

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
جيلالي بونعامة خميس مليانة  
Université Djilali Bounaama Khemis Miliana  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la terre  
Département de Biologie



**MÉMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLÔME DE MASTER**

*Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie*

*Filière : Ecologie et environnement*

*Spécialité: Bioclimatologie*

**Thème :**

**Etude des transports sédimentaires de l'oued Chélif et leur évolution au fil des dernières décennies, Sous l'influence de la variabilité climatique**

**Présenté Par:**

M<sup>r</sup>. Korieb Hamza

M<sup>r</sup>. Guetter Elmekkedem.

**Soutenu le: 03/07/2018**

**Devant le Jury :**

**Présidente:** M<sup>me</sup>. Guetarni Hassina

MCB

U. Khemis Miliana

**Promotrice:** M<sup>me</sup>. Hallouz Faiza

MCB

U. Khemis Miliana

**Co-promotrice :** M<sup>me</sup>. Karahaçane Hafsa

MAA

U. Khemis Miliana

**Examineurs:** M<sup>r</sup>. Mehaiguene Madjid

MCB

U. Khemis Miliana

M<sup>r</sup>. Boucefiane Abdelkader

MCB

U. Khemis Miliana

*Année universitaire: 2017/2018.*

## **REMERCIEMENTS**

*Nous remercions avant tout au Dieu le tout puissant pour la volonté, la santé, le courage et la patience qu'il nous a donnés pour pouvoir arriver à ce niveau afin de réaliser ce modeste travail.*

*Au PROPHÈTE MOHAMMED paix et salut sur lui*

*A nos parents qui n'ont pas cessé à tout moment de nous protéger et de veiller à notre instruction.*

*A notre promotrice Dr. HALLOUZ Faiza Eddinepour avoir assuré notre encadrement, pour leur aide, pour leurs efforts et leurs précieux conseils*

*A Mr. YAHIAOUI Ibrahim enseignant à UKM qui nous a fait l'honneur de présider notre jury et également pour ses conseils.*

*Aux membres du jury Bousefiane Abdelkader*

*Mehigeue Madjid enseignants à UKM d'avoir accepté d'examiner et juger ce travail.*

*Est Tout l'équipe de barrage chélif (transfert MAO : mostaghaem-Arzew-Oran LOT n°1)*

*Nos sincères remerciements s'adressent également à :*

*A tous nos enseignants qui nous ont initié aux valeurs authentiques, en*

*Signe d'un profond respect et d'un profond amour !!!*

*Et à tous ceux qui nous ont enseigné tout au long de notre vie scolaire*

*Nous n'oublions pas bien évidemment nos collègues de promotion «bioclimatologie» en les saluant chaleureusement pour les agréables moments passés ensemble !*

*Que Dieu réalise vos vœux !*

# Dédicace

*J'ai l'honneur de dédie ce modeste travail à Ma famille*

*Korieb Ahmed Et aux personnes les plus chères au monde mes chers parents :*

*A mon père : Ahmed*

*Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être. Ce travail est fruit de tes sacrifices qui tu as consentis pour mon éducation et ma formation.*

*A ma très chère mère :*

*Tu es l'exemple de dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de Prier pour moi. Et Puisse Dieu, le tout puissant, te préserver t'accorder Santé, longue vie et bonheur.*

*Je grande dédie spécial a mon frère Omar*

*Qui n'a pas arrêté le soutien moral et matériel ... sans oublier Ma sœur est les enfants Hadile, Mariem, set petite fille Aya*

*A ma 2<sup>ème</sup> famille des mes amies : Khaled, Yacine, islam, Rachid, Yahya Ahmed, EST ( Cherife est Nassreddine a Mostaghanem ) Salim.est tout mais amies*

*A Mes amies de l'étude : Hamza est Ayoub, Amar , Imane, Saida*

*A mon binôme El mekkedem qui a partagée avec moi les moments difficiles de ce Travail et son famille.*

*Sans oublier mes amies et a Tous ceux qui ont connus.*

HAMZA

# Dédicace

*Je dédie ce modeste travail :*

*À mes très chers parents que dieu me les garde, pour vos mains qui ont tant travaillé*

*Pour votre cœur qui m'a tant donné.*

*Pour votre sourire qui m'a tant réchauffé.*

*Pour vos yeux qui furent parfois mouillés.*

*Pour vous qui m'avez tant aimé :Hamza.*

*À mes deux frères Abd el-kader et Aymen merci de m'avoir encouragé.*

*À tous ceux qui m'ont tant encouragé et aidé avec leur présence et leur sourire.*

*A ma chère amie, merci pour ta patience et de m'avoir tenu la main jusqu'à la*

*Dernière Ligne de ce mémoire.*

*À toutes ma famille surtout, e Ma grand-mère ,Sliman, Milloud, Bilal et mes très chères*

*amies surtout Djatal et Abd el-kader et Mohamed Laribi*

*Les enfants ,Mohammed, Mouaade*

*À ma chère amie intime et mon frère Fethi.*

*À toute ma promotion de bioclimatologie.*

*El-Mekkedem*

إن تحليل النقل الصلب المعلق في حوض شبه قاحل هو محل اهتمام كبير. وهذه العملية لا يتم تقديرها كميًا بسبب الطبيعة المعقدة وغير المؤكدة فضلاً عن نقص البيانات ولا سيما تلك المتعلقة بتركيز الرواسب العالقة.

الهدف من هذه الدراسة هو القياس الكمي للنقل الصلب في فترتين (جاف ، رطب) وتحديد بنية التربة المودعة في منفذ واد شلف في حوض سيدي بلعطار الفرعي ، وكذلك يعود أصل هذه الرسوبيات إلى الاستقرار في المصب ومن ثم إجراء مقارنة بين النتائج التجريبية الموجودة مع تلك التي توفرها خدمات الوكالة الوطنية للموارد المائية مستوى محطة سيدي بلعطار (ترميز 013602). تتميز نتائج تحليل التباين من التركيز من المنبع إلى المصب إلى الفم بمعدل نقل صلب يقدر بأكثر من 11092 / 2018. هذا تعتبر الدراسة منخفضة جدا مقارنة بما يقدره الوكالة الوطنية للموارد المائية في محطة سيدي بل عطار التي تسجل كمية تزيد عن 23909 طن / سنة. هذا التغيير ربما يرجع إلى ارتفاع معدل سقوط الأمطار المسجل في عام 2012 سيرير الأحواض وعدم تهيئة . . . ذلك ، أظهر حجم الحبوب وجود نوعين من التربة: التربة الرملية الطينية والتربة الرملية الطميية. أخيراً ، يمكننا أن نستنتج أن هذه تركيبة لها أصلها في السرير الرئيسي لوادي شلف كما وصفه Boulaïne في دراسته.

، شبه القاحلة ، وادي الشلف ، المصب ، سيدي بلعطار ، قياس الحبيبات ،

**الكلمات المفتاحية:**  
التركيبة.

## Résumé

L'analyse du transport solide en suspension dans un bassin de zone semi-aride présente un grand intérêt. Ce processus est mal quantifié en raison du caractère complexe et aléatoire ainsi que du manque de données et particulièrement celles relatives à la concentration des sédiments en suspension.

L'objectif de cette étude est la quantification du transport solide en deux périodes (sèche, humide) et la détermination de la texture du sol déposé au niveau de l'exutoire d'oued Cheliff au niveau du sous bassin de Sidi Bel Attar ainsi que l'origine de ces sédiments venant se déposer dans l'estuaire et par la suite faire la comparaison entre les résultats expérimentaux trouvés avec ceux fournis par les services de l'ANRH estimés au niveau de la station Sidi Bel Attar (code 013602). Les résultats d'analyse de la variabilité des concentrations de l'amont vers l'aval jusqu'à l'embouchure est marquée par un taux de transport solide estimé à plus de 11092 t/an en 28/02/2018. En effet, les résultats trouvés dans cette étude sont très faible par rapport de celle estimée par l'ANRH au niveau de la station Sidi Bel Attar qui enregistre une quantité de plus de 23909 t/an ; cette variabilité est probablement due à la forte pluviométrie enregistrée en 2012 et l'absence de l'aménagement du bassin. En plus, la granulométrie a montré qu'il existe deux types de sol : sol limoneux-sableux et sol sableux-limoneux. Enfin, nous pouvons conclure que ces textures ont pour origine le lit majeur de l'oued Cheliff comme l'a décrit Boulaine dans son étude.

**Mots clés:** Transport solide en suspension, semi aride, Oued Cheliff, estuaire, Sidi Bel Attar, granulométrie, textures.

## **Abstract**

The analysis of suspended solid transport in a semi-arid basin is of great interest. This process is poorly quantified because of the complex and uncertain nature as well as the lack of data and particularly those relating to the concentration of suspended sediments.

The objective of this study is the quantification of solid transport in two periods (dry, wet) and the determination of the soil texture deposited at the Wadi Cheliff outlet at the Sidi Bel Attar sub basin and the origin of these sediments coming to settle in the estuary and later to compare the experimental results found with those provided by the ANRH services estimated at the Sidi Bel Attar station (code 013602). Analysis results of the variability of concentrations from upstream to downstream to the estuary are marked by a solid transport rate estimated at over 11092 t/year in 28/02/2018.

Indeed, the results found in this study are very low compared to that estimated by the ANRH at the Sidi Bel Attar station which records a quantity of more than 23909 t/year; this variability is probably due to the high rainfall recorded in 2012 and the lack of basin management. In addition, the granulometry has shown that there are two types of soil: sandy-loam soil and silty-sand soil. Finally, we can conclude that these textures have their origin in the major bed of the Cheliff Wadi as described by Boulaine in his study.

**Key words:** Solid transport in suspension, semi arid, Wadi Cheliff, estuary, Sidi Bel Attar, granulometry, textures.

## Liste des tableaux

N°	DESIGNATION	PAGE
<b>Tableau n°01</b>	L'état d'envasement de quelques barrages algériens ( <b>Remini et al, 2003</b> ).	22
<b>Tableau n° 02</b>	Indices de compacité par bassins versant <b>.(Hallouz Faiza2009)</b> .....	32
<b>Tableau n°03</b>	Longueur équivalente et largeur équivalente par sous bassins versant du bassin du Cheliff. <b>(Hallouz Faiza2009)</b> .....	33
<b>Tableau n° 04</b>	Altitudes moyennes des sous bassins versants étudiés. <b>(Hallouz Faiza2009)</b> ...	34
<b>Tableau n°05</b>	classification de I.R.D. <b>(Hallouz Faiza2009)</b> .....	39
<b>Tableau n 06</b>	Classification du relief par sous bassin.....	40
<b>Tableau n°07</b>	Calcul de la densité de drainage et Calcul du Coefficient de Torrentialité.	41
<b>Tableau n° 08</b>	Température et précipitation moyenne mensuelles de la région de Bas Chélif (1990 – 2013) ( <b>INRAA, 2013</b> ).....	46
<b>Tableau n°09</b>	Température moyenne annuelle (C°) pour les régions du Chélif, durant la période 2004/2014. ( <b>ANRH,2014</b> ).....	48
<b>Tableau n°10</b>	Humidité relative (%) enregistrée à la station de Tiaret ( <b>1980-2008</b> ) <b>Source ANRH ,2008</b> .....	50
<b>Tableau n°11</b>	Distribution des points de prélèvement des eaux de période sèche.....	59
<b>Tableau n° 12</b>	Distribution des points de prélèvement des eaux de période humide.....	61
<b>Tableau n°13</b>	Les valeurs de Qs pour chaque point de prélèvement.....	70



## Liste des figures

N°	DESIGNATION	PAGE
<b>Figure n°01</b>	Processus de l'érosion hydrique ( <b>Cheggour, 2008</b> ).....	05
<b>Figure n°02</b>	Erosion linéaire (barrage de Cheliff (MAO Mostaganem Arzew Oran LOT n°1)) cliché par korieb et Guettar février 2018) .....	06
<b>Figure n°03</b>	Erosion en masse dans le sou bassin versant de e attar ( <b>Cliché par korieb et Guettar mars 2018</b> ).....	07
<b>Figure n°04</b>	Mode de transport solide.....	17
<b>Figure n°05</b>	Bouteille d'échantillonnage ( <b>Ammari, 2012</b> ).....	<b>19</b>
<b>Figure n°06</b>	Dépôt de vase ( <b>Remini, 2003</b> ).....	22
<b>Figure n°07</b>	Carte des bassins versants en l'Algérie y compris la zone d'étude ( <b>ANRH, 2002</b> ).....	28
<b>Figure n°08</b>	Coupe géologique « Est-Ouest ». ( <b>Boulaine, 1957</b> ).....	29
<b>Figure n°09</b>	Coupe géologique « Nord-Sud ».(Boulaine, 1957).....	29
<b>Figure n°10</b>	Bassins hydrographiques de l'Algérie du Nord et position de la zone d'étude (Mebarki 2002).....	30
<b>Figure n°11</b>	Schéma de localisation des principaux s/bassins de la région d'étude ( <b>Hallouz et al., 2018</b> ).....	31
<b>Figure n°12</b>	Carte des différentes classes moyennes morphologiques de la vallée du Cheliff (Source <a href="http://www.sgiar.org">www.sgiar.org</a> ).....	35
<b>Figure n°13</b>	Diagramme Ombrothermique de Gaussen e Bagnoles de la station de Relizane la période (1990-2013).....	36
<b>Figure n°14</b>	Position de la région d'étude sur le climagramme d'Emberger.....	38
<b>Figure n°15</b>	Répartition des matériaux géologiques des bassins du Chélif selon le degré de perméabilité ( <b>Source ABH Cheliff Zahrez</b> ).....	45
<b>Figure n°16</b>	Variation de la pluie annuelle dans la région de la station de recherche INRAA(1990-2013).....	47
<b>Figure n°17</b>	1. Variation diurne de la vitesse d'évaporation à Relizane 2. Variation annuelle de l'évaporation à Alger et à Chlef. Evaporation, d'après P. Seltzer, 1960.....	49
<b>Figure n°18</b>	Distribution intra annuelle de l'évapotranspiration potentielle, selon les données fournies par l'ANRH.....	50
<b>Figure n°19</b>	matériel utilisé pour relèvement des échantillons du sol ( <b>cliché par</b>	

	<b>Korieb et Guettar, 2018)</b> .....	55
<b>Figure n°20</b>	Méthode de prélèvement des échantillons du sol ( <b>cliché Korieb et Guettar, 2018)</b> .....	55
<b>Figure n°21</b>	Distribution des points de prélèvement de sol sur sous bassin versant ben Attar.....	56
<b>Figure n° 22</b>	<b>pipette</b> de ROBINSON, et technique de prélèvement a pipette de ROBINSON, ( <b>Cliché korieb et Guettar, 2018)</b> .....	58
<b>Figure n°23</b>	Distribution des points de prélèvement des eaux de période sèche sous bassin versant Sidi Bel Attar.....	59
<b>Figure n°24</b>	Distribution des points de prélèvement des eaux de période humide sur le sous bassin versant Bel Attar.....	60
<b>Figure n°25</b>	Méthode de prélèvement des échantillons des eaux ( <b>cliché Korieb et Guettar, 2018)</b> .....	60
<b>Figure n°26</b>	Pompe à vide ( <b>Cliché korieb et Guettar, 2018)</b> .....	62
<b>Figure n°27</b>	Variations des pluies moyennes annuelles pour la période (2004-2012)( <b>ANRH, 2018)</b> .....	63
<b>Figure n°28</b>	Variations des pluies moyennes mensuelles de septembre et octobre et novembre et décembre pour la période (2004-2012) )( <b>ANRH, 2018)</b> .....	64
<b>Figure n°29</b>	Variations des pluies moyennes mensuelles de Janvier et Février et Mars et d'Avril pour la période (2004-2012),( <b>ANRH, 2018)</b> .....	65
<b>Figure n°30</b>	Variations des pluies moyennes mensuelles de mai et juin et juillet et aout pour la période (2004-2012) ),( <b>ANRH, 2018)</b> .....	65
<b>Figure n°31</b>	Variations des pluies moyennes saisonnières pour la période (2004-2012). ( <b>ANRH, 2018)</b> .....	66
<b>Figure n°35</b>	Croissance de la flore au niveau d'Achasta ( <b>a</b> ) et Sid Bel Attar ( <b>b</b> ) ( <b>cliché par Korieb et Guettar, 2018)</b> .....	71
<b>Figure n°36</b>	faible pente au l'oued a l'aval de barrage jusqu'a l'embouchure ( <b>cliché par Korieb et Guettar, 2018)</b> .....	72

## Liste d'abréviation

<b>ANBT</b>	:	<i>Agence Nationale des Barrages et transferts</i>
<b>cm</b>	:	<i>Centimètre</i>
<b>Km</b>	:	<i>kilomètre</i>
<b>m</b>	:	<i>mètre</i>
<b>m/s</b>	:	<i>mètre par seconde.</i>
<b>g/l</b>	:	<i>gramme par litre</i>
<b>ABH</b>	:	<i>Agence nationale du Basin Hygrographique</i>
<b>MAO</b>	:	<i>Mostaghanem – Arzew – Oran</i>
<b>MES</b>	:	<i>matériaux en suspension</i>
<b>ANRH</b>	:	<i>Agence Nationale des ressources hydrique</i>
<b>t /an</b>	:	<i>tonne par année</i>

## Sommaire

Remerciements	
dédicaces	
Résumé	
Liste des abréviations	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Introduction générale	01
<b>Chapitre I : synthés bibliographique</b>	
I.1. Erosion.....	04
I.1.1. Introduction .....	04
I.1.2. Définition .....	04
I.1.3. Différents types d'érosion .....	04
I.1.3.1. Erosion éolienne .....	04
I.1.3.2. Erosion aratoire ou mécanique sèche .....	05
I.1.3.3. Erosion hydrique.....	05
I.1.3.3.1. Origine et mécanisme .....	05
I.1.3.3.2. Forme de l'érosion hydrique .....	05
I.1.3.3.3. Facteurs de l'érosion hydrique .....	07
I.1.3.3.3.1. Intensité et agressivité des précipitations .....	07
I.1.3.3.3.2. Ruissellement .....	08
I.1.3.3.3.3. Etat hydrique initial .....	09
I.1.3.4. Quantification de l'érosion hydrique .....	09
I.1.3.4.1. Formules de quantification.....	10
a. Formule de Henin "1950" .....	10
b. Formule de Grailovic (1960) .....	10
c. Formule de L'A.N.R.H (1970) .....	11
d. Formule de Tixeront (1960) .....	11
e. Formule de Fournier .....	12
I.1.3.4.2. Modélisation d'érosion hydrique .....	12
I.1.3.5. L'érosion hydrique en Algérie du Nord .....	16
I.1.3.6. Conséquences de l'érosion hydrique en Algérie du Nord .....	16
I.2. Transport solide .....	17

I.2.1. Mode de transport .....	17
I.2.1.1. Transport en matériaux du lit « charriage » .....	17
I.2.1.2. Les fines « Transport par suspension » .....	18
I.2.2. Mesure de la concentration.....	18
I.2.2.1. Mesures de débits liquides et solides à l'exutoire des bassins versants .....	18
I.2.2.2. Bouteille de prélèvement.....	19
I.2.2.3. Caractérisation de la relation concentration en sédiments en suspension –débit liquide	20
I.2.2.4. Relation débit solide et débit liquide et concentration .....	20
I.3. Envasement des barrages .....	21
I.3.1. Définition.....	21
I.3.2. Problématique de l'envasement .....	21
I.3.3. conséquence de L'envasement des barrages .....	23
I.3.4. Moyens de lutte contre l'envasement des barrages .....	24

## **Chapitre II : présentation de la zone d'étude**

II.1. Situation géographique et délimitation.....	27
II.2. Caractéristiques physiques générales du bassin versant du Cheliff.....	28
II.3. Caractéristiques de forme.....	31
II.4. Analyse Climatique des dernières décennies 1990-2013. ....	36
II.5. Nature des surfaces des bassins versants.....	42
II.6. Pédologie.....	43
II.7. climatologique.....	46
II.7. 1. Climat.....	46
II.8. Mobilisations des ressources en eau superficielles.....	51
II.9. Ressources en eau souterraines.....	51
II.10. Réseau de mesures hydrographiques.....	51

## **Chapitre III : Matériel et Méthode**

III.1 Technique échantillonnage .....	54
III.2. Echantillonnage des sols.....	54
III.2.1. Matériel utilisé.....	54
III.2.2. Prélèvements de sol.....	55
III.2.3. Analyse de sol.....	56
III.3. Echantillonnage des eaux.....	59

## **Chapitre IV : Résultat et Discussion**

IV.1. Etude de pluie.....	63
IV.2. Analyse du sol.....	67
IV.2.1. Granulométrie.....	67
IV.3. Estimation des transports solides dans le sous bassin versant de Sidi Bel Attar.....	69
<b>Conclusion générale</b> .....	73
Referens bibliographiques	
Annexe	

# *Introduction générale*

## Introduction générale

Depuis les années 70, un intérêt particulier est donné à l'estimation du transport solide. Les raisons sont nombreuses et diverses, et incluent le transport de contaminant, les Tendances de qualité aquatique, la sédimentation de réservoir. L'envasement de canaux et de ports, l'érosion et la perte de sol, aussi bien que les impacts écologiques. Cet intérêt est motivé par l'importance des aspects quantitatifs et qualitatifs du transport solide.

L'érosion façonne la Terre depuis qu'elle est émergée... Et depuis plus de 7000 ans, l'homme s'acharne à lutter contre l'érosion pour protéger ses terres contre l'agressivité des pluies et du ruissellement.

Cependant, les études scientifiques sur l'érosion n'ont commencé qu'au début du 20<sup>ème</sup> siècle; d'abord en Allemagne. Il fallut encore attendre les années 1940 pour qu'un chercheur, confiné dans son laboratoire alors que les bombes pleuvaient sur l'Europe, découvre que l'énergie cinétique développée par la chute des gouttes de pluie était à l'origine de la dégradation de la surface du sol, du ruissellement et d'une bonne partie de l'érosion est observée sur les terres cultivées (effet splash), (Ellison, 1944).

Dans le bassin versant de l'Oued Cheliff ainsi que dans de nombreux bassins de la zone semi – aride de l'Algérie du Nord, le transport de sédiments est l'un des problèmes économiques et environnementaux graves dus à l'érosion des sols. Ce bassin de 495,588 km<sup>2</sup> appartient à une région très fragile où toutes les conditions se trouvent réunies (Sari, 1977 Demmak, 1982 ; Rosse, 1999) à savoir :

Un climat méditerranéen caractérisé par des fluctuations thermiques très variées et des pluies fines très irrégulières et torrentielles pouvant atteindre une grande fréquence de 30 mm par 24 heures

- Un relief accidenté aux pentes raides;
- Un couvert végétal présent dans les hautes altitudes;

- Un régime hydrologique très irrégulier des cours d'eaux où l'on observe des signes de dégradation poussée et généralisée tels que la divagation des oueds, le sapement des berges et l'alluvionnement des lits. Cette problématique a fait l'objet de travaux de recherche de bon nombre d'ingénieurs et chercheurs Algériens et étrangers. En plus des aspects environnementaux de l'érosion, ils ont aussi étudié les conséquences à prévoir sur le côté social et particulièrement la vie des populations vivant à l'amont de ces bassins versants .



La protection contre l'érosion en milieux marneux a constitué le problème le plus sensible dans la zone de l'Algérie du Nord. Le caractère complexe du transport solide a été mis en exergue à travers les nombreuses Etudes effectuées dans divers pays. Plusieurs points restent encore non élucidés à savoir: la discontinuité spatio-temporelle du processus érosion – transport solide–sédimentation, implique l'existence d'une relation lointaine et variable entre la quantité de matériel arrachée aux interfluves et celle qui est transportée par le cours d'eau.

L'irrégularité du phénomène rend difficile la mise au point d'une technique de mesure précise, fiable et opérationnelle. Les méthodes de prélèvements automatiques et d'enregistrement continu se sont avérées inapplicables sur les cours d'eau fortement chargés.

