

Higher National School of Hydraulic

The Library

Digital Repository of ENSH



المدرسة الوطنية العليا للري

المكتبة

المستودع الرقمي للمدرسة العليا للري



The title (العنوان):

Etude de l'envasement du barrage d'Ouled mellouk (w. Ain defla) .

The paper document Shelf mark (الشفرة) : 6-0006-17

APA Citation ( APA توثيق ):

Addad, Kenza (2017). Etude de l'envasement du barrage d'Ouled mellouk (w. Ain defla)[Thèse de master, ENSH].

The digital repository of the Higher National School for Hydraulics "Digital Repository of ENSH" is a platform for valuing the scientific production of the school's teachers and researchers.

Digital Repository of ENSH aims to limit scientific production, whether published or unpublished (theses, pedagogical publications, periodical articles, books...) and broadcasting it online.

Digital Repository of ENSH is built on the open DSpace software platform and is managed by the Library of the National Higher School for Hydraulics. <http://dspace.ensh.dz/jspui/>

المستودع الرقمي للمدرسة الوطنية العليا للري هو منصة خاصة بتقييم الإنتاج العلمي لأساتذة و باحثي المدرسة.

يهدف المستودع الرقمي للمدرسة إلى حصر الإنتاج العلمي سواء كان منشورا أو غير منشور (أطروحات، مطبوعات، مبداعات، مقالات، الدوريات، كتب....) و بثه على الخط.

المستودع الرقمي للمدرسة مبني على المنصة المفتوحة DSpace و يتم إدارته من طرف مديرية المكتبة للمدرسة العليا للري.

كل الحقوق محفوظة للمدرسة الوطنية العليا للري.



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE



MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HYDRAULIQUE -ARBAOUI Abdellah-

DEPARTEMENT D'HYDRAULIQUE URBAINE

## MEMOIRE DE MASTER

*En vue de l'obtention du diplôme de Master en Hydraulique*

**Option: Alimentation en Eau Potable**

**THEME DU PROJET :**

**ETUDE DE L'ENVASEMENT DU BARRAGE  
D'OULED MELLOUK (WILAYA D'AIN DEFLA)**

**PRESENTE PAR :**

**Mlle : ADDAD Kenza.**

**Devant les membres du jury**

<b>Nom et Prénoms</b>	<b>Grade</b>	<b>Qualité</b>
M <sup>me</sup> MEDDI Hind	M.C.A	Présidente
M AMMARI Abdelhadi	M.C.B	Membre
M BOUFEKANE Abdelmadjid	M.A.A	Membre
M <sup>me</sup> HOULI Samia	M.A.A	Membre
M <sup>me</sup> BERBACHE Sabah	M.A.A	Promotrice

**Avril 2017**



## **REMERCIEMENT**

*Je tiens à remercier avant tout DIEU le tout puissant de m'avoir donné le courage et les moyens nécessaires d'accomplir ce modeste travail en vue de l'obtention de mon diplôme de master.*

*Que Madame BERBACHE.S reçoit toute l'expression de ma reconnaissance éternelle de m'avoir encadré,*

*Je tien de remercier Monsieur OUGUENOUNE MUSTAPHA Pour tout l'aide qu'il a aménagé pour moi.*

*Je tien de remercier Monsieur BOUSSAIDI M pour tout son dynamisme et ses compétences techniques sur le domaine hydraulique qui mon permis de développer mes connaissances et de mener à bien cet étude.*

*Je tiens à remercier M. HOUGLAOUENE M. et M. BOUHANIT M. de l'Agence Nationale des Barrages et Transfert (A.N.B.T) de Kouba, pour leurs précieux conseils, et de leur soutien.*

*Ma reconnaissance va aussi à tous les étudiants et le corps enseignant de l'ENSH Mon respect aux membres de jury qui me feront l'honneur d'apprécier mon travail.*

*Et à tous qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail je leur dis*

**MERCI**





## إهداء

بسم الله الرحمن الرحيم

(قل اعملوا فسيرى الله عملكم ورسوله والمؤمنون)

صدق الله العظيم

إلهي لا يطيب لي الليل إلا بشكرك ولا يطيب لي النهار إلا بطاعتك .. ولا تطيب لي اللحظات إلا بذكرك .. ولا تطيب لي الآخرة إلا بعفوك.. ولا تطيب لي الجنة إلا برويتك

الحمد لله

إلى من كلفه الله بالهيبة والوقار .. إلى من علمني العطاء بدون انتظار .. إلى من أحمل اسمه بكل افتخار .. أرجو من الله أن يمد في عمرك لتهدي ثماراً قد حان قطفها بعد طول انتظار وستبقي كلماتك نجوم أهدني بها اليوم وفي الغد وإلى الأبد

والذي العزيز رمضان

إلى ملائكتي في الحياة .. إلى معنى الحب وإلى معنى العنان والتفاني .. إلى بسمة الحياة وسر الوجود إلى من كان دماغها سر نجاحي وحنانها بلسم جراحي إلى أغلى الحبايب

أمي الحبيبة جميلة

إلى من بهم أكبر وعليهم أعتد .. إلى شمعة متقدة تنير ظلمة حياتي

إلى من بوجودهم أكتسب قوة ومحبة لا حدود لها

إلى من عرفني معهم معنى الحياة

أخواتي مريم و نسبية و راضية

إلى توأما روحي ورفيقتنا دربي.. إلى صاحبنا القلب الطيب والنوايا الصادقة  
إلى من رافقتنا منذ أن حملنا حنانك صغيرة ومعكما سررت الدرب خطوة بخطوة وما تزالنا ترافقتنا حتى الآن  
أختاي ايمان وفتحة

إلى الأخوة الذين لم تلدهم أمي .. إلى من تحلو بالإبناء وتميزوا بالوفاء والعتاء في نهاية مشوارنا أريد أن  
أشرككم على مواقفكم النبيلة  
ازواج اخواتي حسان ورفيق و مصطفى

إلى من أرى التفاؤل بعينهم.. والسعادة في ضيقتهم  
إلى شعلة الذكاء والنور  
إلى الوجوه المفعمة بالبراءة ولحميتكم لأزهرت أيامي وفتحت براءم للغد الي من أتمنى لهم النجاح و التائق  
أبناء و بنات اخواتي احمد و يزيد و نورمان و اسامة و امير و ايمن و مارية

إلى استاذتي

صفية

إلى قنديل الذكريات ذكريات الاخوة إلى من تذوقته معهم أجمل اللحظات الي الذين احبوني و احببتهم  
صديقاتي ياسميحة محبير امينة سامية بشيرة زينب سميرة هاجر نورية حميدة أسماء حفازة رميسة سارة و كل  
اصدقائي بدون استثناء

إلى كل عائلة عداد و رحمانى مريتس

إلى كل من ساعدني من قريب او من بعيد

اقول الي كل هؤلاء

**شكرا و احبكم في الله**



## ملخص

الدراسة الحالية التي قمنا بها تهدف إلى دراسة تراكم الطمي في سد اولاد ملوك ولاية عين الدفلة. إن ظاهرة الرسوبات ظاهرة معقدة. إن كميات المواد المنقولة هامة جدا و هي تترسب في خزانات المياه. و قد وضعت طريقة تعتمد على تصاريف المياه و هي سهلة التنفيذ وذلك للتحديد الكمي للرواسب. و هذه الطريقة تعتمد على موارد المياه. لأجل هذا استعملنا المعطيات القياسية لتصاريف المياه والتركيز في محطة بير أولاد الطاهر و تمت معالجة المعطيات بإنشاء التقريرين الأول تركيز المواد العالقة/ التدفق السائل و الثاني التدفق السائل/ التدفق الصلب. من بين هذين التقريرين استخدمنا علاقة التدفق السائل/ التدفق الصلب و هذا من اجل قيمة معامل الارتباط الجيد بينهما. على اساس هذه العلاقة قمنا بتقدير متوسط التدفق الصلب اليومي. بعد تحليل الرواسب، وجدنا حجم التراكم 40.31 hm<sup>3</sup> الذي هو أعلى من المقدر بقيمة مسح الأعماق ، وهذا يعود الى بروتوكول قياس الرسوبات.

## Résumé

La présente étude a pour objectif d'étudier l'envasement du barrage d'Ouled Mellouk wilaya d'Ain Defla. Le transport solide est un phénomène complexe. Les quantités de matières transportées sont très importantes et sédimentent dans les retenues d'eaux. . Une méthode basée sur les débits moyens, facile à mettre en œuvre, a été mise au point pour la quantification des transports solides. Elle est basée sur les données hydrométriques donc Nous avons utilisé les données hydrométriques relatives aux débits instantanés et à la concentration en éléments en suspension au droit de la station de Bir Ouled Tahar. Le traitement de ces données a été réalisé, par l'établissement des deux rapports dont le premier est le rapport concentration en élément en suspension / débit liquide et le deuxième c'est le rapport débit liquide / débit solide, le rapport est établi par l'utilisation de modèle régressif puissance. Parmi ces deux relations, la relation débit liquide / débit solide a été retenue pour le coefficient de corrélation assez significatif qu'elle donne. Sur la base de cette relation, nous avons estimé le débit solide moyen journalier. Après l'analyse du transport solide, on a trouvé un volume de vase de l'ordre de 40.31 hm<sup>3</sup> qui est supérieur à celui estimé par les levées bathymétriques, ceci est dû au protocole de mesure des transports solides.

## Abstract

This present memory to aim to study the silting up of the dam of Ouled Mellouk wilaya of Ain Defla. Sediment transport is a complex phenomenon. The quantity of sediment transported is very important, and it fills in the reservoirs. A simple method, based on average discharges, easy to implement, has been developed for quantification of the sediment yield. It is based on hydrometric data. We used hydrometric data instant flow and concentration in suspension elements to the right of the station Ouled Tahar Bir. The processing of these data was carried out by establishing the two ratios, the first of which being the suspended element / liquid flow ratio and the second the ratio of the liquid flow rate to the solid flow rate, the ratio being established by Use of regressive power model. Among these two relations, the relation between liquid flow rate and solid flow rate was retained for the relatively significant coefficient of correlation that it gives After the analysis of solid transport, we found a vase in the order of 40.31 volume hm<sup>3</sup> which is higher than that estimated by the bathymetric tricks; this is due to the measurement of solid transport protocol..

# SOMMAIRE

<b>Introduction générale</b> .....	1
<b>CHAPITRE I : RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE</b>	
Introduction .....	4
I.1. Définition d'un barrage .....	4
I.2. Le but d'utilisation des barrages .....	4
I.3. Erosion .....	4
I.3.1. Définition .....	4
I.3.2. Les type d'érosion.....	5
I.3.3. Conséquences du phénomène d'érosion .....	5
I.3.4. Les facteur de l'érosion hydrique.....	6
I.4. Transport solide .....	7
I.4.1. Définition .....	7
I.4.2. Les types de transport solide .....	8
I.4.3. Mesure du transport solide dans les cours d'eau.....	9
I.5. Envasement Des barrages .....	9
I.5.1. Définition .....	9
I.5.2. Les barrages en exploitation suivant les bassins hydrographiques .....	9
I.5.3. Méthode de détermination du taux d'envasement .....	10
I.5.4. Problèmes posés par L'envasement .....	11
I.5.5. Les modèles d'estimation de l'envasement .....	11
I.6. Dévasement des Barrages .....	14
I.6.1. Moyen de lutte contre l'envasement .....	14
I.6.2. Les techniques de dévasement dans l'Algérie .....	16
Conclusion .....	16
<b>CHAPITRE II : ZONE D'ETUDE</b>	
Introduction .....	18
II.1. Présentation du barrage d'Ouled Mellouk .....	18
II.1.1. Description de l'ouvrage .....	18
II.1.2. Réalisation de barrage d'Ouled Mellouk .....	19
II.1.3. Le type de barrage d'Oued Mellouk .....	19
II.1.4. Equipement du barrage .....	20

II.1.5. Apport et débit du Barrage .....	22
II.1.6. Cadre géologique .....	23
II.1.7. Le barrage en chiffre .....	25
II.2. Présentation du bassin versant du Zeddine .....	25
II.2.1. Localisation et étendu de la zone d'étude .....	25
II.2.2. Réseau hydrographique .....	26
II.2.3. Climat .....	27
<b>III.2.4. Couverture végétale</b> .....	27
II.2.4. Caractéristique morphologique du bassin versant .....	27
Conclusion .....	29

### **CHAPITRE III : CALCUL DU TRANSPORT SOLIDE**

Introduction .....	30
III.1. Etablissement du rapport débit liquide-concentration en matière en suspension et calcul du transport solide journalier .....	30
III.1.1. Recherche de relation C/Ql .....	31
III.2. Etablissement du rapport débit liquide-débit solide et calcul du transport solide journalier .....	32
III.2.1. recherche d'une relation QL/QS .....	32
III.2.2. Calcul des débits solides .....	35
Conclusion .....	35

### **CHAPITRE IV : DISCUSSION DES RESULTATS**

Introduction .....	38
IV.1. Discussion des résultats .....	38
IV.1.1 Résultats du transport solide total .....	38
IV.2. Le taux d'érosion spécifique .....	41
IV.3. Calcul du taux d'érosion spécifique par différentes formules .....	44
IV.4. Résultats de l'envasement du barrage d'Ouled Mellouk .....	48
IV.4.1. Caractéristiques du barrage d'Ouled Mellouk .....	48
IV.4.2. Envasement du barrage d'Ouled Mellouk .....	48
IV.4.3. Comparaison des résultats avec les travaux faits sur le barrage .....	49
Conclusion .....	50
<b>Conclusion générale</b> .....	52



## LISTE DES TABLEAUX

Tableau II.1 : caractéristiques morphologiques du bassin versant .....	28
Tableau III.1 : Echelle saisonnière .....	34
Tableau III.2 : Echelle mensuelle.....	35
Tableau IV.1: transports solides totaux et le taux d'érosion spécifique annuel .....	39
Tableau IV.2: Résultats de la formule de Tixeront .....	41
Tableau IV.3: Résultats de la formule de Sorgreah .....	42
Tableau IV.4: résultats de la formule modifiée de Demmak .....	44
Tableau IV.5: Comparaison entre les quatre valeurs de l'érosion spécifique en T/Km <sup>2</sup> an .....	44
Tableau IV.6: Comparaison entre les deux valeurs de l'envasement .....	47

# LISTE DES FIGURES

Figure I.1 : Modes de transport solide en hydraulique fluviale .....	7
Figure I.2 : Bassins hydrographiques .....	8
Figure I.3 : Organigramme des Processus d'Envasement des Retenue .....	11
Figure I.4: Schématisation de la bathymétrie par nivellement .....	12
Figure II.1 : Vue du barrage d'Ouled Mellouk .....	17
Figure II.2 : Postes pluviométriques et station hydrométrique (réalise par nos soins sous Arcgis 10.3).....	18
Figure II.3 : L'évacuateur de crues de barrage d'Ouled Mellouk .....	19
Figure II.4 : Vidange de fond du Barrage d'Ouled Mellouk .....	20
Figure II.5 : Prise agricole et la tour de prise du Barrage .....	20
Figure II.6 : Galerie d'injection et drainage du Barrage .....	21
Figure II.7 : Carte géologique du site .....	23
Figure II.8 : Carte de situation du bassin versant de l'oued Zeddine (réalise par nos soins sous Arcgis 10.3) .....	25
Figure III.1 : Corrélacion débit liquide/concentration en MES sur toute la série d'observation.....	32
Figure III.2: Corrélacion débit liquide / débit solide pour toute la série d'observation .	33
Figure IV.1: variation mensuelle des transports solides et débits liquides pour l'année exceptionnelle 1994/1995 .....	35
Figure IV.2: variation mensuelle des transports solides et débits liquides pour l'année exceptionnelle 2000/2001.....	36
Figure IV.3 : variation mensuelle des transports solides et débits liquides pour l'année exceptionnelle 2008/2009 .....	37
Figure IV.4: variation annuelle de l'érosion spécifique et de débit liquide moyen annuel.....	40
Figure IV.5 : influence de l'événement extrême sur l'érosion spécifique annuelle .....	41

# **INTRODUCTION GENERALE**

## Introduction générale

L'importance de l'eau en tant que support de vie et de facteur régulateur du développement d'un pays est universellement reconnue. Aussi est-il nécessaire de la quantifier et de la gérer aussi rigoureusement que possible.

