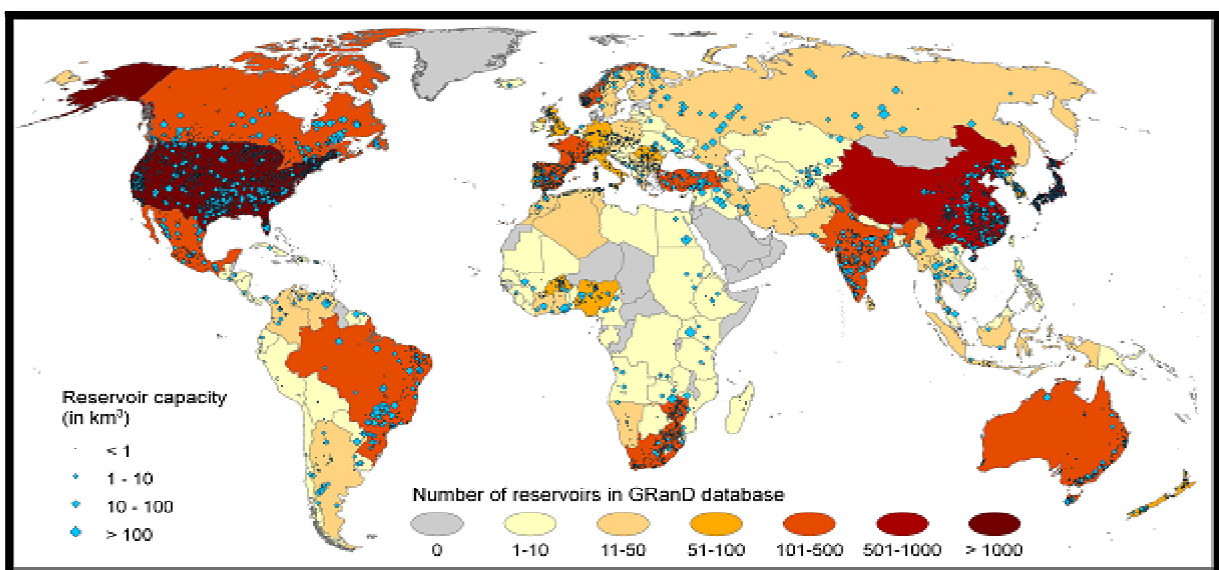


Figure 5: La répartition des barrages au monde (Bordes, 2012)

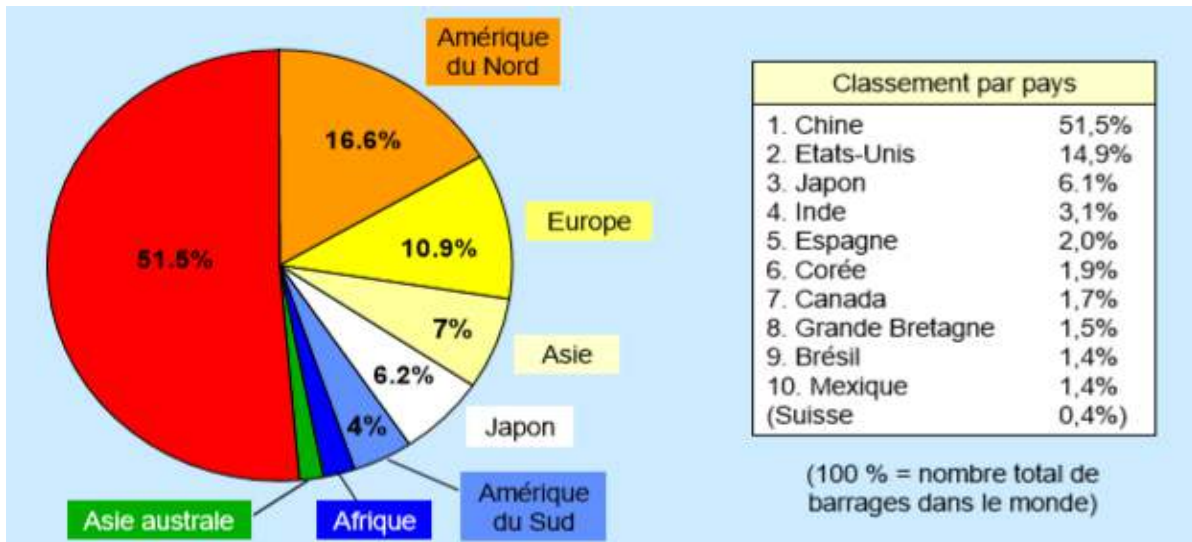


Figure 6: Distribution des barrages >15m par continents et pays (Laboratoire de Constructions Hydrauliques)

#### h. Les barrages en Algérie :

En 2002, l'Algérie dispose de 52 grands barrages d'une capacité de 5,2 milliards de m<sup>3</sup>. Le reste (7.3 10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>) se déverse directement dans la mer. Le plus ancien de ces grands barrages, celui de Sig en Algérie, date de 1846 mais la plupart ont été réalisés dans les 50 dernières années. Ces valeurs de stockage potentiel peuvent être comparées à la demande en eau annuelle: 4,8 Gm<sup>3</sup> en Algérie (Remini, 2009).

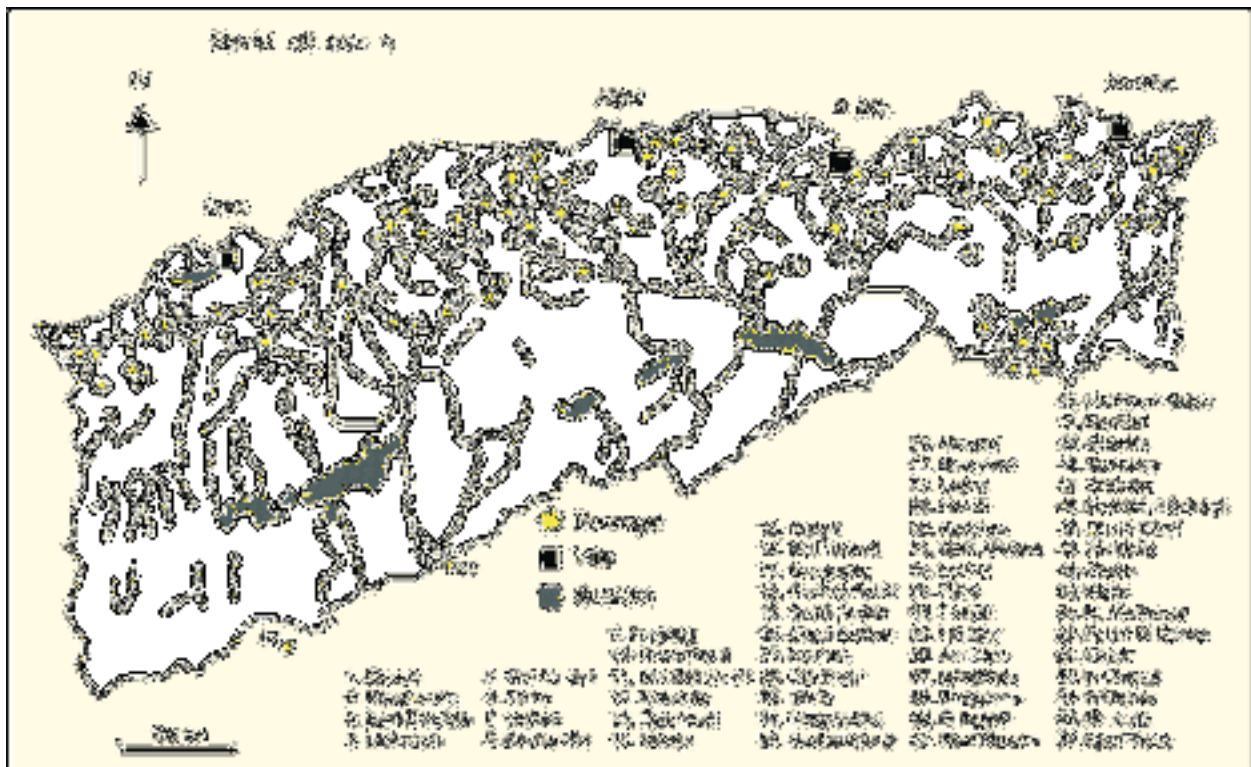


Figure 7: Répartition des barrages en exploitation dans le Nord algérien (Remini, 2009)

### **4. Paramètres de la qualité des eaux de surface:**

#### **4.1. Les paramètres organoleptiques :**

##### **4.1.1. La couleur :**

La couleur d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules matières dissoutes, C'est-à-dire passant à travers un filtre de porosité égale à  $0,45\mu\text{m}$ . Elle est dite apparente quand les matières en suspension y ajoutent leur propre couleur. Les couleurs réelle et apparente sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité (Rodier, 2005).

##### **4.1.2. L'odeur :**

L'odeur d'une eau est généralement un indicateur de pollution ou de la présence de matières organiques en décomposition en quantité souvent si minime qu'elles ne peuvent être mises en évidence par les méthodes d'analyse. Le sens olfactif peut seul, dans une certaine mesure, les déceler (Rodier, 1978)

##### **4.1.3. Le goût et la saveur:**

Le goût peut être défini comme l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçue lorsque l'aliment ou la boisson est dans la bouche; la propriété des produits provoquant ces sensations (Rodier et al. 2009).

La saveur peut être définie comme l'ensemble des sensations perçues à la suite de la stimulation par certaines substances solubles des bourgeons gustatifs (Rodier, 2005). Toute eau a une certaine saveur qui lui est propre et qui est due aux sels et aux gaz dissous. Si elle renferme une trop grande quantité de chlore, l'eau aura une saveur saumâtre, si elle contient de forte quantité de sels de magnésium, l'eau aura un goût amer (Bahloul et Kerfah, 2017)

##### **4.1.4. La turbidité :**

La turbidité est la détermination de l'aspect trouble de l'eau. C'est la diminution la transparence d'un liquide due à la présence de substances non dissoutes. Elle est causée, dans les eaux, par la présence de matières en suspension (MES), comme les argiles, les limons et les microorganismes. Une petite partie de la turbidité peut être due également à la présence de matières colloïdales d'origine organique ou minérale. La turbidité résulte de la diffusion de la lumière qui est ainsi déviée dans tous les sens. Ce sont des matières en suspension dans l'eau qui diffusent la lumière. Leur origine peut être très variable: érosion des roches, entraînement des matières minérales ou organiques du sol, déversement d'eaux usées domestiques ou industrielles riches en matières en suspension grossières (Tardat., 1984).

La turbidité en NTU (Nephelometric Turbidity Unit / Unité standard de mesure de la turbidité) varie suivant les matières en suspension (MES) présentes dans l'eau.

NTU < 5 => eau claire

NTU < 30 => eau légèrement trouble.

NTU > 50 => Eau trouble.

### **4.2. Les paramètres physico-chimiques**

#### **4.2.1. Les paramètres physiques :**

##### **4.2.1.1. La température :**

La température de l'eau joue un rôle primordial dans la modification des propriétés chimiques, physiques ainsi que les réactions biologiques (Abboudi, et *al.* 2014). Ainsi, un réchauffement entraîne l'amplification des algues flottantes et des organismes aquatiques indésirables. L'élévation de la température s'accompagne toujours d'une modification de densité, d'une réduction de la viscosité, d'une augmentation de la tension à vapeur saturante à la surface et la diminution de la solubilité de l'oxygène. Ainsi, les phénomènes de fermentation sont facilités par l'élévation de la température d'où l'apparition d'odeur nauséabonde dans les cours d'eau et les barrages. La température de l'eau varie en fonction de la température de l'air, des saisons, de la géologie et de la profondeur du niveau d'eau par rapport à la surface du sol. La température des eaux de surface (rivières, lacs et retenues) est très variable selon les saisons et peut passer de 2°C en hiver à 30° C en été. La source principale de l'augmentation de la température d'origine anthropique est en liaison avec les centrales thermiques et nucléaires (70 à 80%), le reste étant lié à la métallurgie, aux industries chimiques et alimentaires (Gaagai, 2017)

##### **4.2.1.2. Potentiel hydrogène (PH) :**

Le pH correspond à la concentration d'ions hydrogène ( $H^+$ ). Il mesure l'acidité ou la basicité d'une eau. Le pH interfère avec d'autres paramètres de la qualité dans les complexes réactions chimiques: dureté, alcalinité, turbidité, conductivité (Savary, 2010). Les mesures de pH s'effectuent à l'aide d'un électro-pHmètre, les mesures sont données, en unités conventionnelles avec une décimale (précision: 0,1 unité). L'échelle des pH est comprise en pratique de 0 (très acide) à 14 (très alcalin) (Bouslah, 2018)

Le pH des eaux naturelles est généralement compris entre 6,6 et 7,8 (Nisbet et Verneau, 1970). Les activités humaines telles que les opérations industrielles et l'élimination des déchets toxiques ont un effet sur le pH des sources d'eau. Un changement du pH de l'eau peut

## Chapitre 1 : Généralité sur les eaux de surface

---

avoir des conséquences sur la vie aquatique qui est extrêmement sensible aux changements de température et de composition de l'eau (Gaagai, 2017)

Valeurs pour constater le pH de l'eau, dans un milieu aqueux à 25 °C :

- Une solution de  $\text{pH} = 7$  est dite neutre ;
- Une solution de  $\text{pH} < 7$  est dite acide : plus son pH diminue, plus elle est acide,
- $\text{pH} 1 - \text{pH} 3$  : acides forts et potentiellement très dangereux ;
- $\text{pH} 4 - \text{pH} 5$  : acides faibles ;
- $\text{pH} 6 - \text{pH} 7$  : acides neutres (eau potable) ;
- Une solution de  $\text{pH} > 7$  est basique (alcaline): plus son pH augmente, plus elle est basique,
- $\text{pH} 7 - \text{pH} 8$  : bases neutres (eau potable) ;
- $\text{pH} 8 - \text{pH} 9$  : bases faibles ;
- $\text{pH} 10 - \text{pH} 14$  : bases fortes (Benallou, 2004).