-Les prélèvements sporadiques d'échantillons effectués par un observateur sont insuffisants et correspondent rarement aux périodes convenables.

-Le nombre de variables mises en jeu dans les relations de transport solide n'est pas représentatif de la diversité des variables réelles caractérisant le milieu.

Il faut ajouter à cela le problème de données. Dont l'abondance semble parfois induire une vision globale satisfaisante du bassin versant. Cela paraissait un atout précieux au moment où l'on s'est engagé dans ce travail, en fait, les choses ne sont pas si simples et les mesures dont on dispose, ainsi que les interprétations qui en découlent sont parfois complexes.

La diversité des caractéristiques hydrologiques et sédimentologiques dans les différentes parties du bassin implique des dynamiques différentes mais liées entre elles. A l'exutoire du bassin, le transport solide dépend étroitement de la charge solide provenant de l'amont et des conditions d'entraînement. La mesure effectuée à ce point n'est que la résultante de toute l'hétérogénéité du bassin. La variabilité spatiale du bassin versant exige une discrétisation fine.

Cette complexité et l'insuffisance des méthodes quantitatives employées nécessitent à ce stade des connaissances acquises dans ce domaine la contribution d'une démarche naturaliste, simpliste.

C'est dans ce contexte que s'insère notre travail de fin d'étude où nous avons fixé comme objectif la quantification du transport solide au niveau de l'exutoire d'oued Cheliff ainsi que l'origine de ces sédiments venant se déposer dans l'estuaire et par la suite faire la comparaison entre les résultats expérimentaux trouvés avec ceux fournis par les services de l'ANRH estimés au niveau de la station Sidi Bel Attar (code 013602)..

A la fin de ce travail, nous essayerons de voir les effets de toutes ces quantités déposées au niveau de la mer méditerranée (embouchure d'oued Cheliff).

En effet, ce mémoire s'organise en quatre chapitres, le premier chapitre relatif à la synthèse bibliographique présentant ainsi l'érosion et le transport solide en suspension et les différentes formules importantes qui permettent la quantification de l'érosion hydrique.

Le deuxième chapitre traite la présentation de la zone d'étude, les contextes géographique, climatique, géologique, et topographique, ainsi que les caractéristiques morphométriques du bassin versant du Cheliff.

Le troisième chapitre concerne le matériel et les méthodes d'où nous avons effectué des analyses pour les paramètres qui servent à quantifier les sédiments issues du transport solide ainsi que la granulométrie des échantillons prélevés.

Enfin, le dernier chapitre affiche les résultats de l'étude expérimentale et les différentes discussions et interprétations.

Par ailleurs, le mémoire se termine par une conclusion générale ainsi que les recommandations nécessaires.

*Chapitre I*  
*Synthèse Bibliographique*

## **I.1 .Erosion**

### **I.1.1. Introduction**

L'érosion du sol est un processus au cours duquel des particules de sol sont détachées et déplacées par un vecteur (eau, vent, travail du sol) (**Poesen et Govers, 1994**). Elle est dite naturelle ou géologique lorsqu'elle correspond plus ou moins à un état d'équilibre entre la formation (pédogenèse) et le transport des particules meubles.

L'érosion hydrique est la principale forme de dégradation dans les zones semi-arides et les régions subhumides sèches, tandis que l'érosion éolienne domine dans les zones arides. En Afrique, on estime que 500 millions d'hectares ont subi une dégradation depuis les années 1950 environ, portant sur 65% des terres agricoles de la région. La dégradation des terres concerne quelque 300 millions d'hectares en Amérique latine. En Europe, 157 millions d'hectares souffrent de l'érosion hydrique et éolienne. En Amérique du Nord, environ 95 millions d'hectares sont touchés (**FEM et FIDA, 2002**).

### **I.1.2. Définition**

c'est un processus naturel qui certes, abaisse toutes les montagnes (d'où le terme de "dénudation rate", vitesse d'abaissement du sol des géographes anglophones) mais en même temps, l'érosion engraisse les vallées, forme les riches plaines qui nourrissent une bonne partie de l'humanité. Il n'est donc pas forcément souhaitable d'arrêter toute érosion, mais de la réduire à un niveau acceptable tolérable (**Roose et al, 1984**).

C'est aussi l'ensemble des actions chimique et organique qui aboutit à la destruction des roches et au nivellement progressif du terrain plus simplement; l'érosion est l'usure de la partie superficielle de l'écorce terrestre, l'eau et le vent sont les principaux agents naturels. (**Greco, 1966**).

### **I.1.3. Différents types d'érosion**

#### **I.1.3.1. Erosion éolienne**

Une érosion linéaire se produit quand le ruissellement en nappe se concentre et acquiert par augmentation de la vitesse d'eau, un pouvoir érosif accru ce qui provoque des incisions linéaires dans le sol de plus en plus profondes (Foster, 1990 et Moore & Foster, 1990).

### I.1.3.2. Erosion aratoire ou mécanique sèche

Ce phénomène d'érosion n'est pas dû à l'intervention de l'eau, c'est le travail du sol qui arrache les particules, les transporte et les dépose soit en bas de parcelle, soit en talus.

### I.1.3.3. Erosion hydrique

L'érosion hydrique est un phénomène complexe causé généralement par l'action combinée de pluie et de ruissellement qui ne pouvant plus s'infiltrer dans le sol.

#### I.1.3.3.1. Origine et mécanisme

L'érosion hydrique est un phénomène complexe qui résulte de trois phases : détachement, transport et dépôt (fig.1.1), causés par l'action en général combinée de la pluie et du ruissellement, et dont l'expression varie en fonction de la résistance du milieu (sol, couvert végétal, techniques culturales) et de la topographie. Quelle que soit l'échelle d'étude, du mètre carré au bassin versant de centaines de km<sup>2</sup>, on retrouve partout ces trois phases de l'érosion mais avec des intensités différentes. D'où la diversité des facteurs de l'érosion en fonction des phases dominantes. (Cheggour, 2008)

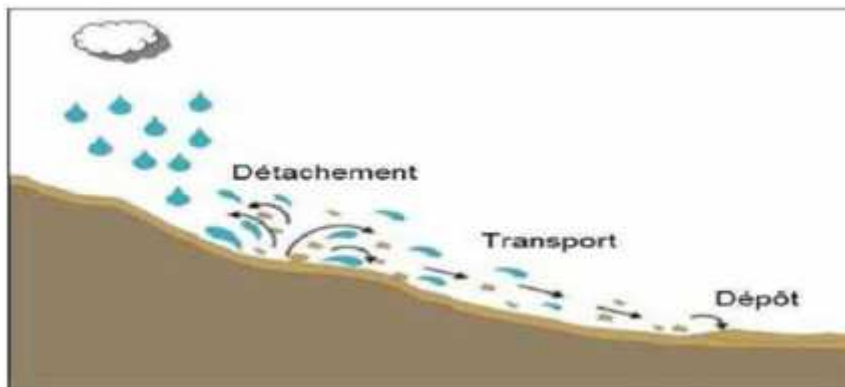


Figure n°01 : Processus de l'érosion hydrique (Cheggour, 2008)

#### I.1.3.3.2. Forme de l'érosion hydrique

##### a. Erosion en nappe

Elle est caractérisée par une eau de ruissellement sans griffes ou rigoles visibles sous l'effet de l'impact des gouttes de pluies (effet splash), les particules sont arrachées et transportées ce phénomène est observé sur les pentes faibles où l'eau ne peut pas se concentrer. Dans un premier temps ; c'est l'impact des gouttes qui va arracher les particules, la battance des gouttes de pluie va envoyer des gouttelettes auront une vitesse plus importante vers l'aval vers l'amont si l'on réalise une moyenne sur l'ensemble des gouttelettes, la vitesse sera dérivée

de l'amont vers l'aval à partir de là, il y aura une formation de flaques et débordement d'eau non infiltrée d'une flaque à l'autre ce qui entraînera un ruissellement en nappe. L'érosion en nappe dépend de :

- L'intensité maximale des pluies qui déclenchent le ruissellement
- L'énergie cinétique des pluies qui détachent les particules
- La durée des pluies et/ou l'humidité avant les pluies, c'est-à-dire l'état du sol.

Les signes qui permettent de caractériser l'érosion en nappe sont l'apparition de plages de couleur claire aux endroits les plus décapés et la remontée de cailloux à la surface du sol, les conséquences de l'érosion en nappe sont: Le nivellement de la surface du sol ; la squelettisation des horizons superficiels le décapage entraînant l'apparition de taches claires.

### **b. Erosion linéaire, en griffes ou en rigoles**

Ce type d'érosion intervient à la suite du ruissellement. Dans un premier temps, des flaques se forment. En débordant, les flaques communiquent entre elles et des lignes d'écoulement limitées dans l'espace apparaissent selon la ligne de plus grande pente: selon la profondeur de ces lignes, le vocabulaire employé est différent.



**Figure n°02 :** Erosion linéaire (barrage de Cheliff (MAO : Mostaganem Arzew Oran LOT n°1)) cliché par korieb et Guettar février 2018)

### **C. Erosion en masse**

L'humectation excessive de couvertures pédologiques sur des versants en équilibre instable et la lubrification d'un plan de glissement lors de séquences d'averses de fréquence rare, peuvent provoquer deux types de mouvements de masse :

- soit des écoulements de boue lorsqu'un niveau a dépassé le point de liquidité;
- soit des glissements de terrain (translation avec ou sans rotation) sur un niveau peu perméable. Le versant présente alors, une série de loupes de glissement avec niche de

décollement en amont et contrepenne en aval où sont accumulés les matériaux (Roose, 1984) Les phénomènes de mouvement de masse sont très nombreux dont on peut citer :

- Les glissements
- Coulées boueuses et laves torrentielles
- Les formes locales



**Figure n°03 : Erosion en masse dans le sou bassin versant de Sidi Bel Attar (Cliché par korieb et Guettar mars 2018)**

### **I.1.3.3.3. Facteurs de l'érosion hydrique**

#### **I.1.3.3.3.1. Intensité et agressivité des précipitations**

La désagrégation de la structure et le détachement des particules sous l'impact des gouttes de pluie résultent du "travail" exercé par les gouttes à la surface du sol. Ce travail est donc lié à l'énergie cinétique des gouttes  $E_c$ .

$$E_c = \frac{1}{2} mv^2 \dots \dots \dots (1)$$

Où  $m$  est la masse de la goutte (kg) et  $V$  la vitesse (m.s-1),  $E_c$  l'énergie cinétique (joules). L'évaluation de l'énergie cinétique des gouttes reste un bon critère d'évaluation de l'agressivité des pluies. Il existe d'ailleurs une relation empirique reliant l'intensité d'une pluie et son énergie cinétique (Rémy et al., 1998).

$$E_c = 11.9 + 8.73 \log \log I_p \dots \dots \dots (2)$$

Avec  $E_c$  : Energie cinétique en  $j/m^2/mm$  et  $I_p$  : intensité de pluie en  $mm.h^{-1}$ .

### I.1.3.3.2. Ruissellement

Le ruissellement apparaît dès que l'intensité d'une pluie devient supérieure à la vitesse d'infiltration du sol. Il est nettement plus élevé sur sol nu que sous cultures. Les plus faibles ruissellements proviennent des pluies tombantes après une période sèche. Par contre, les ruissellements et les pertes en terres les plus élevées ont eu lieu à une époque où le sol est déjà très humide et dans le cas de pluies exceptionnelles et des orages d'automne et de printemps (Chebbani et al., 1999).

Le ruissellement ne débute qu'après un cumul pluviométrique journalier de 18 à 20 mm sur sol sec même si les pluies sont intenses ou après un cumul de 4 mm sur sol humide et compact (Chibbani et al. 1997).

D'une manière générale, il est admis que la vitesse du ruissellement est le paramètre prépondérant de l'action érosive du ruissellement superficiel. En 1965, Meyer a proposé la relation suivante pour évaluer cette vitesse (Meyer, 1965) :

$$V_R = (I^{0.33} Q^{0.33}_R) / n^{0.66} \dots\dots\dots (3)$$

Où :

VR : vitesse de ruissellement

I : pente du terrain

QR : Débit du ruissellement

n : rugosité du sol.

Les facteurs qui régissent le ruissellement sont principalement :

#### a- Infiltration

Tous les sols sont plus ou moins perméables. Le coefficient de perméabilité qui représente la vitesse d'infiltration de l'eau dans le sol dépend essentiellement de la porosité du sol.

#### b- Détection superficielle et rugosité du sol

Elle correspond à la capacité de stockage temporaire de la surface du sol vis-à-vis de l'eau. La détection superficielle se fait sous forme de flaques dans les micro-dépressions, dont la capacité de stockage est liée à la rugosité.



### **c- Pente et longueur de pente**

L'influence de la pente est complexe. Le plus souvent, l'érosion augmente avec la pente. Il se développe une érosion en rigoles dix fois plus agressive que l'érosion en nappe (**Roose *et al.*, 1998**).

### **d- Couvert végétal**

Il est clair que le couvert végétal est efficace pour réduire le ruissellement. La couverture du sol, plus particulièrement celle assurée par la strate herbacée et les résidus végétaux, constitue la protection la plus efficace du sol. Elle intervient vis à vis du sol par : - l'interception nette : une partie de la pluie qui tombe sur la végétation est directement reprise par l'évaporation. Elle ne participe alors, ni à l'infiltration, ni au ruissellement. - La dissipation de l'énergie cinétique : une partie de la pluie interceptée par le feuillage continue sa course jusqu'au sol. L'énergie (**Ruiz-Figueroa, 1983**) cinétique des gouttes s'en trouve alors modifiée. L'expérience montre que l'efficacité d'un couvert végétal à l'égard de l'infiltration est d'autant plus marquée que le dernier élément récepteur restera bas.

#### **I.1.3.3.3. Etat hydrique initial**

L'état hydrique du sol au moment d'une pluie a une très forte influence sur la dégradation, la formation des croûtes et la réduction de l'infiltrabilité résultante (**Le Bissonais, 1992**).

Les agrégats secs sont plus sensibles à l'éclatement. En effet l'intensité de ce processus croît avec le volume d'air piégé (**Boiffin, 1984**) en particulier sous des pluies de forte intensité qui peuvent former des croûtes très rapidement.

L'état hydrique initial influence aussi la succion exercée à la surface du sol par les couches sous- jacentes et donc l'infiltration au travers de cette surface.

#### **I.1.3.4. Quantification de l'érosion hydrique**

D'une manière générale, la quantification de l'érosion est difficile et dépend des échelles d'espace et de temps considérées. Elle est mesurée directement sur le terrain ou elle est estimée suivant des analyses des sols ou des modèles empiriques ou physiques qui tiennent compte de l'impact de toutes les variables de l'érosion hydrique. Plusieurs formules et méthodes qui impliquent tous les paramètres physiques sont utilisées pour la quantification de l'érosion hydrique.

### I.1.3.4.1. Formules de quantification

Nous citerons dans ce qui suit quelques formules les plus utilisées:

#### a. Formule de Henin "1950"

Cette formule symbolise la relation existante entre l'érosion et les facteurs susceptibles de la favoriser ou de la limiter. La quantification de l'érosion spécifique "Es" est donnée Par la

$$E_s = \frac{I_p I_s}{K V_e} \dots\dots\dots (4)$$

Avec :

**I<sub>p</sub>** : Intensité des précipitations;

**I** : Pente du bassin versant;

Les facteurs "I<sub>p</sub>" et "I" favorisent l'érosion et **S** : Susceptibilité des sols;

**K** : Perméabilité;

**V<sub>e</sub>** : Végétation.

Les facteurs S, K et V<sub>e</sub> limitent l'érosion et en plus, les facteurs S et V<sub>e</sub> semblent les plus difficiles à quantifier.

#### b. Formule de Grailovic (1960)

Il a défini l'érosion spécifique, comme étant proportionnelle à la température, à la pluie et à un coefficient d'érosion, l'équation est donnée par l'expression 1.2

$$E_s = 3,14 \cdot T \cdot P \sqrt{Z^3} \dots\dots\dots (5)$$

Où

**E<sub>s</sub>** : érosion spécifique dans le bassin versant (T/km<sup>2</sup>.an)

**T** : coefficient de température

Avec :

**t<sub>0</sub>** : température moyenne annuelle en °C .

**P<sub>0</sub>** : pluie annuelle en (mm).

**Z** : coefficient d'érosion.

Avec :

$$Z = y \cdot [x.a] \delta + \sqrt{I_m} \dots\dots\dots (6)$$

Où

**Y** : valeur du coefficient de la résistance du sol dû à l'érosion. Il dépend de la roche mère, le type du sol et du climat.

**[x.a]** : Coefficient de régularisation du bassin versant, se rapportant à la protection des sols. Des influences des phénomènes atmosphériques des forces érosives liées aux conditions naturelles. Il est aussi tabulé. : équivalent numérique des processus visibles et nettement prononcés dans le bassin versant.

**Imoy** : indice de pente moyenne du bassin versant.

**c. Formule de L'A.N.R.H (1970)**

$$T_{ss} = 26.62 I_e + 5.071 IP + 9.77 Ct - 593.59 \dots\dots\dots (7)$$

**Tss** : transport solide spécifique moyen annuel (T/Km<sup>2</sup>.an)

**Ie**: indice lithologique (%).

**IP**: indice des précipitations (%).

**Ct**: coefficient de torrentialité. Ct = Dd.F1

$$D_d = \frac{\sum_{l=1}^N L_l}{l} \dots\dots\dots (8)$$

**Dd** : densité de drainage

**LI** : longueur de tous les cours d'eau d'ordre « 1 » (K m).

**F1** = nombre de talweg/ surface fréquence des talwegs élémentaire

Cette formule est applicable dans les conditions suivantes :

Ie > 10%

IP > 300

**d. Formule de Tixeront (1960)**

$$E_s = [S1.Ta1 + S2.Ta2 + S3.Ta3 + \dots + S_n.Ta_n] \dots\dots\dots (9)$$

Avec :

**Es:** Erosion spécifique (t/Km<sup>2</sup>.an).

**Ta1 , Ta2 , Tan:** Taux d'abrasion en fonction de la perméabilité d sol dans les sous Bassin (T/Km<sup>2</sup>).

**S:** superficie totale du bassin (Km<sup>2</sup>).

**S1 , S2 , Sn :** Superficie des sous bassins(Km<sup>2</sup>).

Maintenant, si on suppose que la totalité du bassin possède une même perméabilité,

On a  $Es = K.Le$ ..... (10)

**Le :** Lame d'eau ruisselée moyenne interannuelle (mm).

**K :** constante

**K :** coefficient qui tient compte de la perméabilité des terrains.

K = 8,5 pour les terrains d'une perméabilité élevée.

K = 75 pour les terrains d'une perméabilité moyenne élevée.

K = 350 pour les terrains d'une perméabilité faible à moyenne.

K = 1400 pour les terrains d'une perméabilité faible.

K = 3200 pour les terrains perméables.

**e. Formule de Fournier**

$$Q_s = \frac{1}{3} \cdot \left[ \frac{P^2}{P_a} \right]^{2.65} \cdot \left[ \frac{H}{S} \right]^{0.46} \dots\dots\dots (11)$$

**Qs :** l'apport solide moyen inter annuel (T/Km<sup>2</sup>.an).

**P :** la pluviométrie du mois le plus arrosé (mm).

**Hmoy :** l'altitude moyenne (mm).

**Pa :** la pluviométrie moyenne inter annuelle (mm).

**S :** la superficie du basin versant (Km<sup>2</sup>)

**I.1.3.4.2. Modélisation d'érosion hydrique**

Les phénomènes d'érosion hydrique sont le résultat d'interactions complexes, variables dans le temps et l'espace. Dans une optique d'évaluation des risques de

ruissellement et d'érosion, Le recours à la modélisation peut constituer un outil approprié. Le choix d'un modèle particulier dépend argement du but recherché, des données et du temps disponibles.

La disponibilité des données sources est un critère de sélection important quand on évalue le risque d'érosion à l'échelle régionale. Même si une grande variété de modèles est Disponible pour l'estimation du risque d'érosion, la plupart demande beaucoup de données Pour leurs paramètres d'entrée si bien que leur application à l'échelle régionale devient difficile.

#### **I.1.3.4.2.1. L'équation "Universal Soil Loss Equation" (USLE)**

Vingt ans après la mise en place des essais d'érosion en parcelles dans une bonne dizaine d'Etats d'Amérique du Nord, il existait une accumulation d'un grand nombre de données sur l'érosion dont il convenait de faire la synthèse. En 1958 ,Wischmeier ,statisticien du Service de Conservation des Sols fut chargé de l'analyse et de la synthèse de plus de 10.000 mesures annuelles de l'érosion sur parcelles et sur petits bassins versants dans 46 stations de la Grande Plaine américaine L'objectif de Wischmeier et Smith (1978 1960) était d'établir un modèle Empirique de prévision de l'érosion à l'échelle du champ cultivé pour permettre aux

Techniciens de la lutte antiérosive de choisir le type d'aménagement nécessaire pour garder l'érosion en-dessous d'une valeur limite tolérable étant donné le climat, la pente et les facteurs de production.

##### **I.1.3.4.2.1.1. Analyse des principes du modèle**

Selon ce modèle, l'érosion est une fonction multiplicative de l'érosivité des pluies (le facteur **R**, qui est égal à l'énergie potentielle) que multiplie la résistance du milieu **K** (l'érodibilité du sol) **SL** (le facteur topographique), **C** (le couvert végétal et les pratiques culturale ) et **P** (les pratiques antiérosives). C'est une fonction multiplicative, de telle sorte que si un facteur tend vers zéro, l'érosion tend vers 0.

Ce modèle de prévision de l'érosion est le suivant:

$$E = R \times K \times SL \times C \times P \dots \dots \dots (12)$$

**a-l'indice d'érosivité des pluies R**

Il est égal à E. l'énergie cinétique des pluies, que multiplie I30 (l'intensité maximale des pluies durant 30 minutes exprimée en cm par heure). Cet indice correspond aux risques érosifs

Potentiels dans une région donnée où se manifeste l'érosion en nappe sur une parcelle nue de 9 % de pente.

$$R = \sum EI_{30} / 100 \dots \dots \dots (13)$$

$$E = 200 + 89 \log I$$

E = énergie cinétique de la pluie exprimée en tonne métrique x mètre/ha/cm de pluie.

$$E = 11,9 + 8,73 \log(I) \dots \dots \dots (14)$$

E en J/m<sup>2</sup>/mm de pluie

I l'intensité moyenne de la pluie (mm/h).

R peut-être déterminé pour des périodes variables (1 averse à 1 année). Lorsqu'il est utilisé comme paramètre du modèle de Wischmeier ,l'indice R est généralement Calculé comme la moyenne de plusieurs années .

**b-Erodibilité du sol, K**

Fonction de la quantité de matières organiques, de la texture, de la structure, et de la perméabilité du sol, l'érodibilité du sol est déterminée pour une parcelle de 22.2 m de long, travaillée dans le sens de la pente (9 %), sans apport de matières organiques depuis trois ans (Roose, 1994).

La formule de Wischmeier et Smith (1978) permet de déterminer K.

$$100. K = 2.1 \times 10 \times 4 + M 1.14 (12 - a) + 3.25 (b - 2) + 2.5(c - 3) \dots \dots \dots (15)$$

M : produit du pourcentage de limon compris entre 0.1 et 0.002 mm par le pourcentage de tout ce qui n'est pas de l'argile.

A : pourcentage de matière organique

B : code de structure du sol utilisé dans la classification

C : classe de perméabilité du profil

### c-Facteur topographique

L'influence de la pente sur l'évolution des versants est bien connue des géomorphologues, au point que certains d'entre eux, caractérisent l'âge du paysage par l'inclinaison et la forme des pentes. De fortes pentes et des vallées encaissées se rencontrent dans un relief jeune comme celui des Alpes, tandis que dans un relief adulte ou sénile comme on en trouve sur le vieux continent africain, ce sont des plateaux, des glaciers à pentes douces et de vastes pénéplaines qui offrent des paysages dégradés. La pente intervient dans les phénomènes d'érosion du fait de sa forme, de son Inclinaison et de sa longueur.