En Algérie, les conséquences de l'érosion hydrique sont désastreuses et spectaculaires, offrant un paysage nu et sillonné par un ravinement intense, particulièrement dans les régions montagneuses à réseau d'écoulement dense, menaçant d'un envasement précoce les barrages en exploitation. L'érosion, phénomène très complexe, lié à des facteurs naturels et anthropiques difficilement maîtrisable, évolutif aussi bien dans l'espace que dans le temps, affecte beaucoup les infrastructures hydro-agricoles, de telle sorte que parfois il est quasiment impossible d'y remédier. Avec une érosion spécifique moyenne annuelle variant entre 2000 et 4000 t/km<sup>2</sup>, l'Algérie se classe parmi les pays les plus érodables au monde (**Demmak, 1982**).

L'Algérie du nord est une zone montagneuse fragile, les montagnes s'étendent sur une superficie de 75 000 km<sup>2</sup> dont les deux tiers sont situées à plus de 800 m et le quart présente des pentes supérieures à 25%. La lithologie y est souvent constituée de roches tendres (notamment schiste et argiles) sensibles à l'érosion. Le climat très irrégulier alterne années sèches et humides, avec des pluies souvent intenses et dévastatrices. La conjonction de ces différentes caractéristiques induit une érosion forte, difficile à quantifier (**Remini, 2009**).

L'érosion et le transport solide au niveau du bassin versant du barrage d'Ouled Mellouk sur l'Oued Rouina est l'objet de notre étude. Ce barrage de capacité initiale de 127 hm<sup>3</sup> mis en eau en 2004 se trouve, selon les derniers levés bathymétriques effectués en 2006 par l'Agence Nationale des Barrages et Transfert, comblé par un volume de vase de 7.96 hm<sup>3</sup>.

Nous pensons que si ce phénomène continue dans le temps, sans aucun moyen préventif pour diminuer le processus de l'envasement, les infrastructures de L'AEP et aussi de l'irrigation seront sans doute affectées.

Pour ce faire, nous nous sommes proposé d'approcher ce sujet à travers la Quantification du transport solide dans l'Oued Rouina, par une estimation des transports solides et donc de la dégradation spécifique et du volume d'envasement, à partir de modèles régressifs utilisant des

relations Ql-Qs tenant compte des levés bathymétriques. Après une présentation hydro géomorphologique de la zone d'étude, l'approche méthodologique adoptée consiste à :

- Rechercher un modèle régressif pouvant décrire la relation débit liquide – débit solide au droit de la station hydrométrique ;
- Sur la base des résultats de corrélation retrouvées, nous calculons le transport solide total journalier sur une période de 23 années (1990-2013) ;
- Détermination de l'érosion spécifique et le volume total de la vase dans le barrage d'Ouled Mellouk ;
- Discussion et analyse des résultats retrouvés ;

# **CHAPITRE I**

## **RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE**

## **Introduction**

L'étude de l'envasement du barrage est une étape indispensable pour tout projet de faisabilité d'un barrage. Le suivi régulier des apports solides dans un barrage est nécessaire pour un éventuel dévasement de la retenue. Dans ce chapitre on va présenter les différents aspects qui se relient à l'envasement des barrages.

### **I.1. Définition d'un barrage**

Les aménagements hydrauliques (barrages) sont destinés à stocker de l'eau dans un réservoir (retenue), pour cette eau est restituée par les utilisateurs. Ce sont des investissements onéreux, délicat du point de vue de conception, de leur réalisation et de leur exploitation. En effet, la ruine de plusieurs barrages à travers l'histoire c'est traduit par des catastrophes. Il est bien évident à travers ce constat, que ce type d'aménagement hydraulique n'est pas un ouvrage de "confection" mais toujours un ouvrage sur "mesure" de projection. Dans ce cas ; de tels projets font appel à plusieurs ingénieurs de disciplines techniques divers.

### **I.2. Le but d'utilisation des barrages :**

On peut énumérer les divers buts d'utilisation d'un barrage que l'on peut retrouver associés dans un même ouvrage :

- ✓ Protection contre les crues,
- ✓ Alimentation en Eau potable (après traitement),
- ✓ Irrigation,
- ✓ Production de l'énergie électrique,
- ✓ Besoins industriels,
- ✓ Dilution des eaux usées,
- ✓ Recharge des nappes artificielles,

## **I.3. Erosion**

### **I.3.1. Définition**

L'érosion est définie comme étant le détachement de fragments ou de particules de sol ou de roche de leurs positions initiales par l'eau et autres agents géologiques, tel que, le vent, la glace, etc. Dans un bassin versant, l'arrachement des particules sédimentaires de leur emplacement d'origine, leur déplacement et leur dépôt, dépendent de nombreuses

caractéristiques de ce bassin, ces dernières peuvent être soit physiques, soit hydrologiques et sont fortement interpellant (**Greco, 1966**).

- ✓ Les caractéristiques physiques d'un bassin qui influent sur l'érosion et le transport solide sont : Le relief, la nature géologique, le sol, la végétation, l'occupation des terres, la morphologie du réseau de drainage.
- ✓ Les caractéristiques hydrologiques comprennent les facteurs climatiques tels que la précipitation et la température, le volume et l'intensité des précipitations jouent un rôle important dans le processus d'érosion par suite de leurs effets dans la dynamique de détachement des particules par l'écoulement.

### **I.3.2. Les type d'érosion**

#### **I.3.2.1. Erosion en nappe**

Elle se produit lorsque l'écoulement et l'érosion se font sur toute la surface du sol, ce qui provoque une usure homogène non perceptible dans la majorité des cas.

Ce type d'érosion entraine des conséquences morphologiques et pédologiques fâcheuses suites a un décapage de l'horizon superficiel diminuant insidieusement sa réserve en élément fertilisant (**Dutil, 1984**).

#### **I.3.2.2. Erosion linière**

Elle se produit lorsque la concentration des eaux conduit a la formation de chenaux de dimension croissante : griffes (quelques centimètres des profondeurs), rigoles (incision dans la couche labourée), ravines (incision dépassant la couche labourée).

De point de vue quantitatif, ce type d'érosion reste dans les mêmes proportions que l'érosion en nappe (**Dutil, 1984**).

### **I.3.3. Conséquences du phénomène d'érosion**

Les conséquences des phénomènes d'érosion sont multiples (**TOUABIA B, 1995**)

- ✓ Déféertilisation des terres de culture par arrachement de la couche végétale contenant les matières organiques et les particules fines
- ✓ Changement des traces des cours d'eau par création des méandres et des tresses.
- ✓ La détérioration des installations hydrauliques (pompe, vannes, ..)
- ✓ Envasement des retenues de barrages, des ouvrages de prise d'eau et des canaux d'irrigation, ce qui entraîne la diminution des potentialités hydrauliques



**I.3.4. Les facteurs de l'érosion hydrique****I.3.4.1. Les facteurs d'ordre naturel****I.3.4.1.1. La topographie**

La pente influence grandement l'importance de l'érosion par son action gravitaire et fournit son énergie érosive à l'eau. Ainsi l'action de l'érosion augmente fortement avec la pente, car le détachement des particules est lié au carré de la vitesse de l'eau. L'inclinaison de la pente agit directement sur la vitesse de ruissellement. Lorsque celle-ci croît, l'énergie cinétique du ruissellement augmente et accélère le transport solide vers le bas, en augmentant l'impact de l'ablation des matériaux détritiques. Les pertes en matériaux terrigènes croissent donc de manière exponentielle avec l'inclinaison de la pente. Le facteur « longueur de pente » contribue également sur le volume ruisselé mais son influence n'est ni constante, ni très élevée, de même que sa forme ou courbure (convexe, concave, homogène ou gauchie) qui intervient dans le phénomène érosif. La pente participe ainsi aux phénomènes d'érosion du fait de sa forme, de son inclinaison et de sa longueur. Dans le cadre de ce travail, nous retiendrons uniquement l'inclinaison de la pente, par le biais de sa prépondérance dans le paramètre topographique.

**I.3.4.2.2. La nature du substrat**

La nature du sol et du sous-sol est aussi un facteur prépondérant. Sa participation au phénomène d'érosion est fonction de sa perméabilité et de l'aptitude au détachement et au transport de ses particules. Chaque type de sol va réagir différemment à l'attaque de la pluie et au cisaillement du ruissellement selon sa texture, sa structure et sa porosité.

La lithologie joue un rôle important sur le ruissellement, l'infiltration, l'érosion et le transport solide. Les matériaux géologiques se distinguent en formations meubles (sables, argiles, marnes) ou en formations consolidées (grès, calcaires, dolomies,...).

**I.3.4.4.3. Les précipitations**

L'étude des caractéristiques climatiques d'un bassin versant est nécessaire pour la connaissance du comportement hydrologique de ses cours d'eau. En effet l'abondance, la durée et les variations des quantités de pluies qui tombent au cours des périodes de l'année pendant lesquelles les sols ne sont pas protégés par la végétation ont une incidence dramatique sur le milieu physique et peuvent provoquer une action érosive.

Il s'agit de l'intensité, du volume, de la fréquence des pluies et de leur répartition au cours de l'année. Ces caractères conditionnent notamment l'importance du couvert végétal qui s'oppose au ruissellement en absorbant l'eau. L'eau ruisselle lorsque la vitesse d'arrivée de l'eau sur le sol est supérieure à la vitesse d'infiltration. Le volume d'eau en excès à la surface dépend de l'intensité (hauteur d'eau par rapport à une durée) de la pluie et du volume total précipité.

### **I.3.4.2. Le paramètre d'ordre anthropique**

#### **I.3.4.2.1. L'occupation du sol**

Le processus d'érosion est étroitement lié au mode d'occupation du sol, qui contribue largement à son aggravation ou à son atténuation. L'occupation du sol détermine le degré de protection des sols. L'influence du couvert végétal sur l'érosion linéaire est ainsi très importante. Son action est d'autant plus efficace qu'il absorbe l'énergie cinétique des gouttes de pluie, recouvre une forte proportion du sol et ralentit l'écoulement du ruissellement ou encore maintient une bonne porosité à la surface du sol.

D'une part, la couverture végétale protège contre le phénomène de battance des pluies et prolonge alors la perméabilité des sols et réduit le volume ruisselé. D'autre part, une grande quantité de l'énergie du ruissellement est absorbée par la litière qui entretient la mésofaune (influençant la vitesse d'infiltration).

Enfin, l'état de la couverture végétale influence directement la rugosité du sol. Celle-ci dépend notamment du nombre de tiges par mètre carré. Un couvert végétal composé d'herbacées à tiges nombreuses aura une action protectrice du sol plus efficace contre le ruissellement que des arbres.

### **I.4. Transport solide**

#### **I.4.1. Définition**

Le transport solide représente l'entraînement de granulats sous l'action d'un écoulement fluide, Il existe dans différents phénomènes physiques, naturels ou industriels, et constitue un écoulement à surface libre ou en charge.

Le transport solide dans les cours d'eau constitue la seconde phase de l'érosion, il relève essentiellement du ruissellement et met en jeu diverses formes d'écoulement de l'eau dans la nature. Les matériaux alluvionnaires constituant le lit des cours d'eau proviennent de l'élaboration des éléments de surface (**LEBRETON J.C, 1974**).

## I.4.2. Les types de transport solide

### I.4.2.1. Transport solide par charriage

Le transport solide par charriage, représente la progression de sédiment grossiers (sables, graviers, galets et blocs) de diamètre à 1 mm qui se déplacent par roulement ou glissement, au voisinage immédiat du fond du cours d'eau, et parcourent des distances relativement petites et discontinues dans le temps et dans l'espace, leur vitesse est inférieure à celle de l'écoulement.

Les mesures sur terrain du transport solide par charriage sont très onéreuses à cause des perturbations de l'écoulement, de ce fait les évaluations de ce type de transport sont difficiles à mener en l'absence de base de données, on se contente généralement d'études sur modèles réduits pour déterminer la proportion du charriage par rapport à la suspension. (EMINI B., AVENARD J., KETTAB A., 2003).

### I.4.2.2. Le Transport solide en suspension

Le transport solide en suspension représente le transport de sédiments fins (argiles limons, sable fins), maintenus en suspension sur toute la hauteur de la masse liquide du cours d'eau, sous l'action des fluctuations, les particules se déplacent au sein de l'écoulement avec une vitesse de même ordre de grandeur que celle du fluide.

Les sédiments se déplacent, sur des grandes distances et le débit solide croit de l'amont vers l'aval ( B., AVENARD J., KETTAB A., 2003).