### 4.2.1.3. La conductivité électrique (CE) :

Dans la chimie de l'eau, la conductivité est une notion très importante, elle traduit la minéralisation totale de l'eau; ou plus la salinité de l'eau est élevée, plus la conductivité croît, ainsi que sa valeur varie en fonction de la température. Ce phénomène donne lieu à des conséquences importantes :

- Premièrement, plus la conductivité augmente plus le courant électrique s'écoule librement à travers l'eau
- Deuxièmement ; toujours en rapport avec une augmentation de la conductivité, la totalité des ions s'ionisent moins dans l'eau; de ce fait, ils se resserrent entre eux et donc s'entrechoquent plus souvent (Frank, 1984).

La mesure de la conductivité nous permet de déceler immédiatement la composition de l'eau donc apprécier la quantité des sels dissous. L'unité de la conductivité est généralement en micro-Siemens par cm ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) (Mezerdi, 2020).

**Tableau 2:** Classification des eaux selon la conductivité (Bouacid et Benayed, 2020).

Type d'eaux	Conductivité ( $\mu\text{S}/\text{Cm}$ )	Résistivité ( $\Omega. \text{m}$ )
Eau pure	< 23	> 30000
Eau douce peu minéralisée	100 à 200	5000 à 10000
Eau de minéralisation moyenne	250 à 500	2000 à 40000
Eau très minéralisée	1000 à 2500	400 à 1000

### 4.2.1.4. La matière en suspension (MES) :

Les matières en suspension (MES) englobent les matières non dissoutes qui sont en suspension dans l'eau, comme les matières organiques et minérales de taille importante. Ce paramètre est exprimé en mg/l (Gaagai, 2017). Elles sont généralement de nature biodégradable. La plus grande part des microorganismes pathogènes contenus dans les eaux de surfaces polluées sont transportées par les MES. Elles donnent également à l'eau un aspect trouble, un mauvais goût et une mauvaise odeur. Cependant, elles peuvent avoir un intérêt pour l'irrigation des cultures (Aissaoua et Lhmar, 2019) (dans Faby et Bbrissaud.1997)

Les MES correspondent à des particules de faibles taille et/ou densité, ce qui limite leur chute par gravité. Les MES comprennent des fractions organiques et des fractions minérales dont les contributions respectives varient selon les saisons et les cours d'eau. Les particules organiques sont issues de la décomposition d'animaux ou de végétaux, et des micro-organismes planctoniques. Les micro-organismes regroupent le phytoplancton et le zooplancton. Alors que le phytoplancton est constitué de micro-algues (Diatomées, Chlorophycées, Dinophycées, Chrysophycées, Euglénophycées) et de Cyanophycées, le zooplancton regroupe de jeunes stades larvaires de crustacés, des rotifères, ... Lorsque certaines conditions environnementales sont réunies (température, nutriments, ...), les populations constituant le phytoplancton peuvent présenter une croissance effrénée, conduisant à colorer les eaux en un bleu-vert fluo pour les Cyanobactéries et présentant des risques de toxicité par contact ou consommation.

Les concentrations en MES dans les cours d'eau dépendent des apports de différentes origines dans les bassins versants, mais aussi des processus de transport qui permettent ou non le maintien des particules en suspension. Les MES peuvent provenir de plusieurs origines :

- érosion des sols des versants et des sols de fonds de vallée,
- érosion du chenal : érosion des berges et du fond du ruisseau,
- développement de plancton,
- divers : eaux urbaines, émissions industrielles, ... (Lefrançois, 2007)

### 4.2.1.5. L'oxygène dissous (O<sub>2</sub>) :

Les concentrations en oxygène dissous, représentent l'un des plus indispensables paramètres de la qualité des eaux pour la vie aquatique. Sa concentration dans un milieu aquatique varie en fonction de la température de l'eau, de la profondeur, de l'heure de la journée, de la concentration de la matière organique et des nutriments dans le milieu ainsi que de la quantité de plantes aquatiques, d'algues et de bactéries présentes (Khettaf, 2018).

La présence d'oxygène dissous dans l'eau est indispensable au développement de la vie animale (en particulier pour les poissons) et végétale (la photosynthèse). Sa concentration est contrôlée par plusieurs processus physiques et biologiques variables dans l'espace et dans le temps tels que la température, la photosynthèse, l'échange avec l'atmosphère et la charge des eaux en matière organique. L'organisation mondiale de la santé (OMS) recommande pour l'eau destinée à la consommation humaine une valeur limite de 5 à 7 mg/l, exprimée en CaCO<sub>3</sub>. Tandis que les normes algériennes recommandent une valeur limite de 30 mg/l. (Gaagai, 2017)

### 4.2.1.6. Les matières totales dissoutes (TDS) :

Les solides dans l'eau se trouvent soit en solution ou en suspension, et se distinguent par le passage de l'échantillon de l'eau à travers un filtre de fibres de verre. Par définition, les matières en suspension sont retenues sur le dessus du filtre, et les solides dissous passent à travers le filtre avec de l'eau. Lorsque la partie filtrée de l'échantillon d'eau est placée dans une coupelle, puis évaporé, les solides dissous dans l'eau restent comme résidu dans la capsule d'évaporation. Cette matière est appelée matières totales dissoutes ou TDS (Spellman et Frank, 2008). Les TDS sont des sels inorganiques et une faible quantité des sels organiques qui sont dissous dans l'eau, Leurs principaux constituants sont généralement les cations calcium, magnésium, sodium et potassium et les anions carbonate, bicarbonate, chlorure, sulfate et, en particulier dans les eaux souterraines, nitrate (en raison des utilisations agricoles) (Santé Canada, 1991)

La mesure de la TDS se fait dans le laboratoire à l'aide d'un multi-paramètre ou un TDS-mètre en mettant une quantité de l'eau à analysé dans une cuve stérile et introduire cette eau dans l'une des appareils (Rodier, 1996).

Les matières dissoutes totales présentes dans les réserves d'eau proviennent de sources naturelles, des égouts, du ruissellement urbain et agricole, et des eaux usées industrielles. La concentration de TDS dans l'eau dépend de la solubilité des divers minéraux dans diverses régions géologiques. La concentration de TDS dans l'eau en contact avec du granit, du sable siliceux, un sol bien lessivé ou d'autres matières relativement insolubles est normalement inférieure à 30 mg/l. Dans les zones précambriennes, l'eau a généralement une concentration de TDS inférieure à 65 mg/l. Des teneurs supérieures (de 195 à 1 100 mg/l) se rencontrent généralement dans les roches sédimentaires du paléozoïque et du mésozoïque, qui renferment des carbonates, des chlorures, du calcium, du magnésium et des sulfates.

## Chapitre 1 : Généralité sur les eaux de surface

---

La présence de matières dissoutes totales dans l'eau peut modifier son goût. Des groupes de dégustateurs ont attribué des cotes de sapidité à l'eau potable en fonction de sa teneur en TDS :

Excellente, moins de 300 mg/l;

Bonne, entre 300 et 600 mg/l;

Passable, entre 600 et 900 mg/l;

Mauvaise, entre 900 et 1 200 mg/l;

Inacceptable, à plus de 1 200 mg/l.

L'eau ayant une très faible teneur en TDS peut, elle aussi, être inacceptable à cause de son goût plat et insipide (Santé Canada, 1991).

### 4.2.1.7. La dureté :

La dureté ou titre hydrotimétrique d'une eau est une grandeur reliée à la somme des concentrations en cations métalliques calcium, magnésium, aluminium, fer, strontium etc. présents dans l'eau, les cations ( $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$ ) étant généralement les plus abondants. Comme le calcium est un des ions les plus abondants, il devient donc un bon indicateur de la dureté de l'eau. Une eau à titre hydrotimétrie élevée est dit « dure » dans le cas contraire il s'agit d'une eau « douce » (Bahloul et Kerfah, 2017) dans (Durand et *al.*, 1999).

**Tableau 3:** plage de valeurs du titre hydrotimétrique (Bahloul et Kerfah, 2017).

TH (F°)	0 à 7	7 à 15	15 à 30	30 à 40	+40
Eau	Très douce	Eau douce	plutôt dure	dure	Très dure

### 4.2.2. Paramètres chimiques :

#### 4.2.2.1. Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) :

Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature et notamment dans les roches calcaire sous forme de carbonates. Est un élément majeur de la dureté totale de l'eau, le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables. Il existe surtout à l'état d'hydrogénocarbonates et en quantité moindre, sous forme de sulfates, chlorure etc. les eaux de bonne qualité renferment de 250 à 350 mg/l les eaux qui dépassent les 500 mg/l présente de sérieux inconvénient pour les usages domestique et pour l'alimentation des chaudières (Beldjilali et Arab , 2018). L'eau potable de bonne qualité renferme de 100 à 140 mg/L de calcium (Rodier, 2005)

### 4.2.2.2. Magnésium ( $Mg^{2+}$ ) :

Le magnésium est un des éléments le plus répandu dans la nature. Il constitue environ 2.1% de l'écorce terrestre. Il est un élément indispensable à la croissance. Il intervient comme élément plastique dans l'os et comme élément dynamique dans les systèmes enzymatique et hormonaux. Le magnésium constitue un élément significatif de dureté de l'eau. A partir d'une concentration de 100 mg/L et pour des sujets sensibles, le magnésium donne un goût désagréable à l'eau potable (Berne, 1972).

### 4.2.2.3. Sodium ( $Na^{2+}$ ) :

Ce métal, très abondant ne se rencontre pas naturellement à l'état natif mais toujours associé à d'autres éléments chimiques (comme le chlorure de sodium NaCl). Le sodium est ingéré quotidiennement par l'eau et les aliments qui en représentent la principale source (Savary, 2010). C'est un élément qui existe dans la totalité des eaux car la solubilité de ses sels est très élevée. Pour les eaux de bonne qualité chimique, la teneur en sodium doit être inférieure à 100 mg/l. La valeur proposée par l'OMS est fixée dans la limite de 200 mg/l, la même valeur préconisée par les normes algériennes (Gaagai. 2017).

### 4.2.2.4. Potassium ( $K^+$ ) :

C'est un élément alcalin, très réactif avec l'eau, on le retrouve dans les roches ignées et dans la nature sous forme de chlorure double dans de nombreux minerais. Il se retrouve aussi dans la végétation sous forme de carbonate. Le potassium provient de l'altération des formations silicatées (gneiss, schiste), des argiles potassiques et de la dissolution des engrais chimiques (NPK). C'est le 7ème élément le plus abondant à l'état naturel, beaucoup moins abondant que le sodium, et rarement présent dans l'eau à des teneurs supérieures à 20 mg/l. il ne représente aucun inconvénient particulier (Gaagai. 2017)

### 4.2.2.5. Chlorure ( $Cl^-$ ):

C'est un élément très abondant dans la nature, généralement sous forme de sels de sodium (NaCl), de potassium (KCl) et de calcium ( $CaCl_2$ ), les ions chlorures  $Cl^-$  dont la plus grande partie se trouve dans les océans, constituent environ 0,05 % de la lithosphère. De façon générale, l'ion chlorure est présent dans toutes les eaux à des concentrations variables. (Abaoub, 2015). Les teneurs en chlorure dans les eaux très différentes sont principalement liées à la nature du terrain traversé. Le plus gros inconvénient des chlorures est qu'à partir de 250 mg / litre, ils peuvent donner un goût désagréable à l'eau, surtout lorsqu'il s'agit de chlorure de sodium (Rodier, 2005).

### 4.2.2.6. Bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ) :

Le bicarbonate de sodium, également connu sous le nom de bicarbonate de soude, est une poudre blanche, inodore, soluble dans l'eau et présente dans l'eau de mer et tous les êtres vivants. Le bicarbonate de sodium aide à maintenir la richesse marine. Fait de sel et de calcaire, il a toujours été utilisé à de nombreuses occasions. Le bicarbonate a en effet des avantages insoupçonnés et faciles à mettre en œuvre ! C'est LE produit multi-usage qui vous sera utile dans de nombreux domaines : cuisine, entretien, jardin, soin du corps (WHO, 2003).

### 4.2.2.7. Sulfate ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) :

Le sulfate soluble dans l'eau provient de certains minéraux en particulier du gypse, où apparaît à partir de l'oxydation de minéraux sulfureux. La limite supérieure admise dans l'eau potable est 250 mg/l (Beldjilali et Arab, 2018) dans (Kemmer, 1984). La concentration en ion sulfate des eaux naturelles est très variable. Dans les terrains ne contenant pas une proportion importante de sulfates minéraux, elle peut atteindre 30 à 50 mg/l, mais ce chiffre peut être très largement dépassé (jusqu'à 300 mg /l) dans les zones contenant du gypse ou lorsque le temps de contact avec la roche est élevé (Rodier et al, 2009).

La présence de sulfate dans l'eau de boisson peut provoquer un goût perceptible, et des niveaux très élevés peuvent avoir un effet laxatif chez les consommateurs non habitués. L'altération du goût varie selon la nature du cation associé ; on a constaté que les seuils de goût varient de 250 mg/l pour le sulfate de sodium à 1000 mg/l pour le sulfate de calcium. On considère généralement que l'altération du goût est minimale à des niveaux inférieurs à 250 mg/l (WHO, 2011).

### 4.2.3. Les nutriments :

#### 4.2.3.1. Nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ):

Les nitrates sont des composés chimiques naturellement présents dans l'environnement. Ils proviennent de la fixation de l'azote atmosphérique, et proviennent également de la décomposition de la matière organique par oxydation bactérienne des nitrites et constituent ainsi l'ultime produit de la nitrification (Abboudi, et al. 2014). La présence de nitrates dans l'eau est un indice de pollution d'origine agricole (engrais), urbaine (dysfonctionnement des réseaux d'assainissement) ou industrielle (OMS, 1970).

### 4.2.3.2. Nitrite ( $\text{NO}_2^-$ ) :

Les nitrites sont considérés comme étant des ions intermédiaires entre les nitrates et l'azote ammoniacal, ce qui explique les faibles quantités rencontrées en milieu aquatique. (Abboudi, et al. 2014)

### 4.2.3.3. L'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) :

L'azote ammoniacal est fréquent dans les eaux superficielles. Il a pour origine la matière organique végétale et animale des cours d'eau. La nitrification des ions ammonium se fait en milieu aérobie faible. En général, l'ammonium se transforme assez rapidement en nitrites et nitrates par oxydation bactérienne (Brmenond et *al.*, 1973).