### d-La forme du versant

D'après **Wischmeier (1974)**, une pente concave diminue les transports solides (par sédimentation localisée) tandis qu'une pente convexe l'augmente en fonction de l'inclinaison du segment le plus pentu. La présence de pentes concaves dans le paysage indique qu'il doit y avoir des piégeages, des colluvions et d'alluvions dans la vallée.

### e-L'inclinaison de la pente

Lorsque la pente augmente, c'est l'énergie cinétique du ruissellement qui augmente et l'emporte sur l'énergie cinétique des pluies lorsque les pentes sont supérieures à 15 %. De plus, ce sont les particules fines qui sont les plus sensibles et qui seront arrachées les premières avec la matière organique.

Les formes d'érosion changent selon l'inclinaison de la pente. Ainsi, pour des pentes inférieures à 4 %, ce sont les particules fines qui migrent. Pour des pentes supérieures à 7 %, des rigoles apparaissent. Des particules plus importantes sont transportées à l'intérieur de griffes. Enfin, au-delà de 20 %, les rigoles se creusent et deviennent de plus en plus profondes (5 à 20 cm), ce qui se traduit par une surface très accidentée (**Roose, 1994**).

$$E = \frac{\sqrt{L}}{1} (0.76 + 0.53S + 0.076S^2) \dots \dots \dots (16)$$

**E** : Erosion en T/ha

**S** : Pente exprimée en pourcentage

**L** : longueur exprimée en pieds.

## **f-Longueur de la pente**

La vitesse étant proportionnelle à la distance parcourue, plus la longueur de la parcelle est grande, plus la vitesse augmente. Les particules d'eau qui ruissellent emmagasinent donc une énergie plus importante qui se traduit par la création et le creusement de rigoles. Cependant, il est très difficile de connaître précisément l'exposant qui relie l'érosion et la longueur de la pente.

### **I.1.3.5. L'érosion hydrique en Algérie du Nord**

Ce phénomène, est caractéristique dans la région du Maghreb dont les potentialités en eau et en sol sont sérieusement menacées (Heush et al., 1971 ; Demmak, 1982 ; Lahlou, 1994 Touaibia et al., 2001 ; Meddi, 1992 ; Terfous et al., 2003 ; Achite et al., 2005). Les quantités de sédiments transportés en suspension susceptibles de se déposer dans le littoral méditerranéen des côtes Algériennes sont estimées à 47 millions tonnes par an (Probst et al., 1992).

En Algérie du Nord, particulièrement l'Ouest du pays, les dispositions socioéconomiques, comme d'ailleurs les conditions hydro climatiques sont naturellement réunies pour intensifier et favoriser le déclenchement de ce mécanisme néfaste qui potentiellement menace l'équilibre de l'environnement tant à l'échelle régionale que locale (Dekiche et al. 1997).

L'érosion hydrique affecte 28 % des terres de l'Algérie du Nord. Ce sont les terres à fortes pentes des massifs telliens qui sont les plus touchées.

L'érosion se manifeste par la formation de rigoles et de ravines sur tout le versant avec affleurement de la roche-mère et une évolution en bad-lands (**Hadjiat, 1997**).

En général, l'érosion spécifique varie entre 2000 et 4000 t/km<sup>2</sup>.an (**Demmak, 1982**), L'Algérie est de ce fait l'un des pays les plus menacés dans le monde par l'érosion. L'intensité de l'érosion hydrique varie d'une zone à l'autre. La partie Ouest, où l'érosion touche 47 % de l'ensemble des terres, est la région la plus érodée du pays ; viennent ensuite les régions du Centre (27%) et de l'Est (26%) (**Ministère de l'environnement et l'aménagement du territoire, 2000**).

### **I.1.3.6. Conséquences de l'érosion hydrique en Algérie du Nord**

Les conséquences de l'érosion hydrique en Algérie du Nord sont dramatiques ; nous pouvons citer permis eux:

- Réduction de la production agricole (pertes en sol agricole) ;



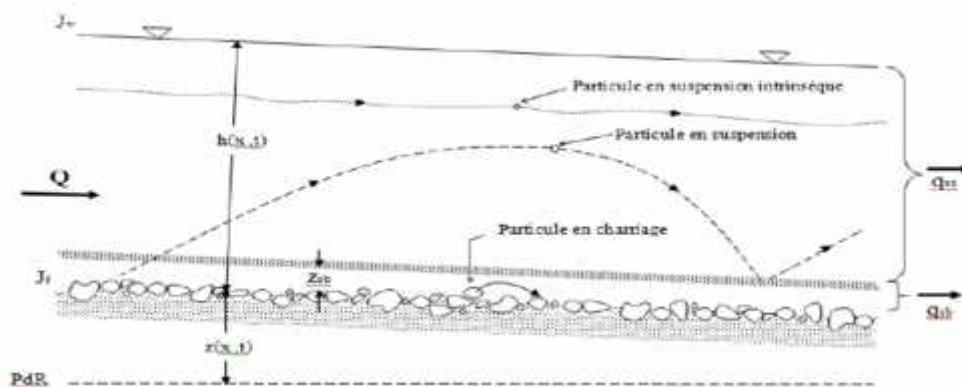
- Une dégradation spécifique dépassant les 5000 t/km<sup>2</sup>/an ;
- Une quantité de 120 millions de tonnes de sédiments rejeté en mer chaque année par les bassins tributaires de la méditerranée ( **Demmak, 1982** ) :
- Un exode rural important ;
- Un rehaussement des lits des oueds provoquant par la suite des inondations, menace les voies de communication et les ouvrages d'arts,...
- L'envasement précoce des barrages en exploitation.

## I.2. Transports solides

Le transport solide dans un cours d'eau constitue la seconde phase de l'érosion. La dynamique des matériaux arrachés au sol et transportés par le réseau d'écoulement dépend essentiellement de la vitesse d'écoulement et de granulométrie. (**Mokhtari,2009**)

Le champ de vitesse varie tout au long du profil de l'oued d'amont en aval l'eau et met en jeu deux types de mécanismes : le charriage et la suspension qui sont les principaux types de Transport solide. la capacité de charriage est liée à la nature granulométrique des matériaux et varie dans le temps et dans l'espace avec le débit liquide. La répartition entre le charriage et la suspension dépend essentiellement de la dimension des matériaux rapportés à la vitesse de l'eau et la turbulence de l'écoulement.

En tout point d'une rivière d'alimentation, le débit solide est défini par les caractéristiques hydrologiques de son bassin versant. (**Mokhtari,2009**)



**Figure n°04:** Mode de transport solide

### I.2.1. Mode de transport

#### I.2.1.1. Transport en matériaux du lit «charriage»

Le transport par charriage est l'un des principaux types de transport solide dans un cours d'eau. Il concerne les plus gros matériaux qui contribuent à la formation et l'équilibre

du lit, principalement la pente. Ces éléments sont transportés sur le fond par roulement, glissement et saltation, la direction du mouvement est en gros parallèle au fond et les accélérations verticales sont faibles.

Le charriage dit transport de fond, constitue un sérieux problème en régularisation des débits des cours d'eau et dans la construction des ouvrages hydrotechniques.

Plusieurs recherches ont été entamées e axées sur le transport des sédiments en régime fluvial, aussi bien par voie théorique que par voie expérimentale, mais il n'existe pas encore une théorie générale du mécanism et il est difficile de donner une définition universelle acceptable de la charge du fond. **(Benaicha amar cherif,2011)**

#### **I.2.1.2. Les fines « Transport par suspension »**

Le transport par suspension est le deuxième type de transport solide dans un cours d'ea Il concerne les éléments fins qui progressent dans le sens du courant au sein du même du liquide.

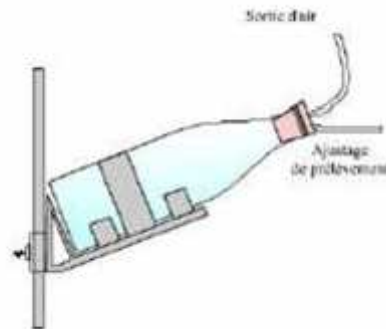
Ces éléments fins du transport solide sont maintenus en suspension par la turbulence et la quantité de ces matériaux dépend essentiellement des éléments fins, qui proviennent de l'érosin du bassin, suite au ruissellement des eaux de pluie. **(Benaicha amar cherif,2011)**

#### **I.2.2. Mesure de la concentration**

##### **I.2.2.1. Mesures de débits liquides et solides à l'exutoire des bassins versants**

L'évaluation des volumes de matériaux fins érodés et exportés d'un bassin versant se fait par des mesures conjointes de débits et de concentration en sédiments ou matières en suspension (MES). Ces mesures hydrométriques et de qualité de l'eau (MES) à l'exutoire de petits bassins hydrographiques doivent porter sur plusieurs années pour avoir une représentativité temporelle (sur 10-15 ans pour tenir compte des variabilités climatiques interannuelles). **(Mabit, 2002)**. Les mesures des exportations de matières grossières par charriage au fond de la rivière sont nettement plus complexes à mettre en œuvre et sont souvent ignorées par les expérimentateurs. De manière générale, on ne peut pas se contenter seulement de la mesure des exportations à l'exutoire, car la seule connaissance de cette donnée ne permet ni de localiser les zones sources de sédiment, ni d'évaluer les pertes en terre que subissent les parcelles constituant ces zones sources **(Boiffin, 1994)**.

### I.2.2.2. Bouteille de prélèvement



**Figure n°05:** Bouteille d'échantillonnage (Ammari,2012).

1. l'échantillonneur doit avoir une forme hydrodynamique, pour ne pas perturber l'écoulement.
2. l'entrée de l'échantillonneur doit être toujours face au courant.
3. l'entrée de l'échantillonneur doit être en dehors de la turbulence causée par le corps de l'échantillonneur et de ses attaches.
4. la vitesse d'entrée du liquide au point d'échantillonnage doit être égale à celle du courant environnant.
5. le prélèvement doit s'effectuer sans que l'échappement d'air ne gêne l'entrée de l'échantillon dans le récipient.
6. le récipient doit se détacher facilement pour être immédiatement fermé et transporté sans aucune perte de contenu.
7. l'échantillonneur doit être prêt à même prélever des échantillons à la profondeur désirée (de la surface jusqu'au fond) sans perturbation ou contamination du mélange eau-sédiment au cours de sa descente ou de sa remontée.
8. l'échantillonneur doit être portatif, tout en étant suffisamment lourd pour ne pas dévier de la verticale de mesure par l'effet du courant.
9. l'échantillonneur doit être robuste et de construction simple pour ne pas exiger d'entretien ou de réparation.
10. le volume de l'échantillonneur doit être suffisamment grand pour les analyses au Laboratoire de la concentration et de la granulométrie.

### **I.2.2.3. Caractérisation de la relation concentration en sédiments en suspension –débit liquide**

Les problèmes posés par la mesure du transport solide en suspension de part leur nature, incitent les hydrologues à s'intéresser à l'étude des variations de C et Q au cours d'une crue. En effet, la nature complexe du phénomène de crue, la conception de nouveaux, échantillonneurs et de nouvelles techniques de mesure, ainsi que les difficultés rencontrées lors des mesures par observateurs, sont les éléments clé de cet intérêt. Dans les petits cours d'eau, les concentrations des sédiments en suspension sont directement liées au débit. Les concentrations des sédiments en suspension augmentent généralement très rapidement pendant les montées des crues, produisent une pointe avant le débit maximal puis diminuent plus lentement pendant la décrue. Autrement le débit liquide et la concentration instantanée des sédiments en suspension peuvent ne pas avoir une relation stationnaire pendant un écoulement simple dû à une averse. La tendance pour que la concentration en sédiment ait différentes valeurs à des débits identiques est l'effet d'hystérésis.

La relation C-Q. et en Trois périodes peuvent être distinguées dans cette boucle :

**a-** La première période est caractérisée par une forte augmentation de la concentration de sédiments en suspension et du débit. Cette phase est définie par l'arrivée successive des premières quantités de matériaux en suspension produites essentiellement par l'effet « splash » des pluies érosives dans les zones de ruissellement proches de l'exutoire du bassin. Cette période peut aussi correspondre à la remobilisation des matériaux déposés sur le fond lors des basses eaux (**Kattan et al., 1987**).

**b-** La seconde période est caractérisée par une diminution de la concentration des sédiments en suspension et une forte augmentation du débit. Cette phase de transport correspond à la dilution de la concentration des sédiments et peut également être attribuée à l'érosion des berges du cours d'eau (**Kattan et al., 1987 ; Dinehart, 1992**).

**c-** La troisième période est caractérisée par une diminution de la concentration des sédiments en suspension et du débit. Cette phase correspond au dépôt des matériaux sur le lit des cours d'eau et dans les zones alluviales du bassin.

### **I.2.2.4. Relation débit solide et débit liquide et concentration**

La mobilisation des matériaux solides sur les versants et leur transport éventuel par les cours d'eau, représentent deux phénomènes distincts, mais liés entre eux (**Ammari, 2012**)

Le débit solide moyen des sédiments en suspension  $Q_s$  [kg.s<sup>-1</sup>] qui transitent une Section d'écoulement moyen est calculé par le produit de la concentration moyenne des sédiments en suspension  $C_s$  [g.l<sup>-1</sup>] et du débit liquide moyen  $Q_L$  [m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>] durant une période de temps donné :

$$Q_s = Q_L C_s \dots\dots\dots (17)$$

### I.3. Envasement des barrages

#### I.3.1. Définition

L'envasement est défini comme étant le dépôt de sédiments dans les retenues et barrages, réduisant ainsi leurs capacités de stockage. La construction d'un barrage change les caractéristiques hydrauliques de l'écoulement et la capacité de transport des sédiments, transportée par l'écoulement, la matière solide tend à se déposer à l'approche des plans d'eau, car en réduisant sa vitesse, l'écoulement perd petit à petit sa capacité de transport quand le cour d'eau s'approche et se jette dans le lac du réservoir, les particules grossières se déposent en premier ensuite les plus fines jusqu'à atteindre la digue, n'ayant pas où s'échapper le dépôt se tasse et se consolide en réduisant ainsi la capacité de stockage du réservoir, sachant qu'en moyenne 90% des sédiments transportés par le cour d'eau sont piégés (**Chow, 1964**).

#### I.3.2. Problématique de l'envasement

Le problème d'envasement des barrages n'est pas un problème propre à l'Algérie, beaucoup de pays dans le monde souffre du problème surtout dans les zones arides et semi-arides, où le manque de ressources hydrique est accentué par l'érosion des sols qui peut atteindre les 5000 t/km<sup>2</sup>/an contre 30 à 50 t/km<sup>2</sup>/an en Europe

L'envasement est la conséquence directe de l'érosion et la sédimentation qui sont aussi la cause de la dégradation des sols agricoles ; 45% des sols agricoles du Nord Algérien sont directement menacés par l'érosion, soit 12 Millions d'hectares (**Chebbani et al, 1999**).

La maîtrise de ce phénomène ne peut passer qu'à travers des modèles qui nous permettent de décrire et de quantifier dans la mesure du possible les taux de dégradation des sols et ainsi les conséquences qui se suivent. La validité de ces modèles est tributaire de la qualité et la quantité de donnée disponible. Le manque de données conduit souvent l'ingénieur à utiliser les méthodes empiriques

Disponibles afin d'évaluer les quantités de sédiments transportés annuellement par les cours d'eau (Meddi et al, 1998), sans qu'on ait de dispositifs de contrôle de ces résultats

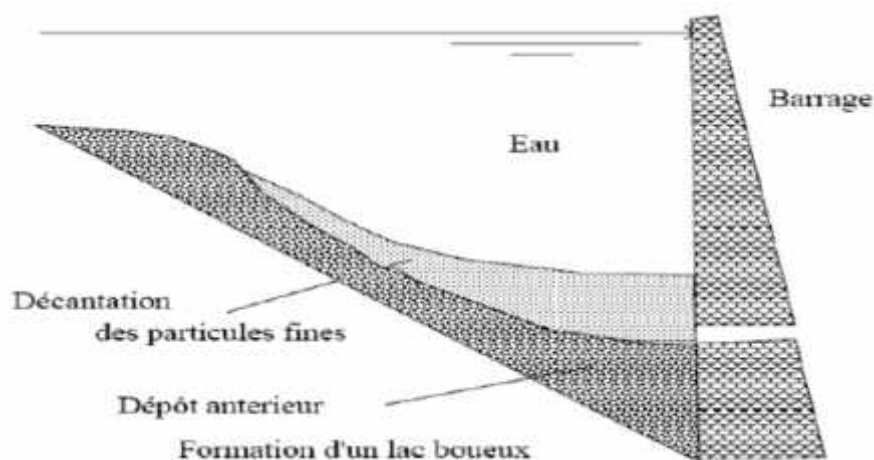


Figure n°06 :Dépôt de vase (Remini, 2003)

Tableau n°1 : L'état d'envasement de quelques barrages algériens (Remini et al, 2003)

	Année de mise en eau	Capacité Initiale ( $10^6 \text{ m}^3$ )	Envasement moyen annuel ( $10^6 \text{ m}^3/\text{an}$ )
OUED FODDA	1932	228	2.66
GHRIB	1939	280	3.2
DJORF EL TORBA	1934	350	1.3
S.B.M.A	1978	235	1
LACHEFFIA	1965	175.68	0.17
EGHIL EMDA	1953	154.8	1.6
BOUHANIFIA	1944	73	0.78
BENI BAHDALS	1940	63	0.2
BAKHADA	1936	37.6	0.27
FOUM EL GHERZA	1950	47	0.8
ZERDEZAS	1936	14.9	0.25
HAMIZII	1935	21	0.35
MEFROUCH	1936	16	0.12
K'SOB	1940	11.6	0.3
FOUM EL GUEISS	1939	3	0.03

### **I.3.2. conséquence d'envasement des barrages**

L'envasement est la conséquence directe de l'érosion et la sédimentation,

#### **I.3.2.1. Sur la capacité de laminage des crues**

Du fait de l'envasement de la retenue d'un barrage, le volume de la tranche réservée au laminage des crues subit une réduction progressive. Cette réduction se traduit par une augmentation du risque de déversement ce qui constitue une menace pour la sécurité de l'ouvrage et les zones inondables à l'aval et se traduit par des pertes d'eau pour l'alimentation en eau potable, l'irrigation et la production énergétique (**Badraoui et Hajji, 2001**).

#### **I.3.2.2. Sur la sécurité des barrages**

L'envasement pose un problème sur la stabilité de l'ouvrage, on sait que pour une variation linéaire de la hauteur de la vase, la poussée progresse au carré de la hauteur (**Oumrani,2009**).

#### **I.3.2.2. Obturation des organes de vidange**

Un autre danger présenté par l'envasement est celui du non fonctionnement des organes de Vidange de fond, et de ce fait toute opération de vidange de la retenue est impossible (**Benahmed, 2015**).

#### **I.3.2.3. Sur les infrastructures aval**

Les problèmes posés par les sédiments ne se limitent pas au niveau du barrage mais ils s'étendent bien en aval. Ainsi, les sédiments en suspension dans l'eau distribuée par des canaux A partir des barrages se déposent dans ces ouvrages et favorisent le développement de plantes aquatiques. Ceci réduit la débitance de ces canaux et rend difficile leur exploitation et augmente considérablement les tours d'irrigation et la probabilité de déversement (**Badraoui et Hajji, 2001**).

#### **I.3.2.4. Sur la qualité de l'eau**

Un des plus importants effets de l'érosion sur la qualité des eaux des retenues de barrages est la dégradation très sérieuse de cette qualité due au phénomène d'eutrophisation.

Les Sédiments véhiculent des produits chimiques (nitrates, sulfates) provenant en particulier des Apports en éléments fertilisants pour les cultures, et se déposant dans les réservoirs entraînant Ainsi une dégradation de la qualité de l'eau (**Remini, 1997**).

## **I.4. Moyens de lutte contre l'envasement des barrages**

### **I.4.1. Réalisation des barrages de décantations**

La meilleure façon d'éviter l'envasement, c'est d'empêcher la vase d'arriver jusqu'au barrage, cela peut se faire par la création de retenues pour la décantation des apports solides, ce qui revient à construire un autre barrage en amont. La réalisation du barrage de Boughezoul en amont de celui de Ghrib, bien qu'édifié essentiellement pour amortir les crues de oued Chellif, a permis de retenir depuis sa création un volume de près de  $50 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  de vase qui, sans elle, seraient venus s'ajouter aux  $150 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  qui se sont déposés dans celle de Ghrib (en l'an 2000). Le barrage de Boughezoul a ainsi réduit l'envasement du Ghrib de près de 18%.

### **I.4.2. Surélévation des barrages**

L'un des moyens de lutte utilisés en Algérie est la surélévation de la digue. Cette méthode consiste, lorsque le taux de comblement est avancé, à augmenter la hauteur de la digue d'une taille variable permettant la constitution d'une réserve complémentaire pour compenser la Perte du volume occupé par la vase. Cette technique a été réalisée sur 04 barrages: Bakhada, K'sob, Zardézas et Boughezoul. La surélévation des barrages permet d'augmenter la capacité de la retenue et donc de compenser la valeur envasée. La nouvelle situation ainsi créée ne peut qu'influencer l'évolution des dépôts des sédiments dans la retenue. Nous avons constaté que l'envasement a augmenté plus rapidement après cette surélévation, ce fait étant confirmé par l'examen du tableau 1, pour les quatre barrages cités ci dessus.

### **I.4.3. Technique de chasse**

La technique de chasse consiste à évacuer une quantité des sédiments par les pertuis de vidange à l'arrivée des crues. Elle est appliquée souvent au barrage de Beni Amrane. Ce dernier d'une capacité de  $15,6 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  a été doté de six vannes de fond. Environ  $2,2 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  de vase ont été évacués durant la période 1988- 1993 L'évacuation des sédiments par les pertuis de vidange n'est efficace que pour la zone proche des vannes L'efficacité des chasses opérées dans le temps au niveau du barrage n'a pas dépassé les 26% du total des sédiments entrants L'ouverture de la vanne de fond au barrage de Fom El Gherza a permis d'évacuer environ  $0,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  de vase durant l'année 1989/1990 et une quantité de  $0,1 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  de vase de 1990 à 1993 (**Remini, 2004**).



#### I.4.4. Soutirage des courants de densité

La majorité des retenues en Algérie présentent les conditions favorables à l'apparition des courants de densité (forte concentration en sédiments fins et la forme de la retenue de type canal). En effet, la forte concentration en sédiments dans les cours d'eau surtout en période de crues et la forme géométrique de la cuvette (de type canal) donnent naissance aux courants de densité à l'entrée d'une retenue et peuvent se propager jusqu'au pied du barrage. L'ouverture des vannes de fond au moment opportun peut évacuer une forte quantité en sédiment.

Cette technique est utilisée dans les barrages d'Ighil Emda, d'Erraguene et d'Oued El Fodda. Le barrage d'Ighil Emda a été équipé d'un dispositif installé spécialement pour le soutirage des sédiments et constitué de 8 vannettes de dévasement et 3 vannes de dégrèvement. Une quantité importante évaluée à  $46.10^6 \text{ m}^3$  a ainsi été évacuée en 46 ans d'exploitation (1954- 2000).

Durant la période 1984-1992, le rendement a atteint 55 %. En effet, une quantité de vase de  $8,3.10^6 \text{ m}^3$  a été évacuée pour un apport total de  $15,3.10^6 \text{ m}^3$  dans la retenue. Pour tenter de résoudre le problème de l'obturation de la vanne de fond du Barrage de Oued El Fodda (obturée en 1948 et se trouve actuellement sous 45 m de vase), cinq vannettes de dévasement ont été installées en 1961.