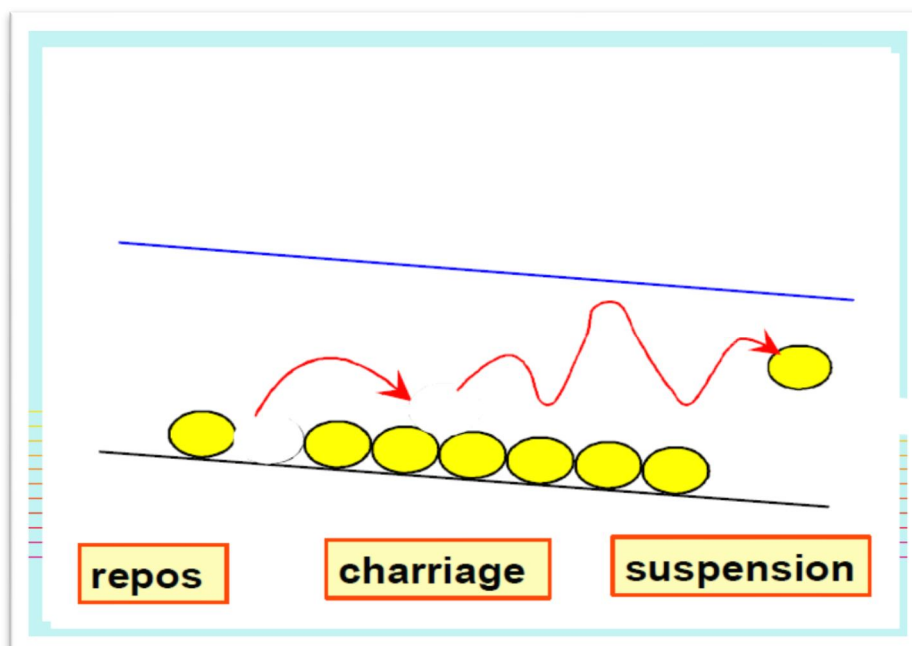


Figure I.1 : Modes de transport solide en hydraulique fluviale (HOUARIA M ,2015).

### **I.4.3. Mesure du transport solide dans les cours d'eau**

La quantité de sédiments transporté par un cours d'eau a une surface donnée pendant un temps (1 jour, 1 mois, 1 année) est composée de la charge en suspension et du transport du fond (glissement ou roulement sur le fond et saltation)

Différentes méthodes de mesures sont possibles : **(HUG M., 1975)**

- ✓ Collectes d'échantillons à hauteur d'une section de mesure pour suivre dans le temps les variations du transport solide, puis mesures par filtration au laboratoire.
- ✓ Levers topographiques et bathymétriques de lacs ou de retenue artificielle pour évaluer l'apport global de sédiments pendant une période déterminée (entre deux instant connus)
- ✓ Utilisation de traceurs de sédiments ou d'éléments dont les signatures permettent d'étudier Surtout les taux de sédimentation (Pb218, Cs137).

### **I.5. Envasement Des barrages**

#### **I.5.1. Définition**

L'envasement de barrage est l'accumulation successive des sédiments transportée par le cours d'eau au fond de la retenue **(CHOW,1964)**.

Dans de nombreux pays du monde, le transport des sédiments dans le réseau hydrographique des bassins versants et leurs dépôts dans les retenues pose aux exploitants des barrages des problèmes dont la résolution ne peut qu'être onéreuse, Non seulement la capacité utile est progressivement réduite au fur et a mesure que les sédiments se déposent dans le retenue mais encore l'enlèvement de la vase est une opération délicate et difficile, qui souvent exige que la retenue soit hors service, ce qui est pratiquement impossible dans les pays aride et semi- aride.

#### **I.5.2. Les barrages en exploitation suivant les bassins hydrographiques**

Pour assurer la gestion de la ressource en eau, En 1996 l'Algérie à créer cinq Agences de bassins hydrographiques il s'agit des bassins suivants :

- ✓ Oranie Chott-Chergui
- ✓ Cheliff - Zahrez
- ✓ Algérois - Hodna – Soummam
- ✓ Sahara
- ✓ Constantinois - Seybouse – Mellegue



**Figure I.2 :** Bassins hydrographiques (ABH)

### **I.5.3. Méthode de détermination du taux d'envasement**

Le contrôle de l'envasement des retenus permet la surveillance des ouvrages et la détermination des mesures de protection à prendre, parmi les méthodes les plus utilisées pour déterminer le taux d'envasement des retenues, on trouve :

#### **I.5.3.1. Mesure a l'échosondeur**

Le principe de cette méthode est de relevé des fonds de la retenue le long du profil en travers choisi au préalable, les profondeurs sont enregistrées par un échosondeur à ultra –son qui se compose lui-même d'un émetteur et d'un enregistreur sur papier, le tout est transporté par un bateau ; Connaissant les profils en travers d'origine, et en utilisant les nouveaux profils envases on peut déduire le volume de la vase déposée au fond de la retenue, cette méthode est utilisée dans les grandes profondeurs car la précision est de l'ordre de 20 cm (AMEZIANE K.ET BEN SID A.,2000)

#### **I.5.3.2. Méthode de turbidimétrie**

C'est plutôt une méthode qui donne un aperçu sur l'envasement au futur, le débit massique instantané au niveau d'une station est obtenu en multipliant la turbidité instantanée par le débit liquide instantané, on trace le turbidigramme fournissant la masse solide instantanée véhiculée en fonction de la durée de la crue (AMEZIANE K.ET BEN SID A.,2000)

#### **I.5.3.3. Méthode de stéréophotogrammétrie**

L'un des procédés actuel le plus précis pour établir les données de base est la Stéréophotogrammétrie ancienne complété au sol par un travail topographique, l'erreur

commise par ce procédé dans l'évaluation des coordonnées des points particuliers , et de l'ordre de 0.1m , une telle précision permet l'utilisation de cette technique pour déterminer le volume d'envasement des retenue par réitération de photographie semblables , a des intervalles de temps suffisant de l'ordre de 5 ans ou même de 2 ans (**AMEZIANE K.ET BEN SID A.,2000**).

#### **I.5.3.4. Méthode bathymétrique**

Cette méthode est basée sur les levées bathymétriques du réservoir et les épaisseurs des sédiments déposés, suivant les profils préalablement repérés.

#### **I.5.4. Problèmes posés par L'envasement**

Parmi les problèmes posés par l'envasement des retenues de barrage, on peut retenir cinq inconvénients majeurs, qui sont la réduction de la capacité de la retenue, l'obturation d'organe de vidange, la sécurité de l'ouvrage, l'envasement des canaux d'irrigation, et la dégradation de la qualité d'eau.

##### **I.5.4.1. Réduction de la capacité de la retenue**

La réduction de la capacité de stockage de l'eau est sans aucun doute la conséquence la plus dramatique de l'envasement, chaque année le fond vaseux s'écoule et se consolide avec occupation d'un volume considérable de la retenue

##### **I.5.4.2. Obturation des ouvrages de vidange**

Un autre danger présenté par l'envasement est celui de non fonctionnement des organes de vidange de fond.

##### **I.5.4.3. Sécurité de l'ouvrage**

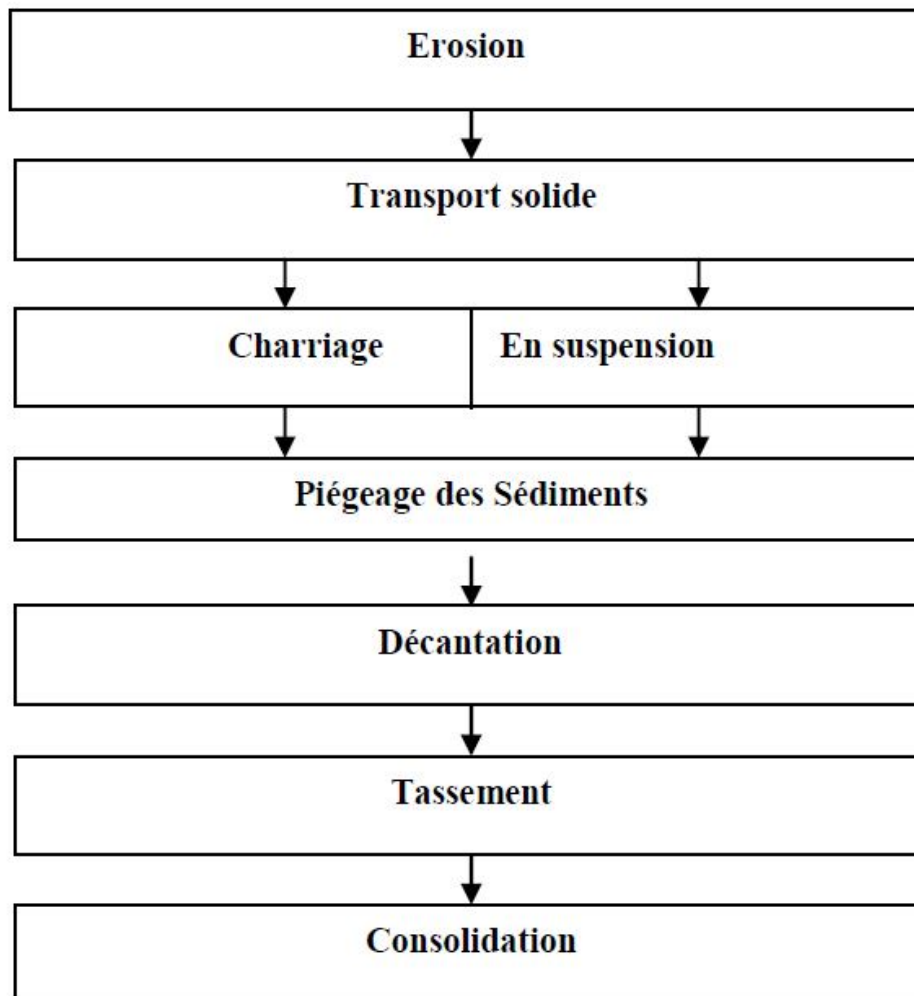
Indépendamment du problème de la diminution de la capacité du réservoir, l'envasement agit sur la stabilité de l'ouvrage, la densité de la vase peut atteindre 1,6 (**OUMRANI.N, 2009**)

##### **I.5.4.4. Envasement des canaux d'irrigation**

Le dépôt des sédiments dans une retenue de barrage destine à l'irrigation, pose le problème de comblement du réseau des canaux d'irrigation se trouvant à l'aval du barrage, spécifique surtout dans les pays arides et semi- aride , c'est ainsi que ces particules fixés vont se déposer dans les canaux réduisant leurs sections mouillées et bien sur le débit d'eau véhiculé , le curage et le nettoyage des canaux deviennent une opération quotidienne.

#### I.5.4.5. Dégradation de la qualité d'eau

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, entraînent ainsi la dégradation de la qualité de l'eau et favorisant l'eutrophisation de ces réservoirs. (REMINI ET AL 1997).



**Figure .I.3 :** Organigramme des Processus d'Envasement des Retenue (REMINI B., 2003)

### I.5.5. Les modèles d'estimation de l'envasement

#### I.5.5.1. L'évaluation du volume de l'envasement

L'accumulation des sédiments véhiculés par les eaux pluviales et venantes se déposer dans la cuvette des barrages, constitue une préoccupation essentielle pour les méthodes d'évaluation du volume des vases (NETO ,2007).

#### I.5.5.2. Bathymétrie par nivellement

Cette méthode présente l'avantage de tenir compte de toute la hauteur de sédiments et est intéressante à mettre en œuvre dans les projets où le toit du substrat n'est pas connu. Il y'a plusieurs méthodes utilisées pour le levé bathymétrie par nivellement (PROUCHAL, KER LANN, 2006), on prend quelques exemples :

a. La première méthode de bathymétrie par nivellement est réalisée à l'aide d'un instrument de mesure gradué, à partir du bord et préférentiellement à partir d'une embarcation si les conditions le permettent.

Elle permet soit de mesurer simplement la hauteur totale de vases par enfoncement, soit de mesurer la hauteur d'eau avant et après les travaux, une résistance plus soutenue permet d'apprécier le haut du substrat. Les mesures sont composées de profils en travers qui pour être représentatifs, doivent être judicieusement localisés et dénombrés.

La définition du volume extrait ou à retirer est établie par extrapolation entre deux profils à partir du produit entre la section envasée et la distance (FigureI.4).

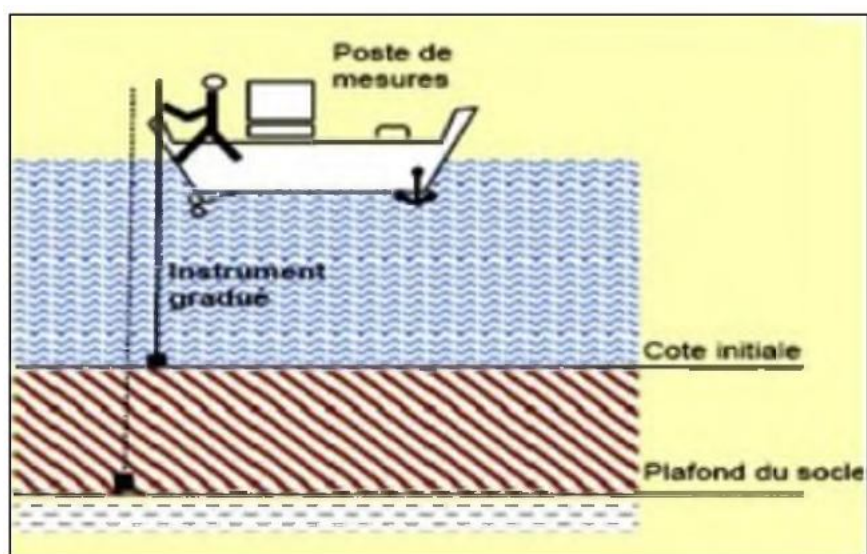


Figure I.4: Schématisation de la bathymétrie par nivellement



**b.** la seconde méthode de nivellement est à l'aide d'une mire sur une embarcation et d'une lunette de visée ou d'un tachéomètre (lunette de visée laser), la hauteur d'eau, le niveau supérieur de la couche de vase et le fond dur sont obtenus. Le relèvement s'effectue point par point selon un profil transversal au cours d'eau. Le nombre de points sera forcément fonction de la largeur du cours d'eau. La carte globale se fait alors par extrapolation des profils transversaux. Il est nécessaire de prendre en compte la côte de l'eau, d'avoir un positionnement précis des profils pour tenir compte des particularités du terrain. Le nivellement n'est généralement pas précis et admet une erreur de 20 %. Le volume de sédiment se fait ensuite par extrapolation entre deux profils.

## **I.6. Dévasement des Barrages**

### **I.6.1. Moyen de lutte contre l'envasement**

Les ouvrages hydrauliques qui souffrent directement des conséquences de l'érosion et le transport solides (envasement ou sédimentation) étant les barrages qui voient leurs capacités diminuées sous l'effet de ces phénomènes, les moyens de lutte contre l'envasement des retenues peuvent être classés en deux genres : les moyens préventifs et le moyen curatif.