L'ammonium doit être éliminé dans les eaux de consommation car c'est un aliment qui peut permettre à certaines bactéries de se proliférer dans les réseaux de distribution (Bouzidi et Chelihi. 2017) (dans Tremblay, 1995 ; Mouly et *al.*, 2008)

### 4.2.3.4. Phosphate ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) :

Les phosphates sont parmi les anions facilement fixés par le sol, leur présence dans les eaux naturelles, proviennent principalement de l'activité agricole, les eaux usées domestique et de l'activité industriel. Le phosphore joue un rôle essentiel dans le développement des algues, il est susceptible de favoriser leur prolifération dans les réservoirs, les canalisations de grand diamètre et les eaux des lacs où il contribue à l'eutrophisation (Bouzidi et Chelihi. 2017)

## 4.2.4. Les paramètres organiques globaux :

### 4.2.4.1. La demande biologique en oxygène ( $\text{DBO}_5$ ) :

La demande biologique en oxygène est la quantité d'oxygène utilisée en 5 jours par la dégradation naturelle. Parmi les substances organiques consommatrices d'oxygène, on trouve l'azote, le phosphore et le carbone. Le principal effet de l'ajout de substances organiques dégradables dans le milieu naturel est la consommation d'oxygène produit. En effet, la présence de microorganismes dans les eaux permet la dégradation en éléments plus simples, de certaines substances plus complexes d'origine naturelle (végétaux ou animaux morts) ou artificielles (eaux usées). Or, cette activité de dégradation ou auto-épuration, est consommatrice d'oxygène. Il nous a paru évident d'évaluer cette pollution organique en quantité d'oxygène demandée. La  $\text{DBO}_5$  exprime la quantité d'oxygène nécessaire à la dégradation des matières organiques, avec le concours des microorganismes, dans des conditions données et sur une période fixée à cinq jours (Bouslah. 2018).

### 4.2.4.2. La demande chimique en oxygène (DCO) :

Elle représente la quantité d'oxygène consommée, exprimée en milligrammes par litre, par les matières oxydables chimiquement contenues dans un effluent. La DCO correspond à la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation par voie chimique, effectuée à l'aide d'un oxydant puissant, des composés organiques présents dans l'eau. Elle permet de mesurer la teneur en matières organiques totales (excepté quelques composés qui ne sont pas dégradés), y compris celles qui ne sont pas dégradables par les bactéries. Il s'agit donc d'un paramètre important permettant de caractériser la pollution globale d'une eau par des composés organiques (Boussah. 2018).

### 4.2.4.3. Le rapport DCO/DBO<sub>5</sub> :

Le rapport DCO/DBO<sub>5</sub> a une importance pour la définition de la chaîne d'épuration d'un effluent. En effet, une valeur faible du rapport DCO/DBO<sub>5</sub> implique la présence d'une grande proportion de matières biodégradables. Une valeur importante de ce rapport indique qu'une grande partie de la matière organique n'est pas biodégradable (Idrissi, et al. 2015). La DBO<sub>5</sub> d'une eau de surface non polluée varie entre 2 et 20 mg/l. Les mesures qui vont au-delà indiquent alors que l'eau est polluée. Le rapport DCO/DBO<sub>5</sub> donne un indice sur la provenance et l'origine de la pollution organique. Les mesures se rapprochant de 1 du rapport DCO/DBO<sub>5</sub> une très bonne biodégradabilité (Bouacid et Benayed, 2020)

On convient généralement des limites suivantes:

- $DCO/DBO_5 < 2$  : l'effluent est facilement biodégradable ;
- $2 < DCO/DBO_5 < 3$  : l'effluent est biodégradable ;
- $DCO/DBO_5 > 3$  : l'effluent n'est pas ou très peu biodégradable (Benkadour, 2018)

### 4.2.4.4. La matière organique MO :

La matière organique dans les eaux superficielles englobe une importante variété de molécules d'origine organique. Ce sont les molécules de petite taille qui posent un problème pour le traitement des eaux brutes destinées à la consommation humaine. Cette matière organique se trouve naturellement dans l'eau lorsqu'elle résulte du lessivage des sols (source exogène au milieu aquatique) ou qu'elle dérive de la biomasse aquatique (source endogène). Les activités humaines peuvent avoir une influence directe sur les sources exogènes, notamment sur le stock lessivable/transportable des sols ainsi que sur les conditions de lessivage et de transport de ce stock, mais aussi en émettant ponctuellement de la matière organique.

Les activités anthropiques pourraient bien aussi augmenter indirectement les sources endogènes de matière organique en stimulant la production primaire par réduction des facteurs limitant de croissance associée aux concentrations en nutriment. La matière organique suit la même distribution que la DCO (Bouslah, 2018).

### 5. Norme et classes de qualité des eaux superficielles :

Le Système d'Evaluation de la Qualité des eaux superficielles (SEQ) a mis en place un outil d'évaluation qui permet d'avoir une connaissance de l'état globale d'une eau superficielle, et de pouvoir suivre son évolution dans le temps. L'ABH a inspiré du SEQ eau pour classer les eaux superficielles (Tab. 5). Cette classification repose sur une grille de la qualité des eaux superficielles.

**Tableau 4:** Grille de la qualité des eaux superficielles (ABH, 2009).

Classe Paramètre	unité	Très bonne	Bonne	Passable	Mauvaise	Très mauvaise
Conductivité	µS/cm	180-2500	120-3000	60-3500	0-40000	>4000
O2 dissous	mg/l	>7	5 à 7	3 à 5	<3	0
DBO5	mg/l d'O2	3	6	10	25	>25
DCO	mg/l d'O2	20	30	40	80	>80
NO3-	mg/l	2	10	25	50	>50
NO2-	mg/l	0.03	0.3	0.5	1	>1
NH4+	mg/l	0.5	1.5	2.8	4	>4
PO43-	mg/l	0.1	0.5	1	2	> 2

### 6. Pollution de l'eau de surface :

La pollution de l'eau dans le sens large est définie comme «toute modification défavorable des caractéristiques naturelles (biologiques ou physico-chimiques) dont les causes sont directement ou indirectement liées aux activités humaines (Khattab et Chemmam, 2017) (dans Dictionnaire Larousse 2004), et qui a un effet nocif sur l'homme ou sur les êtres vivants. La pollution de l'eau peut aussi rendre l'eau inutilisable pour l'usage désiré (Merouani et Bouguedah, 2013)

#### 6.1. Selon l'origine :

##### 6.1.1. Origine naturelle :

La pollution d'origine naturelle est toute pollution modifiant de manière indésirable les différentes propriétés de l'eau, ceci de façon naturelle et non pas anthropique. Parmi les sources de pollution d'origine naturelle on trouve les éruptions volcaniques, les incendies, les marais, le contact avec les filons, ou gisements d'éléments toxiques (mercure, arsenic, éléments radioactifs) et la présence d'une source thermo-minérale (Acila, 2012).

### 6.1.2. Origine domestique :

La pollution domestique se caractérise par la présence des germes fécaux, de fortes teneurs en matières organique, des sels minéraux et des détergents, elle peut être responsable de l'altération des conditions de transparence et d'oxygénation de l'eau ainsi que du développement de l'eutrophisation dans les rivières. Elle est due principalement aux rejets domestiques (eaux de lavage, huiles de vidange, matières fécales). (Mokdadi et Messai, 2015).

### 6.1.3. Origine industrielle :

Elle constitue la 2<sup>ème</sup> source de pollution des eaux de surface et souterraines et peut avoir des causes variées. Les plus fréquentes sont les dépôts de déchets, les bassins d'eau de lavage ou de traitement de l'industrie minière, métallurgique ou chimique, qui ont été placés sans précautions, à même le sol, sur des terrains trop perméables. Les installations de stockage ou de transport des produits et déchets des complexes chimiques, raffineries, papeteries, industries alimentaires, peuvent aussi donner lieu à des pollutions chroniques ou accidentelles. Cette pollution est caractérisée par :

- des matières organiques et graisses (industries agro-alimentaires)
- des hydrocarbures (raffineries)
- des métaux (traitement de surface métallurgique)
- des acides, bases et produits chimiques divers (industries chimiques)
- de l'eau chaude (circuits de refroidissement des centrales thermiques)
- des matières radioactives (centrales nucléaires) (Touhari, 2015) (dans Gaujous, 1995).

### 6.1.4. Origine agricole :

L'agriculture, l'élevage, l'aquaculture et l'aviculture sont responsables du rejet de nombreux polluants organiques et inorganiques dans les eaux de surface et souterraines. Ces contaminants comprennent à la fois des sédiments provenant de l'érosion des terres agricoles, des composés phosphorés ou azotés issus des déchets animaux et des engrais commerciaux, notamment des nitrates. Utilisation des engrais en agriculture: La modernisation de l'agriculture et son intensification ont été généralement accompagnées d'une utilisation abusive et non rationnelle des engrais azotés, notamment. Utilisation des pesticides en agriculture: les pesticides sont utilisés en agriculture pour protéger les cultures et les récoltes contre les insectes prédateurs afin d'augmenter les rendements (Mokdadi et Messai, 2015).

### **6.2. Selon le type de pollution :**

#### **6.2.1. Pollution physique :**

##### **6.2.1.1. Pollution thermique :**

La pollution thermique est l'augmentation ou la diminution de la température de l'eau par rapport à la température "normale" et qui affecte la vie aquatique. La pollution thermique provoque un réchauffement de l'eau qui peut être progressif ou brutal et généralement causée par les eaux des circuits de refroidissement des usines (Boumaza, 2017), en effet tout changement de température de l'eau a des conséquences significatives sur l'équilibre écologique du milieu aquatique naturel et la survie des organismes vivants (Benkadour, 2018).

##### **6.2.1.2. Pollution radioactive :**

Liée aux rejets des éléments radioactifs par les installations et les centrales nucléaires ainsi que les usines de traitement de déchets radioactifs (Benkadour, 2018).

#### **6.2.2. Pollution chimique :**

Provoquée par le rejet dans les rivières et fleuves de matières organiques ou minérales. Il s'agit principalement des eaux d'égouts urbains, des effluents des industries agricoles et alimentaires, et d'une partie des eaux de papeteries et d'industries textiles, les matières organiques non biodégradables. Pour leurs origines, on retrouve les trois rubriques classiques:

- Effluents industriels: acides, phénols, cyanures, détergents, hydrocarbures
- Effluents agricoles : épandage excessif d'engrais de pesticides.
- Effluents urbaines : détergents etc (Boumaza, 2017).

##### **6.2.3. Pollution biologique :**

Les eaux de surfaces polluées contiennent tous les microorganismes excrétés avec les matières fécales. Cette flore entérique normale est accompagnée d'organismes pathogènes. L'ensemble de ces organismes peut être classé en quatre grands groupes, par ordre croissant de taille: les virus, les bactéries, les protozoaires et les helminthes (Aissaoua et Lhmar, 2019).

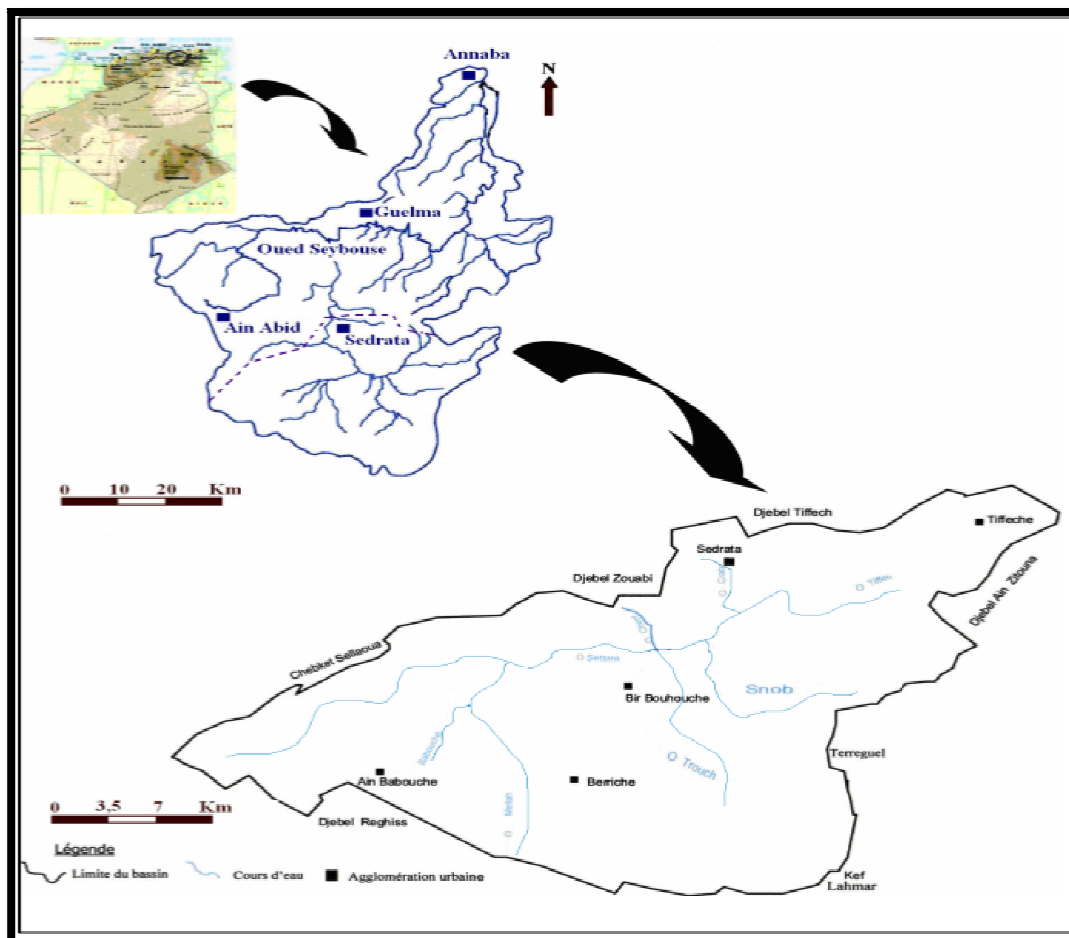
##### **6.2.4. Pollution organique :**

La pollution organique des eaux, provenant des eaux usées domestiques et des industries agroalimentaires, provoque une surconsommation d'oxygène (nécessaire à sa dégradation) et peut entraîner la mort de la vie aquatique. Elle peut également provoquer l'apparition ou la mise en solution de produits non désirables (métaux ammoniac, sulfure). (Chergui, 2014).