La retenue avait initialement (1932) une capacité de  $228.10^6 \text{ m}^3$  qui a été ramenée progressivement à  $124.10^6 \text{ m}^3$  en 1994, mais en l'absence de soutirage, cette capacité en 1994 aurait été inférieure puisque réduite à  $100,5.10^6 \text{ m}^3$ . Durant la période : 1961- 1994, une quantité de  $57,5.10^6 \text{ m}^3$  de vase est arrivée dans la retenue, alors que seulement  $21,5.10^6 \text{ m}^3$  de vase ont été évacués, soit un rendement de 37 %. Malgré le faible taux d'envasement dans la retenue, le barrage d'Erraguene a été équipé d'un système de soutirage, composé de 4 vannettes de dévasement et de deux vannes de dégrèvement. Une quantité de vase évaluée à  $10.10^6 \text{ m}^3$  a été évacuée en 38 années d'exploitation (1962- 2000), alors que  $19.10^6 \text{ m}^3$  se décantaient dans la retenue, soit un rendement moyen de 32 % (**Remini et Hallouche 2007**).

#### I.4.5. Dragage des barrages

Malgré le coût onéreux de l'opération de dragage qui revient environ à celui de la réalisation d'un nouveau barrage, la technique de dragage devient indispensable pour les barrages dont la stabilité est en danger ou bien dans le cas où les sites pour la

réalisation de nouveaux ouvrages deviennent rares. suite à l'accélération de l'envasement du barrage de fergoug III (actuel). L'Algérie a acquit en 1989 une nouvelle drague suceuse refouleuse baptisée <<REZOUG YUCEF>> la drague d'un total de 300 tonne, est conçue pour refouler à une hauteur de 28 mètres, dans une conduite de 700 mm avec un débit maximum de mixture de 16001s pour une profondeur de dragage de 3 à 16m.

## *Chapitre II*

### *Présentation de la zone d'étude*

## Introduction

Le Cheliff est une exception notable parmi les oueds Nord africain, c'est le seul oued qui draine une partie des hauts plateaux, et c'est l'un de ceux qui possèdent le cours le plus long et le débit le plus grand. il est nécessaire de délimiter les surfaces qui contribuent à alimenter l'écoulement de ce cours d'eau.

### II.1. Situation géographique et délimitation

Le bassin du Cheliff attribué du code 01 est d'une superficie de 43750 km<sup>2</sup>, il se divise en deux régions distinctes:

1- La partie amont du Cheliff, avec une superficie de 20500 km<sup>2</sup> est limité au sud par les montagnes de Djebel Amour et au nord par les montagnes de l'Ouarsenis

2- La partie aval du Cheliff qui s'étend sur une surface de 23250 km<sup>2</sup> est limitée au sud par les massifs de Tiaret, Saida et l'Ouarsenis, au nord par le Dahra et Beni Menacer.

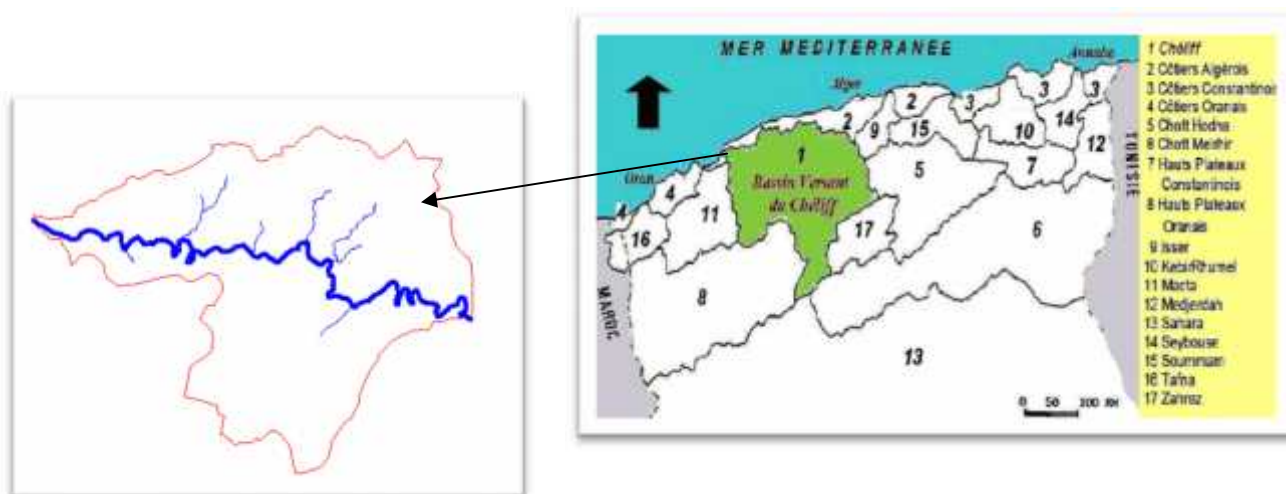
Le bassin du Cheliff s'étend entre les longitudes 0 7' et 3 31' Est et entre les Latitudes 33 53' et 36 26' Nord, il est limitrophe:

Au Nord avec les côtières Algérois et Oranais à l'Est avec les bassins de l'Isser, du Hodna, du Zahrez et des hauts plateaux Constantinois à l'Ouest avec les bassins de la Macta et des hauts plateaux Oranais ; et au Sud par l'Atlas Saharien.

La situation du bassin d'étude est donnée par la figure.(07).

Le bassin du Cheliff est lui-même composé par trois grandes unités hydrologiques ou sous Bassins principaux :

Cour supérieur de l'Oued Cheliff (Amont de Boughezoul) d'une étendue de 19.710 Km<sup>2</sup> Sous bassin Moyen et Haut du Cheliff (Moyen et Haut Cheliff) de 13.870 Km<sup>2</sup> Bas Cheliff, et sous bassin de l'Oued Mina (Bas Cheliff et la Mina) de 10.170 Km<sup>2</sup>.(Badji Moussa et Boukhtech Redouan 2014)



**Figure n°07 :** Carte des bassins versants en l'Algérie y compris la zone d'étude (ANRH, 2002)

## II.2. Caractéristiques physiques générales du bassin versant du Cheliff

### II.2.1. Géologie

Le bassin du Cheliff appartient aux bassins sédimentaires sublittoraux allongés Est – Ouest Et mis en place après la dernière phase alpine de tectonique tangentielle (Figure.08). Au Nord, cette dépression est séparée de la mer par le Tell septentrional représenté par une Suite de reliefs parallèles formés essentiellement de terrains jurassico-crétacés que l'on Retrouve aussi dans la plaine (Dahra et massifs épi-métamorphiques à schistosités du Doui, Rouina et Témoulga). Au Sud le bassin du Cheliff est limité par le Tell méridional représenté par un ensemble de massif montagneux où le substratum y est principalement marno-calcaire et correspond à l'allochtone tellien avec ses différentes nappes (Figure n°09).

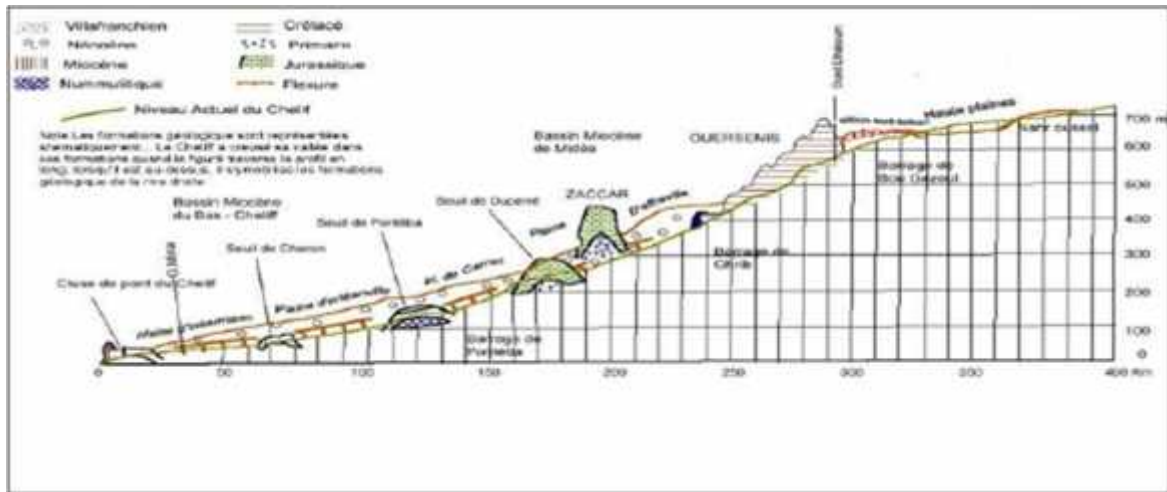


Figure n°08 : Coupe géologique « Est-Ouest ». (Boulaine, 1957)

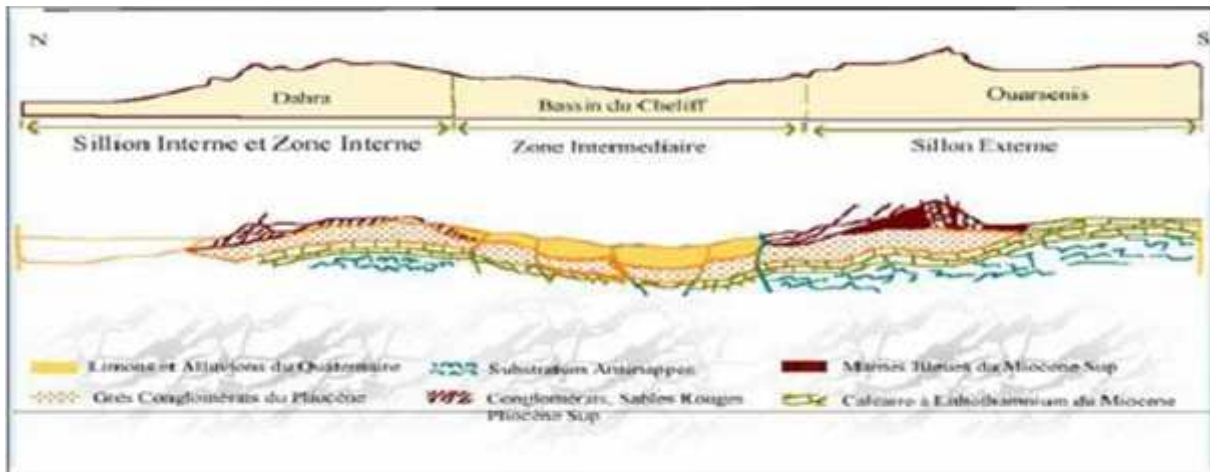


Figure n°09 : Coupe géologique « Nord-Sud ». (Boulaine, 1957)

### II.2.2. Végétation et Occupation du sol

Le bassin versant du Cheliff est dans sa majeure partie affecté par un régime climatique semi-aride qui détermine la couverture végétale. En matière d'érosion des sols, c'est le facteur « taux de couverture » qui intervient le plus, ainsi, les forêts (bois et broussailles) occupent plus de 40% de la superficie du Haut et Moyen Cheliff et 15% du bas Cheliff et la Mina, les prairies occupent une partie non négligeable du haut et moyen Cheliff avec un pourcentage de 20% situé à l'Est du bassin, les cultures et les terres arrosées sont concentrées au centre du bassin du Cheliff, le reste se sont des terres au repos et des sols nus tandis que l'Amont de Bougezoul est essentiellement couvert par le sable. (ABH-CZ, 2006)

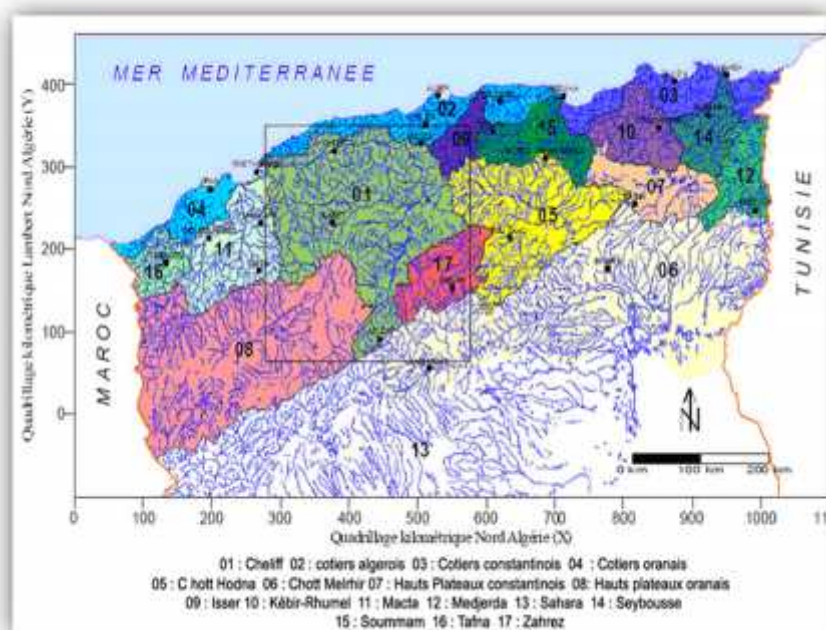
### II.2.3. Activité Agricole

La Région est à vocation agricole dans le bassin de Chélif. A l'amont du barrage de Boughazoul les pratiques sont les oliviers, dans le haut et moyen du Cheliff, les principales spéculations qui y sont les céréales, les fourrages, les cultures maraichères, les cultures industrielles, l'arboriculture fruitière et les légumes secs et en Bas de Chélif les principales pratiques sont les céréales, les fourrages, les cultures maraichères, l'arboriculture fruitière et les légumes secs.

### II.2.4 Réseau hydrographique

Toutes les eaux issues des principaux affluents sont collectées en direction du centre de la plaine du Cheliff vers le principal Oued en question; ce dernier draine toutes les eaux du bassin versant du Cheliff vers l'exutoire situé au niveau de Mostaganem (Figure.10)

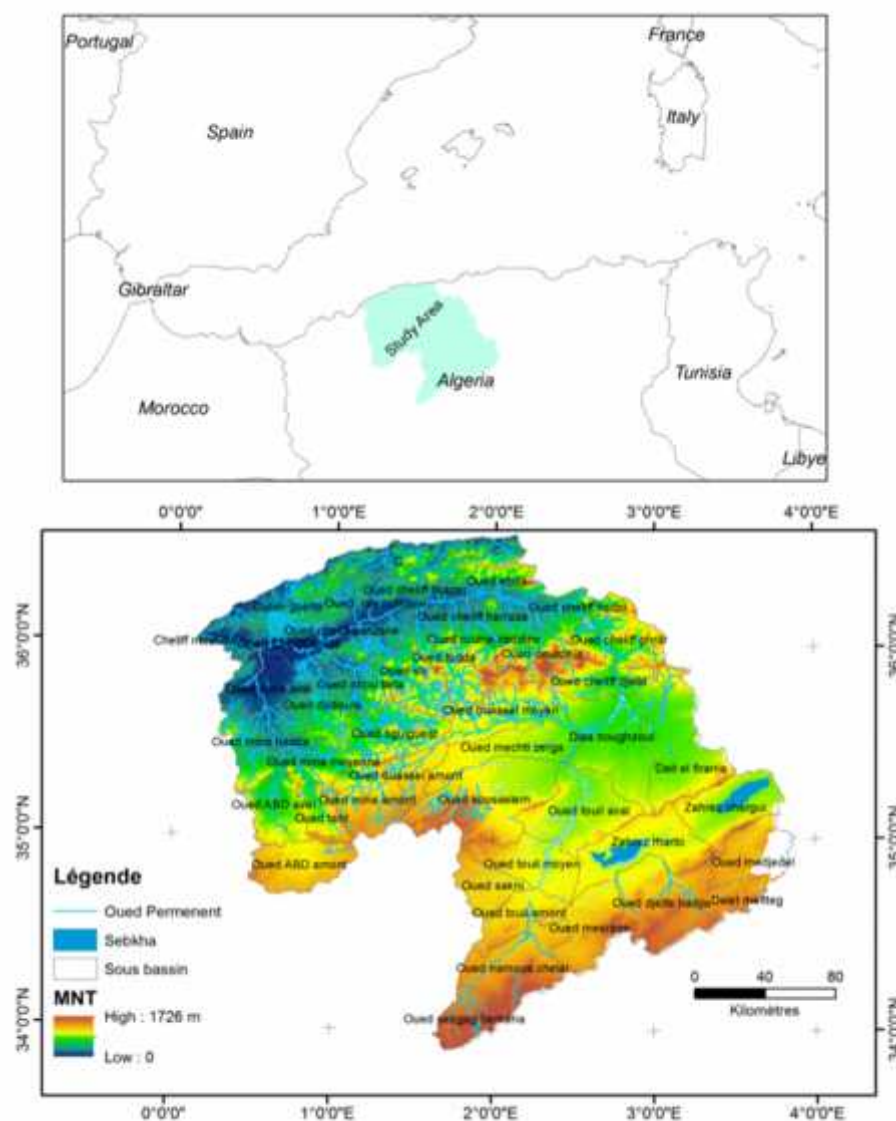
Le Cheliff prend sa ressource dans le Djebel Amour, c'est-à-dire aux confins du Sahara; au départ, on a divers Oueds : Oued Berkana, Sabgague, Mekta et Oued Namous.



**Figure n°10** : Bassins hydrographiques de l'Algérie du Nord et position de la zone d'étude (Mebarki 2002).

L'Oued Cheliff qui résulte de la réunion de ces deux cours d'eau, franchit une coupure entre Ksar El Boughari et Boughar et abandonne les hauts plateaux pour pénétrer dans le tell. De Boughari à Amoura (Ex.Dollfuss ville) il coule dans les gorges profonde et à partir des Djebel Amoura, suit la plaine orientée d'Est en Ouest.

Enfin, après avoir séparé le plateau de Mostaganem de celui de Abdel Malek Ramdan (ex. Willis), le Cheliff déverse ses eaux à la mer après un trajet de plus de 720 Km. (Hallouz , 2009)



**Figure n°11:** Schéma de localisation des principaux s/bassins de la région d'étude (Hallouz *et al.*, 2018)

### II.3. Caractéristiques de forme

#### II.3.1. Indice de compacité de Gravilius (Kc)

L'indice de compacité Kc caractérise ce phénomène. On compare le périmètre (P) du bassin versant à celui, (Pa), d'un cercle ayant la même superficie.



Tableau n°02 : Indices de compacité par bassins versant .(Hallouz Faiza2009)

Bassin	Code sous bassin	Nom	Superficie (km <sup>2</sup> )	Périmètre (km)	Indice de compacité (kc)	
		Sous bassin				
Cheliff à l'amont Boughzoul	107	Oued Soussalem	2833	292,7	1,54	
	110	Oued Ouassel Moyen	1403	222,1	1,66	
	112	Diaa Boughzoul	2617	338,8	1,85	
Cheliff à l'aval Boughzoul	Haut et Moyen Cheliff	114	Oued Cheliff Ghrib	1383,69	176,81	1,33
		115	Oued Cheliff Harbil	767,29	167,95	1,7
		116	Oued Deurdeur	857,64	185,65	1,78
		117	Oued Cheliff Harraza	743,97	142,68	1,46
		118	Oued Ebda	680,55	141,1	1,51
		119	Oued Rouina Zeddine	898,54	173,69	1,62
		121	Oued Fodda	1161,32	212,75	1,75
		122	Oued Ras Ouahrane	1437,44	224,12	1,5
		123	Oued Sly	1405,47	225,12	1,68
	Bas Cheliff et Mina	124	Oued Cheliff Ouarizane	564,72	122,13	1,44
		125	Oued Tiguiguest	1513,02	202,89	1,46
		126	Oued Rhiou Tleta	928,45	185,18	1,7
		127	Oued Djdiouia	799,4	162	1,6
		128	Oued Cheliff Tarhia	759,63	145	1,47
		129	Oued Mina Amont	1277,66	176	1,38
		132	Oued Abd Amont	1352,8	188	1,43
		133	Oued Abd Aval	1228,61	198	1,58
		134	Oued Mina Hadda	1250,98	193	1,53
136	Oued Cheliff Maritime	431,41	112	1,51		

Les valeurs de l'indice de compacité (tableau 02) montrent que tous les bassins sont allongés, dont l'indice de forme reste élevé (varie entre 1,33 et 1,85).

Il n'en demeure pas moins que les bassins de la région d'étude (Cheliff) présentent, dans l'ensemble, des formes assez allongées favorisant un écoulement lent des eaux de ruissellement. Mais, l'influence du relief reste plus déterminante.

### II.3.2. Rectangle équivalent

$$L = \frac{K \sqrt{S}}{1.1} \left[ 1 - \left( \frac{1.1}{K} \right)^2 \right] \dots\dots\dots (18)$$

$$l = \frac{K \sqrt{S}}{1.1} \left[ 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{1.1}{K} \right)^2} \right] \dots\dots\dots (19)$$

Avec:

L: la longueur de rectangle équivalent (km);

l: la largeur de rectangle équivalent (km);

Les valeurs de la longueur équivalente et de largeur équivalente sont présentées dans le tableau ci-dessous ( **Tableau n 03** )

**Tableau n°03 : Longueur équivalente et largeur équivalente par sous bassins versant du bassin du Cheliff .(Hallouz Faiza2009)**

Bassin		Code sous bassin	Longueur équivalente (km)	Largeur équivalente (km)
Cheliff à l'amont Boughzoul		0107	42	101
		0110	31	82
		0112	47	140
Cheliff à l'aval Boughzoul	Haut et Moyen Cheliff	0114	68,08	20,32
		0115	73,54	10,43
		0116	82,42	10,41
		0117	58,66	12,68
		0118	59,02	11,53
		0119	74,84	12,01
		0121	94,02	12,35
		0122	97,28	14,78
		0123	98,26	14,30
	Bas Cheliff et Mina	0124	49,70	11,36
		0125	83,28	18,17
		0126	81,15	11,44
		0127	69,50	11,50
		0128	59,80	12,70
		0129	69,66	18,34
		0132	76,26	17,74
		0133	84,45	14,55
		0134	81,07	15,43
	0136	46,78	9,22	

### II.3.3. Relief

Il est caractérisé par la courbe hypsométrique. Cette courbe donne la surface  $s$  (en  $\text{km}^2$  ou en % de la surface totale) où les altitudes sont supérieures à une cote "h" donnée.

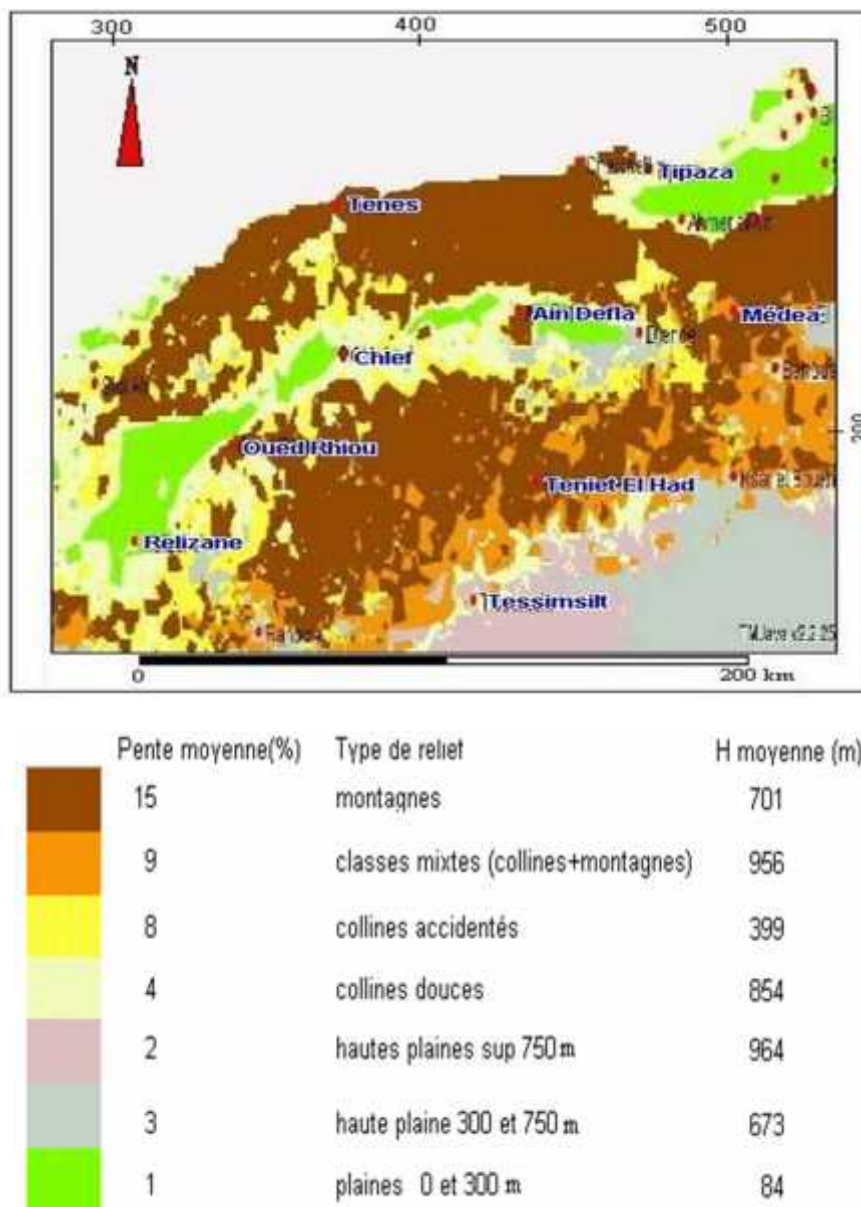
L'altitude moyenne de la région d'étude, calculée à partir de la courbe hypsométrique, varie de 300 à 1100 m. Elle varie de 640 m dans le bassin Cheliff à l'aval de Boughzoul (Haut, moyen, Bas Cheliff et Mina) à 980 m dans les hauts plateaux (Amont Boughzoul).