#### **I.6.1.1. Moyens préventifs**

Ils regroupent tous les moyens de lutte contre l'érosion et le transport solide cite en haut à qui s'ajoute les méthodes d'évacuation des matériaux solides et les vidanges de fonds,

##### **✓ La chasse par vidange**

La vidange d'une retenue est une méthode fréquemment employée pour freiner la sédimentation ou pour encourager une érosion des sédiments à fin de récupérer du volume, L'efficacité de la chasse des sédiments dépend de la situation topographique de la retenue, de la capacité d'évacuation des vidanges, de la hauteur des vidanges, des caractéristiques des matériaux solides entrant, du type d'exploitation ; de la durée de l'opération de chasse, du débit de la chasse.

##### **✓ Evacuation des courants de densité**

Les courant de densités ou bien courant de gravite, sont des phénomènes qui se créent naturellement ou artificiellement, ils correspondent aux instructions de fluides dans d'autres

sous des conditions bien précises, Ces écoulements stratifient, mouvement des deux ou plusieurs masses de fluides miscibles ou non, ont des densités différentes dues à la variation de la température où a la présence de matières solides en suspension ou encore de matières dissoutes. Ils se propagent en conservant leur individualité ou s'en mélangent au fur et à mesure.

### **I.6.1.2. Moyen Curatifs**

Le but de ces moyens est de récupérer une partie de la capacité de la retenue comblée par les apports solides du bassin versant, nous citerons

#### **✓ La chasse des sédiments**

On peut avoir recours à des vidanges totales périodiques dans des petites retenue qui perdraient leur capacité utile après quelque années d'exploitation, Puisqu' une grande partie de la capacité utile d'une petite retenue est estimée près du barrage, les sédiments peuvent être chasses par l'écoulement d'une crue, à condition que les vannes de vidanges restent ouvertes pendant un certain temps, le lit ainsi creuse par ces chasse s'incorpore dans la capacité de la retenue, Des opération de vidanges et de chasse sont utiles dans des retenue ou il n'est pas possible d'équilibrer la sédimentation et l'érosion seulement en chassant les sédiments pendant la saison des crues et en stockant l'eau plus claire pendant les autres saisons,

#### **✓ Le dragage**

La technique de dragage a été utilisée en Algérie depuis les années cinquante, On a recours au dragage pour enlever les sédiments d'une retenue si :

- Les opérations de chasse ne sont pas efficaces
- La construction d'une galerie de dérivation est impossible
- L'abaissement de la retenue pour la chasse est impossible pour des raisons de conservation d'eau
- Le barrage est irremplaçable et ne peut être surélevé
- La quantité d'énergie requise pour réduire l'envasement en vidangeant la retenue représente une grande perte économie.

#### **✓ La surélévation du barrage**

A tous ces moyens s'ajoute dans la mesure où la topographie des lieux le permet, la surélévation des barrages pour composer la capacité occupée par les sédiments s'avère dans certains cas une solution viable (**M. KASSOUL, A ALBDELGADER, M BELORGEY 1997**).

**I.6.2. Les techniques de dévasement dans l'Algérie**

L'Algérie figure parmi les contrées les plus dangereusement menacées par l'érosion et l'envasement des retenues (**REMINI B., 2002**). Les retenues Algériennes étant essentiellement destinées au stockage et à la régulation de la ressource eau, sont d'autant plus vulnérables qu'elles sont défavorisées sous le rapport du régime des rivières lié à une pluviosité sous forme d'averses de fortes intensités et de courtes durées. Malgré l'insuffisance des études sur ce phénomène particulier aux régions de l'Afrique du nord, beaucoup d'efforts ont été déployés par les services de l'hydraulique dans la lutte contre l'envasement. Parmi les multiples procédés de lutte expérimentés sur les barrages Algériens, à savoir le reboisement des bassins versants, la surélévation des digues, la construction de barrages de décantation et l'utilisation du barrage à onde de chasse.

**Conclusion**

La prévision des dépôts des sédiments dans le barrage d'Ouled Mellouk, situé dans la wilaya de Ain Defla, est extrêmement importante pour les ingénieurs et les gestionnaires de barrages. Dans ce chapitre nous avons donné une idée générale sur l'envasement des retenues qui est la conséquence la plus dramatique des phénomènes de l'érosion. La recherche de solutions nécessite la prise en compte du problème dans son ensemble c'est-à-dire l'étude des causes du comblement et du comportement des sédiments à l'extérieur de la retenue ainsi que dans la cuvette.

# **CHAPITRE II**

## **ZONE D'ETUDE**

**Introduction**

Ce chapitre est consacré à la description détaillée du barrage d'Ouled Mellouk et le bassin versant du Zeddine où nous donnons une présentation de barrage d'Ouled Mellouk et nous décrivons le contexte général, géographique, climatologique et son contexte morphologique du bassin versant de Zeddine.

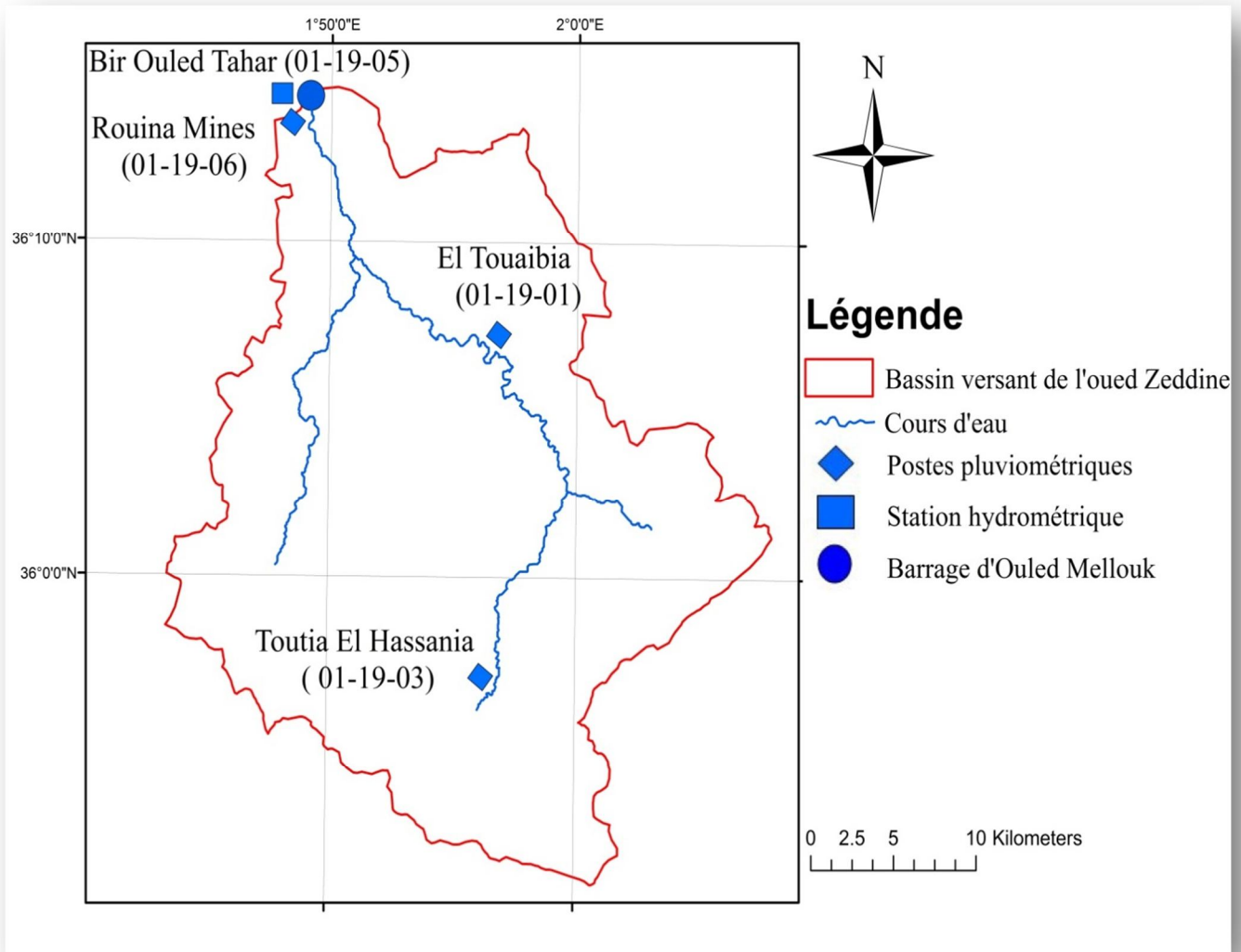
**II.1. Présentation du barrage d'Ouled Mellouk :****II.1.1. Description de l'ouvrage**

Le barrage d'Ouled Mellouk (du nom du petit village existant à l'époque sur la rive gauche de l'oued), sur l'oued Rouina, affluent du versant gauche de l'oued Chelif, est situé dans la wilaya d'Ain Defla, à l'ouest de cette localité, à environ 5 kilomètres en amont du village de Rouina (Mairie), juste à l'amont des anciennes mines de Rouina.

Ce barrage est destiné à Alimentation en eau potable des villes de Rouina, Bourached, Zeddine, El Mayenne et El-Attaf et à l'irrigation du périmètre EL AMRA, ABADIA et ROUINA.



**Figure II.1 :** Vue du barrage d'Ouled Mellouk (ANBT ,2006)



**Figure II.2 : Postes pluviométriques et station hydrométrique (réalisée par nos soins sous Arcgis 10.3)**

### II.1.2. Réalisation de barrage d'Ouled Mellouk

L'intervention du bureau d'études HP (Hidrotécnica Portuguesa) a été la réalisation des études du Projet d'Exécution, après avoir été sélectionnée dans le cadre d'un appel d'offres lancé par l'Agence Nationale des Barrages en Mars 1987.

Les études antérieures sur lesquelles le projet d'exécution de HP a été fondé sont, essentiellement, les documents de l'Avant-Projet Détaillé, développés par le bureau WAPCOS – Water and Power Consultancy Services, qui ont servi de support à l'Appel d'Offres.

L'APD de WAPCOS, d'accord avec les conditions du Cahier de Charges de l'Appel d'Offres, a subi une révision menée par HP.

La construction des ouvrages de l'aménagement d'Ouled Mellouk a démarré à l'année de 1989 et a été terminée en 2004.

### **II.1.3. Le type de barrage d'Oued Mellouk**

C'est un barrage en remblais de terres, une digue zonée en remblais, haute d'environ 51 mètres au-dessus de la fondation, dominant un bassin versant d'environ 876 km<sup>2</sup>.

La longueur de l'ouvrage en crête est de 730 mètres, pour une hauteur maximale au-dessus de la fondation est de 51 mètres alors que la largeur en crête est de 9 mètres.

### **II.1.4. Equipement du barrage**

Le barrage d'Ouled Mellouk est équipée par :

- **L'évacuateur de crues**

Un évacuateur de crues sous forme d'un déversoir libre, placé sur le versant gauche de la vallée, au-delà de la structure du barrage. Le niveau de la crête du déversoir est de 243,40 m et le débit maximal déversé sous le PHE est de 2 175 m<sup>3</sup>/s. (ANBT)



**Figure II.3 : L'évacuateur de crues de barrage d'Ouled Mellouk (ANBT ,2006)**

- **La vidange de fond**

Une vidange de fond, dont la structure est associée à la prise agricole, le débit maximal déversé sous le NRN est de  $(2 \times 65) \text{ m}^3/\text{s}$  et le délai pour la vidange de la retenue est environ 11 jours. (ANBT)



**Figure II.4 :** Vidange de fond du Barrage d'Ouled Mellouk (ANBT ,2006)

- **Une prise agricole**

Avec tour de prise et conduite déversant sur le chenal de l'évacuateur de crues. (ANBT)





**Figure II.5 :** Prise agricole et la tour de prise du Barrage (ANBT ,2006)

- **Une galerie d'injection et drainage**

Cette galerie suivant à peu près l'axe du barrage au niveau de la fondation. (ANBT)



**Figure II.6 :** Galerie d'injection et drainage du Barrage (ANBT ,2006)

**II.1.5. Apport et débit du Barrage**

L'apport liquide annuel moyen du Barrage a été estimé à 45 millions de m<sup>3</sup> (45 hm<sup>3</sup>), la valeur de la précipitation est de 461 mm/an. (ANBT)

L'estimation des apports solides au réservoir a permis de fixer la valeur de 1150 m<sup>3</sup>/an/km<sup>2</sup>, ou environ 1 million m<sup>3</sup>/an, ce qui implique un volume mort de la retenue d'environ 40% de son volume total. (ANBT)

Avec le traitement des éléments fournis concernant l'évaporation au lac du barrage d'Oued Fodda, l'évaporation relative au réservoir d'Ouled Mellouk a été estimée à 1325 mm/an. (ANBT)

Avec les éléments caractéristiques du régime hydrologique du bassin dominé par le barrage d'Ouled Mellouk et les informations concernant l'expérience sur d'autres barrages en Algérie, les débits de projet adoptés ont été :

**✓ Pour l'évacuateur de crues**

Débit de pointe de la crue de dimensionnement :

Crue naturelle (T = 1000 ans) : 3 000 m<sup>3</sup>/s

Crue laminée : 1 766 m<sup>3</sup>/s

Débit de pointe de la crue de vérification :

Crue naturelle (T = 1000 ans) : 4 000 m<sup>3</sup>/s

Crue laminée : 2 175 m<sup>3</sup>/s

**✓ Pour le chantier**

Débit de pointe (T = 50 ans) : 750 m<sup>3</sup>/s

**II.1.6. Cadre géologique**

Le barrage d'Ouled Mellouk, sur l'oued Rouina, est situé juste à l'amont de l'ancienne mine de fer de Rouina, qui a été exploitée dans des calcaires jurassiques, à ciel ouvert et par des galeries, en rive droite et en rive gauche. Mais, c'est seulement dans l'excavation de rive droite qui sont nés deux lacs – les lacs de Mermet – formés par l'accumulation des écoulements d'eau souterrains.

Le fond du site de barrage (son substratum) est constitué par des calcaires jurassiques (J), qui affleurent en rive gauche, surmontés par des marnes crétacées (C), celles-ci presque entièrement couvertes par les alluvions du fond de la vallée. Les calcaires, à leur tour, sont assis en discordance sur des formations schisto-quartzitiques permienes (P), affleurantes aussi en rive gauche.(Figure II.7)

Les sédiments de remplissage du bassin sont constitués par deux ensembles sédimentaires détritiques d'âge miocène, le plus ancien silto-argileux (M1) et le moins âgé grésoconglomératique (M2).

Les contacts entre toutes ces unités stratigraphiques se font en discordance, puisque les lacunes de sédimentation correspondent à de longues périodes, pendant lesquelles sont arrivés des événements tectoniques responsables par la déformation ou, simplement, le basculement des formations existantes.