### 1. Présentation de la zone d'étude :

#### 1.1. Situation géographique de bassin versant d'oued Charef :

Notre zone d'étude représente le sous bassin d'oued Charef, faisant partie du bassin versant de la Seybouse. Le sous bassin d'Oued Charef est situé dans la partie Nord-Est du territoire algérien, selon l'agence des bassins hydrographiques (ABH). Il constitue la région limitrophe de trois wilayas: Guelma, Souk Ahras et Oum El Bouaghi avec une superficie de 2900 Km<sup>2</sup> et une longueur de 88,61 Km (ABH, 1999). Oued Charef se réunit avec oued Bouhamdane (37.49Km) à Medjez Amar (36° 26' 35. 82" N, 7° 18' 39. 36" E) pour donner naissance à l'oued Seybouse (134.74Km), celui-ci se termine dans la mer méditerranée au Nord algérien, après un parcours de 160Km (Bensakhri, 2015), le bassin est délimité par les versants montagneux, au Nord par: Dj Tiffech, massif de Ras el Alia, Dj Zouabi; au Sud par: Dj Ezzorg, Koudiat Edabdaba, et Dj Lahmar; à l'Est par: Dj Kebarit, Dj Teraguelet, Dj Ain Zitouna et à l'Ouest par: Dj Sidi Réghiss et Chebkat Sellaoua (Halimi, 2008).



**Figure 8:** Situation géographique du sous bassin d'oued Charef/Sadrata (sous bassin de la Seybouse) (Halimi, 2008)

### 1.2. Situation géologique du bassin versant d'Oued Charef :

Selon les travaux géographiques anciens réalisés par plusieurs auteurs notamment Vila, (1973), le bassin versant Charef est caractérisé par une composition géologique très complexe appartenant au domaine néritique du sud constantinois qui se décompose en deux types de nappes à unité allochtones:

- Unité écaillée à dominance marneuse ou marno-calcaire du Sellaoua, qui se présente en forme de Klippe d'Oued Settara- Bir Bouhouche.
- Unités mixtes de Djebel Hammimat à faciès caillés de l'Oued au Nord et de Djebel Hammimat au Sud. Et le domaine para-autochtone et autochtone nord aurésien: Qui se présente en formation Gréseuse généralement surmontée par des calcaires lacustres à petits débris de Gastéropodes.

**Tableau 5:** Résultat géotechnique de sous bassin Charef (ONID)

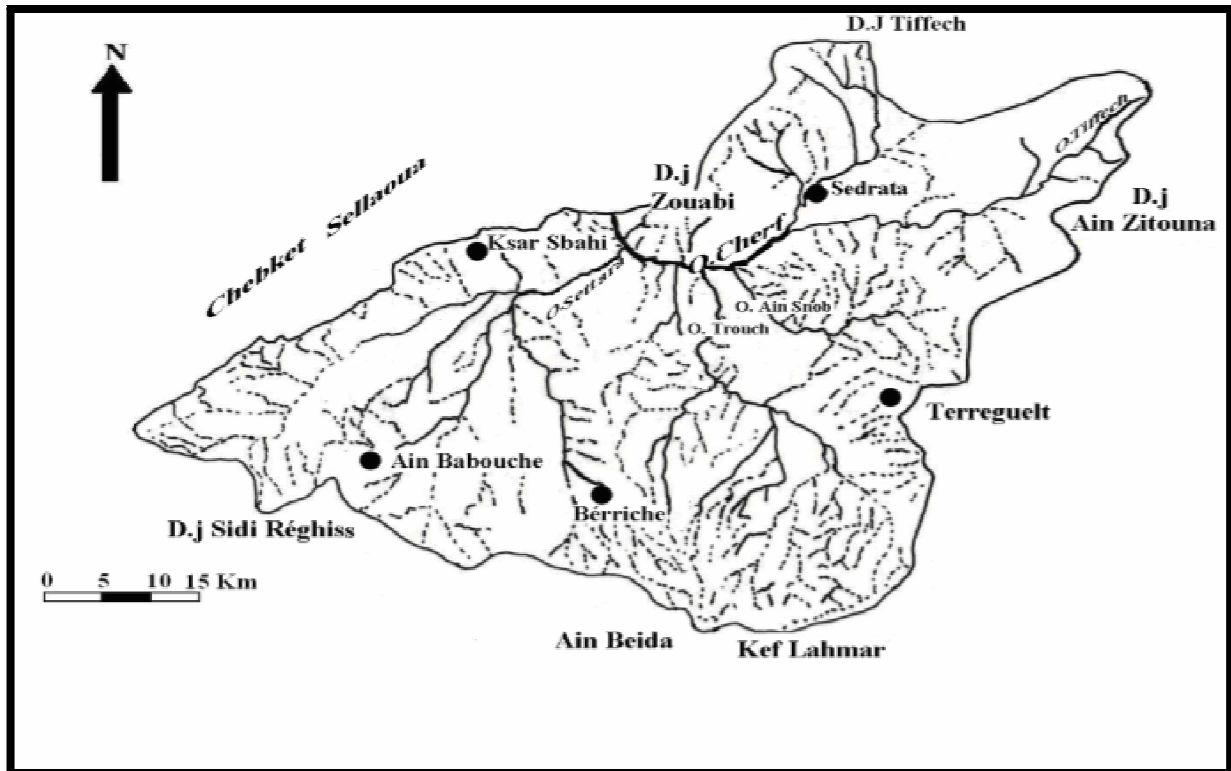
Caractéristique géotechnique	Exprimée	Valeur
Densité sèche optimale	T/m <sup>3</sup>	1.3
Densité du prisme de drainage	T/m <sup>3</sup>	2.50
Densité du des grains solide	T/m <sup>3</sup>	1.55
Angle de frottement total	(°)	32
Cohésion total	bars	0.23
Pois spécifique des sédiments	T/m <sup>3</sup>	1,6
Poids volumique du sable	T/m <sup>3</sup>	1.65
Poids volumique du sol saturé	T/m <sup>3</sup>	2.14
Angle de frottement effectif	(°)	20
Coefficient de sismicité de la zone d'étude	\	0.523
Coefficient de perméabilité	m/s	10 <sup>-8</sup>
Coefficient de proportionnalité qui dépend du type de sol	\	2,5

A l'aval du sous bassin Charef et à l'endroit de l'installation de la prise d'eau, le miocène est à dominance marneuse; il s'agit de grès matrice calcaire très friable et de marnes de sédimentation marine. Les pendages sont dirigés vers le Nord et la topographie met en évidence des blancs durs de grès calcareux moins vite érodés que les marnes. Sur la rive droite et sur le flanc de Djebel Zouabi, les formations gréseuses du miocène sont recouvertes par des marnes à gypses, à sel gemme et à dolomies du trias; celles-ci se développent sur 10 Km de l'est jusqu'à la commune de Ksar Sbahi Sur la rive gauche, environ 04 Km de l'ouest du site, on observe sur le versant sud de L'anticlinal de Kef bllel la Klippe de l'Oued Settara qui est composée de terrains d'âge albien à faciès marneux schisteux de couleur de grive et de bio-micrites à patines grises. Le vraconien et le cénomaniens basal à faciès marneux et de bio-

micrites en petits blancs délimités au sud par les affleurements de l'Oued Settara, surmontent les formations allochtones de Sallaoua. Plus au sud ces formations chevauchent l'échelle de Djebel Hammimat. Plus au sud encore, on observe également la Klippe de Bir Bouhouche composée essentiellement de terrains miocènes, Crétacés et triasiques (Baaloul et Brahim, 2015).

### **1.3. Le réseau hydrographique du bassin d'oued Charef :**

Dans le bassin de l'oued Charef / Sedrata, l'oro-hydrographie est assez simple dans son ensemble. Les différents oueds et leurs affluents convergent tous vers l'exutoire où est installée la station hydrométrique Moulin Rochefort. C'est en ces endroits que l'oued Charef proprement dit a réalisé sa capture par érosion régressive à travers le Tell méridional pour venir récupérer les eaux des hautes plaines autrefois sans écoulement vers la mer. Plusieurs oueds drainent aujourd'hui ces grands espaces. A l'Est, l'oued Tiffech qui suit l'axe de la plaine synclinale du même nom. Le synclinal qui forme la plaine de Khamissa est traversé par l'oued Crab grossi de l'oued Behezz, de l'oued Ain Sfa et de l'oued Es Souk vers lesquels s'écoulent les eaux provenant du versant Sud de la chaîne Atlasique. L'oued Crab qui se jette dans l'oued Tiffech qui devient l'oued Hamimine en aval, ce dernier et l'oued Crab, se réunissent au Sud Ouest de Sedrata et donnent l'oued Charef qui passe au pied du Dj Zouabi, vient en suite l'oued Ain Snob qui prend sa source dans le chott El Magéne et le Dj Teraguelet aux points les plus éloignés du grand bassin de la Seybouse. L'oued Settara formé de l'oued de Ain Babouche et de l'oued El Mebdoua; ces affluents sont alimentés par les petits cours d'eau qui descendent du Dj Sidi Reghiss au Nord de Oum El Bouaghi et du flanc Est de la chaîne de Chebkat Sellaoua (Halimi, 2008).



**Figure 9:** Carte de réseau hydrographique de bassin d'oued Charef/Sadrata (Halimi, 2008)

#### 1.4. Le barrage d'oued Charef :

Le barrage d'oued Charef est construit en 1994, s'étale sur une superficie de 1735 km<sup>2</sup> avec un périmètre de 190 Km (Figure 10). Il est situé dans la partie Nord-Est du territoire algérien sur l'Oued Charef au lieu dit Foum El-Khanga à mi-distance, entre Sedrata et Ksar Sbahi (20 km environ de part et d'autre), il constitue la région limitrophe de trois wilaya: Souk Ahras; Guelma et Oum El Bouaghi et regroupe 7 daïras et 16 communes (Allalguia et al, 2017).

L'ouvrage est situé dans une région qui fait partie des hautes plaines constantinoises, il est entouré par les reliefs de Dj. Zouabi (1164 m) et Dj. Kef El Bellal (1024 m). Sa capacité de stockage est de 157 Hm<sup>3</sup> tandis que son volume régulier est seulement de l'ordre de 30 Hm<sup>3</sup>, du point de vue administratif, le barrage fait partie de la commune de Zouabi et géré par la subdivision d'hydraulique de Sedrata (wilaya de Souk Ahras) (Athmania, 2002).



**Figure 10:** Situation géographique du barrage d'oued Charef (ABH)

### 1.4.1. Caractéristique hydrologique :

- Superficie du bassin versant : 1735 Km<sup>2</sup>
- Périmètre : 190 Km
- Longueur : 70.9 m
- Largeur : 24.1 m
- Altitude maximum : 1635 m
- Moyenne : 960 m
- Minimum : 705 m
- Longueur du talweg : 46 Km (Athmania, 2002).

### 1.4.2. Caractéristique de la retenue d'eau :

- Cote de retenue normale (NNR): 745.00 m.
- Capacité initiale à la RN: 157.00 Hm<sup>3</sup>.
- Surface de la retenue à la cote normale: 1287.18 Ha.
- Cote de retenue maximum (PHE): 750.00 m
- Capacité de retenue à la PHE: 229.85 Hm<sup>3</sup>.
- Surface de la retenue à la PHE: 1820.07 Ha
- Capacité après levé bathymétrique en 2004: 152.650 Hm<sup>3</sup>.
- Capacité utile: 141.00 Hm<sup>3</sup>.
- Volume annuel régularisable: 30 Hm<sup>3</sup>.
- Apport moyen annuel: 33 Hm<sup>3</sup> (Athmania, 2002).

### 1.4.3. Evacuateur de crues :

Implanté en rive droite dimensionné pour le débit laminé de 2200 m<sup>3</sup>/s correspondant à la crue d'une période de retour de 1000 ans pour laquelle le débit d'entrée dans le réservoir est de 2800 m<sup>3</sup>/s avec les caractéristiques suivantes:

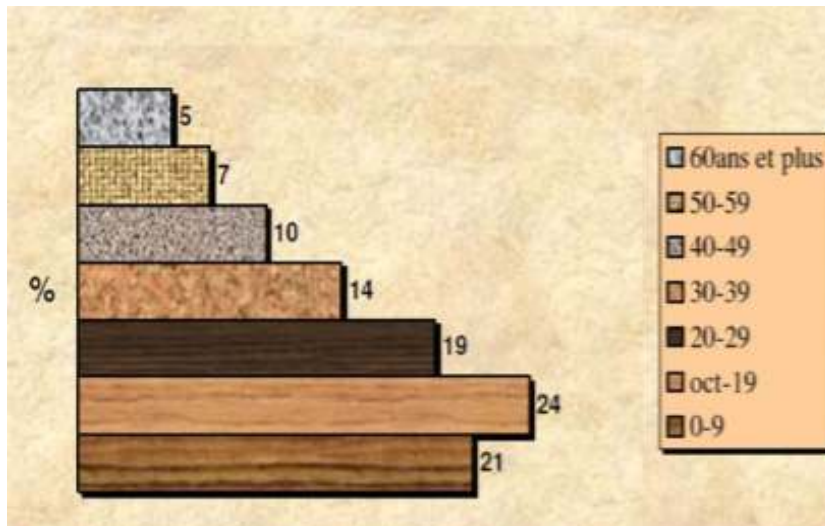
- déversoir à la cote 745.00 m de type latéral à seuil libre de 103.60 m de longueur.
- coursier en béton de 142.66 m de longueur et 25 m de largeur.
- cuillère de dissipation type saut de ski (Chibane et Moussaoui, 2015).