L'hypsométrie des sous bassins versants étudiés donne les altitudes moyennes (Capolini et al., 1969 et Agence du bassin hydrographique Cheliff Zahrez, 2004) figurant dans le (Tableau n°04)

**Tableau n°04 : Altitudes moyennes des sous bassins versants étudiés.(Hallouz Faiza2009)**

Bassin	Code sous bassin	Nom sous bassin	Altitude moyenne H (m)	
Cheliff à l'amont Boughzoul	0107	Oued Sousselem	965	
	0110	Oued Ouassel Moyen	1045	
	0112	Diaa Boughzoul	880	
Sous bassin Cheliff à l'aval Boughzoul Cheliff	Altitude moyenne H (m) Haut et Moyen 0114	0114	Oued Cheliff Ghrib	690
		0115	Oued Cheliff Harbil	585
		0116	Oued Deurdeur	892
		0117	Oued Cheliff Harraza	471
		0118	Oued Ebda	593
		0119	Oued Rouina Zeddine	628
		0121	Oued Fodda	800
		0122	Oued Ras Ouahrane	375
		0123	Oued Sly	659
	Bas Cheliff et Mina	0124	Oued Cheliff Ouarizane	295
		0125	Oued Tiguiguest	740
		0126	Oued Rhiou Tleta	398
		0127	Oued Djdiouia	453
		0128	Oued Cheliff Tarhia	204
		0129	Oued Mina Amont	998
	0132	Oued Abd Amont	986	
	0133	Oued Abd Aval	896	
	0134	Oued Mina Hadda	592	
	0136	Oued Cheliff Maritime	1000	

Il s'avère que les secteurs d'altitude supérieure à 1200m sont peu étendus dans les bassins Aval et Amont Boughzoul. Elles correspondent à des massifs montagneux importants, seuls les sommets des monts de l'Ouarsenis, des monts de Tiaret et des Djebels Ammour dépassant les 1600 m d'altitude.



**Figure n°12 :** Carte des différentes classes moyennes morphologiques de la vallée du Cheliff (Source [www.sgiar.org](http://www.sgiar.org))

Les zones d'altitude comprise entre 400 et 1000 m couvrent 13 899 km<sup>2</sup> dans le bassin Aval Boughzoul, soit environ 58% de la superficie totale de ce bassin. Les zones d'altitude

comprise entre 700 et 1200 m couvrent 15 736 km<sup>2</sup> dans le bassin Amont Boughzoul, soit environ 79% de la superficie totale du bassin .

Enfin, les secteurs d'altitude inférieure à 400 m dans le bassin Aval Boughzoul, représentent un peu plus du quart (29,45%) de la superficie totale du bassin. Elles concernent essentiellement la moitié septentrionale du bassin. Elles correspondent exclusivement aux vallées drainées par le Moyen et le Bas Cheliff (le principal affluent : l'oued Mina) **(Boulaine, 1957)**.

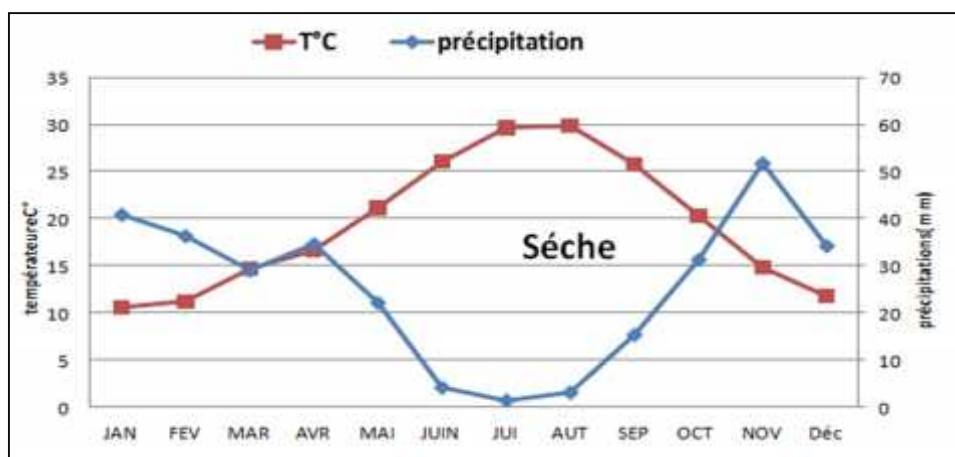
#### II.4. Analyse Climatique des dernières décennies 1990-2013.

##### II.4.1. Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausсен

L'indice Ombrothermique, développé par Bagnouls et Gausсен (1953), est un indice climatique (Balaghi et al, 2012), permet d'estimer les éléments de climat d'une région de points de vue précipitation et température pendant une période donnée et permet également de préciser les périodes sèches et humides (BenMessaoud, 2009). Il est égal au rapporte (P /T) de la pluviométrie et de la température moyenne que représenter sur le même graphique ou:

P : pluviométrie ou précipitation en (mm).

T : la température en (C°). Bagnouls et Gausсен (1953) définissent la saison sèche comme étant : « l'ensemble des mois où le total mensuel des précipitations exprimé en millimètre est inférieur ou égal au double de la température moyenne mensuelle exprimée en degrés centigrades (P ≤ 2T). **(Ghadiri, 2010)**.



**Figure n°13** : Diagramme Ombrothermique de Gausсен e Bagnouls de la station de Relizane la période (1990-2013).

Le diagramme ombrothermique est l'évolution de deux phénomènes météorologiques (la Température et la précipitation), qui marque deux périodes saisonnières de la région d'étude, Période humide s'étale entre fin de octobre jusqu'à fin avril avec un maximal de précipitations de 51.69mm marqué pendant le mois de novembre, cette période est caractérisée par une Formation végétale (agricole ou spontanés) ou groupements végétaux très diversifiés lorsque Dans la saison la température a été calculé (14.78 C°), et le taux de pluie est (51.69 mm) qui Aider à la croissance et la densité de la végétation.

#### II.4.2. Quotient pluviothermique d'Emberger

Le quotient pluviothermique (Q<sub>2</sub>) d'Emberger (1955), pour exprimer la sécheresse Correspond à une expression synthétique les cinq différents types de climats méditerranéen.

Depuis le plus aride, jusqu'à celui de haute montagne (aride, semi-aride, subhumide, humide).( Figure n° 14)

(Benabadji et Bouazza, 2000).

Le quotient Q<sub>2</sub> a été formulé de la façon suivante (Ousmail et al,2011) :

$$Q_2 = \frac{P}{\left(\frac{M+m}{2}\right)(M-m)} \times 1 \dots\dots\dots(20)$$

**P** : pluviosité moyenne annuelle en mm

**M** : moyenne des températures maximales quotidiennes du mois le plus chaud en degré absolu.

**m** : moyenne des températures minimales quotidiennes du mois le plus froid en degré absolu

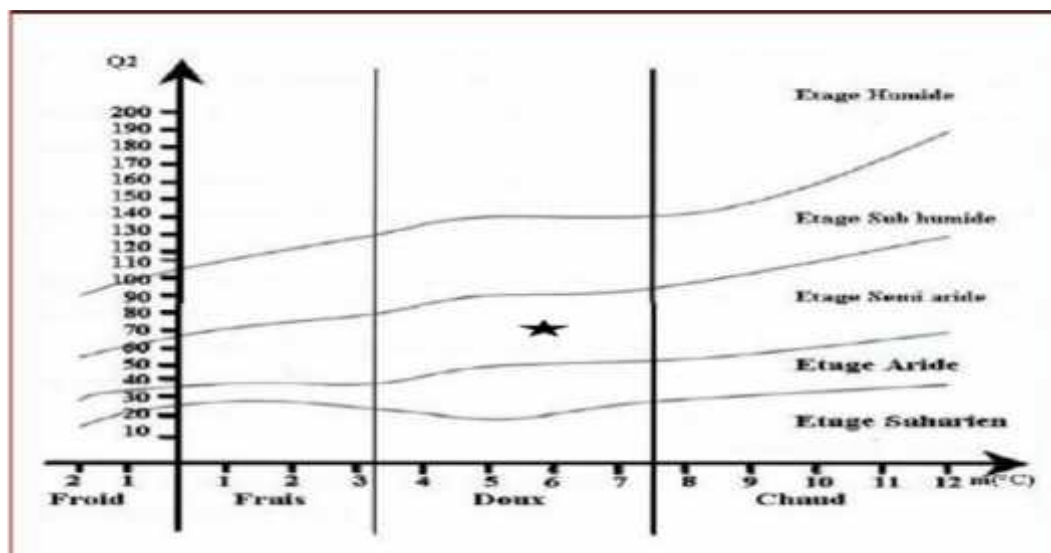


Figure n°14 : Position de la région d'étude sur le climagramme d'Emberger.

On constate que la période sèche à plaine –Chéiff s'étale du mois d'avril à mois octobre, le Mois le plus chaud est le mois d'août avec une température de (29,83 C°) et le mois le moins Arrosé est le mois de Juillet avec 1.33 mm Les plantes sont très peu, notamment les plantes agricoles, et la raison est due à la rareté du niveau d'eau. Les résultats montrent que le climat de la plaine Cheliff est semi-aride avec des étés très chauds et des hivers froids avec une tendance vers l'an.

**II.4.3. Indice de pente**

L'objet de ces indices est de caractériser les pentes d'un bassin versant et de permettre la comparaison des classifications.

**II.4.4. Indice de pente globale**

$$I_g = D/L \dots\dots\dots (21)$$

Avec : D = (H5% - H95%)

L = longueur du rectangle équivalent (km);

Les résultats obtenus sont consignés dans le (Tableau n 06)

### II.4.5. dénivelée spécifique

La dénivelée spécifique permet d'utiliser la classification de l' I.R.D (ex. O.R.S.T.O.M (Tableau n 05) (qui permet de définir les différents types de relief et de comparer les bassins versant quelles que soient leurs superficies. La dénivelée spécifique est définie comme suit :

$$D = I_g \sqrt{S} \dots \dots \dots (22)$$

Ds : Dénivelée spécifique (m/km)

Ig : Indice de pente globale

S : Superficie du bassin versant (km<sup>2</sup>).

**Tableau n°05: classification de I.R.D.(Hallouz Faiza2009)**

R1	Relief très faible	Ds < 10m
R2	Relief faible	10 < Ds < 25m
R3	Relief assez faible	25 < Ds < 50m
R4	Relief modéré	50 < Ds < 100m
R5	Relief assez fort	100 < Ds < 250m
R6	Relief fort	250 < Ds < 500m
R7	Relief très fort	Ds > 500m

On trouve les résultats relatifs au bassin dans le (Tableau n 06)

D'après la classification de l'I.R.D, les résultats montrent que les plus fortes valeurs de l'indice de pente global (Ig) et de la dénivelée spécifique (Ds) concernent les bassins versant situés à l'aval du barrage de Boughzoul (relief fort).

Ces valeurs traduisent bien l'importance du volume montagneux et la forte incision du relief dans ces secteurs.

Les valeurs les plus faibles de l'indice de pente global (Ig), relief modéré, correspondent aux bassins situés à l'amont de Boughzoul, elles caractérisent le milieu des hautes plaines, relativement plat et homogènes dont ces bassins font partie.



**Tableau n°06 : Classification du relief par sous bassin .(Hallouz Faiza2009)**

Bassins	Code S/Bassin	Ig (%)	Ds(m/K)	Classe de relief
Cheliff à l'amont Boughzoul	0107	6,93	368,89	Relief fort
	0109	5,45	144,24	Relief assez fort
	0110	6,10	228,39	Relief assezfort
	0112	4,29	219,24	Relief assez fort
Cheliff à l'aval Boughzoul	0114	17,67	657,11	Relief trèsfort
	0115	15,01	415,86	Relief fort
	0116	19,41	568,51	Relief très fort
	0117	23,87	650,97	Relief très fort
	0118	23,73	619,02	Relief très fort
	0119	21,38	640,85	Relief très fort
	0121	18,08	616,17	Relief très fort
	0122	11,31	428,71	Relief fort
	0123	17,30	648,61	Relief très fort
	0124	20,12	478,05	Relief fort
	0125	13,21	513,84	Relief très fort
	0126	16,02	488,13	Relief fort
	0127	12,95	366,11	Relief fort
	0128	10,04	368,79	Relief fort
	0129	11,51	411,24	Relief fort
	0132	9,22	339,23	Relief fort
0133	13,03	456,58	Relief fort	
0134	14,80	523,55	Relief très fort	
0136	12,85	266,81	Relief fort	

On constate que l'ensemble de la région étudiée (Amont du barrage de Boughzoul, Haut et Moyen Cheliff, Bas Cheliff et de la Mina) se range dans la classe du relief modéré.

#### II.4.6. Densité de drainage

C'est le rapport entre la longueur totale de tous les cours d'eau obtenue par curvimètre ,et la superficie du bassin versant.

**Tableau n°07** : Calcul de la densité de drainage et Calcul du Coefficient de  
Torrentialité.(Hallouz Faiza2009)

Bassins	Code Bassin	NomBassin	Coefficientde Torrentialité	Densité de drainage(km/km <sup>2</sup> )
<b>Cheliff à l'amont Boughzoul</b>	0107	Oued Sousselem	17,41	2,41
	0110	OuedOuasselMoyen	17,22	2,18
	0112	Diaa Boughzoul	16,74	1,56
<b>Cheliff à l'aval Boughzoul</b>	0114	Oued Cheliff Ghrib	/	3,41
	0115	Oued Cheliff Harbil	32,00	0,55
	0116	Oued Deurdeur	17,8	0,47
	0117	Oued CheliffHarraza	18,06	0,55
	0118	Oued Ebda	12,8	0,69
	0119	Oued RouinaZeddine	70,50	0,50
	0121	Oued Fodda	68,70	0,93
	0122	Oued Ras Ouahrane	71,22	5,15
	0123	Oued Sly	33,20	4,36
	0124	OuedCheliffOuarizane	20,34	0,68
	0125	Oued Tiguiguest	21,30	0,51
	0126	Oued Rhiou Tleta	45,60	0,62
	0127	Oued Djdiouia	38,56	0,77
	0128	Oued Cheliff Tarhia	42,37	0,35
	0129	Oued Mina Amont	27,16	3,46
0132	OuedAbdAmont	/	0,45	
0133	Oued Abd Aval	25,32	0,45	
0134	OuedMinaHadda	7,27	2,6	
0136	Oued CheliffMaritime	/	0,45	

$$D = \frac{\sum L}{S} \dots\dots\dots (23)$$

Avec :

I : l'ordre des talwegs

L : longueur cumulée des Talwegs en km

S : Superficie du bassin versant en km<sup>2</sup>

Les valeurs de densité de drainage obtenues sont présentées sur le (tableau n° 07)

#### II.4.7. Coefficient de torrentialité $C_t$

Le coefficient de torrentialité est le produit de la densité des thalwegs élémentaires par la densité de drainage. il met en évidence le caractère torrentiel du chevelu hydrographique et s'exprime par la relation suivante:

$$C_t = \frac{N1}{S \times D} \dots\dots\dots (24)$$

Avec:

$C_t$ : coefficient de torrentialité;

$N1$  : nombre de Talwegs d'ordre 1;

$S$  : Superficie du bassin ( $\text{km}^2$ )

$Dd$  : densité de drainage ( $\text{km}/\text{km}^2$ )

Les valeurs du coefficient de torrentialité sont présentées dans le( tableau n 07)

#### II.5. Nature des surfaces des bassins versants

La nature des surfaces des bassins versants a un rôle primordial sur le comportement hydrologique de ceux-ci. Les paramètres qui interviennent sont la pente, la lithologie, la pédologie et la couverture végétale. Ces paramètres influencent grandement la perméabilité et la rugosité de la surface, qui conditionne à leur tour la vitesse du ruissellement et le rapport de l'écoulement sur l'infiltration.

Une grande partie de la superficie de la vallée est occupée par des cultures en sec. Les arbres fruitiers occupent une très faible superficie. Le couvert végétal influe sur l'évapotranspiration, retarde le ruissellement et aide à la conservation de la surface du sol contre l'érosion.

La topographie est très variée, le relief est très accentué avec présence de grandes pentes favorisant la vitesse de ruissellement à l'égard de l'infiltration.

La classification des couvertures du sol et de celles végétales figure sur des cartographies sujettes à de possibles transformations ou changements dérivés de l'altération de la coupe ou du brûlage des superficies forestières.

Dans notre cas, ces changements de la couverture végétale n'ont pas une importance excessive.

Nous devons souligner qu'il s'agit d'une zone de climat méditerranéen, avec une végétation adaptée dans beaucoup de cas à supporter des incendies, ou possédant une bonne capacité de régénération de la couverture. Cette régénération de la couverture est particulièrement rapide dans les zones à pluviométrie élevée et elle est beaucoup plus lente dans les zones à faible pluviométrie.

Ces zones d'éventuel changement pour brûlage ou coupe de superficies forestières sont à nouveau recouvertes, dans un délai de 7 ou 8 ans, de taillis en substitution de l'originale couverture de forêt, bien que pour leur régénération complète, elles nécessitent 30 ou 40 ans dans les zones méditerranéennes humides.

Quant à l'utilisation dans les calculs de zones à couverture végétale ou présentant des risques d'érosion, il ne doit pas se produire d'importants changements puisque leur disparition accidentelle ou leur changement n'implique pas de modification dans la vocation et l'occupation future de ces sols.

## **II.6. Pedologique**

Les sols des plaines du Chélif ont été cartographiés au 1/50 000e et ses cartes de sols ont été publiées en 1956 par l'Inspection Générale de l'Agriculture du Gouvernement Général de l'Algérie.

Les sols alluviaux peu évolués ont des caractères qui dépendent essentiellement des modes d'alluvionnement. Les caractères qui sont déterminés par la nature des alluvions sont relativement constants, les roches-mères étant réparties de façon assez homogène dans les bassins versants.

Les sols hydromorphes sont assez étendus malgré le climat leur existence doit être mise en relation avec la topographie. Parfois, ils sont dus à l'affleurement de nappes phréatiques. Il semble que les horizons les plus engorgés par l'eau aient toujours un complexe absorbant fortement chargé en Magnésium.

Les sols salés des plaines du Chélif sont dans la très grande majorité des cas des sols primaire ce n'est que dans des cas très limités que leur salure es secondaire. Il faut alors la rapporter à des défauts de drainage causés, soit par des irrigations intempestives, soit par la formation de barrages artificiels (route, voie ferrée, etc...). Dans la majorité des cas, il s'agit de sols dans lesquels la dynamique saisonnière des sels est assez faible il n'y a ni lessivage ni concentration en surface le desséchement estival est tel que les mouvements des solutions sont limitées à un lessivage léger en hiver suivi d'une remontée au printemps les variations interannuelles sont très faibles. Ce n'est que dans le cas des solontchaks vifs (sols dont la teneur en Cl est supérieure à 1,8 %) que les sels s'accumulent en surface [J. Boulaine 1957].

Cette accumulation permet l'intervention de l'érosion éolienne, qui a pour effet la formation de dépressions et de bourrelets dunaires associés. Les dimensions de ces formations peuvent être considérables.

Le type des sols automorphes des plaines du Cheliff est le sol marron. Mais la conservation de sols anciens, qui ont évolués sous des climats différents et successifs rend la classification comme l'étude des sols automorphes très délicats.

Les principaux caractères communs de tous ces sols sont un Ph supérieur à 7, la présence d'horizons d'accumulations du calcaire même lorsque la roche-mère n'est pas carbonatée, une nette argilification du profil par de l'argile de néo-formation, des teneurs en sels solubles qui ne sont pas complètement négligeables, la répartition des matières organiques dans tout le profil, et une grande épaisseur de celui-ci.

La classification de ces sols automorphes présente de grandes difficultés. On peut reconnaître parmi eux des sols qui ont été décrits comme sols bruns, sols châains ou sols rouges méditerranéens ainsi que comme sols marron.

On a jugé préférable de mettre en relief des modes d'accumulation du calcaire dans le sol en distinguant des sols à accumulation progressive et des sols à accumulation brusque du calcaire. Cette façon de voir permet de souligner la nature pédologique des carapaces calcaires.

L'interprétation que nous donnons de la pédogenèse de nombreux sols comporte encore une grande part d'hypothèse. Les résultats d'une étude menée surtout avec les méthodes de la géologie et de la morphologie devraient être confrontés avec ceux d'autres sciences. Des analyses plus précises sinon plus nombreuses devraient être faites : la détermination de la nature de l'argile, du rapport  $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ , de la perméabilité en place, de la stabilité structurale devraient être faites au moins pour des profils types. Mais la pédologie algérienne en est encore au stade de l'exploration et il faut limiter les travaux à des reconnaissances ( **Boulaine, 1957**).

On signale la présence de quatre grands types de sols à travers la région :

- Les sols de plaines;
- Les cônes de déjection;
- Les sols des glaciés d'accumulation;
- Association à base de sols rouges décalcifiés lessivés.



**Figure n°15** : Répartition des matériaux géologiques des bassins du Chélif selon le degré de perméabilité (Source ABH Cheliff Zahrez).

## II.7. climatologique

### II.7. 1.Climat

Le climat de la plaine de Chélif est typiquement méditerranée avec des Etés chauds et sec et des hivers frais et pluvieux. la pluviométrie est malgré tout très faibles , les moyenne annuelle pour les stations d'El khemis , Chélif et Ghilizane sont respectivement de 473mm 400mm et 325 mm les évapotranspirations potentielles annuelles (formule de turc) sont de 1145mm de haut Chélif ,1276mm pour le moyen et 1300 pour le bas .