Les ensembles miocènes, à leur tour, suggèrent qu'eux-mêmes se soient formés en rapport avec des périodes de déformation tectonique : le premier, silto-argileux (flysh), pendant la déformation qui a approfondi la fosse de sédimentation où il s'est déposé ; le second, grésoconglomératique (molasse), à la fin de la déformation qui a accentué les chaînes montagneuses.

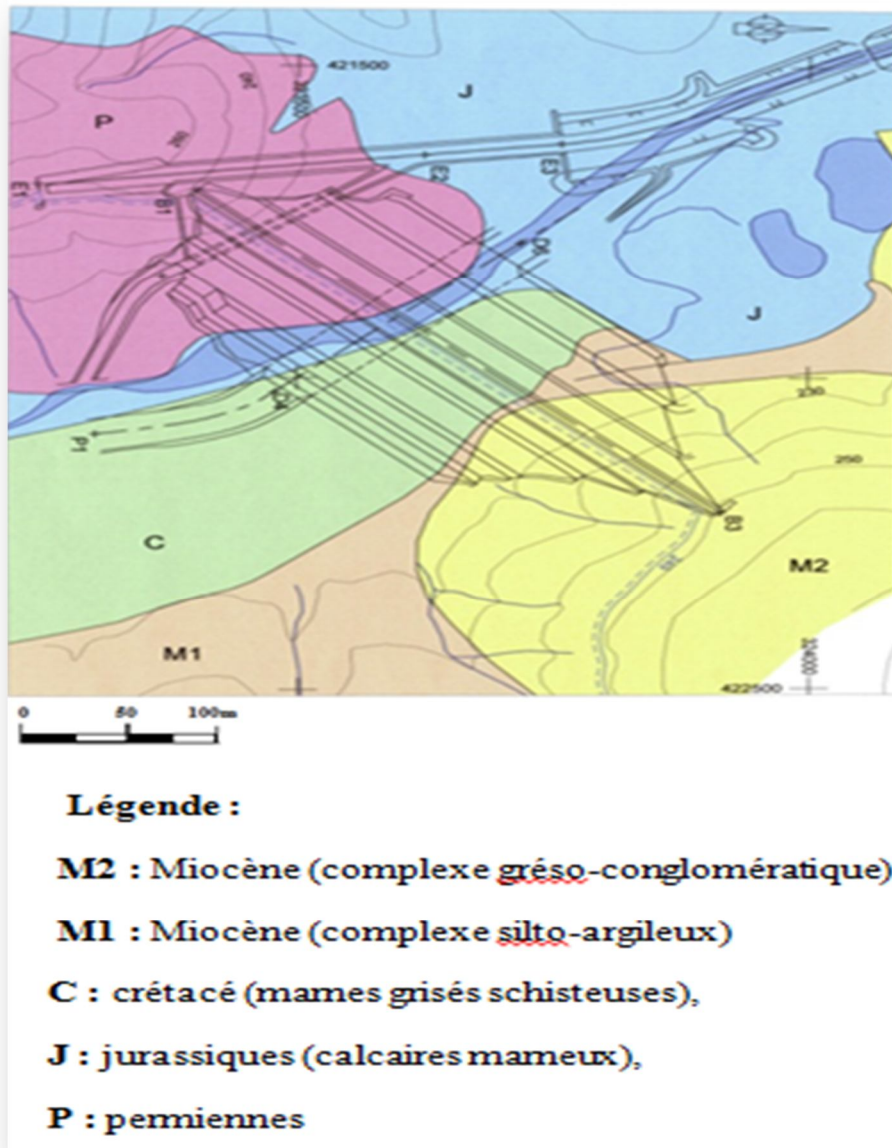


Figure II.7 : Carte géologique du site (ANBT ,2006)

**II.1.7. Le barrage en chiffre :**

Année de construction	1989
Année de mise en Eau	2004
Capacité initiale	127,00 hm <sup>3</sup>
Capacité dernier levé (2006)	119,04 hm <sup>3</sup>
Apport moyen annuel	47,50 hm <sup>3</sup>
Envasement annuel	1,40 hm <sup>3</sup> /an
Surface du bassin versant	876 km <sup>2</sup>
Hauteur au-dessus de la fondation	51 m
Longueur	730 m
Largeur en crête	9 m
Largeur maximale au niveau de la fondation	environ 260 m
Côte retenue Normale (R.N)	243,40 m
Côte Plus Hautes Eaux (P.H.E)	247,07 m
Déversoir : SEUIL LIBRE	2 175 m <sup>3</sup> /s
Vidange de Fond	2 x 65 m <sup>3</sup> /s
Volume total des remblais	3 099 249 m <sup>3</sup>
Volume des remblais du barrage	2 992 613 m <sup>3</sup>
Volume d'autres remblais	106 636 m <sup>3</sup>
Altitude de la crête (NGA)	249 m
Débit annuel moyen de l'oued	45 hm <sup>3</sup> /an (millions de m <sup>3</sup> /an)
Crue maximale probable	2 175 m <sup>3</sup> /s

(Source : ANBT)

**II.2. Présentation du bassin versant du Zeddine****II.2.1. Localisation et étendu de la zone d'étude**

Le sous bassin versant de l'oued Zeddine se situe au nord-ouest algérien, Il fait partie du grand bassin versant du Chélif « bassin numéros 1». D'une superficie de 876 km<sup>2</sup>, le bassin s'étend de Djebel Meddad au Sud vers la plaine Rouina au Nord. Il est situé entre les latitudes Nord 35° 50' 50" et 36° 14' 37" et les longitudes Est 1° 43' 29" et 2° 7' 54". Le sous bassin présentant une forme allongée et orienté vers le Nord géographique.

À la jonction des oueds Zeddine et Zeddina l'oued Rouina prend sa source et c'est sur cet affluent du versant gauche de l'oued Chelif que le barrage de Ouled Mellouk a été construit comme le montre la figure II .8

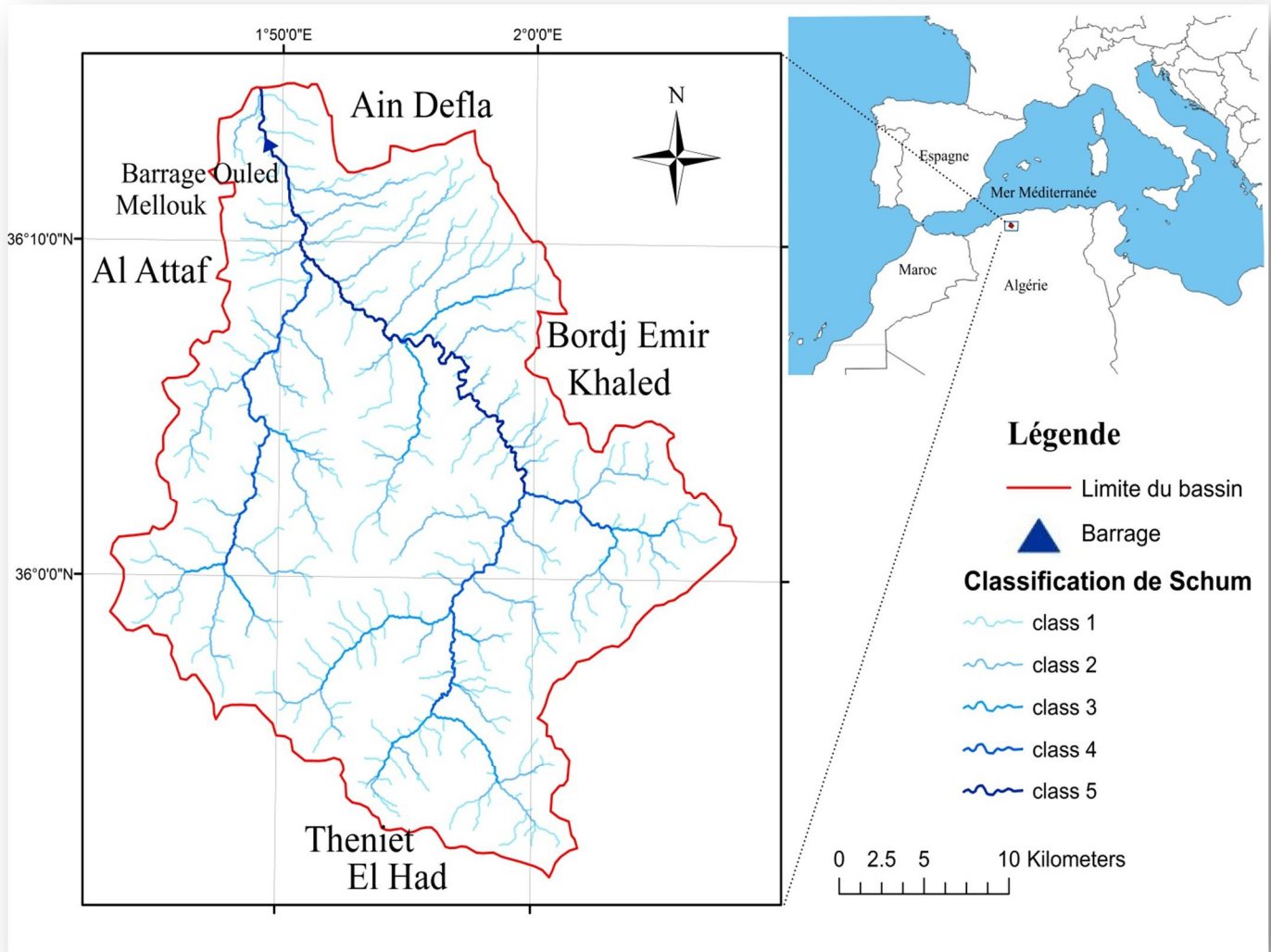


Figure II.8 : carte de situation du bassin versant de l’oued Zeddine (réalise par nos soins sous Arcgis 10.3)

### II.2.2. Réseau hydrographique

Le sous bassin versant de l’oued Zeddine se caractérise par une forte densité du réseau hydrographique (figure. II.8) qui se justifie par l’existence des pentes plus fortes et une formation superficielles moins perméables, accroissant les grandes exportations des terres qui sont liées aux ruissellements. Les pentes dans notre sous bassin versant varient entre 2% et 50%. Les pentes les plus basses se situent principalement dans l’aval donc au Nord du sous bassin à proximité de la cuvette du Barrage, en ce qui concerne les grandes pentes sont situées principalement en amont du bassin au niveau des montagnes au Sud, à l’Ouest, et au Sud Est.

### **II.2.3. Climat**

Le climat dans le sous bassin de l'oued Zeddine est de type semi-aride, humide et froid en hiver et chaud et sec en été.

#### **II.2.3.1. Les précipitations**

Le bassin reçoit entre 300 et 500 mm de pluie par an (ANRH). Après une étude critique des éléments antérieurement obtenus, la précipitation annuelle moyenne du bassin versant a été fixée à 461 mm/an. (ANBT)

#### **II.2.3.2. La température**

Les températures moyennes de la région subissent des variations saisonnières. Le contraste saisonnier est bien marqué entre l'hiver et l'été. Les minima thermiques sont généralement atteints en janvier, les maxima en juillet / août qui peut atteindre les 41 °C. (ANRH)

#### **II.2.3.3. Le vent**

Le bassin versant subi un fort vent stable de décembre à avril et des vents calmes de juin à octobre .Le vent souffle du sud-ouest (SO) au nord-est (NE). (ANRH)

### **III.2.4. Couverture végétale**

La majorité de la surface de notre sous bassin versant est couvert par des forêts et des reboisements qui sont protecteur contre l'érosion hydrique.

Les Grandes cultures, les Polycultures et les Cultures maraichères, qui se trouvent spécialement en aval et au niveau des rives des oueds, sont moyennement protectrices contre l'érosion hydrique. Les zones de parcours qui se trouve au Sud, au Nord et aussi au Nord-Ouest du sous bassin versant et les plans d'eau sont les plus faibles en protection contre l'érosion hydrique

#### **II.2.4. Caractéristique morphologique du bassin versant :**

Le sous bassin de l'oued Zeddine présente un caractère montagneux moyennement accidenté avec des altitudes qui varient entre 183 m et 1786 m. Les caractéristiques morphologiques du bassin versant sont résumées dans le tableau II.1.

Tableau II.1 : caractéristiques morphologiques du bassin versant

Caractéristiques	Symbole	Unité	Bassin-versant de l'oued Zeddine (valeur)
Surface	S	Km <sup>2</sup>	876
Périmètre	P	km	162.5
Longueur du rectangle équivalent	L	Km	68,45
Largeur du rectangle équivalent	l	Km	12.80
Altitude maximale	Hmax	m	1786
Altitude moyenne	Hmoy	m	648.36
Altitude médiane	Hmed	m	605
Altitude minimale	Hmin	m	183
Altitude 5%	H <sub>5%</sub>	M	1200
Altitude 95%	H <sub>95%</sub>	M	240
Indice de compacité	Kc	/	1,47
Indice de pente globale	Ig	m/km	14.02
Pente moyenne du bassin-versant	Im	%	1.53
Longueur du cours d'eau principal	Lcp	Km	40
Densité de drainage	Dd	Km/ km <sup>2</sup>	1.2
Temps de concentration	Tc	heures	13

(Source: Touahir et Remini, 2007)



**Conclusion**

Dans ce chapitre nous avons présenté le Barrage d'Ouled Mellouk qui se trouve en aval de notre bassin et le bassin versant de l'oued Zedinne afin de donner une idée générale du site. Ces données nous serviront pour entamer notre étude de projet.

# **CHAPITRE III**

## **CALCUL DU TRANSPORT SOLIDE**

**Introduction**

Le transport solide désigne le transport de sédiments par un cours d'eau. Il est fonction de la granulométrie des matériaux. Différents modes de transport solide peuvent coexister. Les matériaux plus lourds roulent au fond sans décoller. On parle alors de charriage. Lorsque la force de sustentation est telle que les grains légers flottent entre deux eaux, il s'agit de la suspension. Enfin, là où le grain de matériau avance par bonds successifs, on parle de saltation. Dans ce chapitre on va faire l'approche de la quantification des apports en sédiments, afin de prévoir l'envasement du barrage d'Ouled Mellouk.

**III.1. Etablissement du rapport débit liquide-concentration en matière en suspension et calcul du transport solide journalier**

Dans plusieurs études menées en Algérie, la production en sédiment dans un bassin versant est définie par une relation puissance, où le débit solide  $Q_s$  est expliqué par le débit liquide, sous forme :

$$Q_s = a * Q_l^b \dots \dots \dots (III.1)$$

Les deux variables étant dépendantes par une relation  $Q_s = C * Q_l$ , font de la formule  $Q_s = a * Q_l^b$  une relation fictive (ou biaisée), largement critiquée par les hydrologues, malgré les bons coefficients de corrélation qu'elle donne.