### 1.5. Anthropisation et occupation du sol:

L'étude d'aménagement hydro agricole du sous bassin versant faite par Energoprojekt, (2003) a dégagé trois unités pédologiques. Il s'agit des sols peu évolués, des vertisols et des sols calcimagnésiques bruns calcaires. Ces sols ont en général une structure polyédrique subangulaire fine à moyenne. La texture y est argilo-limoneuse. Le taux de CaCO<sub>2</sub> dépasse 12%, le pH se situe entre 8 et 8,5 et est rarement supérieur à 8,5. La conductivité électrique est inférieure à 2000 μS/cm, le taux de la matière organique est irrégulier, et varie dans les premiers horizons entre 0,15 et 3% (Ababsa, 2007).

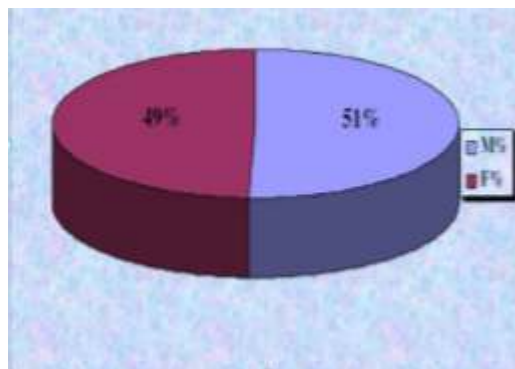
#### 1.5.1. La population :

Le bassin d'oued Charef/Sedrata s'étend sur une superficie de 1735 Km<sup>2</sup> avec une population de l'ordre de 193676 d'habitants, répartie sur deux wilayas et sept daïras, suivant les recensements 2006 avec un taux d'accroissement de 1,94 % et une densité moyenne de l'ordre de 111 hab/Km<sup>2</sup>.



**Figure 11:** Répartition de la population du bassin versant de l'oued Cherf/Sedrata selon le groupe d'âge. (Halimi, 2008).

Les répartitions de la population du bassin versant d'oued Charef / Sedrata selon le sexe montrent qu'il existe presque une égalité entre les sexes masculin et féminin (Halimi, 2008)



**Figure 12:** Répartition de la population du bassin de l'oued Cherf / Sedrata selon le sexe (Halimi, 2008).

### 1.5.2. Agriculture:

Le potentiel en sol du bassin versant d'oued Charef / Sedrata présente des formations qui ont donné naissance à des sols aptes aux cultures céréalières et fourragères, cultures industrielles et maraîchères et certaines espèces arboricoles (DSA. Souk Ahras, Oum Bouaghi; 2003). Le bassin d'oued Charef est constitué de trois périmètres irrigués (Fig.13): Sedrata/Zouabi (4052 ha), Ksar Sbahi (2955 ha) et le périmètre d'Ain Babouche (1880 ha) (Halimi, 2008).

### 1.5.2.1. Le périmètre de Sedrata / Zouabi :

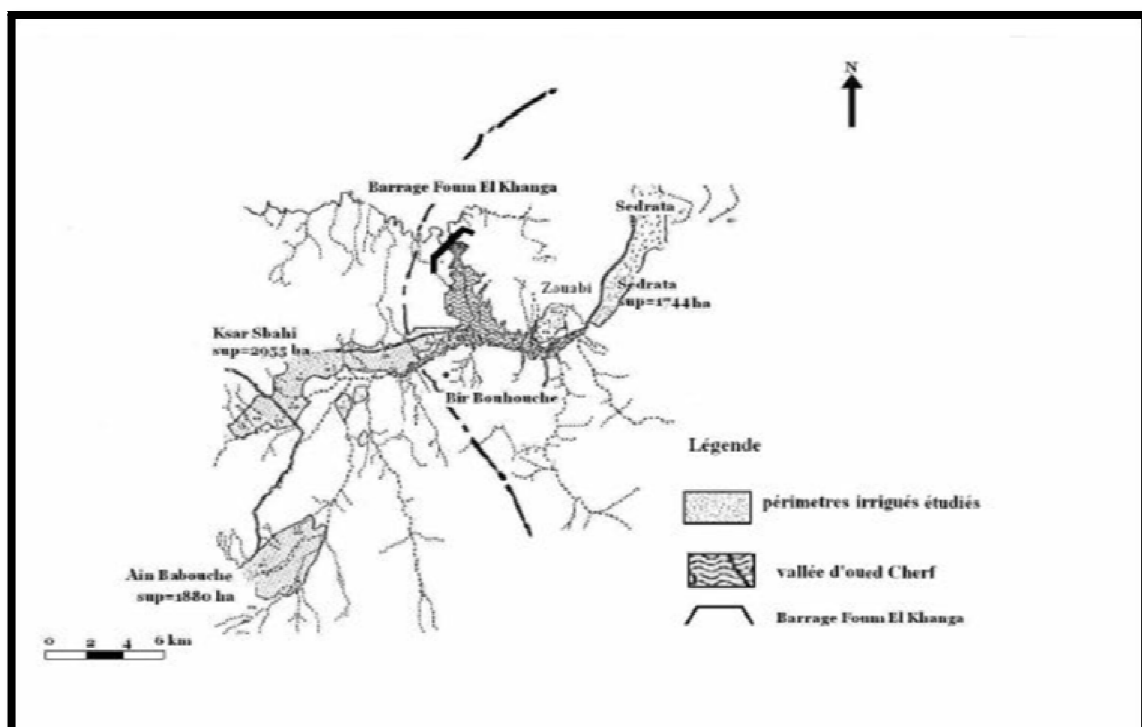
Le périmètre irrigué de Sedrata / Zouabi se localise dans la partie Nord-Est du bassin versant d'Oued Charef et s'étale sur une superficie de 4052 ha, ce périmètre appartient à la wilaya de Souk Ahras. Le périmètre irrigué de Sedrata/Zouabi est irrigué à partir des eaux du barrage d'Oued Charef (Chibane et Moussaoui, 2015).

### 1.5.2.2. Le périmètre de Ksar Sbahi :

Le périmètre irrigué de Ksar Sbahi est la majeure partie de la commune de Ksar Sbahi dans la wilaya d'Oum Bouaghi, situé sur la rive gauche d'Oued Settara, le périmètre irrigué de Ksar Sbahi se présente sous forme d'un plateau, la superficie étudiée est de l'ordre de 4800 ha, à dégager 2955 ha de terres irrigables (Chibane et Moussaoui, 2015).

### 1.5.2.3. Le périmètre d'Ain Babouche :

Le périmètre irrigué d'Ain Babouche se situe dans la commune d'Ain Babouche dans la wilaya d'Oum Bouaghi, il se présente sous forme d'un plateau, la superficie étudiée est de l'ordre de 1887 ha, à dégager 1880 ha de terres irrigables (Chibane et Moussaoui, 2015).



**Figure 13:** Plan de situation des différents périmètres irrigués du bassin d'oued Charef /Sedrata (Chibane et Moussaoui, 2015).

### 1.5.3. L'industrie :

Depuis 1970; le nombre des unités industrielles a augmenté en raison de l'accroissement démographique ainsi que le niveau de vie des populations. Le bassin versant de l'oued Charef/Sedrata est à vocation agricole, leur tissu industriel est moins dense, deux usines sont implantées dans la zone de Sedrata. L'une de fabrication des cahiers (CAP Mansouri), et l'autre celui de fabrication des serrures (ENAS) avec quelques unités industrielles de type agro-alimentaire qui sont implantées à la périphérie des zones agricoles (Bir Bouhouche, Ksar Sbahi ...etc.) (Halimi, 2008).

### 1.5.4. Le couvert végétal :

La végétation est le résultat des facteurs: climat, relief, lithologie où s'ajoute le facteur humain (défrichement, reboisement). Elle est un facteur de restriction si elle est bien maintenue. La couverture végétale protège le sol contre l'érosion, améliore la capacité d'infiltration des eaux dans le sol, diminue le ruissellement superficiel et apporte au sol des matières organiques (feuilles, branches,...etc.).

La végétation dans le bassin de l'oued Charef reste étroitement liée à la pluviométrie, et quand cette dernière est inférieure à 500 mm/an, la végétation est peu dense, la steppe d'Alfa domine. Seuls Dj Reghiss et Dj Tiffech sont recouverts de vastes forêts de type Atlasique constituées surtout de pins d'Alep et de genévriers rouges, ils sont en expansion par les reboisements récents en pin d'Alep mais aussi en cyprès et en Eucalyptus (Halimi, 2008). En revanche, dans le Bas-Charef; la zone de transition avec le Tell; la végétation est plus diversifiée (Louamri, 2013).

Pour le domaine agricole, il comporte tous les terrains à vocation agricole cultivées ou laissés en jachère, les terrains agricoles occupent plus de 65 % de la totalité du bassin versant, pour les cultures pratiquées on peut citer: céréale; cultures maraîchères ...etc. Malgré les conditions pédologiques très favorables pour mettre en place une culture intensive, le secteur agricole est caractérisé par un embouteillage dont les causes sont d'ordre multiple. Parmi ces causes, on note les conditions climatiques qui ont une tendance vers l'aridité.

L'érosion est intense pendant l'hiver à cause de l'absence de couverture végétal et de la nature du sol, la pente topographique change en moyenne de 2% sur les hautes plaines à 14% sur les montagnes (Halimi, 2008).

### 2. Méthode de mesure des éléments physiques :

Suite à l'année exceptionnelle 2020 qui a été marquée par la pandémie de Covid-19, la période consacrée à l'élaboration des projets de fin d'étude a été réduite à quelques mois ce qui ne nous a pas permis de faire l'échantillonnage sur une période conséquente pour répondre aux objectifs du travail, par conséquent, notre encadreur (Dr ZIOUCH) nous a fournis ses propres données originales et non exploitées de l'année 2012.

Les mesures des paramètres physiques ont été effectuées deux fois par mois au cours de l'année 2012 (Janvier-Décembre) dans trois (03) stations (Fig. 17) :

Station 1 : A l'amont 1 du barrage de Charef (Oued Sbihi, Fig. 14)

Station 2 : A l'amont 2 du barrage de Charef (Oued Sedrata, Fig. 15)

Station 3 : A l'aval du barrage de Charef (Fig. 16)



**Figure 14.** Station 1 A l'amont 1 du Barrage de Charef (Oued Sbihi).



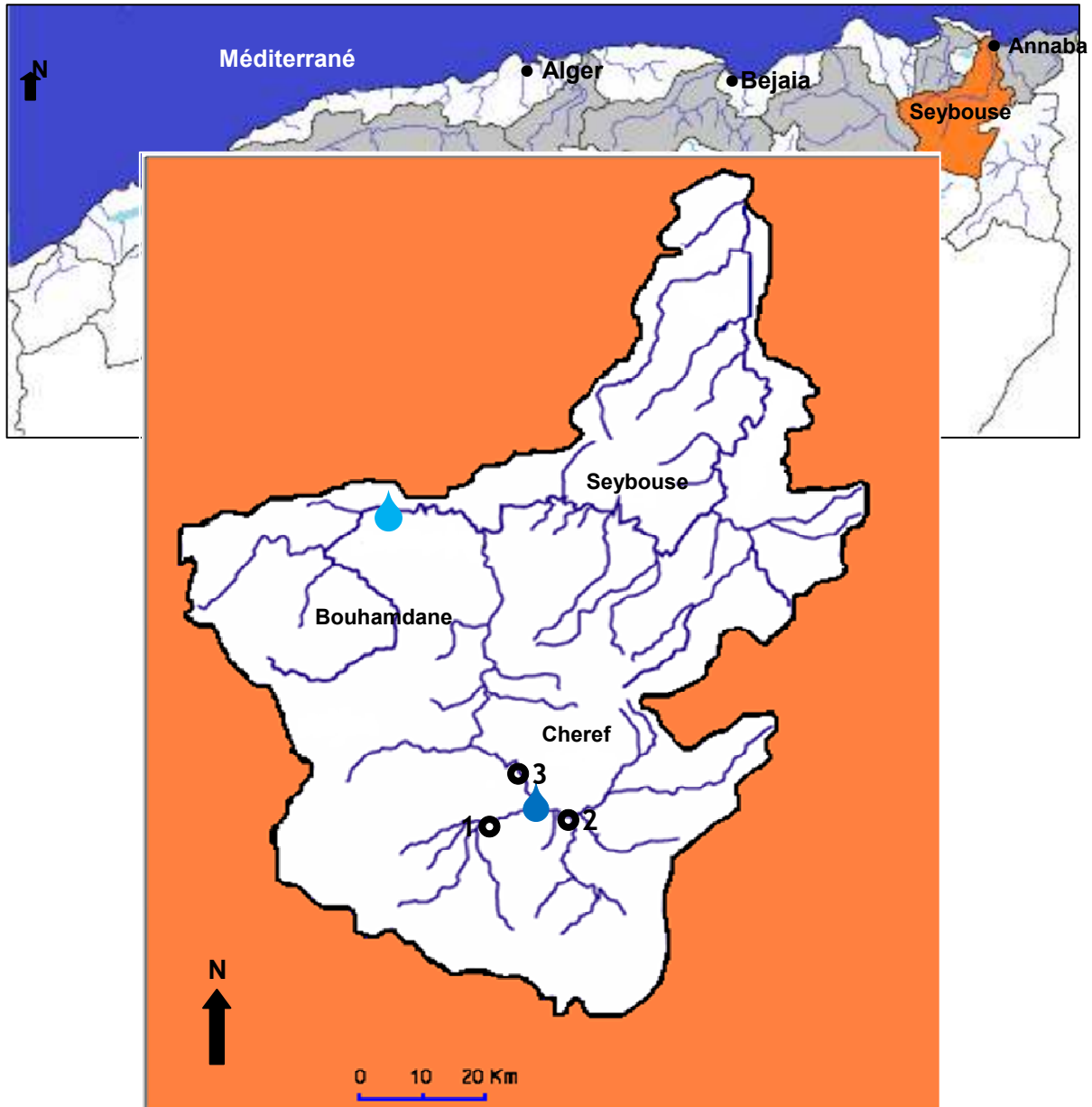
**Figure 15.** Station 2 A l'amont du barrage de Charef (Oued Sedrata).