#### II.7.1.1. Précipitation et Température

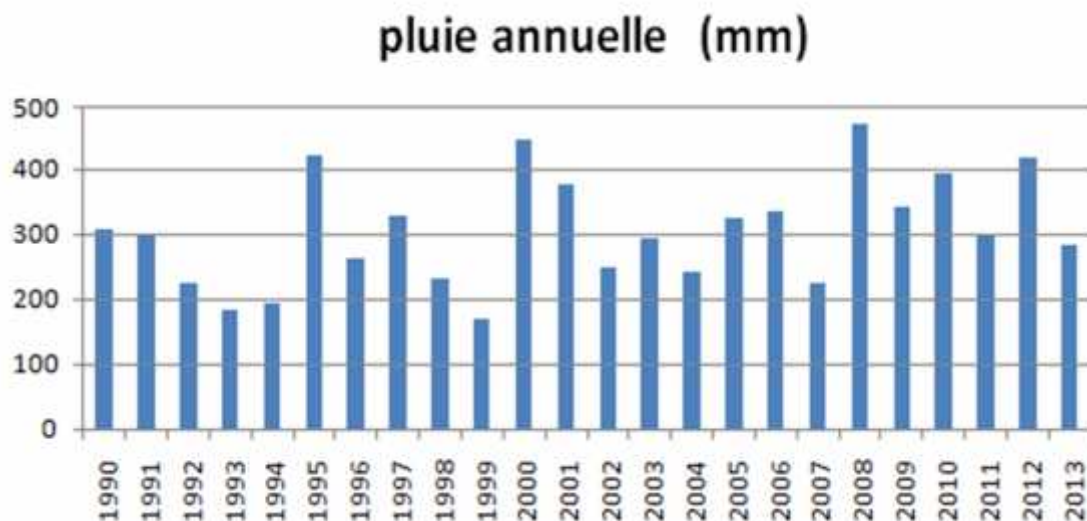
##### a. Précipitation

Les précipitations constituent l'un des éléments les plus importants qui définissent le climat d'un lieu donné. Etant donné que La région d'étude est caractérisée par un climat semi Aride Ils ont été au cours des dernières années à des périodes illimitées de sécheresse (Rata, 2010)

**Tableau n°08:** Température et précipitation moyenne mensuelles de la région de Bas Chélif (1990 – 2013) (INRAA, 2013)

Mois	Température (°C)	Précipitation (mm)
Jan	9.46	40.75
Fév	7.65	36.24
Mars	14.10	28.98
Avr	15.09	34.54
Mai	21.57	22.09
Juin	28.35	4.11
Juil	29.43	1.33
Sept	26.88	15.22
Oct	20.64	31.17
Nov	15.91	51.69
Déc	11.96	34.12
Max	29.43	51.69
Min	7.65	4.11
Moyenne	19.25	303.3

A identifié la proportion de taux de précipitations mensuelles d'environ 303.3 mm, La Grande quantité qui doit être tombe est trouve dans le mois de novembre qui estimait 51.69 mm, et dans le mois de Juin enregistre un faible taux de précipitation 4.11mm (**Tableau 08**).



**Figure n°16** :Variation de la pluie annuelle dans la région de la station de recherche INRAA(1990-2013)

On a remarqué une variabilité et une irrégularité pluviométrique annuelle dans la figure (16), les années qui marquent une forte précipitation sont (1990, 1991, 1997, 2002, 2003, 2005, 2006 ,2011, 2013) avec des valeurs très élevées dépassent le 200 mm/an, et dans ces années il ya qui caractérisée par des inondations lequel (1995, 2000, 2001, 2008, 2010, 2012) par des valeurs des précipitations supérieures à 350 mm/an. Les années de la sécheresse quimarque des à 200 mm/an

### b. Température

Le bassin du haut et du moyen Chélif est caractérisé par une température moyenne Interannuelle oscillant de 13 à 20°C, avec un maximum mensuel de plus de 30,6°C au Mois de juillet a la station d'Ain Defla et un minimum mensuel de 4,6° au mois de Janvier à la station de Médéa;(ANRH ,2014). Comme la pluie il faut donner la Période d'observation

La température moyenne interannuelle varie de 14 a 29°C dans le plaine du Bas Cheliff et de l'oued Mina ,avec un maximum mensuel de 29,5°C au mois d'aout à la Station de



Relizane et un minimum mensuel 6,1°C au mois de janvier a la station de Tiaret (ANRH,2014)

Dans le bassin du Cheliff à l'amant de Boughazoul la, température moyenne Interannuelle oscille de 13 à 16°C, avec un maximum mensuel 27°C au mois d'aout à La station de Ksar Chellala de wilaya de Tiaret..

Toute cette variation est illustrée dans le (tableau 09), qui indique la température moyenne Annuelle dans 04 stations réparties sur l'ensemble du Cheliff.

**Tableau n°09:** Température moyenne annuelle (C°) pour les régions du Chélif, durant la période 2004/2014. (ANRH,2014)

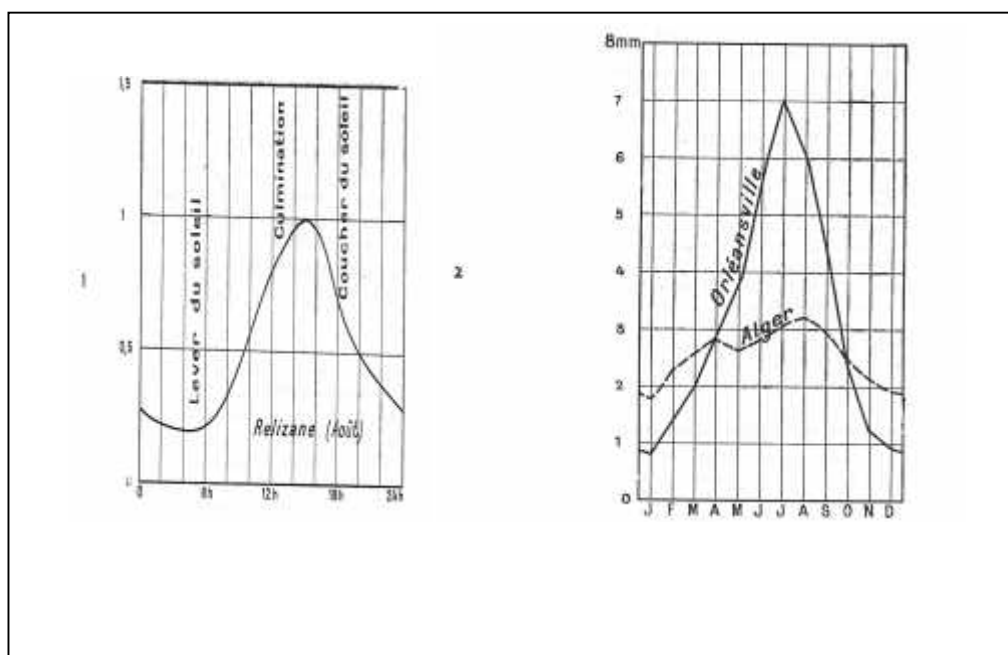
années	Tiaret	Chlef	Miliana	k-chellala
2004	14,3	20,9	16,01	12,99
2005	15,7	19,6	16,79	13,85
2006	15,7	20	15,98	13,85
2007	15,9	20	18,34	13,85
2008	15,4	20,3	16,38	13,85
2009	15,6	19,7	17,19	15,03
2010	15	20,2	16,09	19,29
2011	15	19,8	18,34	19,29
2012	15	19,8	16,09	13,75
2013	15	19,8	16,09	14,02
2014	15,8	19,8	16,02	16,60
Max	15,9	20,9	18,34	19,29
Min	14,3	19,6	15,98	12,99
Ecart	1,6	1,9	3,05	6,3
Moy	15,3	19,9	16,4	15,5

### II.7.1.2. Evaporation

Les mesures d'évaporation ont été commencées à l'aide de bacs Colorado depuis la fin de la guerre. Cette évaporation est surtout importante pendant les heures ensoleillées comme le montre le graphique n°7 réalisé d'après les mesures faites à Relizane. La sécheresse de l'air et les fortes températures entraînent, en été, une évaporation intense qui serait de l'ordre de 1,30 m au barrage d'Oued Fodda. La (figure n°17) montre que l'évaporation à Chlef atteint 7 mm par jour alors qu'elle n'est que de 3 mm à Alger pendant les mois d'été

Les valeurs les plus fortes correspondent au mois de juillet, avec une valeur moyenne de 239 mm pour toute la région, très proche de celle du mois d'août (216 mm). Les minima sont enregistrés en décembre et en janvier, avec respectivement 34 et 37 mm.

En saison froide, l'ETP mensuelle décroît progressivement jusqu'à atteindre des valeurs inférieures à celles des précipitations. Par ailleurs, elles sont fortement supérieures durant la saison chaude

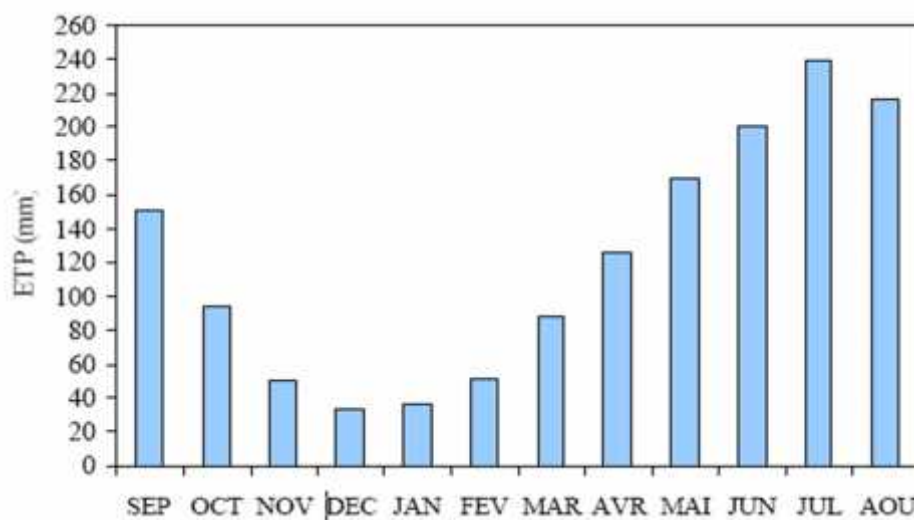


**Figure n°17** : 1. Variation diurne de la vitesse d'évaporation à Relizane 2. Variation annuelle de l'évaporation à Alger et à Chlef. Evaporation, d'après P. Seltzer, 1960

### II.7.1.3. Evapotranspiration

L'évapotranspiration potentielle a été déterminée à partir des données fournies par l'ANRH qui concernent les 45 sous-bassins. La valeur moyenne du bassin a donc été déterminée par une pondération entre la superficie des sous-bassins et l'ETP (évapotranspiration potentielle) correspondant à chacune d'entre elles. Les valeurs les plus élevées correspondent aux sous-bassins de l'oued Touil, où elles excèdent les 1.500 mm/an. On observe également dans le versant moyen de l'oued Mina des valeurs élevées d'évapotranspiration potentielle. La valeur la plus faible correspond au sous-bassin dénommé Oued Deurdeur, situé dans le secteur centre oriental du bassin, où la valeur estimée est de

1.300 mm/an. La valeur moyenne annuelle est de 1.455 mm. La répartition à l'échelle intra annuelle est présentée sur la (Figure n°18)



**Figure n°18:** Distribution intra annuelle de l'évapotranspiration potentielle, selon les données fournies par l'ANRH.

En fin, on pourra conclure que l'évapotranspiration potentielle, calculée sur la base des données traitées et fournies par l'Agence de Bassin Cheliff – Zahrez, se distribue d'une manière relative et homogène, avec un intervalle de variation situé entre 1300 et 1500 mm. L'évapotranspiration réelle a été estimée par diverses méthodes, en général, avec des résultats qui convergent; la valeur déduite pour le bassin Cheliff est de 295 mm/an.

#### II.7.1.4. Humidité relative

C'est la quantité de vapeur d'eau dans certain volume d'air. Elle est représentée par l'humidité relative comme l'un des éléments essentiels du cycle hydrologique. Les données d'humidité relatives de la station de Tiaret (située au centre du bassin du Cheliff) sont mentionnées dans le Tableau10

**Tableau.10 :** Humidité relative (%) enregistrée à la station de Tiaret (1980-2008)(Source ANRH 2008)

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Annuel
Hr %	55	64	73	78	76	69	66	56	54	48	38	45	60,17

## II.8. Mobilisations des ressources en eau superficielles

Le bassin versant de l'Oued Cheliff dispose de 16 barrages en exploitation, dont les références sont les suivantes :

Barrage Boughezoul. Barrage Ghrib . Barrage Bakhadda. Barrage Oued Fodda. Barrage Sidi M'Hamed Ben Aouda. Barrage Merdja Sidi Abed. Barrage Harreza. Barrage Deurdeur. Barrage Sidi Yacoub. Barrage Dahmouni. Barrage Gargar. Barrage Colonel Bougara. Barrage Ouled Mellouk . Barrage Koudiat Rosfa. Barrage Sidi M'Hamed Ben Taiba. Barrage Cheliff Mostaganem

## II.9. Ressources en eau souterraines

Le BV Cheliff contient plusieurs unités hydrogéologiques renfermant des nappes importantes exploitables tant pour l'AEP que pour l'irrigation. Il se compose au Nord du Sillon du Cheliff encadré par les 2 chaînes telliennes Mont du Dahra et le massif de l'Ouarsenis, de nombreuses formations géologiques contiennent des eaux souterraines les plus anciennes sont attribuées au Jurassique et les plus récentes correspondent aux alluvions du quaternaires.

Le sillon du Cheliff est compartimenté en 3 cuvettes, haut, moyen et bas Cheliff séparés par 2 seuils, le seuil d'Aïn Defla et celui d'Oum Drou

La région du Cheliff compte 42 nappes avec une potentialité de 330 Mm<sup>3</sup> /an (ANRH, 2015).

## II.10. Réseau de mesures hydrométriques

### II.10.1. Stations hydrométriques

Le bassin du Cheliff compte 43 stations hydrométriques de tous types dont 21 dans le Haut Et Moyen Cheliff ,14 dans le Bas Cheliff et la bassin versant oued Mina et 08 à l'Amont du Barrage de Boughzoul, (ANRH, 2015).

Selon leurs types, ces stations sont réparties tel que : Les stations hydrométriques classiques au nombre de 18 ; Les stations hydrométriques automatisées au total de 02 Les stations de surveillance de la qualité de l'eau totalisant un nombre de 11 ;

Les stations hydrométriques classiques et sites de surveillance de la qualité de l'eau au Nombre de 11. une (01) seule station hydrométrique automatisée et site de surveillance de la qualité de l'eau.

### **II.10.2. Les postes pluviométriques**

Le bassin Cheliff compte 156 postes pluviométriques répartis en 69 postes dans le Haut et Moyen Cheliff, 53 postes dans le Bas Cheliff et de la Mina et 34 dans l'Amont de Bougezoul.

**Conclusion**

Le grand bassin versant de l'Algérie du nord ou bien le cheliff répertorié 01 selon le code de l'ANRH, est caractérisé par un climat semi- aride et un couvert végétal diversifié d'une zone à l'autre. Des ressources hydriques et agronomique très variées du point de vue socio- économique, d'où l'obligation de protéger ces ressources contre les phénomènes dévastateurs tel que l'érosion des sols et la sédimentation des ouvrages, et penser à une bonne maîtrise et une meilleure gestion de ces ressources hydrauliques.



***Chapitre III***  
***Matériel et Méthode***



## Introduction

La démarche méthodologique s'est basée sur les axes de travail fixé au préalable et qui se donne comme principal objectif la détermination des analyses de l'eau (matériaux en suspension) et la caractérisation du sol (granulométrie) dans le barrage de Cheliff (Transfert MAO : Mostaghanem – Arzew - Oran LOT n°1).

Une campagne d'échantillonnage a été réalisée durant les mois de février et Mars 2018; on se trouvait dans l'obligation de répartir nos points de prélèvements dans le périmètre choisi et ce, dans le but d'avoir le maximum de détails et de résultats et détecter les anomalies possibles.

En total, 44 échantillons d'eau ont été prélevés (le premier prélèvement effectué en amont du barrage comporte 10 échantillons et le deuxième prélèvement effectué en aval comporte 34 échantillons, ainsi que 12 échantillons de sol (4 échantillons en amont et 8 en aval).

### III.1. Technique échantillonnage

Les échantillons des eaux et des sols ont été prélevés au site d'étude à partir des points ci-dessous en amont et en aval du barrage (figure n°19, figure n°23). Les eaux prélevées étaient stockées dans des bouteilles en plastique bien fermées, et les échantillons de sols ont été stockés dans des sacs en plastiques étiquetés par des codes.

La campagne d'échantillonnage a été effectuée selon le plan suivant :

### III.2.Echantillonnage des sols

#### \* 1<sup>er</sup> campagne le 15 Février 2018:

On a prélevé quatre (04) échantillons du sol dans la partie amont (distant de 30 km du barrage) (rive gauche et rive droite) sur une profondeur de 50cm et 1m.

#### \* 2<sup>ème</sup> campagne le 19 Février 2018:

On a prélevé quatre (04) échantillons du sol dans la partie avale (rive gauche et rive droite) sur une profondeur de 50cm et 1m.

#### \* 3<sup>ème</sup> campagne le 07 Mars 2018:

On a prélevé quatre (04) échantillons du sol (rive gauche et rive droite) sur profondeur de 50cm et 1m au niveau de l'embouchure.

En effet, les analyses physiques des sols ont été effectuées au niveau du laboratoire de l'université Djilali BOUNAAMA de Khemis Miliana.

#### III.2.1. Matériel utilisé

Les échantillons de sol ont été prélevés par l'utilisation de la tarière, et conservés dans des sacs en plastique bien fermés (figure 19).



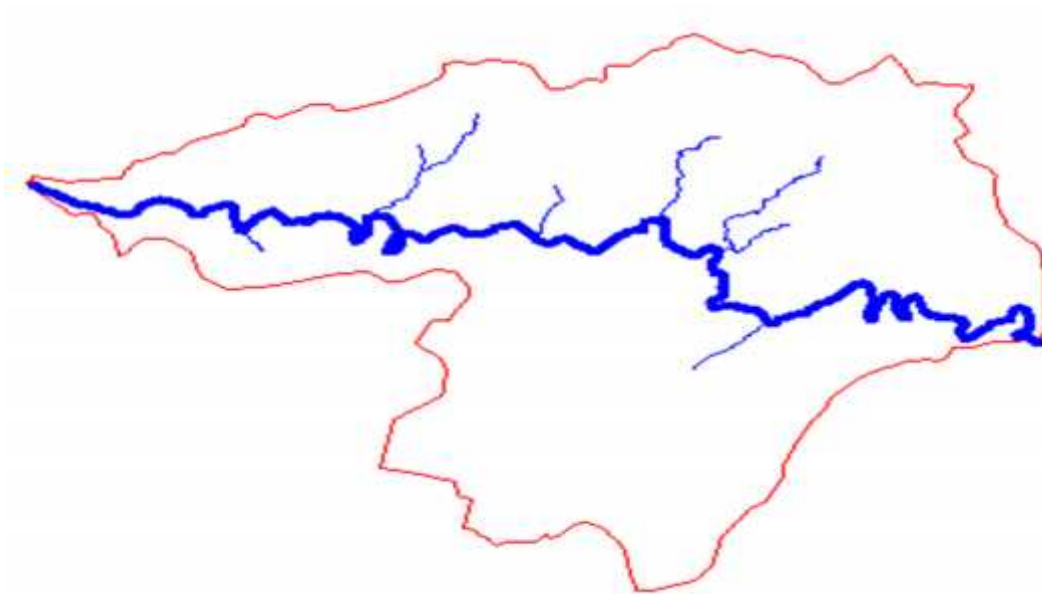
**Photo :** Tarière



**Photo :** Sacs de conservation

**Figure n°19 :** matériel utilisé pour relèvement des échantillons du sol (cliché par Korieb et Guettar, 2018).

### III.2.2.Prélèvements de sol



**Figure n°21 :** Distribution des points de prélèvement de sol sur sous bassin versant Sidi Bel Attar.

En utilise Logiciel SIG, MapInfo version 7.5 Release Build 23.1985-2003, Pour établir les carte de localisation de la région d'étude et les stations pluviométriques et les points d'eaux.

### III.2.3. Analyse de sol

#### III.2.3.1. Méthode d'analyse avec pipette de ROBINSON

##### Principe

La méthode la plus précise est l'analyse granulométrique de la terre. C'est une méthode encombrante. Une analyse granulométrie nous donne les pourcentages du différent groupe granulométrique dans un échantillon de terre.

##### Mode opératoire

- )] Premier jour :
- )] On tamise le sol dans un tamis de 2mm pour séparer les éléments grossiers et fins.
- )] On Prendre 10 g de sol fin (2mm) dans un bécher.
- **Destruction de la matière organique :**
- )] Verser dans un même bécher 50ml de l'eau oxygéné ( $H_2O_2$ ) à 30%.
- )] Laisser macérer pendant une nuit (on le met dans un grand bucher).
- )] Deuxième jour :
- )] On chauffe le bécher sur agitateur à température  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  jusqu'à disparition de la mousse.
- )] On Prendre le bucher et On Ajoute 20 ml de  $H_2O_2$  (on ajoute ces gouttes après l'échauffement de bécher).
- )] On arrête l'opération lorsqu' il y a arrêt de l'effervescence
- **Disparition des éléments argileux:**
- )] On ajoute le contenu dans un grand bécher + 40 ml Hécaxétaphosphate à 4%.
- )] Laisser agiter pendant 2 heures dans l'agitateur mécanique avec une vitesse de 30 à 50 tours / min.
- )] Mettre un entonnoir avec tamis de (0,05 mm) sur le cylindre et tamiser la suspension. laver avec de l'eau distillée jusqu' à ce que toutes les particules  $< 0,05\text{ mm}$  passent à travers le tamis dans le cylindre.
- )] Remplir le cylindre avec l'eau distillée jusqu'au trait ajusté au 1000 ml (1 L).
- )] Mettre le sable : restant dans le tamis dans une capsule de poids connu et sécher dans l'étuve à  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$  pendant 15 heures.
- )] **Sédimentation et prélèvement**

) Mesure de la température des solutions qui se retrouvent dans le cylindre.

) **Mesure avec la pipette de ROBINSON**

) Avant de commencer les mesures, il faut agiter plusieurs fois avec un pied spécial.

) Pour la fraction totale  $< 0,05$  mm (LG + LF + A + sels solubles), on agite le cylindre et on prend immédiatement un prélèvement de 10 ml du milieu du cylindre. dans une capsule (avec couvercle) d'un poids connu.

) Pour la fraction  $< 0,02$  mm (LF + A + sels solubles) en agite le cylindre et prend un prélèvement à 10 cm après 4 min 40 sec. dans une capsule (avec couvercle) d'un poids connu.

) Pour la fraction  $< 0,002$  mm (Argile (A) + sels solubles) en agite 10 fois par le pied le cylindre et en prend un prélèvement à 6 cm qui correspond à la température de solution après 4 h et 39 min. dans une capsule (avec couvercle) d'un poids connu.

) On met ces capsules des pois connu dans l'étuve à  $105^{\circ}\text{C}$  pendant 15 heures pour le séchage.

) On laisse refroidir également le sable et on le pèse. Ensuite, on tamise à sec à l'aide de deux tamis superpose de 0,250 mm et 0,045 mm.

) On récupère les deux quantités dans des capsules de poids connu et on pèse ces capsules pour déterminer la sable fin(S F) et sable grossier (S G).



**Figure n° 22:** pipette de ROBINSON, et technique de prélèvement a pipette de ROBINSON, (Cliché korieb et Guettar, 2018).