C'est dans le même sens, très peu explorée en Algérie, que nous avons voulu contribuer à la recherche d'une relation  $C = f(Q_l)$ , dans le bassin versant du barrage d'Ouled Mellouk, à l'aide de modèles régressifs en se basant sur la mesure et la caractérisation des matières en suspension (MES) en transit de différents fleuves mondiaux et qui ont fait l'objet de multiples études qui permettent de déterminer quelques principes de comportement de cette charge en suspension.

Une fois mesurées, les concentrations en MES sont corrélées aux débits liquides instantanés. Généralement, les meilleurs résultats sont obtenus par une équation de type :

$$C = a * Q_L^b \dots \dots \dots (III.2)$$

Avec :

**C** : concentration en matières en suspension (g/l)

**Q<sub>L</sub>** : débit liquide instantané (m<sup>3</sup>/s)

**a** et **b** : coefficients empiriques.

Les estimations moyennes journalières sont ensuite établies en appliquant la concentration ainsi calculée à la chronique des débits moyens journaliers.

### **III.1.1. Recherche de relation C/Q<sub>L</sub>**

Une base de données très importante est utilisée dans la recherche de la relation C/Q<sub>L</sub>. La station hydrométrique de **Bir Ouled Tahar (011905)**, dispose d'une grande série de mesures hydrométriques (hauteurs d'eau et débits moyens journaliers), et d'une série de prélèvements de concentrations en matières en suspension instantanés sur une période s'étalant entre **1990** et **2013**. Notons que la fréquence des prélèvements augmente surtout en période de crues

La mise en forme du fichier ainsi présenté fait ressortir une série de mesure de **3455** valeurs.

Ces données sont classées par année, on y retrouve la date du prélèvement, son heure, sa hauteur (en cm), son débit instantané (en m<sup>3</sup>/s) et sa concentration en élément en suspension (en g/l). Le produit du débit liquide par la concentration en élément en suspension nous donne le débit solide instantané (en kg/s).

Notons qu'à partir de cette série de mesure, seulement les hauteurs d'eau supérieures à 1 mètre ont été sélectionnées, ces dernières correspondantes aux importantes et grandes crues bien observées.

Le rapport C/Q<sub>L</sub> recherché est établi par l'utilisation de la modèle régressive puissance.

Figure III.1

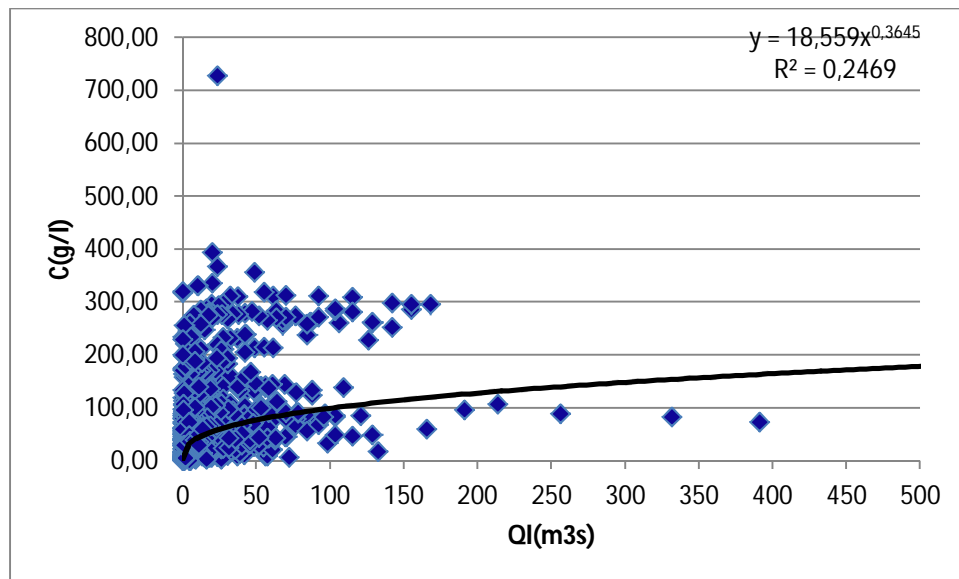


Figure III.1 : Corrélation débit liquide/concentration en MES sur toute la série d'observation

Les concentrations sont de loin d’être bien corrélées avec le débit liquide “**R =0.49**”.

D’autres tentatives ont été menées ; des relations à l’échelle mensuelle et saisonnière sont aussi recherchées les résultats sont présentés en annexes (Annexe I et III). Les résultats semblent aussi ne pas répondre aux objectifs de notre travail, raison pour laquelle on a été amené à rechercher une nouvelle relation Ql/Qs.

### III.2.Etablissement du rapport débit liquide-débit solide et calcul du transport solide journalier

#### III.2.1.recherche d’une relation QL/QS

La deuxième approche consiste à rechercher une relation QL/QS en utilisant le même fichier sélectionné précédemment. Les valeurs du débit liquide et débit solide sont instantanées et exprimées respectivement en (m<sup>3</sup>/s) et (kg/s). Le modèle puissance est toujours maintenue. Nous avons obtenu un bon coefficient de corrélation “**R =0.90**” avec une relation :

$$Q_s = 18.559Q_L^{1.3645} \dots\dots\dots(III.3)$$

Avec :

**Qs** : Le débit solide (kg/s).

**Ql** : Le débit liquide (m3s).

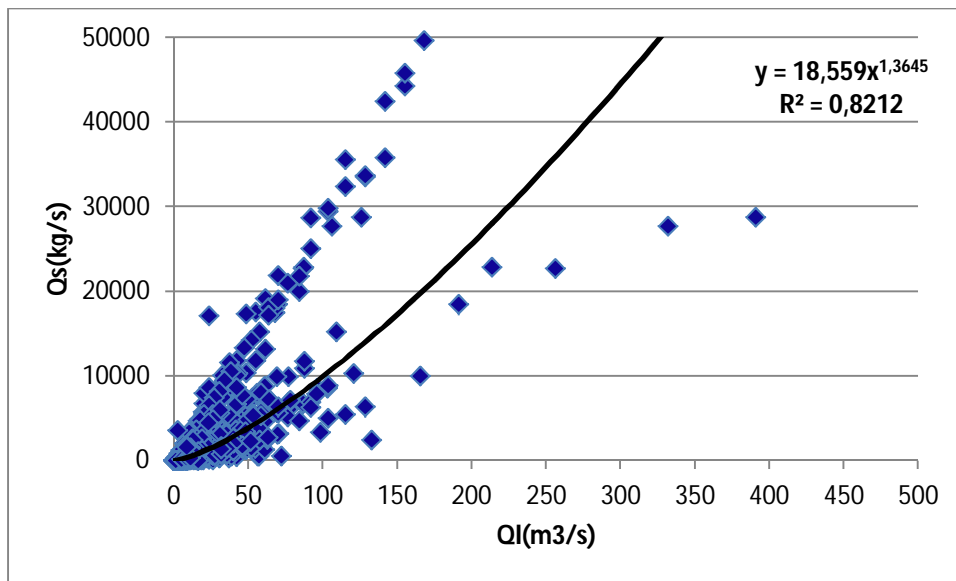


Figure III.2: Corrélation débit liquide / débit solide pour toute la série d'observation

✓ Echelle saisonnière

De même, on partage les couples de données suivant les saisons, et on vérifie l'aptitude de de modèle puissance de la relation liquide- solide (Annexe IV).

Tableau III.1 : Echelle saisonnière

	Relations retenues	Coefficient de corrélation
Automne	$Q_s = 36.014Q_L^{1.2706}$	0.91
Hiver	$Q_s = 8.975Q_L^{1.4622}$	0.94
Printemps	$Q_s = 23.37Q_L^{1.2072}$	0.90
Eté	$Q_s = 89.957Q_L^{1.1401}$	0.93

- Après la saison sèche, les premières pluies de l'automne trouvent un sol sec et dur, difficilement érodable. La réponse du bassin en matières en suspension est donc faible. C'est les pluies torrentielles qui surviennent en octobre et novembre qui arracheront de grandes quantités de matières solide, qui seront par la suite véhiculées en suspension par e cours d'eau.
- Les pluies du printemps survenues après un hiver pluvieux et froid avec une succession de gel et de dégel favorisant la déstabilisation de la structure du sol.
- En hiver, période de transition entre des deux saisons humides, bien que la pluviométrie soit forte, les écoulements le sont plus, ce qui est dû essentiellement aux

réserves importantes en eau, emmagasinées dans le sol, suite aux fortes pluies de l’automne.

- l’été est une saison sèche où la plupart des oueds sont à sec, mais les concentrations solides peuvent être impressionnantes durant les crues d’été.

✓ **Echelle mensuelle**

L’échelle mensuelle est à un certain degré un sous-groupe de l’échelle saisonnière, (Annexe II)

**Tableau III.2 : Echelle mensuelle**

	<b>Relations retenues</b>	<b>Coefficient de corrélation</b>
Septembre	$Q_s = 91.344Q_L^{1.1305}$	0.94
Octobre	$Q_s = 73.78Q_L^{1.1846}$	0.91
Novembre	$Q_s = 31.853Q_L^{1.1075}$	0.94
Décembre	$Q_s = 18.114Q_L^{1.4163}$	0.93
Janvier	$Q_s = 10.307Q_L^{1.415}$	0.91
Février	$Q_s = 10.515Q_L^{1.4432}$	0.93
Mars	$Q_s = 7.7191Q_L^{1.4811}$	0.95
Avril	$Q_s = 8.0765Q_L^{1.5196}$	0.95
Mai	$Q_s = 68.587Q_L^{1.9534}$	0.94
Juin	$Q_s = 67.922Q_L^{1.1383}$	0.91
Juillet	$Q_s = 238.06Q_L^{1.0238}$	0.90
Août	$Q_s = 77.702Q_L^{1.117}$	0.92

**Analyse des résultats :**

Toujours le modèle puissance est maintenue pour décrire les relations liquide- solide.

Les résultats des corrélations: débit solide–débit liquide sont assez significatifs, puisque le coefficient de corrélation varie entre 0.90 et 0.95 pour toutes les applications. Cela reste à confirmer d’après l’étude de l’indépendance. En ce qui concerne la relation liant les débits liquides aux débits solides en suspension qui est de type puissance. Le coefficient de corrélation pour le modèle annuel est largement significatif: il est de 0.90. Par contre à l’échelle saisonnière et mensuelle le coefficient de corrélation est beaucoup plus important.

Donc la relation  $Q_s = 18.559Q_L^{1.3645}$  sera notre modèle retenu pour le calcul du transport solide journalier.

### **III.2.2.Calcul des débits solides**

L'application de la chronique des débits liquides moyens journaliers disponibles à partir de **1990/1991** jusqu'au **2012/2013** à la relation  $Q_s = 18.559 Q_L^{1.3645}$  nous a permis de calculer les débits solides moyens journaliers (les résultats sont présentés en Annexe V).

### **Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons utilisé les données hydrométriques relatives aux débits instantanés et à la concentration en éléments en suspension au droit de la station de Bir Ouled Tahar, Le traitement de ces données a été réalisé, par l'établissement des deux rapports dont le premier est le rapport concentration en élément en suspension / débit liquide et le deuxième c'est le rapport débit liquide / débit solide, le rapport est établi par l'utilisation de modèle régressif puissance.

Parmi ces deux relations, la relation débit liquide / débit solide à été retenue pour un coefficient de corrélation **de 0.90** assez significatif qu'elle donne.

Sur la base de cette relation, nous avons estimé le débit solide moyen journalier.



# **CHAPITRE IV**

## **DISCUSSION DES RESULTATS**

## Introduction

Dans ce chapitre on va discuter les résultats qu'on a trouvés dans le chapitre III.

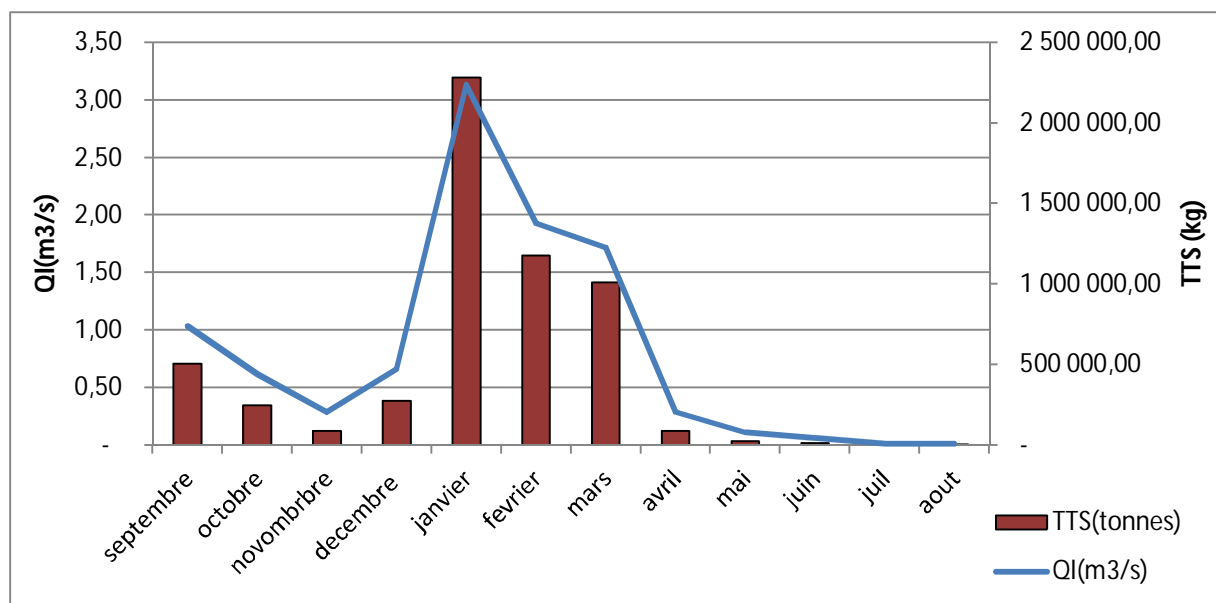
### IV.1. Discussion des résultats

#### IV.1.1 Résultats du transport solide total

Dans l'objet de mettre en valeur l'impact des importantes et grandes crues dont la hauteur dépasse 100 cm sur les apports solides, nous avons utilisé le modèle régressif reliant le débit liquide au débit solide pour le calcul du transport solide en suspension de l'oued Rouina au droit de la station de **Bir Ouled Tahar**.