**Figure 16.** Station 3: A l'aval du Barrage de Charef. (D'après Allègue, 2017)

## Chapitre 2 : Matériels et méthodes

Selon les pluies qui sont en général irrégulières et mal réparties dans l'année. Le régime pluvial durant l'année 2012 se caractérise par la présence d'une période humide s'étalant de Décembre à Mai et d'une période sèche pour le reste de l'année (Juin-Novembre).



**Figure 17:** Carte géographique qui représente le bassin de Seybouse et les stations d'échantillonnage;  : Barrage Bouhamdane,  : Barrage Charef,  : Stations **1**: Pont ksar sbihi (amont barrage Charef 1), **2**: Zouabi (amont barrage Charef 2), **3**: Aval barrage Charef,

**Tableau 6.** Les stations d'échantillonnage et leurs caractéristiques.

Station	Coordonnées	Altitude (m)
St 1	36°03'10.90"N 7°19'41.52"E	754
St 2	36°04'28.33"N 7°29'39.34"E	753
St 3	36°06'57.90"N 7°22'56.84"E	712

### 2.1. Mesures des paramètres physiques :

Les relevés de température (°C) et de salinité (Practical Salinity Unit ou P.S.U) et la conductivité électrique en (ms/cm) et le total des solides dissous (total dissolved solids) en mg/l ont été effectués à l'aide d'un Multi paramètre wtw 1970i (Fig. 18).



**Figure 18.** Le Multi paramètre wtw 1970i.

Ces paramètres facilement mesurables et utiles pour la détermination de l'état chimique des polluants dans l'eau (Mesure in situ).

### 2.2. Estimation des flux d'eau (Débit liquide) :

Des difficultés pratiques nous ont empêché l'usage du courantomètre dans les stations d'échantillonnage pour l'estimation des vitesses des courants d'eaux. Les vitesses de courant ont été calculées en jetant un objet flottant sur une distance connue. En connaissant la surface de la section mouillée, le débit des eaux a donc été approximé de façon intuitive. L'unité utilisée le plus couramment pour le débit est le mètre cube par seconde ( $m^3/s$ ).

$$\text{Débit (m}^3 \text{ s}^{-1}\text{)} = \text{Vitesse de courant (m s}^{-1}\text{)} * \text{surface de la section (m}^2\text{)}$$

### 2.3. Estimation des flux de TDS (Débit solide) :

Les flux instantanés de TDS ont été calculés en multipliant leurs concentrations respectives par le débit fluvial et exprimés en kg jour<sup>-1</sup>. Le flux annuel de TDS a été estimé en utilisant la méthode du débit instantané moyen (Preston et *al.*, 1989).

$$F = K \sum_{i=1}^n \frac{C_i Q_i}{n}$$

où F est le débit annuel (tonnes par an ou t an<sup>-1</sup>); C<sub>i</sub> est la concentration de TDS (kg m<sup>-3</sup>); Q<sub>i</sub> est le débit instantané concomitant (m<sup>3</sup> j<sup>-1</sup>); n est le nombre de jours des données de concentration et K est le facteur de conversion en tenant compte de la période d'étude (365 jours) et de l'unité d'estimation.

### 2.4. Estimation du temps de séjour hydraulique (TSH) :

Le temps de séjour hydraulique correspond au temps total requis par l'eau pour s'écouler à travers tout le système. Le TSH est calculé en divisant le volume total par le débit d'eau entrant. Sous forme de formule, cela donne :

$$\text{TSH (heures)} = \text{Volume Total (m}^3\text{)} / \text{Débit entrant (m}^3\text{/h)}$$

En résumé, le temps de séjour hydraulique exprime combien de jours ou heures l'eau est présente dans le barrage, Il est exprimé en terme d'heurs et peut être convertit ainsi en jours, en mois ou même en années.

### 2.5. Analyses statistiques :

Les analyses statistiques ont été effectuées à l'aide de la version d'essai Statgraphics Centurion XVIII 18.1.11 (Statpoint Inc., États-Unis). L'ensemble de données a été testé par ANOVA à un facteur et exprimé en moyenne pour comparer la différence entre les échantillonnages bimensuels de matériel dans les stations amont et aval avec un seuil de signification à P = 0,001. Les relations entre les 15 paramètres hydrologiques mesurés dans 48 échantillons à chaque station (amont et aval) ont également été évaluées avec le coefficient de corrélation calculé à l'aide du même logiciel.



## Conclusion

---

### Conclusion :

A la lumière des résultats obtenus, on constate que les paramètres physico-chimiques des eaux du barrage Charef durant la période d'étude (Janvier-Décembre 2012) représentent une variabilité spatiotemporelle.

La température, la salinité, la CE, les TDS et le débit suivent le même comportement et représentent des ordres de grandeur dans les eaux à l'amont du barrage supérieurs à ceux de son aval quelle que soit la saison.

Il est important de souligner que la salinité et la CE représentent une corrélation hautement significative avec le temps de séjour, à l'inverse du débit qui représente une corrélation négative avec le temps de séjours. Par ailleurs, TDS-Temps de séjour n'ont pas une corrélation statistiquement significative.

En termes de flux on constate que le barrage de Charef reçoit annuellement  $150 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/an de flux d'eaux et un flux de TDS de  $0.18 \cdot 10^6$  t/an, et retient 41% et 55% de quantité entrante de flux d'eau et de TDS respectivement. Le budget est toujours négatif c'est-à-dire le barrage Charef fonctionne comme un véritable consommateur d'eau et de TDS.

Le flux spécifique de matières totales dissoutes à l'amont du barrage de Charef a atteint environ  $104 \text{ t km}^2 \text{ an}^{-1}$ , les bassins versants de l'Algérie sont parmi les plus érodés et nécessitent un aménagement et une protection contre l'érosion.

Le temps de séjour des eaux dans le barrage de Charef représente une variabilité saisonnière très prononcée, avec un maximum de 8.7 ans enregistré dans la période sèche et une moyenne annuelle de 2.3 ans. Le temps de séjours représente par conséquent une corrélation négative très hautement significative avec le flux d'eau et le flux de TDS. Le barrage de Charef a été extrêmement affecté par les dépôts de sels, ce dépôt de TDS pourrait conduire à une salinisation grave des eaux et à un colmatage rapide de barrage, ce qui limite son utilisation tant au niveau qualitatif que quantitatif.

### **Résumé :**

Le sous bassin versant de l'oued Charef est localisé au Nord-est de l'Algérie. Il fait partie du grand bassin versant de Seybouse et couvre une superficie de 1735 Km<sup>2</sup>, avec une population de l'ordre de plus de 200 000 habitants, c'est un bassin versant à vocation agricole, le barrage de Charef est le barrage le plus important avec une capacité de 157 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> destinés essentiellement à l'irrigation. Ce travail a pour objectif principal d'estimer le transfert des matières totales dissoutes à travers le barrage de Charef et déterminer l'effet du temps de séjour des eaux dans le barrage sur la mobilité des matières totales dissoutes à partir de l'amont de barrage jusqu'à son avale. La température, la salinité, la CE, les TDS et le débit suivent le même comportement et représentent des ordres de grandeur dans les eaux à l'amont du barrage supérieurs à ceux de son avale quelle que soit la saison. La salinité et la CE représentent une corrélation hautement significative avec le temps de séjour, à l'inverse du débit qui représente une corrélation négative avec le temps de séjours. Par ailleurs, TDS-Temps de séjours n'ont pas une corrélation statistiquement significative. En termes de flux on constate que le barrage de Charef reçoit annuellement 150 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/an de flux d'eaux et un flux de TDS de 0.18 10<sup>6</sup> t/an, et retient 41% et 55% de quantité entrante de flux d'eau et de TDS respectivement. Le budget est toujours négatif c'est-à-dire le barrage Charef fonctionne comme un véritable consommateur d'eau et de TDS. Le temps de séjour des eaux dans le barrage de Charef représente une variabilité saisonnière très prononcée, avec un maximum de 8.7 ans enregistré dans la période sèche et une moyenne annuelle de 2.3 ans. Le temps de séjours représente par conséquent une corrélation négative très hautement significative avec le flux d'eau et le flux de TDS. Le barrage de Charef a été extrêmement affecté par les dépôts de sels, ce dépôt de TDS pourrait conduire à une salinisation grave des eaux et à un colmatage rapide de barrage, ce qui limite son utilisation tant au niveau qualitatif que quantitatif. Le flux spécifique de matières totales dissoutes à l'amont du barrage de Charef a atteint environ 104 t km<sup>2</sup> an<sup>-1</sup>, les bassins versants de l'Algérie sont parmi les plus érodés et nécessitent un aménagement et une protection contre l'érosion.

### **Mots clé :**

Barrage de Charef, matières totales dissoutes, temps de séjour, flux liquide, flux solide.

**Abstract:**

The sub-watershed of the Charef wadi is located in the north-east of Algeria. It is part of the large catchment area of Seybouse and covers an area of 1735 km<sup>2</sup>, with a population of the order of more than 200,000 inhabitants, it is an agricultural catchment area, the Charef dam is the most large with a capacity of 157 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> intended mainly for irrigation. The main objective of this work is to estimate the transfer of total dissolved materials through the Charef dam and to determine the effect of the residence time of water in the dam on the mobility of total dissolved materials from the upstream of the dam until its downstream. The temperature, salinity, EC, TDS and flow all follow the same behavior and represent orders of magnitude in the water upstream of the dam greater than those downstream regardless of the season. Salinity and EC represent a highly significant correlation with residence time, in contrast to flow, which is negatively correlated with residence time. Moreover, TDS-Time of stays did not have a statistically significant correlation. In terms of flow, it can be seen that the Charef dam receives 150 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> / year of water flow and a TDS flow of 0.18 10<sup>6</sup> t / year, and retains 41% and 55% of the incoming quantity of water flow and TDS respectively. The budget is still negative, that is to say the Charef dam operates as a real consumer of water and TDS. The residence time of water in the Charef dam represents a very pronounced seasonal variability, with a maximum of 8.7 years recorded in the dry period and an annual average of 2.3 years. Dwell time therefore represents a very highly significant negative correlation with water flow and TDS flow. The Charef dam has been extremely affected by salt deposits, this TDS deposit could lead to severe salinization of the water and rapid clogging of the dam, which limits its use both qualitatively and quantitatively. The specific flow of total dissolved matter upstream of the Charef dam reached about 104 t km<sup>2</sup> yr<sup>-1</sup>; Algeria's watersheds are among the most eroded and require development and protection against erosion.

**Key words:**

Charef dam, total dissolved matter, residence time, liquid flow, solid flow.

## المخلص:

يقع مستجمعات المياه الفرعية لوادي الشارف في شمال شرق الجزائر. وهي جزء من مستجمعات المياه الكبيرة في سيبوس وتغطي مساحة 1735 كيلومتر مربع ، ويبلغ عدد سكانها أكثر من 200000 نسمة ، وهي منطقة مستجمعات زراعية ، سد الشارف هو الأكبر مع مساحة سعة 157  $10^6$  متر مكعب مخصصة بشكل رئيسي للري. الهدف الرئيسي من هذا العمل هو تقدير نقل إجمالي المواد الذائبة عبر سد الشارف وتحديد تأثير وقت مكوث المياه في السد على حركة المواد الذائبة الكلية من أعلى مجرى السد وحتى المصب. . تتبع درجة الحرارة والملوحة والتوصيل الكهربائي ومجموع المواد الصلبة الذائبة والتدفق نفس السلوك وتمثل رتبًا من الحجم في المياه أعلى منبع السد أكبر من تلك الموجودة في اتجاه مجرى النهر بغض النظر عن الموسم. تمثل الملوحة والتوصيل الكهربائي علاقة ارتباط ذات دلالة إحصائية بزمن الإقامة ، على عكس التدفق الذي يرتبط ارتباطًا سلبيًا بزمن الإقامة. علاوة على ذلك لا يوجد ارتباط ذو دلالة إحصائية بأزمة المكوث الكلية الذائبة. من حيث التدفق ، يمكن ملاحظة أن سد الشارف يستقبل  $150 \cdot 10^6$  م<sup>3</sup> / سنة من تدفق المياه وتدفق إجمالي المواد الصلبة الذائبة يبلغ  $0.18 \cdot 10^6$  طن / سنة ، ويحتفظ بنسبة 41% و 55% من كمية المياه الواردة وإجمالي تدفق المياه. المادة المنحلة على التوالي. لا تزال الميزانية سلبية ، أي أن سد شارف يعمل كمستهلك حقيقي للمياه والمواد الذائبة بالكامل. تمثل فترة بقاء المياه في سد شارف تقلبًا موسميًا واضحًا للغاية، حيث تم تسجيل 8.7 سنوات كحد أقصى في فترة الجفاف ومتوسط سنوي سنة. 2.3 يبلغ

وبالتالي، فإن وقت المكوث يمثل ارتباطًا سلبيًا ذا دلالة كبيرة جدًا مع تدفق الماء وتدفق إجمالي المواد الذائبة. تأثر سد الشارف بشدة برواسب الأملاح ، وقد تؤدي هذه الرواسب من إجمالي المواد الذائبة إلى تملح المياه بشكل خطير وانسداد سريع للسد ، مما يحد من استخدامه من الناحيتين النوعية والكمية. بلغ التدفق النوعي للمواد الذائبة الكلية عند المنبع لسد الشارف حوالي 104 أطنان كيلومتر مربع في العام الأول ، وتعتبر مستجمعات المياه في الجزائر من بين أكثر المستجمعات تآكلًا وتتطلب التطوير والحماية من الانجراف

## الكلمات المفتاحية:

سد الشارف ، إجمالي المواد الذائبة ، زمن المكوث ، التدفق السائل ، التدفق الصلب

## A

ABH (1999). Agence des Bassins hydrographiques –Constantinois - Seybouse – Mellegue. Cahiers de l’agence (ministère de l’équipement et de l’aménagement du territoire).