) **3. Calcul**

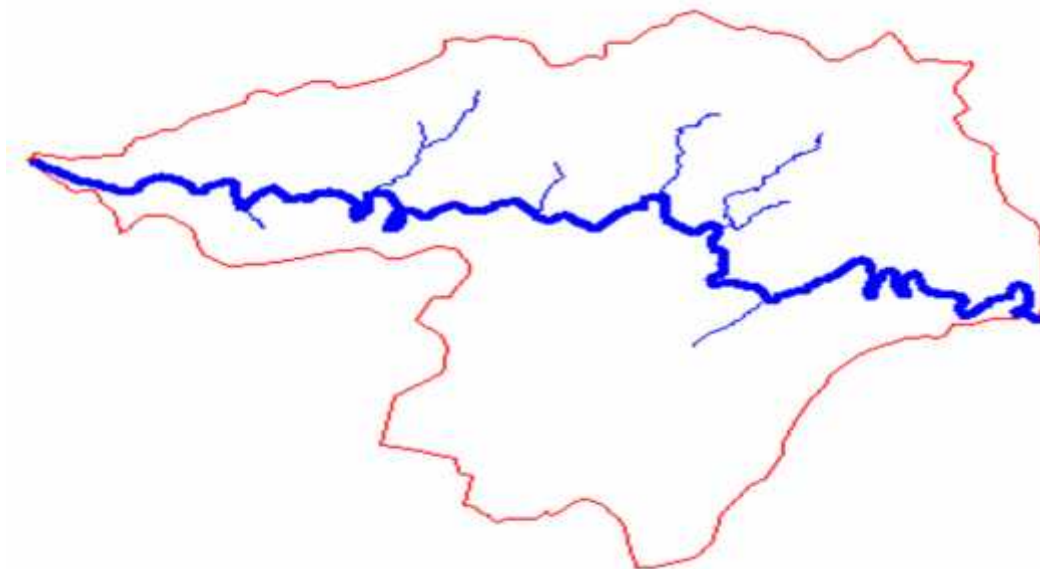
$$\% A = (a \times v) / (p \times v) \times 100.$$

$\% L F = (b - a) \times v / (p \times v) \times 100.$
$\% S F = c / p \times 100.$
$\% S G = d / p \times 100.$
$\% L G = 100 - (\% A + \% L F + \% S F + \% S G)$

- ) A (%) : pourcentage de l'argile
- ) LF (%) : pourcentage de Limon fin
- ) SF (%) : sable fin
- ) SG (%) : sable grossier
- ) LG (%) : limon grossier
- ) a (gramme): poids de l'Argile prélevé et pesé à sec.
- ) b (gramme): poids de (Limon fin + Argile) prélevé et pesé à sec.
- ) c (gramme): poids de sable fin prélevé et pesé à sec.
- ) d (gramme): poids de sable grossier prélevé et pesé à sec.
- ) v (ml): Volume de la pipette de ROBINSON égale 10 ml.
- ) V (ml) : Volume total de l'Allonge égale 1000 ml.

### III.3. Echantillonnage des eaux

Pour l'eau l'échantillonnage a été fait pendant deux périodes (sèche ( $p < 1\text{mm}$ ) et humide ( $p > 1\text{mm}$ )). (Figure n°23 figure n°26)



**Figure n°23:** Distribution des points de prélèvement des eaux de période sèche sous bassin versant Sidi Bel Attar.

**Période sèche****Tableau n°11** : Distribution des points de prélèvement des eaux de période sèche.

Date	Position	X (m)	Y(m)	Nombre de prélèvement
<b>20 Février</b> (Avant barrage)	Amont droite	302040	296720	02
	Amont gauche	302180	296430	02
	Amont milieu	301850	296550	02
<b>23 Février</b> (après barrage)	Aval 1 droite	293190	297260	02
	Aval 1 gauche	293110	297080	02
<b>25 Février (Sidi Bel Attar)</b>	Aval 2 droite	280510	301690	02
	Aval 2 gauche	280330	301540	02
	Aval 2 milieu	280340	301600	02
<b>04 Mars (l'embouchure)</b>	Aval 3 droite	268870	302890	02
	Aval 3 gauche	269430	302350	02
	Aval 3 milieu	268870	302740	02
<b>04 Mars</b> (Achasta, pont)	Aval 4	292190	300080	02

**Figure n°24** : Distribution des points de prélèvement des eaux de période humide sur le sous bassin versant Sidi Bel Attar.

**)] Période humide**

Pour prendre les échantillons de la période humide il nécessite 30 minutes entre les prélèvements.

**Tableau n°12**: Distribution des points de prélèvement des eaux de période humide

Date	Position	X(m)	Y(m)	Nombre de prélèvement
27 Février	Amont	299700	700300	04
05 Mars (après barrage)	Aval 1	293432	300802	04
10 Mars (Bel Attar)	Aval 2	280755	305571	04
28 Février (Embouchure)	Aval 3	269487	306640	04
10 Mars (Achasta, pont)	Aval 4	292354	304148	04

**II.3.1. Détermination des matières en suspension (La méthode par filtration).****1. Principe**

Vaporisation de l'échantillon à une température de 150°C pendant 2 heures, détermination des matières en suspension par pesée différentielle.

Les analyses des échantillons d'eau étaient réalisées au niveau de laboratoire du barrage Cheliff (AN BT).

## 2. Mode opératoire

- Dans des eaux d'une faible concentration en MES, on utilise des filtres.
- Mouiller le filtre avec de l'eau distillée.
- Mettre dans l'étuve pendant quelques minutes.
- Sortir le filtre, puis le mettre dans le dessiccateur pour le refroidissement.
- Puis peser le filtre sur la balance jusqu'à obtention d'un poids stable.
- Prendre une fiole de 100 ml, laver abondamment avec de l'eau du robinet, puis avec de l'eau distillée.
- Prendre une prise d'essai de 100 ml, placer le filtre dans la rampe de filtration.
- Verser le volume d'eau (100 ml) jusqu'à filtration complète.
- Récupérer le filtre et le mettre à l'étuve à 150°C pendant 2 heures.
- Mettre le filtre dans le dessiccateur pendant 15 minutes jusqu'à refroidissement total.
- Peser le filtre, (*Rodier, 2009*).

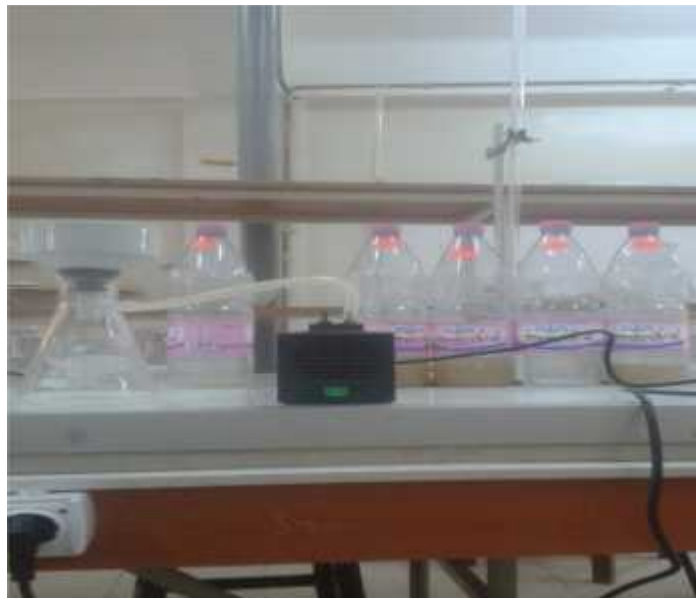


Figure n°26 : Pompe à vide (Cliché korieb et Guettar, 2018).

## 3. Expression des résultats

La teneur de l'eau en matières en suspension (mg/l) est donnée par l'expression :

$$[M] = \frac{(M_1 - M_0)}{P} * 1 \quad (\text{Mg/l})$$

$M_0$  = Masse du disque filtrant avant utilisation (mg).

**M<sub>1</sub>** = Masse du disque filtrant après utilisation (mg).

**PE**= Volume de la prise d'essai (ml).



***Chapitre IV***  
***Résultats et Discussion***

## Introduction

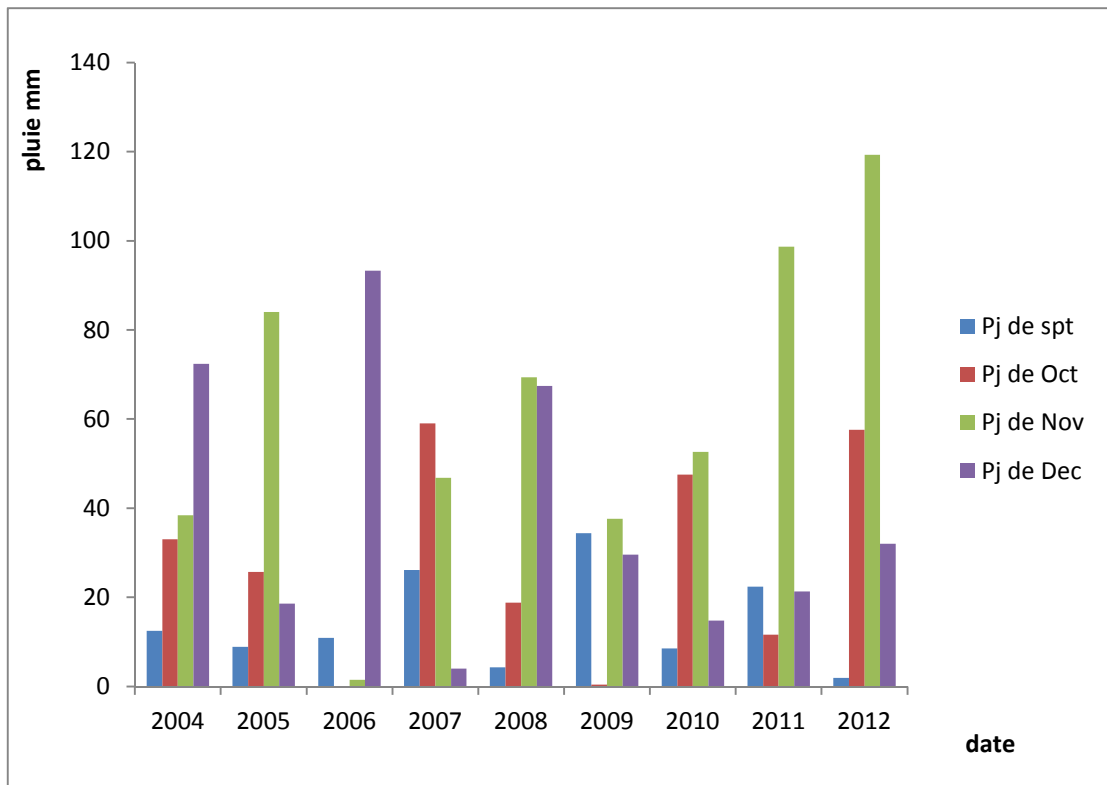
Dans notre travail on a effectué les analyses de l'eau (matériaux en suspension) et la caractérisation du sol (granulométrie) dans le barrage de Cheliff (MAO : Mostaganem Arzew Oran LOT n°1). Et du sol dans le bassin versant de l'oued Chélif pour étudié le transport solide est leur quantité qui arrive est les qualite de sol de cette transport solide .

Conditions climatiques du bassin versant jouent un rôle capital dans le comportemet hydrologique des cours d'eau (Roche 1963, Cosandey C. et Robinson M., 2000). Ce sont les pluies, surtout liquides, dans le station 013602.

### IV.1. Etude de pluie

**Figure n°27** : Variations des pluies moyennes annuelles pour la période (2004-2012) (ANRH, 2018).

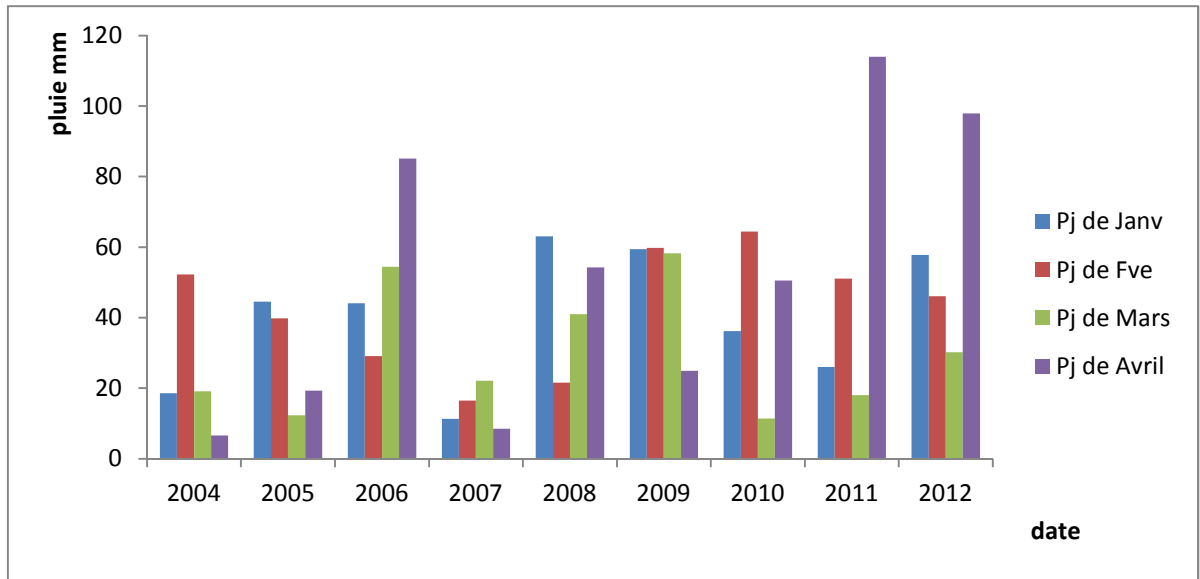
D'après la figure n°28, on observe que les pluies moyennes annuelles mesurées par la station Sidi Bel Attar sont très variables durant cette période. La valeur minimale de 236,2 mm a été enregistrée en 2007 et la valeur maximale de 476 mm a été enregistrée en 2012.



**Figure n°28 :** Variations des pluies moyennes mensuelles de septembre et octobre et novembre et décembre pour la période (2004-2012) )(ANRH, 2018).

Sur la Figure n°29, les pluies moyennes mensuelles mesurées par la station Sidi Bel Attar présentent des variabilités durant la période d'étude. Ainsi, le mois de septembre affiche une valeur minimale de 236,2 mm enregistrée en 2007 et une valeur maximale de 476 mm enregistrée en 2012. En outre, les pluies du mois d'octobre, pendant cette période, affichent une valeur minimale de 0 mm enregistrée en 2006 et 2009 et une valeur maximale de 59 mm en 2007. On observe aussi que les pluies du mois de Novembre sont très variables, d'où la valeur minimale de 1,5 mm a été enregistrée en 2006 et la valeur maximale de 119,3 mm a été observée en 2012.

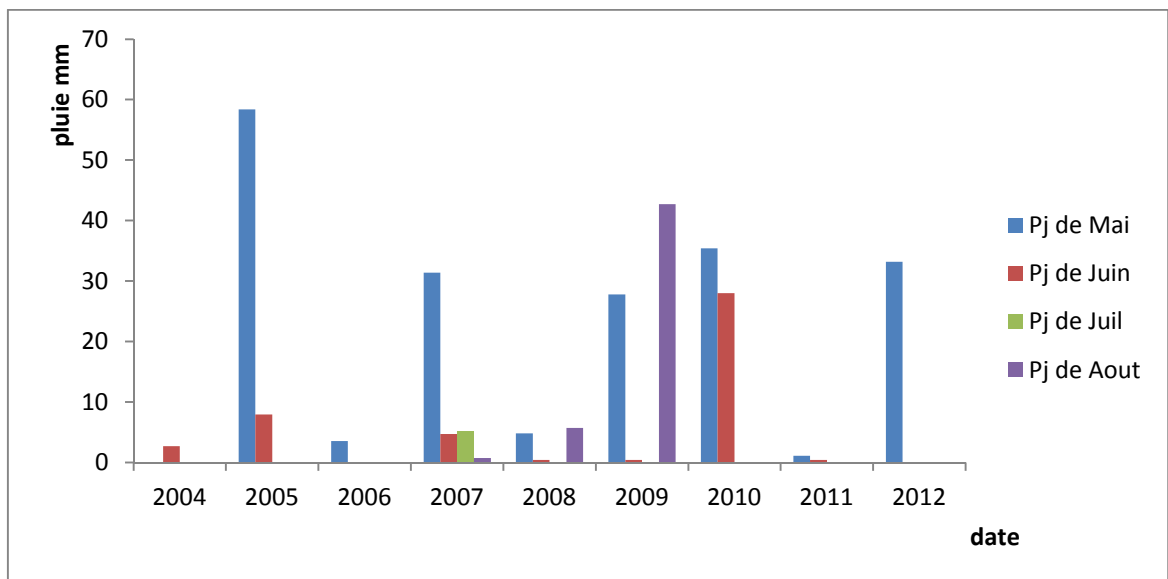
Par ailleurs, les pluies du mois de décembre sont très importantes en 2004, 2006 par rapport aux autres mois, mais à partir de 2008, les valeurs de pluie connaissent une baisse. La valeur minimale de 4 mm a été enregistrée en 2007 et la valeur maximale de 93,3 mm en 2006.



**Figure n°29 :** Variations des pluies moyennes mensuelles de Janvier et Février et Mars et d’Avril pour la période (2004-2012),(ANRH, 2018).

Aussi, les pluies du mois de Janvier étaient très importantes en 2008 avec 63mm et plus faible en 2007 avec 11.3mm. Aussi, on observe que les pluies du mois de Février sont très variable, d'où la valeur minimale de 16,5 mm a été enregistrée en 2007 et la valeur maximale de 64,4 mm a été observée en 2010. Quant au mois de Mars, la valeur minimale des pluies est de 11,4 mm enregistrée en 2010 et la valeur maximale est de 58,2 mm observée en 2009

Les pluies du mois d’Avril sont aussi très variables, la valeur minimale de 6,6 mm a été enregistrée en 2004 et la valeur maximale de 114 mm a été observée en 2011.

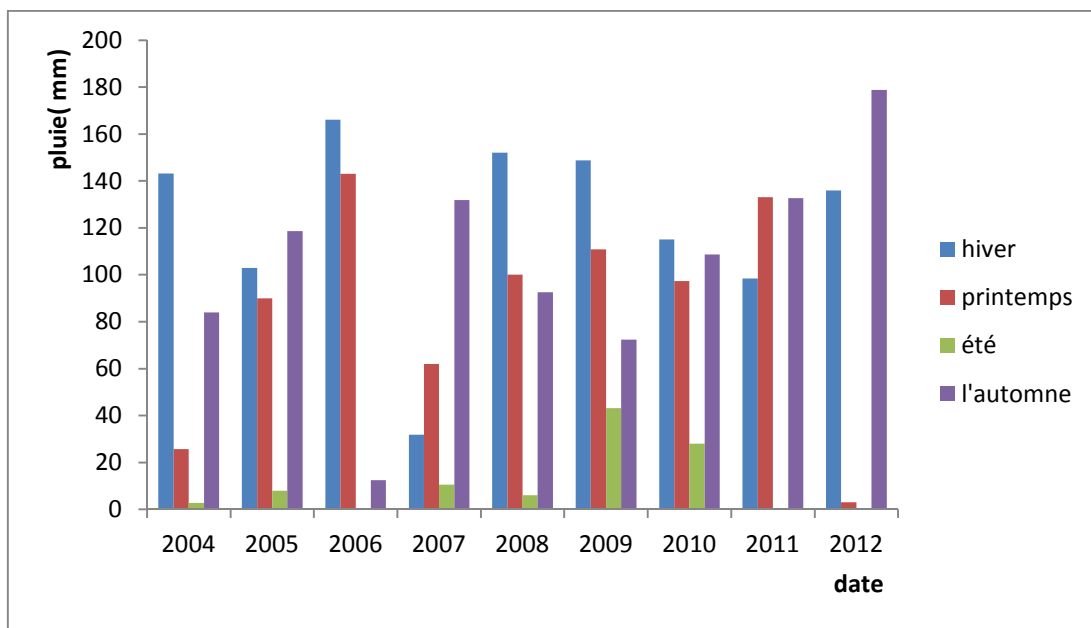


**Figure n°30 :** Variations des pluies moyennes mensuelles de mai et juin et juillet et aout pour la période (2004-2012) ,(ANRH, 2018).

D'après la figure n°31, on observe que les pluies du mois de Mai pendant cette période sont en nette baisse depuis 2005. La valeur minimale de 0 mm a été enregistrée en 2004 et la valeur maximale de 58,4 mm a été enregistrée en 2005.

Le mois de Juin, quant à lui, enregistre des valeurs de pluie très faible de 2004 jusqu'en 2009. L'année 2010 affiche la valeur maximale de 28 mm, mais après cette date, le retour vers des mois secs est observé. la valeur minimale de 0 mm enregistrée en 2008 et 2012

On observe que les pluies du mois de Juillet sont nulles sauf pour l'année 2007 qui a enregistré une valeur maximale de 5,1 mm. Les pluies du mois d'Aout sont aussi très variables, la valeur minimale de 0 mm a été enregistrée en 2004, 2005 et 2006 et a augmenté progressivement en 2007 de 0,7 mm, en 2008 de 5,7 mm, en 2009 de 42,7 mm comme une valeur maximale, après une diminution vers le 0 mm pour les autres années (2010, 2011, 2012) est apparue.



**Figure n°31** : Variations des pluies moyennes saisonnières pour la période (2004-2012). (ANRH, 2018).

D'après la Figure n°32, on constate que les pluies de l'hiver pendant cette période sont très variables, la valeur minimale de 31.8 mm a été enregistrée en 2007 et la valeur maximale de 166.04 mm l'a été en 2006, et les pluies du printemps affichent une valeur minimale de 3 mm enregistrée en 2012 et une valeur maximale de 143 mm observée en 2006. Pendant, l'automne les pluies ont une valeur minimale de 12.4 mm enregistrée en 2006 et une valeur maximale de 178.8 mm observée en 2012. En outre, les pluies de la saison d'été sont aussi

très variable, d'où la valeur minimale de 0 mm a été enregistrée en 2012 et la valeur maximale de 43.1 mm l'a été en 2009.

Enfin, d'après l'analyse des pluies saisonnières, nous pouvons conclure que l'année la plus pluvieuse est l'année 2012 avec une valeur maximale de pluie de l'ordre de 178.8 mm enregistrée pendant la saison d'automne et la saison d'Eté la plus sèche est bien celle des années 2006 et 2011 (pluie = 0mm).

Par ailleurs et suite à ces résultats, nous pouvons conclure que le climat de notre zone d'étude est divisé entre deux saisons, la première pluvieuse avec une importante quantité de pluie parfois agressive et la deuxième sèche sans aucune goutte de pluie.

## **IV.2. Analyse du sol**

### **IV.2.1. Granulométrie**

Les analyses granulométriques effectués sur les échantillons prélevés en amont, en aval du barrage et à l'embouchure de l'oued Cheliff ont donné les résultats suivants : (voire la annexe 01)

#### **1- Amont du barrage** (avant le barrage et distant de 30 km)

Sur les cotés droit et gauche, on a observé qu'à la profondeur 50 cm (en partant du haut du sol) les particules analysées sont de type limoneux-sableux et qu'à la profondeur de 1m, les particules sont de texture sableux-limoneuse. Ce dépôt suit la nature de sédimentation des sols (deux couches sédimentaires ordinaires) c'est à dire particules grossières se déposent en premier suivies des particules fines Figure n°33 .

#### **2- Aval du barrage** (après le barrage et distant de 1 km)

Au niveau du coté gauche et coté droit, on observe que les particules de type limon-sableux se positionnent à une profondeur de 50 cm (en partant du haut du sol) et les particules de type sableux-limoneux se trouvent à une profondeur de 1 m. Ce dépôt est tout à fait normal, c'est à dire les grosses particules déposées en premier suivies des petites particules, ce qui indique que le débit d'eau était normal (vitesses limitées et gérées par les services du barrage). Aussi, on conclut que les deux couches sédimentaires se sont déposées le plus normalement possible, ceci est du à la vase qui provient du barrage lors des opérations de chasse survenues lors des crues Figure n°34 .

#### **3- Embouchure de l'oued Cheliff (Estuaire)** (après le barrage et distant de 30km)

La position des particules de texture sableux-limoneuse se trouvent à une profondeur de 50 cm (en partant du haut du sol) et celles de texture limoneux-sableuse se trouvent à une profondeur de 1 m.

D'après ces résultats, ces particules se déposent dans le sens inverse de la nature c'est à dire que c'est les particules fines qui se déposent en premier suivies des particules grossières, ce qui complètement contraire à la physique du sol, ceci est sûrement du à la lenteur du processus de dépôt (pente faible et présence de virage) suite à l'importance de la vitesse d'écoulement au niveau de ce point Figure n°35 .

En conclusion, l'étude granulométrique des particules du sol prélevées au niveau de la zone d'étude à des profondeurs de 50 cm et 1 m (en partant du haut du sol) a montré qu'il existe, en général, deux types de texture avant et après barrage et à l'embouchure à savoir: textures limon-sableuse et sable- limoneuse, mais au niveau de l'embouchure, ces deux textures se déposent dans le sens inverse c'est à dire dépôt de fines particules suivie de grosses particules.