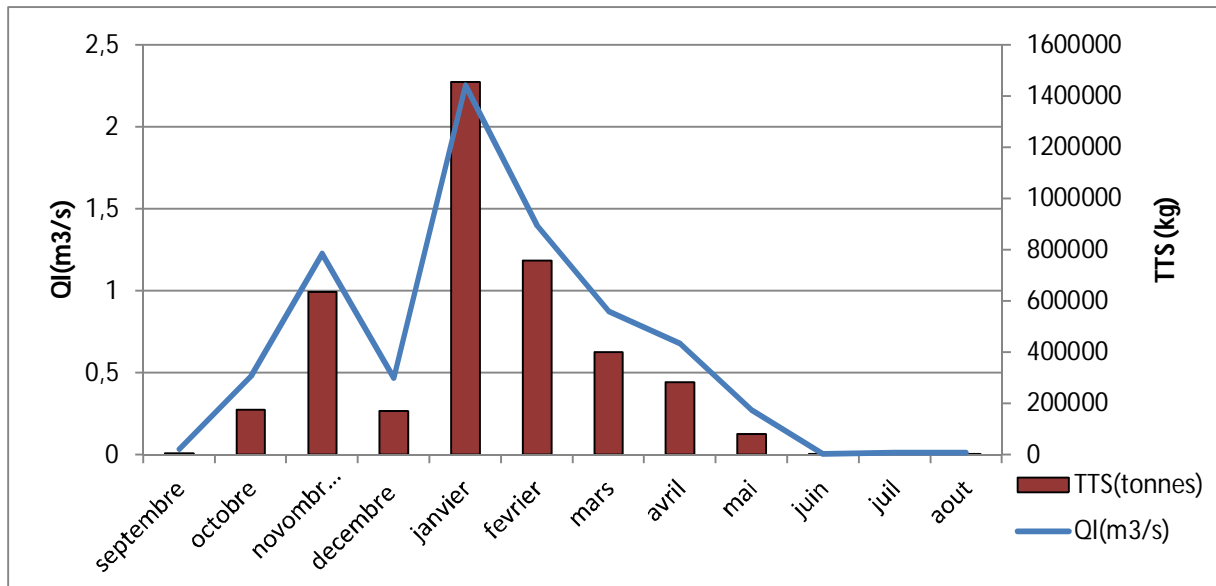
Les résultats illustrés par le tableau **III.1** au chapitre III révèlent que les années 1994/1995, 2000/2001 et 2008/2009 offrent des volumes de sédiments en suspension d'un ordre de grandeur double à triple comparativement aux autres volumes annuels. Ce ci trouve, sans doute, son explication dans le fait que ces années ont été marquées par l'avènement de crues exceptionnelles.

En effet, la crue de janvier 1995 avait totalisée un volume de l'ordre de 2.3 millions de tonnes soit 40 % du volume total annuel de transport solide en suspension, marquant un débit maximum de 46.05 m<sup>3</sup>/s avec un apport liquide de l'ordre de 8.39 hm<sup>3</sup>. Ce qui montre l'importance des grandes crues dans l'apport en sédiment (voire figure IV.1).



**Figure IV.1: variation mensuelle des transports solides et débits liquides pour l'année exceptionnelle 1994/1995**

La crue exceptionnelle de janvier de l'année 2001 offre un volume en suspension de 1.5 millions de tonnes soit environ 37 % du volume total annuel en suspension, marquant un débit maximum de 32.20 m<sup>3</sup>/s avec un apport liquide de l'ordre de 6.03 hm<sup>3</sup>. Si cette crue n'était pas survenue, le volume total en suspension serait réduit à environ 2.5 millions de tonne. Ce qui montre encore une fois l'importance des grandes crues dans l'apport en sédiment (figure IV.2).



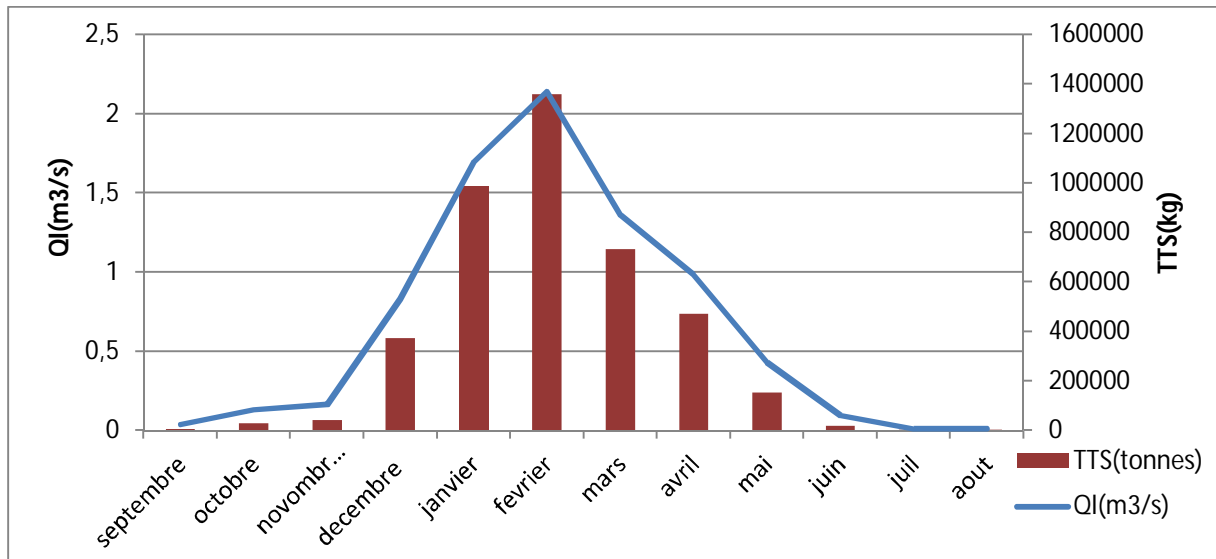
**Figure IV.2: variation mensuelle des transports solides et débits liquides pour l'année exceptionnelle 2000/2001**

L'année 2008/2009, a enregistré un grand volume total annuel en suspension, il est de l'ordre de 417 milles tonnes. Cette année a été marqué par trois importantes crues :

- La crue de janvier 2009 qui offre un volume en suspension de 989 milles de tonnes, cette crue est caractérisée par une pointe de débit de 6.28 m<sup>3</sup>/s et un apport liquide de 4.54 hm<sup>3</sup>.
- La crue de février 2009 donne un tonnage en suspension de l'ordre de 1.36 millions de tonnes marquant un débit max de 4.8 m<sup>3</sup>/s et un apport liquide de 5.18 hm<sup>3</sup>

- La crue de mars 2009 avait totalisé un volume en suspension de l'ordre de 733 milles de tonnes et se caractérise par un débit max de 47.10 m<sup>3</sup>/s et un apport liquide de 3.65 hm<sup>3</sup>

Ces trois crues offrent un tonnage en suspension qui représente environ 74 % du volume total annuel. Si ces trois crues n'étaient pas survenues, le volume en suspension annuel serait réduit à 1.1 millions de tonnes.



**Figure IV.3 : variation mensuelle des transports solides et débits liquides pour l'année exceptionnelle 2008/2009**

**IV.2. Le taux d'érosion spécifique**

En prenant en considération le transport solide total mensuel, l'érosion spécifique moyenne sur une période de 23 ans, est donnée par l'expression :

$$ES = \frac{TTS}{S} \dots\dots\dots(\text{IV.1})$$

Où :

$S = 876 \text{ km}^2$  est la superficie du bassin versant.

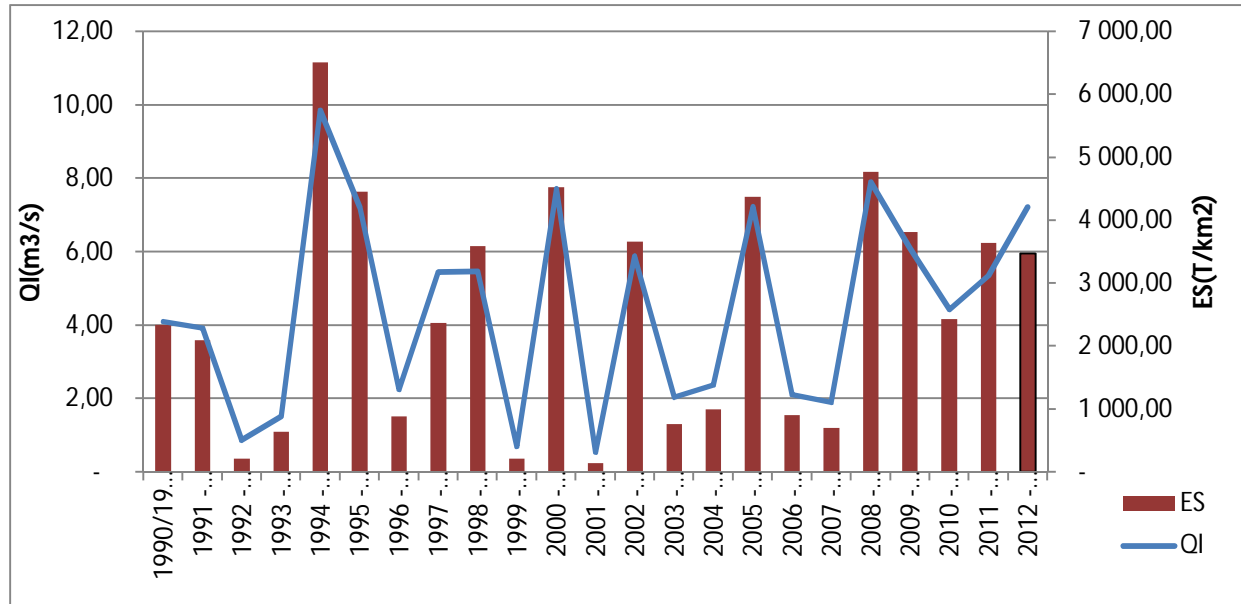
**ES moy = 2500.99 T/Km<sup>2</sup>.an**

Les résultats sont illustrés dans le tableau IV.1

Tableau IV.1: transports solides totaux et le taux d'érosion spécifique annuel

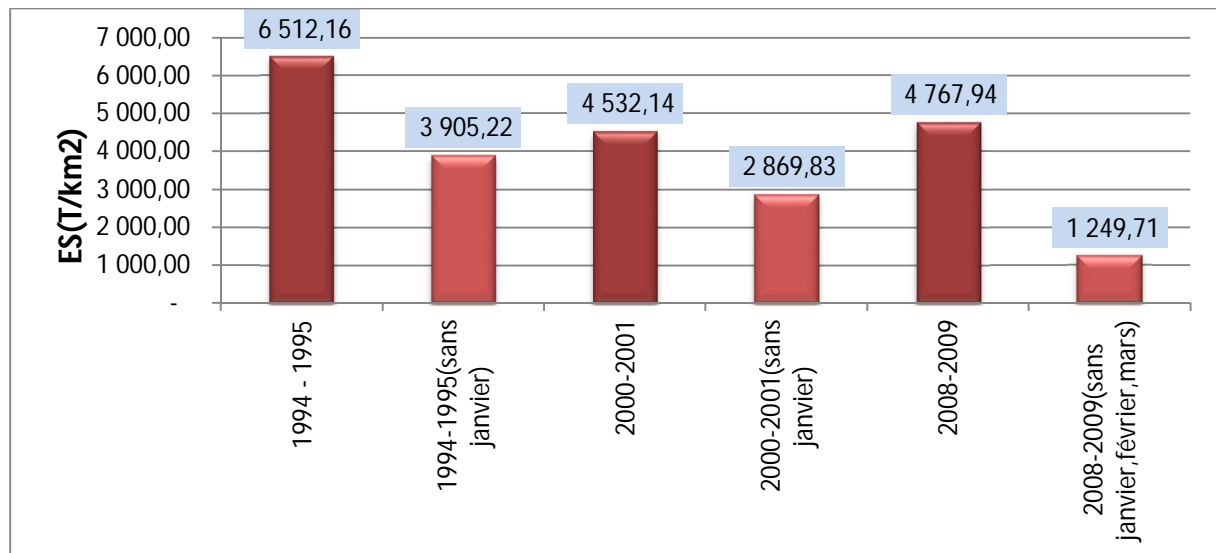
Année		Annuel	Année		Annuel
1990-1991	TTS(t)	2 050 512,28	2002 - 2003	TTS(t)	3 205 650,43
	ES (T/Km <sup>2</sup> )	2 340,77		ES (T/Km <sup>2</sup> )	3 659,42
1991 - 1992	TTS(t)	1 832 812,78	2003 - 2004	TTS(t)	666 538,67
	ES (T/Km <sup>2</sup> )	2 092,25		ES (T/Km <sup>2</sup> )	760,89
1992 - 1993	TTS(t)	188 521,52	2004 - 2005	TTS(t)	872 531,95
	ES (T/Km <sup>2</sup> )	215,21		ES (T/Km <sup>2</sup> )	996,04
1993 - 1994	TTS(t)	563 569,71	2005 - 2006	TTS(t)	3 836 619,62
	ES (T/Km <sup>2</sup> )	643,34		ES (T/Km <sup>2</sup> )	4 379,70
1994 - 1995	TTS(t)	5 704 654,00	2006 - 2007	TTS(t)	792 523,99
	ES (T/Km <sup>2</sup> )	6 512,16		ES (T/Km <sup>2</sup> )	904,71
1995 - 1996	TTS(t)	3 899 826,69	2007 - 2008	TTS(t)	612 883,84
	ES (T/Km <sup>2</sup> )	4 451,86		ES (T/Km <sup>2</sup> )	699,64
1996 - 1997	TTS(t)	778 362,49	2008 - 2009	TTS(t)	4 176 711,41
	ES (T/Km <sup>2</sup> )	888,54		ES (T/Km <sup>2</sup> )	4 767,94
1997 - 1998	TTS(t)	2 080 330,64	2009 - 2010	TTS(t)	3 343 641,21
	ES (T/Km <sup>2</sup> )	2 374,81		ES (T/Km <sup>2</sup> )	3 816,94
1998 - 1999	TTS(t)	3 142 376,43	2010 - 2011	TTS(t)	2 128 046,51
	ES (T/Km <sup>2</sup> )	3 587,19		ES (T/Km <sup>2</sup> )	2 429,28
1999 - 2000	TTS(t)	189 314,26	2011 - 2012	TTS(t)	3 188 023,76
	ES (T/Km <sup>2</sup> )	216,11		ES (T/Km <sup>2</sup> )	3 639,30
2000 - 2001	TTS(t)	3 970 152,71	2012 - 2013	TTS(t)	3 046 190,65
	ES (T/Km <sup>2</sup> )	4 532,14		ES (T/Km <sup>2</sup> )	3 477,39
2001 - 2002	TTS(t)	120 117,11		TTS(t)	
	ES (T/Km <sup>2</sup> )	137,12		ES (T/Km <sup>2</sup> )	
			ES moy (T/Km <sup>2</sup> .an)	2 500,99	

En considérant les volumes annuels des sédiments transportés par unité de surface, nous avons pu détecter les années qui ont réellement contribué au comblement de la retenue de Ouled Mellouk (figure IV.4).