Ababssa N(2007).Erosion et transport en suspension dans le sous bassin versant du barrage d’Oued Charef. Mémoire de magister en génie de l’environnement .Unv L’arbi Ben M’Hidi d’Oum EL -Bouaghi 11-13pp.Abaoub, S. (2015). Etude du transport solide et la pollution dans le barrage de ZARDEZAS (SKIKDA). Mémoire de master. Université Larbi Ben M’hidi– OUM EL BOUAGHI –

Abboudi, A., Tabyaoui H., El Hamichi, F., Benaabidate, L., Lahrach, A. (2014). Etude de la qualité physico-chimique et contamination métallique des eaux de surface du bassin versant de guigou, maroc. European Scientific Journal, edition vol.10, No.23 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431

Acila, M. (2012). Analyse de micropolluants dissous dans l’eau : cas des eaux de l’Oued Djendjen et du port de peche de Jijel. Mémoire de master. Université de Jijel

AEE. (1999). State and pressure of the marine and coastal Mediterranean environment. Environnemental assessment series : 137 p.

Aissaoua N., Lahmar N (2019). Impact des déchets du centre d’enfouissement techniques de M’sila sur les eaux de surfaces. Mémoire de Master Académique. Université Mohamed Boudiaf - M’sila. 13,17,18p.

Alberge.J, Nasri.S , Boufaroua.M, Droubi.A , Merzouk.A, 2004. Petits barrages et lacs collinaires, aménagements originaux de conservai ‘ion des eaux et de protection des infrastructures avales: exemples des petits barrages en Afrique du nord et au Proche-Orient. Sécheresse n°1 vol. 15, pp 78-86.

Allalgua, A., Kaouachi, N., Boualeg, C., Ayari, A., Bensouile, M. (2017). Caractérisation Physico-chimique Des Eaux Du Barrage Foum El-Khanga (Région De Souk-Ahras,Algérie).Vol.13,doi:10.19044/esj.2017.v13n12p258  
<http://dx.doi.org/10.19044/esj.2017.v13n12p258>

Amara F. (2018). Optimisation de la largeur en crête des petits barrages et retenues collinaires. Mémoire de master. Ecole nationale supérieure d’hydraulique -Arbaoui Abdellah-

---

Athmania D. (2002). Etude de la salinité et de l'envasement du barrage de Foug El Khanga sur l'Oued Cherf (Sedrata, Wilaya de Souk Ahras). Page : 221.

Aubert G., (1976) Les sols sodiques en Afrique du Nord. Annales de l'Institut National Agronomique-El Harrach 7(1):185-196.

## B

Baaloul A.S., Brahimi M.S. (2015). Conception d'une prise d'eau sur Oued Charef destiné pour l'irrigation. Mémoire de master. Université Larbi Ben M'Hidi Oum El Bouaghi

Bahloul S., Kerfah K (2017). Etude de la qualité physico-chimique des eaux barrage de Bouroumi (El Mostakbal). Université Djilali Bounaama de Khemis- Miliana.

Bélai S., Redjimi M., (2011) : étude de qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de barrage Zit-Emba (wilaya Skikda). Mémoire de Master. Université 8 Mai 1945 Guelma 3p

Beldjilali F., Arab A. (2018). Etude comparative des paramètres physico-chimiques et bactériologiques des eaux de barrage Kramis et des eaux de source naturelle Ain sidi Abd Elkader. Mémoire de master. Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem.

Belhadi Y., Amira A.B., (2017) Transport of dissolved and suspended solids from three coastal rivers (North Central Algeria). AACL Bioflux, 2017, Volume 10, Issue 6.

Benallou . A, (2004). (Analyse physico-chimique des effluents provenant de la laiterie d'Arib. Centre université de Khemis Miliana

Benblidia, M., 2011. L'efficacité d'utilisation de l'eau et approche économique. Etude nationale, Algérie. CAR/PNUE/PAM, Plan Bleu, Sophia Antipolis, 24pp.

Benblidia, M., Margat ,J. & Vallée, D. 1997. Water in the Mediterranean sea: situations, perspectives and strategies for sustainable water resources management. Blue Plan for the Mediterranean-Mediterranean Action Plan. 2<sup>nd</sup> ed. Sophia Antipolis, 91p.

. Benkadour B. (2018). Contribution à l'étude de la contamination des eaux et des sédiments de l'Oued Chéliff (Algérie). Thèse de doctorat. Université de Perpignan; Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem (Mostaganem, Algérie). Français. NNT: 2018PERP0026

Bensakhri Z. (2015). Contribution à l'étude des Chironomidae (Insecta : Diptera) des eaux courantes du Nord-Est Algérien : Cas d'oued Charef et leur impact sur la santé. Thèse de doctorat. Université 8 mai 1945-Guelma

---

## Références bibliographiques

---

Berne, F. (1972). Les traitements des eaux dans l'industrie pétrolière. Edition TECHNIP, P 207

Béthoux J.P., Morin P., Rinz-pino D.P; 2002. Temporal trends in nutrients ratios: chemical evidence of Mediterranean Ecosystem changes driven by human activity. Deep-sea Research II, 49: 2007-2016

Billen, G., Garnier, J., 2007. River basin nutrient delivery to the coastal sea: assessing its potential to sustain new production of non-siliceous algae. Mar. Chem. 106 (1–2), 148–160.

Blake D., 2001 Proposed Mekong dam scheme in China threatens millions in downstream countries. World Rivers Review 16(3):4-5.

Bordes, J.L. (2012). Le tour du monde des barrages. Le Pont. Toulouse.

Bouacid C ., Benayed F. (2020). Rétention d'eau et de matières solides dissoutes dans un réservoir (Foum Elkhanga, Algérie). Mémoire de Master. Université abbès laghrour khenchela

Bouaroudj S. (2012). Evaluation de la qualité des eaux d'irrigation. Mémoire de master. Université Mentouri Constantine. 25p

Bouchar, F. (2011). Mesure de Salinité Réalisation d'un conductimètre. Toulouse, Version 1.2.

Bouchareb N., (2013) Transferts et géochimie de l'azote, du phosphore et du silicium des bassins des oueds Kebir-Rhumel, Kebir ouest et Saf-saf au littoral. PhD thesis, University of Annaba, Algeria, 111 pp.

Boucherit A., Hakimi, H (2016). Contribution à l'étude de la qualité physicochimique et bactériologique de l'eau du Barrage Hammam Debagh –Guelma-. Mémoire de master. Université 8 Mai 1945 Guelma.

Bougdah M., Amira A. B., (2017) Water and sediment retention in a reservoir (Zit Amba, Algeria). AACL Bioflux 10(3):534-542.

---

Boumaza L. (2017). Impact de la pollution urbaine sur la qualité de l'eau d'irrigation dans le Haut Cheliff. Mémoire de fin d'étude. Université Djilali Bounaama de Khemis Miliana

Bouzidi Z., Chelhi S., (2017). Caractérisation physico-chimique et bactériologique avant et après traitement de l'eau du barrage de Hammam Debagh-Geulma. Mémoire de master. Université 8 Mai 1945 Guelma

Bremond R, Vuichard R., 1973. Paramètres de la qualité des eaux. Ed. Ministère de la protection de la nature et de l'environnement, Secrétariat permanent pour l'étude des problèmes de l'eau. Paris. 180p.

## C

CE, 2000. Directive Européenne 2000/CE/60. Journal officiel de la communauté européenne du 23 octobre 2000 sur la politique de l'eau. PE-LONS 36 39/1/100 REV 1, Bruxelles.

Chergui D.E.C. (2014). Etude de transport solide et de la pollution du barrage de Hammam Debagh Wilaya de Guelma. Mémoire de fin d'étude. Université L'Arbi Ben M'hidi– OUM EL BOUAGHI –

CFBR (Comité Français des Barrages et Réservoirs), (2012). Impact écologique et social Compléments <https://www.barrages-cfbr.eu/Impact-ecologique-et-social.html>  
Consulter le 03/05/2021

Chibane M. L., Moussaoui A. (2015). Contribution à l'étude de la variation temporelle des paramètres de qualité des eaux de surface du barrage de Fom El Khanga (NE Algérie). Mémoire de master. Université Larbi Ben M'hidi Oum El Bouaghi. 7p

Christian, L. (2005). Les colloques de l'Académie d'Agriculture de France, volume 1. Paris, 33-43p

Conley, D.J., Schelske, C.L., Stoermer, E.F., 1993. Modification of the biogeochemical cycle of silica with eutrophication. Mar. Ecol. Prog. Ser., 101: 179-192

---

## F

Faurie C. , (2003). *Ecologie, approche scientifique et pratique* .Ed: Tec et Doc .5<sup>ème</sup> édition.407p.

Frank N; 1984: *Manuel de l'eau*. Ed; TEC & DOC, Paris, 930p.

## G

Gaagui A. (2017). *Etude de l'évolution de la qualité des eaux du barrage de Babar (Sud-Est Algérien) et l'impact de la rupture de la digue sur l'environnement*. Thèse de Doctorat. Université Mostefa Benboulaïd –BATNA 2.

Gaujous D, (1995) : *La pollution des milieux aquatiques, aide-mémoire*, Édition2, Éditeur Tec & Doc Lavoisier, 220 p.

Ghoubal F., Merzougui K (2018). *Etude comparative de la qualité physico chimiques des eaux des deux barrages semi- arides Charef et Ourkiss*. Mémoire de master. Université Larbi Ben M'hidi Oum El Bouaghi.

Graf W. L., 2005 *Geomorphology and American dams: the scientific, social, and economic context*. *Geomorphology* 71(1-2):3-26.

Grant, G.E., Schmidt, J.C., Lewis, S.L., 2003. *A geological framework for interpreting downstream effects of dams on rivers*". In: O'Connor, J.E., Grant, G.E. (Eds.), *A Peculiar River – Water Science and Application*, 7. American Geophysical Union, p.203–219.

## H

Håkanson L., 2005 *Suspended particulate matter in lakes, rivers and coastal areas*. Department of Earth Sciences, Uppsala University, 410 pp.

Håkanson L., 2006 *The relationship between salinity, suspended particulate matter and water clarity in aquatic systems*. *Ecological Research* 21(1):75-90.

Halimi S. (2008). *Ressources et essai de gestion intégrée des eaux du bassin versant d'oued Cherf /Sedrata (Nord – Est Algérien)*. 22,23,99,102,103p

Heragmi A. (2009). *Choix et conception de l'organe de l'étancheite des barrages en terre barrage El-Agrem Jijel*. Mémoire de Magister. Université Badji-Mokhtar-Annaba.

---

Howarth, R.W., Billen, G., Swaney, D., Townsend, D., Jaworski, N., Lajtha, K., Downing, J.A., Elmgren, R., Caraco, N., Jordan, T., Berendse, E., Freney, J., Kudeyarov, V., Murdoch, P., Zhao-Liang, Z., 1996. Regional nitrogen budgets and riverine N & P fluxes for the drainages to the North Atlantic Ocean: Natural and human influences. *Biogeochemistry* 35: 75-139.

Humborg, C., Rahm, L.b., Conley, D.J., Tamminen, T., Bodungen, V.O.N., 2008. Silicon and the Baltic Sea.

## I

Idrissi, et al. (2015). Caractérisation physico-chimique des eaux usées de la ville d'Azilal-Maroc. ISSN 2028-9324 Vol.11No.3Jun.2015, pp.556-566

## K

Khattab N.H., Chemmam F. (2017). Impactes des barrages et des retenues collinaires sur la qualité des eaux de surface du bassin versant d'oued D'hous. Mémoire de master. Université Akli mohand Oulhadj – Bouira

Kherifi N., Achi I. (2016). Caractéristiques physico-chimiques d'un cours d'eau (cas de l'Oued Charef) dans la région de Guelma (Nord-est algérien). Mémoire de master. Université 8 Mais 1945 Guelma.

Khettaf S (2018). Evaluation physico-chimique de l'eau d'un barrage et proposition d'un traitement adapté pour une eau de haute qualité. Thèse de Doctorat. Université El-Hadj Lakhdar - BATNA 1.

Kondolf G. M., 1997 Hungry water: effects of dams and gravel mining on river channels. *Environmental Management* 21(4):533-551.

Kummu M., Varis O., 2007 Sediment-related impacts due to upstream reservoir trapping, the Lower Mekong River. *Geomorphology* 85(3-4):275-293.

## L

Lefrançois J., (2003). Caractérisation du transport particulaire sur deux ruisseaux bas-normands. Mémoire de DEA National de Sciences du sol, ENSA Rennes, 20p.

---

Lehner, B., Liermann, C.R., Revenga, C., Vörösmarty, C., Fekete, B., Crouzet, P., Nilsson, C., 2011. High-resolution mapping of the world's reservoirs and dams for sustainable river-flow management. *Front. Ecol. Environ.* 9 (9), 494–502. <https://doi.org/10.1890/100125>

Liu J. P., Li A. C., Xu K. H., Velozzi D. M., Yang Z. S., Milliman J. D., DeMaster D. J., 2006 Sedimentary features of the Yangtze River-derived along-shelf clinoform deposit in the East China Sea. *Continental Shelf Research* 26(17-18):2141-2156.

Louamri A. (2013). Le bassin-versant de la Seybouse (Algérie orientale): Hydrologie et aménagement des eaux. Thèse de Doctorat. Université de Constantine. 300 p.

Ludwig W., Dumont E., Meybeck M., Heussner S., 2009 River discharges of water and nutrients to the Mediterranean and Black Sea: major drivers for ecosystem changes during past and future decades? *Progress in Oceanography* 80(3-4):199-217.

## M

Margat, J., Treyer, S., 2004. L'eau des méditerranéens: situation et perspectives. In: *Plan Bleu PNUE/PAM*, Sophia-Antipolis No. 158, pp. 1810–6218

Merouani M., Bouguedah B. (2013). Etude de la pollution chimique et la vulnérabilité à la pollution des eaux Souterraines de la cuvette d'Ouargla. Université Kasdi Marbah Ouargla

Meybeck M., Moatar F., (2012) Daily variability of river concentrations and fluxes.

Mezerdi D. (2020). Analyses Physicochimique des ressources en eau de surface Réception d'effluents d'eaux usées courants à BISKRA Etude comparative entre oued Biskra et Zemor. Mémoire de master. Université Mohamed Khider de Biskra.

Milliman J. D., (2001) Delivery and fate of fluvial water and sediment to the sea: a marine geologist's view of European rivers. *Scientia Marina* 65(2):121-132.