Enfin, nous pouvons conclure que ces textures ont pour origine le lit majeur de l'oued Cheliff comme l'a décrit Boulaine (1957) annexe, dans son étude sur les sols des plaines du Cheliff où il a déclaré que les variations de granulométrie de leurs apports sont très grandes et peuvent aller de sables fins au débouché de la plaine d'El Khemis (Ex. Affreville) à des argiles fines à Sidi-Toumiet dans la plaine de Relizane.

### **IV.3. Estimation des transports solides dans le sous bassin versant de Sidi Bel Attar**

Sur la base des résultats obtenus des concentrations en MES, on a jugé utile et nécessaire de quantifier le transport solide dans l'oued Cheliff.

En effet, la concentration moyenne ( $C_{moy}$ ) pendant les deux périodes à savoir sèche et humide multipliée par le débit liquide ( $Q_l$ ) par application de la formule des mesures directes de quantification de perte en sol :  $Q_s = Q_l \cdot C_{moy}$  ..... (31)

Nous donnera les quantités de débits solides transportés par l'oued Cheliff.

**Tableau n°13** : les valeurs de Qs pour chaque point de prélèvement.

Région	Période	concentration moyenne (g/l)	Qs (t/an)
Amont (avant barrage) droit	sèche	1,59	6015,18
Amont (avant barrage) gauche	sèche	1,29	4891,61
Amont (avant barrage) milieu	sèche	1,56	5891,05
1 <sup>er</sup> aval (après barrage)	sèche	1,58	5977,71
1 <sup>er</sup> aval droit (après barrage)	sèche	2,05	7757,67
1 <sup>er</sup> aval gauche (après barrage)	sèche	2,16	8184,73
2 <sup>eme</sup> aval (Sidi Bel Attar) milieu	sèche	1,65	6262,29
2 <sup>eme</sup> aval (Sidi Bel Attar) droit	sèche	1,59	6021,61
2 <sup>eme</sup> aval (Sidi Bel Attar) gauche	sèche	1,88	7097,68
Achasta (pont)	sèche	1,76	4766,25
3 <sup>eme</sup> aval (Au milieu de l'embouchure)	sèche	1,74	4723,22
3 <sup>eme</sup> aval (A gauche de l'embouchure)	sèche	1,188	3215,69
3 <sup>eme</sup> aval (l'embouchure) droite	Sèche	1,60	4329,94
Amont (avant barrage) coté droit	Humide	3,20	1377,12
Amont (avant barrage) coté gauche	Humide	3,26	1402,94
Amont (avant barrage) au milieu	Humide	3,23	1390,03
1 <sup>er</sup> aval (après barrage) au milieu	Humide	2,65	10675,25
1 <sup>er</sup> aval droit (après barrage)	Humide	2,70	10876,45
1 <sup>er</sup> aval (après barrage) coté gauche	Humide	2,60	10474,05
2 <sup>eme</sup> aval (Sidi Bel Attar) au milieu	Humide	2,63	1875,86
2 <sup>eme</sup> aval (Sidi Bel Attar) coté droit	Humide	2,60	1854,48
2 <sup>eme</sup> aval (Sidi Bel Attar) coté gauche	Humide	2,66	1897,24
Achasta (pont)	Humide	2,76	1971,05
3 <sup>eme</sup> aval (Embouchure) au milieu	Humide	2,93	11092,70
3 <sup>eme</sup> aval (Embouchure) coté gauche	Humide	2,90	10979,16
3 <sup>eme</sup> aval (Embouchure) coté droit	Humide	2,96	11206,22

## Discussion

Selon le tableau n°12 les résultats obtenus sont donnés comme suit :

### 1- Période sèche

Pendant cette période, on a observé que la quantité de transport solide trouvée est pour chaque point de prélèvement.

En effet, les résultats obtenus au niveau du point amont du barrage affiche plus de 5891 t/an de débit solide qui sera transporté par l'oued Cheliff en arrivant à l'embouchure avec une quantité supérieure à 4723 t/an, cette diminution est due au barrage et obstacles (couverture



végétale dense (flore)) et aussi à la faible pente caractérisant le long de l'oued pendant toute la trajectoire des particules solides jusqu'à l'estuaire (figure n°30).

## 2- Période humide

Pendant cette période, la quantité de transport solide trouvée est variable de l'amont vers l'aval pour chaque point de prélèvement.

En outre, le point amont du barrage donne plus de 1390 t/an de débit solide qui transite par le Cheliff jusqu'à son arrivée à l'embouchure avec une quantité égale à 11092,70 t/an. Cette quantité qui passe à travers le barrage a augmenté de 1390 t/an à plus de 10675 t/an, ceci est dû aux différentes opérations de chasse effectuées par les services de l'ANBT pendant les périodes des fortes crues dans le but de réduire la quantité de sédiment et de vase déposées dans la cuvette du barrage.

Pailleurs, les quantités observées au niveau de la station de Sidi Bel Attar sont qualifiées de faibles par rapport aux autres valeurs trouvées dans cette la zone d'étude, ceci à cause de la faible pente du lit d'oued et la croissance rapide de la flore.

Ainsi, au niveau de l'embouchure, la quantité trouvée est très importante à celle trouvée à Sidi Ben Bel Attar, cette augmentation est due à l'accumulation de sédiment dans le lit d'oued suite à l'absence d'obstacles gênant le déplacement des particules solides (flore ou barrage) et à l'alimentation par d'autres affluents de quantités importantes de sédiments qui viennent se déposer dans l'oued Cheliff et seront acheminés jusqu'à l'estuaire.



**Figure n°35 : Croissance de la flore au niveau Sid Bel Attar (b) (cliché par Korieb et Guettar, 2018).**



**Figure n°36:** faible pente au l'oued a l'aval de barrage jusqu'a l'embouchure (**cliché par Korieb et Guettar, 2018**).

En 2012, l'ANRH a estimé la quantité de débit solide ( $Q_s$ ) à plus de 23909 t/an qui est jugée 2 fois supérieure à celle trouvée dans notre travail et qui est égale à 11092,70 t/an, cette variabilité peut être expliquée par la différence de la pluviométrie enregistrée pendant les années 2012 et 2018 et sous l'effet de la croissance de la densité de la couverture végétale le long de l'oued.

En effet, l'année 2012 a été caractérisée par une forte pluviométrie (valeur maximale de 178,8 mm), mais en 2018 la pluviométrie enregistrée est faible par rapport l'année 2012 (valeur maximal de 65 mm à février est 60 mm à mars).

Aussi, l'accroissement de la couverture végétale contribue au changement de la quantité des matières transportées par l'oued.

## *Conclusion générale*

### Conclusion générale

L'évolution des sédiments de l'amont vers l'aval est fonction à la fois de l'intensité et la hauteur des précipitations, cette évolution est très variable d'une période à l'autre.

Notre étude porte sur la quantification du transport solide au niveau de l'exutoire d'oued Cheliff ainsi que l'origine de ces sédiments venant se déposer dans l'estuaire et par la suite faire la comparaison entre les résultats expérimentaux trouvés avec ceux fournis par les services de l'ANRH estimés au niveau de la station Sidi Bel Attar (code 013602).

Les résultats des analyses des sols (granulométrie) des trois compagnes montrent que le type des sols est limon-sableux en profondeur de 1m et sable-limoneux en profondeur de 50 cm ayant pour origine le lit majeur de l'oued Cheliff comme l'a décrit Boulaine (1957), dans son étude sur les sols des plaines du Cheliff où il a déclaré que les variations de granulométrie de leurs apports sont très grandes et peuvent aller de sables fins au débouché de la plaine d'El Khemis (Ex. Affreville) à des argiles fines à Sidi-Toumiet dans la plaine de Relizane.

Quant au transport solide, les mesures ont été effectuées en deux périodes (sèche et humide) en différents points de prélèvements choisis au préalable d'abord après barrage, Asachta pont, et à la fin au niveau de la zone de Sidi Bel Attar.

Les résultats, ainsi, obtenus pour la période sèche au niveau du point amont du barrage affiche une quantité de plus de 5891 t/an de débit solide qui sera transporté par l'oued Cheliff jusqu'à l'embouchure (dernière point) avec une valeur supérieure à 4723 t/an.

Pour la période humide, le point amont du barrage donne plus de 1390 t/an de débit solide qui transite par le Cheliff jusqu'à son arrivée à l'embouchure avec une quantité égale à 11092,70 t/an. Cette quantité qui passe à travers le barrage a augmenté de 1390 t/an à plus de 10675 t/an.

Aussi, au niveau de l'embouchure, la quantité obtenue est très importante à celle trouvée à Sidi Ben Bel Attar, cette augmentation est due à l'accumulation de sédiment dans le lit d'oued suite à l'absence d'obstacles gênant le déplacement des particules solides (flore ou barrage) et à l'alimentation par d'autres affluents de quantités importantes de sédiments qui viennent se déposer dans l'oued Cheliff et seront acheminés jusqu'à l'estuaire.

En 2012, l'ANRH a estimé la quantité de débit solide ( $Q_s$ ) à plus de 23909 t/an qui est jugée 2 fois supérieure à celle trouvée dans notre travail et qui est égale à 11092,70 t/an pour le deux mois février et mars, cette variabilité peut être expliquée par la différence de la

pluviométrie enregistrée pendant les années 2012 et 2018 et sous l'effet de la croissance et de la densité de la couverture végétale le long de l'oued.

En effet, l'année 2012 a été caractérisée par une forte pluviométrie (valeur maximale de 178,8 mm), mais en 2018 la pluviométrie enregistrée est faible par rapport l'année 2012 (valeur maximal de 65 à février est 60 mm à mars). Aussi, l'accroissement de la couverture végétale contribue au changement de la quantité des matières transportées par l'oued.

A la fin de notre travail et sur la base des résultats obtenus, quelques recommandations et perspectives peuvent être proposées à savoir :

- Prévoir l'aménagement des bassins versants jusqu'à l'estuaire;
- Réaliser des Gabionnages susceptibles de protéger les versants et les berges de l'oued contre toute forme d'érosion;
- Appliquer des techniques hydrologiques de conservation des terres et des eaux en montagne tel que : l'estimation du ruissellement in situ; la correction des torrents; l'estimation de l'infiltration; l'étude de l'enneigement en montagne comme source d'eau; l'évaluation de la dégradation des terres en montagne; le recyclage des eaux usées en forêt; l'évaluation de la qualité des eaux courantes; l'évapotranspiration végétale; les méthodes de calcul de la sédimentation dans les retenues de barrages.
- Réaliser le reboisement des dunes; l'évaluation de l'érosion; l'utilisation du terrassement pour le reboisement -des pentes; la restauration des parcours à bétail; la captation des eaux de pluie; les techniques d'aménagement de la couverture végétale.
- La lutte contre les incendies de forêt.

# *Références Bibliographiques*

- **Achite M. & Meddi M. (2005)** Variabilité spatio-temporelle des apports liquide et solide en zone semi aride. Cas du bassin de l'oued Mina (nord ouest Algérien Rev. Sci. Eau. 18 (spécial), pp : 37-56.
- **Ammari,A.,(2012).**Vulnérabilité à l'Envasement des Barrages (cas du bassin Hydrographique des Côtiers Algérois).Thèse de Doctorat d'Etat en Hydraulique. Institut Université Mohamed Khider .Biskra.
- **ANRH, 2000.** Données pluviométriques. Document interne. Alger.
- **Badji Moussa et Boukhtech Redouan (2014),** Contribution à délimitation et localisation des zones productives des sédiments par le SIG dans le bassin versant du Cheliff mémoire de master université de khemis Miliana, 88 pages.
- **Badraoui A. et Hajji, A., (2001).** Envasement des retenues de barrages. Revue la Houille Blanche, n°6/7, pp. 72-75.
- **Benabadji, bouazza., 2003.** Quelques modifications climatiques intervenues dans le sud-ouest de l'oranie (algerie occidentale), universite abou-bekr belkaid, tlemcen, p 121, 12
- **Benahmed, Halima, (2015).** Valorisation des sédiments d'envasement du barrage de kramis dans le domaine de génie civil. Mémoire de magister, Université Mohamed Boudiaf, Oran, 128p.
- **Benaicha amar cherif,2011** Etude des processus des transports solide et leur impact sur l'alluvionnement des barrages
- **Benkrid., 2008.** Etude de l'évolution spatio-temporelle de l'occupation du sol dans la plaine du bas cheliff (algerie). These de master, universite de montpellier 2, 54 p.
- **Boiffin N. J., 1984.** La dégradation srucurale des couches superficielles du sol sous l'action des pluies. Thèse Paris.
- **Boulaine., 1956.** carte des sols des plaines du cheliff au 1/50000. Inspection generale de l'agriculture du gouvernement de l'algerie.
- **Capolini J. et al., 1969.** Bassin versant du Cheliff 'Etude des caractères physiographiques et prévision des apports annuels, des crues et des transports solides dans les bassin du : Rhiou – Sly – Fodda – Deurdeur – Zeddine – Ebada
- **Chebbani,R.,et al, 1999.** Etude des risques d'érosion dans le basin versant Isser, Algérie. Bulletin Réseau Erosion 19 : 85-95.
- **Cheggour, A., 2008.** Mesures de l'érosion hydrique à différentes échelles spatiales dans un bassin versant montagneux semi-aride et spatialisation par des S.I.G. : Application au bassin

versant de la Rhéraya, Haut Atlas, Maroc. Thèse de Doctorat, Université Cadi Ayyad. MARRAKECH.

- **Chibbani R, Belaidi S., 1997.** Étude de la dynamique du ravinement sur deux couples de rivières expérimentales près de Tlemcen. *Bull Réseau Erosion* 1997 ; 17 : pp 152-60.
- **Chibbani R., Djilli K., Roose E., 1999.** Étude à différentes échelles des risques d'érosion dans le bassin versant de l'Isser. *Bull. ORSTOM, Rés. Eros.*, 19, pp 85-95.
- **Cosandey C. et Robinson M., 2000.** Hydrologie continentale p 360. 128 fig. Ed. Armand Colin.
- **Dakich A., Bekhadi A. & Hammoum A. (1997)** Evaluation de la sensibilité des sols à l'érosion par télédétection et SIG. Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (Algérie), 32 p
- **Demmak A. (1982)** Contribution à l'étude de l'érosion et des transports solides en suspension en Algérie septentrionale. Thèse de docteur-Ingénieur, Univ. Paris IV, France.
- **FEM et FIDA, 2002.** Publication FIDA. Edition GMS GRAFICHE, Rome, juillet 2002
- **GRECO, J., 1966 :** L'érosion, la défense et la restauration des sols, le reboisement en Algérie. MARA. Alger.
- **Hadjiat K., 1997.** -Etat de dégradation des sols en Algérie. Rapport d'expert PNAE, Banque Mondiale, 45p.
- **Hallouz Faiza (2009).** Etude des grus dans le bassin versant du cheliff, mémoire de magister, université de khemis Miliana, 108 pages
- **Heusch B. & millies lacrois A. (1971)** Une méthode pour estimer l'écoulement et l'érosion dans un bassin : application au Maghreb. *Mines et géologie* 33, pp : 21-39.
- **Heusch B. & millies lacrois A. (1971)** Une méthode pour estimer l'écoulement et l'érosion dans un bassin : application au Maghreb. *Mines et géologie* 33, pp : 21-39.
- **Ministère de l'environnement et l'aménagement du territoire (2000)** Rapport sur l'état et l'avenir de l'environnement, 95p.
- **Mokhtari Elhadj (2009)** Contribution à l'étude du transport solide en suspension bassin de l'oued Chliff-Ghrib
- **Oumrani N., (2009).** Influence des sédiments sur la stabilité d'un barrage en exploitation cas du barrage CHEURFAS II, Thèse université de Tlemcen, 2009.
- **Poesen, J., Govers G., 1994.** Bodemerosie in Midden-België. Een stand van zaken. *Onze Alma Mater*, 48 (3): 251-267.



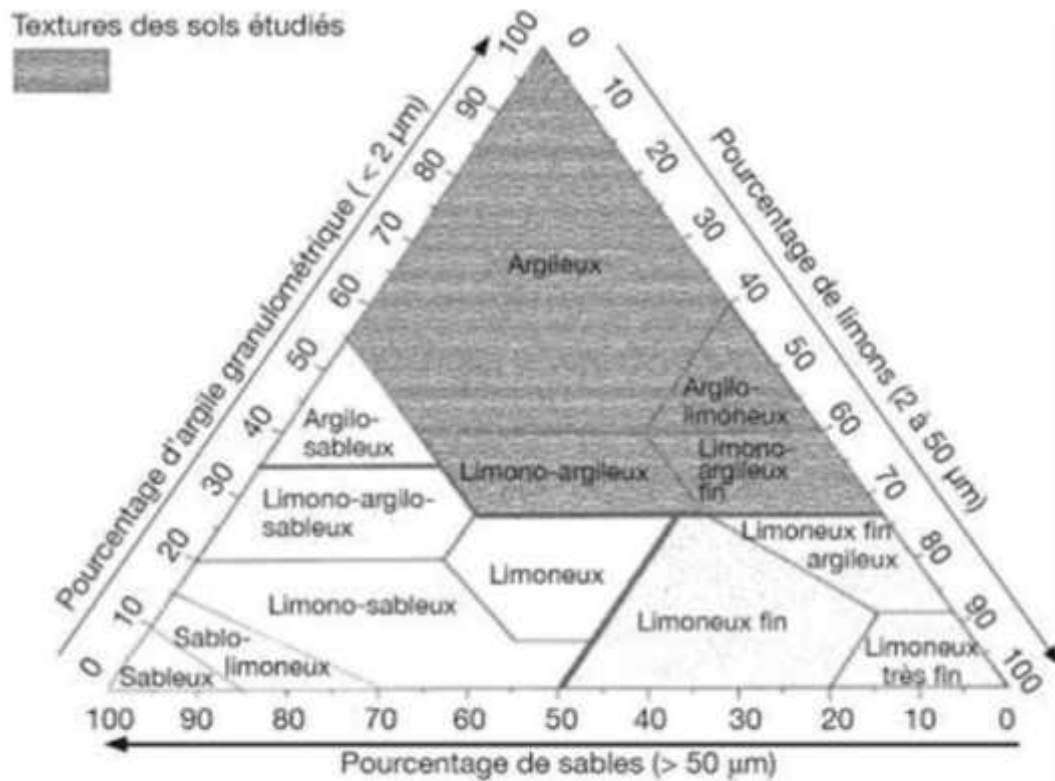
- **Rata., 2010.** Variabilité spatio-temporelle de la salinité des sols dans la plaine du bas chelif-établissement d'une banque de données, these de magister, université de chleff, 89 p.

**REFERENCES**

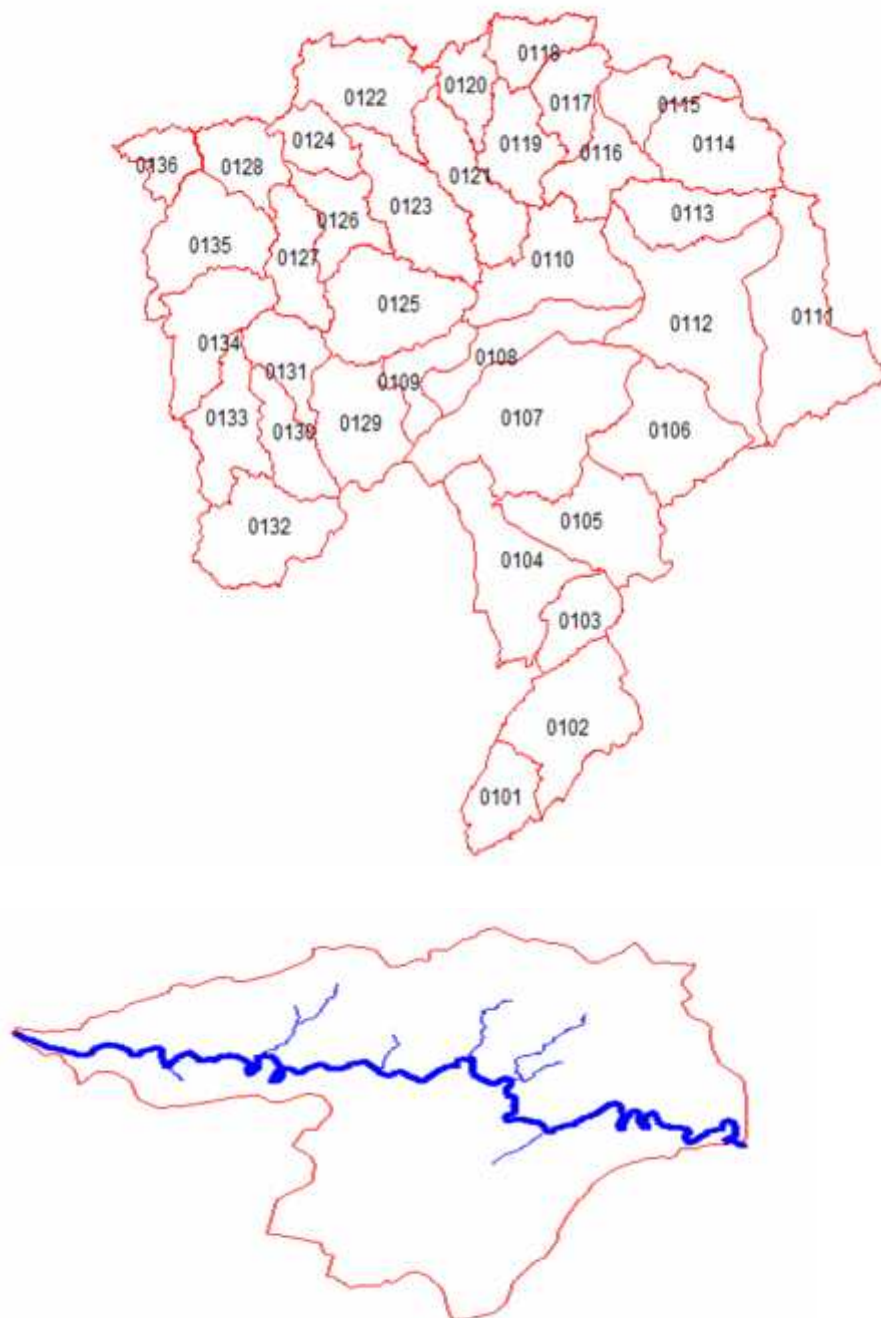
- **Remini B., (1997).** Envasement des retenues de barrages : mécanisme et moyens de lutte par la technique du soutirage. Th. Doct. Etat, Ecole Nationale polytechnique d'Alge, 342p.
- **Remini, B., 2004.** Les moyens techniques de lutte contre la sédimentation des barrages en Algérie. Colloque International « TERRE et EAU » Annaba, 21, 22 & 23 Novembre 2004.
- **Remini, B., W., Hallouche, 2007.** Studying Sediment. Revue International Water Power et Dam construction. Octobre, 42-45
- **Remini, B., et al, 2003.** Envasement des barrages, EDOC, ALGER.
- **Roche, M., 1963.** Hydrologie de surface. Paris, Gauthier - Villars. 430 p. 204 fig
- **Ruiz Figueroa. J.F. 1983.** Les micro-organisations pelliculaires superficielles formées sous pluie simulées sur des sols ferrallitiques de savane(Centre Nord de la Côte d'Ivoire. Comportement hydrodynamique et mécanique de ces pellicules de battance en relation avec La texture, la couverture du sol et la levée du riz pluvial. Thèse Paris.
- **Terfous A., Meghnoûfi A. et Bouanani A.(2001)** Etude du transport solide en suspension dans l'Oued Mouilah (Nord Ouest Algérien). Rev. Sci. Eau. 14 (2) : 173 – 185.
- **Wischmeier W.H. (1974).** «New developments in estimating water erosion». *29th Meeting Soil Cons. Soc. Amer. Syracuse*, p. 179-186.

*Annexe*

## Triangle granulométrie



**Figure 2.** Textures des sols étudiés — *Textures of the studied soils (USDA, 1960)*

**Bassin versant cheliff**

Sidi bel attar