Mokdadi H., Messai N. (2015). Contribution à l'étude de la qualité physicochimique et bactériologique des quelques zones humides de la wilaya d'El-Oued (Cas du lac Ayata, chott Marouan, lac Sif El-Menadi et chott Halloufa). Mémoire de fin d'étude. Université Echahid Hama Lakhdar D'El-Oued

---

## N

Nisbet, M., Verneaux<sup>1</sup>, J. (1970). Composantes chimiques des eaux courantes discussion et proposition de classes en tant que bases d'interprétation des analyses chimique. p. 161-190.

## O

Office nationale d'irrigation Etude d'aménagement hydro agricole du périmètre de KSAR SBAHI, Edition 2003.

OMS (W.H.O.): WORLD HEALTH ORGANISATION. (2011). Guidelines for drinking-water quality - 4th ed. Geneva. World Health Organization.

O.M.S., 1970. Directives de la qualité de l'eau. Deuxième édition. Genève.

Ouandjeli A. (2018). Etanchéisation d'un barrage (Barrage de SOUK TLETA sur l'oued de BOUGDOURA). Mémoire de fin d'étude. Université Mouloud Mammeri de Tiziouzou.

Ounissi M., Bouchareb N., (2013) Nutrient distribution and fluxes from three Mediterranean coastal rivers (NE Algeria) under large damming. Comptes

## P

Pietroń J., Chalov S. R., Chalova A. S., Alekseenko A. V., Jarsjö J., 2017 Extreme spatial variability in riverine sediment load inputs due to soil loss in surface mining areas of the Lake Baikal basin. Catena 152:82-93.

Preston, S.D., Bierman, J.R.V.J., Silliman, S.E., 1989. An evaluation of methods for the estimation of tributary mass loads. Water Resour. Res. 25 (6), 1379–1389.

## R

Remini B., (2010) La problématique de l'eau en Algérie du Nord. Larhyss Journal 8:27-46.

---

Remini, B., Christian, L., Hallouche, W. (2009). Evolution des grands barrages en régions arides : quelques exemples algériens. Sécheresse vol. 20, n° 1. doi:10.1684/sec.2009.0172

Riali N., Amrane K (2019). Étude de la qualité des eaux de sources de la région de Miliana. Mémoire de master. Université Djilali Bounaama de Khemis- Miliana.

Rodier, J. (1978). Analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, Dunod, paris

Rodier., (1996) : Analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaire .8ème Edition Dunod, Paris 1130 p

Rodier, J. (1999) : L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. Paris, 7ème édition, Dunod.

Rodier, J. (2005). L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 8ème édition: Dunod, Paris.

Rodier J., Legube B., Merlet N., Brunet R., Mialocq J C., Leroy P., Houssin M., Lavison G., Bechemin C., Vincent M., Rebouillon P., Moulin L., Chomodé P., Dujardin P., Gosselin S., Seux R., Almardini F. (2009). L'analyse de l'eau. 9ème Ed. Dunod. France. 1511 p

## S

Sari H. (2014). Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source «Attar » (Tlemcen). Mémoire de fin d'étude. Université Abou-Bekr Belkaid Tlemcen.

Santé Canada. (1991). Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada : document technique – les matières dissoutes totales (MDT) <https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/publications/vie-saine/recommandations-pour-qualite-eau-potable-canada-document-technique-matieres-dissoutes-totales-mdt.html> consulté le : 02/05/2021

Savary P. (2010). Guide des analyses de la qualité de l'eau. Ed. Territorial Voiron. 261p.

Spellman., & Frank R. (2008). The Science of water: concepts and applications. 2<sup>nd</sup> Ed. CRC Press Taylor & Francis Group. USA. 417p.

## T

---

Taamallah F. Z., Laskri H., Amira A. B., 2016 Transport and retention of dissolved and suspended solids across the Mafragh catchment (Algeria). *Advances in Environmental Biology* 10(5):177-185.

Tardata, H .M. (1984). *Chimie des eaux*, 1ere édition griffon d'argile INC, paris.

Touhari F. (2015). *Etude de la Qualité des Eaux de la vallée du Haut Chelif*. Ecole nationale supérieure d'hydraulique.

Tovar-Sánchez, A., Basterretxea, G., Ben Omar, M., Jordi, A., Sánchez Quiles ,D., Makhani, M., Mouna, D., Muya, C., Anglès, S., 2016. Nutrients, trace metals and B-vitamin composition of the Moulouya River: a major North African river discharging into the Mediterranean Sea. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2016.04.006>

Turley, C.M., 1999. The changing Mediterranean Sea-a sensitive ecosystem? *Progress in Oceanography*, 44 (1), 387-400.[http://dx.doi.org/10.1016/s0079-6611\(99\)00033-6](http://dx.doi.org/10.1016/s0079-6611(99)00033-6).

Turner, R.E., Qureshi, N., Rabalais, N.N., Dortch, Q., Justic, D., Shaw, R.F., Cope, J., 1998. Fluctuating silicate: nitrate ratios and coastal plankton food webs. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 95 (22), 13048–13051.

## U

UNEP/MAP/MED POL Report, 2013. *Rivers of the Mediterranean Sea: Water Discharge and Nutrient Fluxes*. UNEP/MAP, MED POL CEFREM, pp. 30.

## V

Vila .JM (1973) : *La chaîne alpine d'Algérie orientale et des confins Algéro-Tunisiens*  
Thèse vde doctorat Es-Sc .Nat. Paris IV 665 pages.

Vörösmarty C. J., Meybeck M., Fekete B., Sharma K., Green P., Syvitski J. P. M., 2003 Anthropogenic sediment retention: major global impact from registered river impoundments. *Global and Planetary Change* 39(1-2):169-190.

## W

Williams G. P., Wolman M. G., 1984 *Downstream effects of dams on alluvial rivers*.  
Geological Survey Professional Paper 1286, USGS, Washington DC, 61 pp.

## Y

---

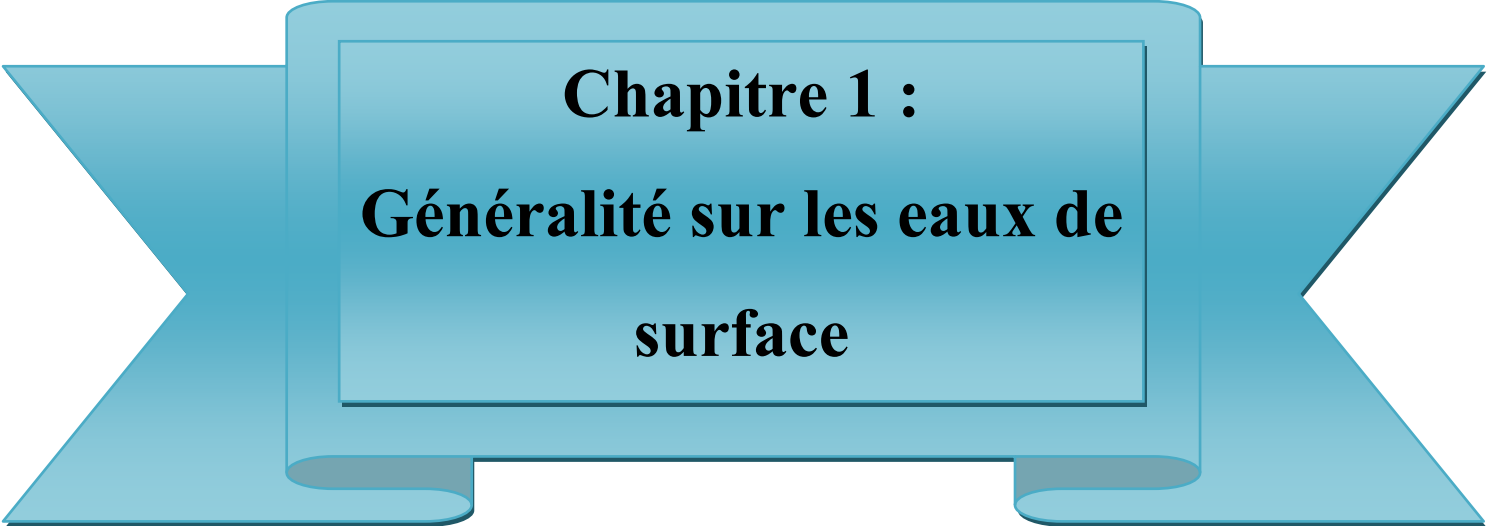
Yang S. L., Xu K. H., Milliman J. D., Yang H. F., Wu C. S., 2015 Decline of Yangtze River water and sediment discharge: impact from natural and anthropogenic changes. *Scientific Reports* 5:12581.

## Z

Ziouch, O. R., Laskri, H., Chenaker, H., Ledjedel, N. E., Daifallah, T., Ounissi, M. (2020). Transport of nutrients from the Seybouse River to Annaba Bay (Algeria, SW Mediterranean). *Marine Pollution Bulletin*, 156, 111231.



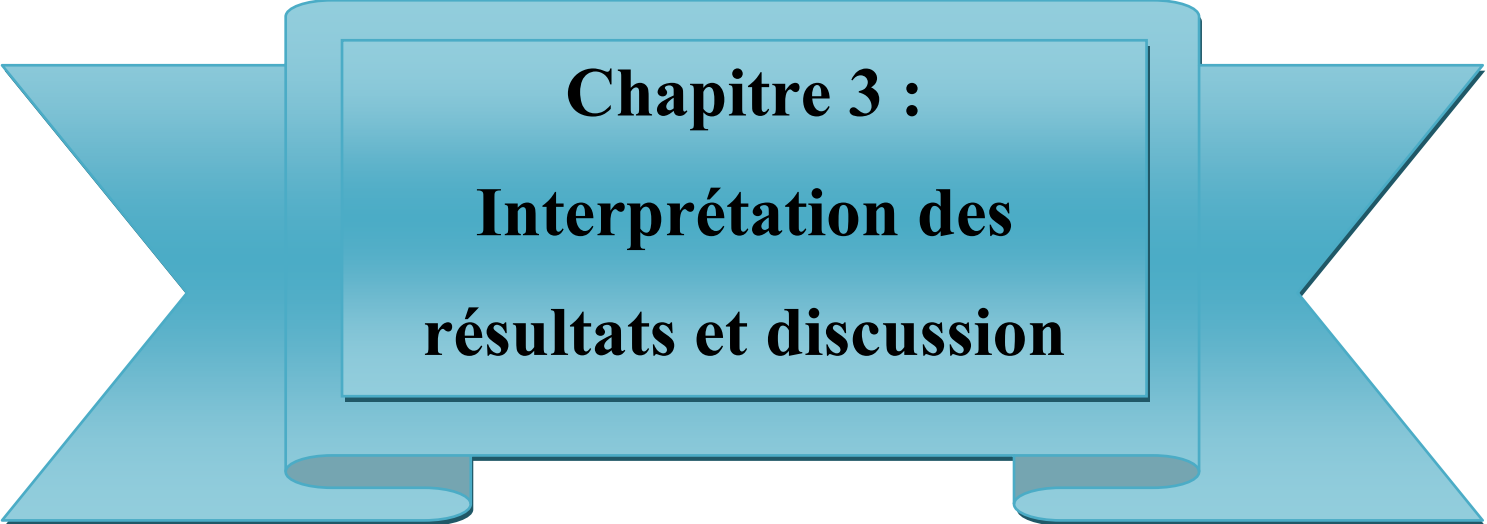
# **Introduction**



**Chapitre 1 :**  
**Généralité sur les eaux de**  
**surface**



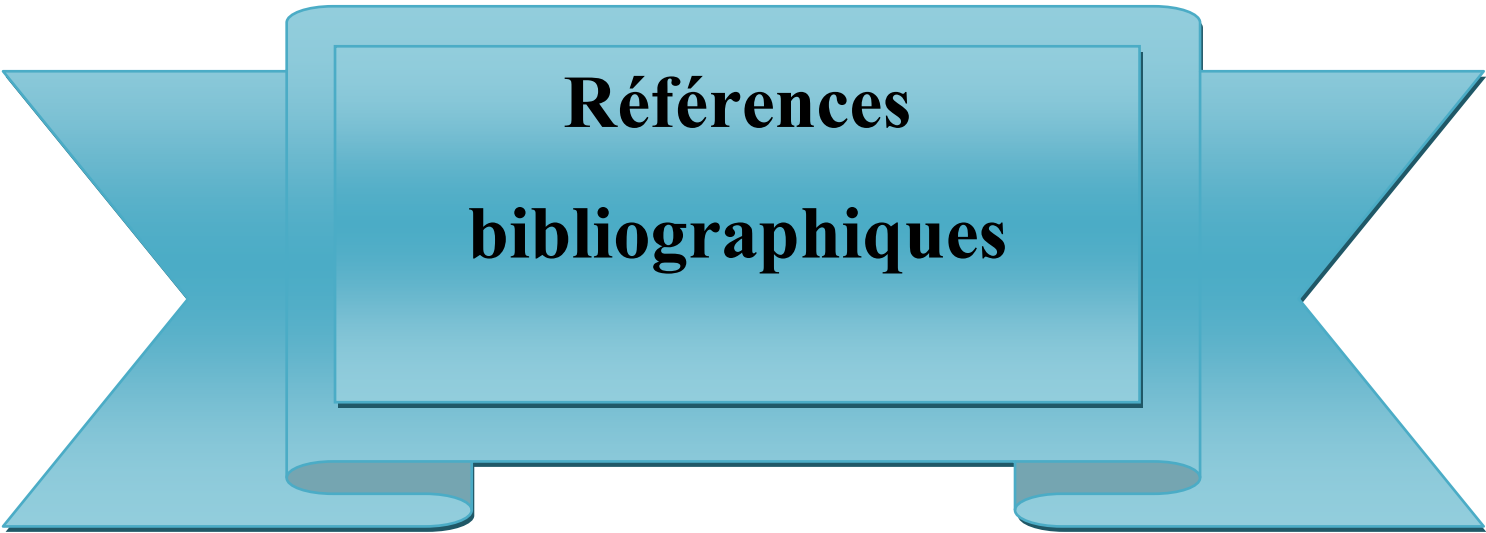
**Chapitre 2 :**  
**Matériels et méthodes**



**Chapitre 3 :**  
**Interprétation des**  
**résultats et discussion**



**Conclusion**



**Références  
bibliographiques**



# **Résumés**