**Figure IV.4: variation annuelle de l'érosion spécifique et de débit liquide moyen annuel**

L'intensité du phénomène se manifeste, essentiellement, en période de crues. C'est ainsi que les fortes crues de janvier de l'année 1994/1995, janvier de l'année 2000/2001, janvier, février, mars de l'année 2008/2009, qui ont été enregistrées dans le bassin versant d'Ouled Mellouk, ont transité 6.82 millions de tonnes de sédiments à travers le bassin versant d'Ouled Mellouk. Toutefois, si on considère l'érosion spécifique du bassin versant d'Ouled Mellouk pour ces trois années, on peut mettre en évidence le rôle des événements extrêmes en présentant les valeurs avec et sans l'événement extrême (figure IV.5).



**Figure IV.5 :** influence de l'événement extrême sur l'érosion spécifique annuelle

Pour les années 1994-1995/ 2000-2001/2008-2009 l'essentiel du transport solide se fait au mois de janvier à cause des précipitations très importantes durant ce mois,

**IV.3.Calcul du taux d'érosion spécifique par différentes formules**

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

Basée sur des données recueillies sur 32 bassins algériens et 9 bassins de Tunisie, ce modèle est basé sur deux équation reliant les apports solides (A en T/km2.an) a l'écoulement annuel total (R en mm) selon la position géographique :

Est du pays:  $A = 92R^{0.21}$  .....(IV.2)

Centre du pays :  $A = 2000$

Le tableau IV.2 représente les valeurs des paramètres de l'équation de Tixeront et le taux d'érosion spécifique estimé dans le bassin versant d'Ouled Mellouk.

**Tableau IV.2: Résultats de la formule de Tixeront**

Position Géographique	A (T/Km <sup>2</sup> .an)
Centre	2000



**b. formule de Sograeh (1969)**

Basé sur des données recueillies dans 27 bassins algériens et 16 alimentant des barrages réservoirs, ce modèle relie les apports solides (A en T/km<sup>2</sup>.an) en fonction du ruissellement annuel de crue (R en mm) et la perméabilité du bassin (Ksog). Les données du tableau IV.3 représentent les valeurs pondérées des paramètres R et Ksog et le taux d'érosion spécifique dans le bassin d'Ouled Mellouk, l'équation est la suivante :

$$A = K_{sog} R^{0.15} \dots\dots\dots (IV.3)$$

**Tableau IV.3: Résultats de la formule de Sograeh**

<b>Ksog</b>	<b>R (mm)</b>	<b>A (T/Km<sup>2</sup>.an)</b>
1277.5	105.59	2569.83

**c. formule de Demmak (1982)**

L'équation originale est la suivante :

$$TSS = 26.62(IL * 100) + 5.07IP + 9.77CT - 593.56 \dots\dots (IV.4)$$

Où :

**IL** : fraction de la superficie d'un bassin couvert de formations marneuses et argileuses du crétacé supérieur et du tertiaire ;

**IP** : indice d'énergie du ruissèlement qui est le produit de pourcentage et de la fréquence des précipitations annuelles en considérant uniquement les évènements supérieurs a 20 mm ;

**CT** : coefficient de torrentialité qui est une mesure de l'intensité du chevelu hydrographique. Le coefficient de torrentialité est le produit de la densité de drainage (Dd) par la fréquence de talwegs d'ordre 1 ( F1 ) ;

$$CT = Dd \times F1 = \frac{\sum L_1}{S} \times \frac{N_1}{S} \dots\dots\dots (IV.5)$$

Où :

$\sum L$  : longueur totale de tous les talwegs ;

**N1** : nombre de talwegs d'ordre 1 ;

**S** : surface du bassin versant ;

**L1** : longueur de talwegs d'ordre 1 ;

Toutefois, il a été impossible d'utiliser l'indice de pluviosité (IP) car les données de précipitation journalière, indispensables à son calcul, n'ont pu être obtenues. Ainsi, l'indice IP a été remplacé par l'indice de d'Arnoldus (AR) qui est exprimé ainsi :

$$AR = \frac{\sum_{i=1}^{12} P_i^2}{P_a} \dots\dots\dots (IV.6)$$

Avec :

**Pi** : pluviométrie moyenne mensuelle ;

**Pan** : pluviométrie moyenne annuelle.

Suite a une analyse statistique, l'équation suivante a été utilisée :

$$TSS = 45.324(IL * 100) + 20.402AR - 1634.912 \dots\dots\dots (IV.7)$$

Le tableau IV.4 représente les valeurs des paramètres et le taux de l'érosion spécifique de la formule modifiée de Demmak pour le bassin versant d'Ouled Mellouk :

**Tableau IV.4: résultats de la formule modifiée de Demmak**

<b>IL</b>	<b>AR (mm)</b>	<b>TSS(T/Km<sup>2</sup>.an)</b>
0.72	57.9	2809.69

**Tableau IV.5: Comparaison entre les quatre valeurs de l'érosion spécifique en T/Km<sup>2</sup> an**

Formule de Tixeront	Formule de Sogreah	Formule de Demmak	ES calculé
2000	2569.83	2809.69	2 500,99

Notre Es calculé semble être comparable aux trois valeurs estimées. Les résultats de la formule de Sogreah en sont plus proches.

**IV.4.Résultats de l'envasement du barrage d'Ouled Mellouk****IV.4.1.Caractéristiques du barrage d'Ouled Mellouk****IV.4.1.1.Caractéristiques hydrologique**

Année de construction	: 1989
Année de mise en eau	: 2004
Oued	: Rouina
Capacité initiale	: 127 hm <sup>3</sup>
Capacité dernier levé (2006)	: 119.04hm <sup>3</sup>
Apport moyen annuel	: 47.50 hm <sup>3</sup>
Envasement annuel	: 1.40 hm <sup>3</sup> /an
Surface de bassin versant	: 876 km <sup>2</sup>

**IV.4.1.2.Caractéristiques du barrage**

Type	: Remblais de terres
Hauteur	: 51 m
Longueur	: 730 m
Côte de la retenue normale (R.N)	: 243.40 m
Côte plus hautes eaux (P.H.E)	: 247.07 m
Déversoir : seuil libre	: 2175 m <sup>3</sup> /s

**IV.4.2.Envasement du barrage d'Ouled Mellouk**

On calcul d'abord le transport solide total par la relation suivante:

**Es totale= Transport solide en suspension+ Transport solide par charriage**

Selon plusieurs auteurs, le charriage est estimé à 20% à partir de l'évaluation du transport solide en suspension.

Nous obtenons ainsi, un transport solide par charriage de l'ordre de **500.20 T/km<sup>2</sup> an** qui représente 20% du transport solide en suspension (**2500.99 T/km<sup>2</sup> an**).

Donc :

$$\mathbf{Es\ totale= 3001.19\ T/km^2\ an}$$

Pour une érosion spécifique moyenne annuelle de l'ordre de 3001.19 T/km<sup>2</sup>.an (calculée précédemment), une durée de vie du barrage T = 23 ans, une densité sèche des matières en suspension  $\gamma_s = 1.5\ \text{tonne/m}^3$  et une surface de bassin versant au droit de barrage S= 876 km<sup>2</sup>, l'envasement du barrage d'Ouled Mellouk V<sub>s</sub> est calculé par la formule suivante :

$$V_s = E_s * T * \frac{S}{\gamma_s} \dots\dots\dots(\mathbf{IV.8})$$

$$\mathbf{V_s=40.31\ x\ 10^6\ m^3}$$

#### **IV.4.3.Comparaison des résultats avec les travaux faits sur le barrage**

Le barrage d'Ouled Mellouk à été mis en eau en 2004 et un levé bathymétrique a été effectué en 2006, Selon leur rapport, l'envasement a diminué la capacité de barrage d'Ouled Mellouk qui était originalement 127 hm<sup>3</sup>, à 119.04 hm<sup>3</sup>, donc sur une période de 23 ans le volume d'envasement est estimé à 35.82 hm<sup>3</sup>.

Cependant, Le volume d'envasement du barrage d'Ouled Mellouk que nous avons calculé sur une période de 23 ans (1990/ /2013) en se basant sur les données de concentration en MES (g/l) par l'établissement de relation QL/QS est estimé à 40.31 hm<sup>3</sup>. Cette valeur comparée à celle retrouvée par l'étude menée par l'ANBT semble bien s'approcher.

Le volume de vase calculé V<sub>s</sub> est supérieur à celui estimé par les levées bathymétriques, ceci est sans doute dû au protocole de mesure des transports solides, largement critiqué par les spécialistes.

**Tableau IV.6: Comparaison entre les deux valeurs de l'envasement**

	Envasement (hm <sup>3</sup> )
Levées bathymétriques	35.82
Vs calculé	40.31

**Conclusion**

Ce chapitre nous a permis de quantifier le transport solide totale dans le bassin versant de barrage d'Ouled Mellouk, pour cela on a quantifié le transport solide en suspension à travers les débits liquides moyens journaliers, par la suite, le charriage est estimé à 20% à partir de l'évaluation du transport solide en suspension.

Le volume de vase calculé qui est de l'ordre de 40.31 hm<sup>3</sup> est supérieur à celui estimé par les levées bathymétriques, ceci est dû au protocole de mesure des transports solides, largement critiqué par les spécialistes.

# **CONCLUSION GENERALE**

## Conclusion générale

En conclusion générale de ce modeste travail dont l'objectif est l'étude de l'envasement de barrage d'Ouled Mellouk, le présent rapport a permis l'approche de la quantification des apports en sédiments, afin de prévoir l'envasement du barrage d'Ouled Mellouk sur l'oued Rouina. Ce dernier destiné à Alimentation en eau potable des villes de Rouina, Bourached, Zeddine, El Mayenne et El-Attaf et à l'irrigation du périmètre EL AMRA, ABADIA et ROUINA.

Pour cela, nous avons utilisé les données hydrométriques relatives aux débits instantanés et à la concentration en éléments en suspension au droit de la station de Bir Ouled Tahar, sur une période de 23ans, allant de 1990 jusqu'à 2013.

Le traitement de ces données a été réalisé, par l'établissement des deux rapports dont le premier est le rapport concentration en élément en suspension / débit liquide et le deuxième c'est le rapport débit liquide / débit solide, le rapport est établi par l'utilisation de modèle régressif puissance.

Parmi ces deux relations, la relation débit liquide / débit solide à été retenue pour le coefficient de corrélation assez significatif qu'elle donne.

Sur la base de cette relation, nous avons estimé le débit solide moyen journalier.

Les résultats ainsi trouvés sont transformés en tonnage mensuel et annuel de matériaux solides.

De l'analyse du transport solide dans l'oued Rouina, nous constatons que les crues importantes et exceptionnelles sont généralement les plus génératrices de grands volumes de transports solides.

Le volume de vase calculé à partir de l'érosion spécifique est supérieur à celui estimé par les levées bathymétriques, ceci est sans doute dû au protocole de mesure des transports solides, largement critiqué par les spécialistes. Cette méthode de quantification du transport solide rentre dans le cadre d'une modeste contribution dans la prévision de l'envasement des barrages.



## Références bibliographiques

**AMEZIANE K.ET BEN SID A., 2000** : Evolution temporelle de l'envasement des retenues de barrages.

**CHOW., 1964**: Handbook of Applied Hydrology. Mc-Graw Hill Book Company.

**DEMMAK A., 1982** : Contribution à l'étude de l'érosion et des transports solides en Algérie Septentrionale. Thèse de Docteur- Ingénieur. Université Paris 6. Franc.

**DUTIL., P., 1984** : L'érosion en grande culture, revue technique des agriculteurs dynamiques, N° 169, France. pp : 118-119.

**GRECO J., 1966** : L'érosion, la défense et la restauration des sols, le reboisement en Algérie. MARA. Alger.393p.

**HOUARIA M ,2015**: Mémoire étude des propriétés physico-chimiques des sédiments du Barrage de Sidi M'Hamed Benaouda (W .Relizane) en vue de leur Valorisation.

**HUG M., 1975**: Mécanique de fluide appliquée. Edition Dunod, Paris, France. 72 P..

**LEBRETON J.C., 1974** : Dynamique fluviale, Editions Eyrolles, Paris, France.

**M. KASSOUL, A ALBDELGADER, M BELORGEY ,1997**): Caractérisation de la sédimentation des barrages en Algérie revue des sciences de l'eau.

**(NETO, 2007)** : scenarios de gestion de boues de dragage de cours d'eau : rôle des bactéries dans la mobilité des polluants métalliques.

**(OUMRANI.N ,2009)** : Influence des sédiments sur la stabilité d'un barrage en exploitation cas du barrage CHEURFAS II : mémoire de magister 2008-2009.

**PROUCHAL, KER LANN 2006** : Rapport Final du Schéma Directeur de gestion et de valorisation des sédiments de dragage de Rouen et Tancarville. Département de La Gironde .Bassin d'Arcachon.

**REMINI ET AL 1997** : Livre de l'envasement des barrages.

**REMINI B., 2002** : La sédimentation dans les barrages de l'Afrique du Nord. Larhyss Journal,

**REMINI B., 2003** : Envasement des barrages. Ed. CEDOC. Algérie.208p.

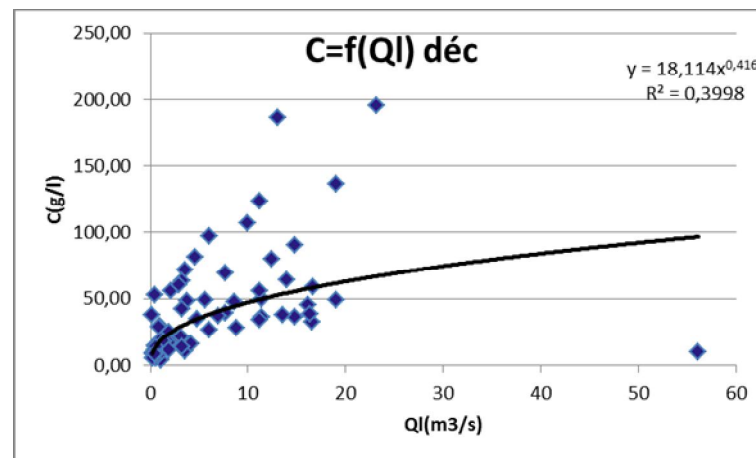
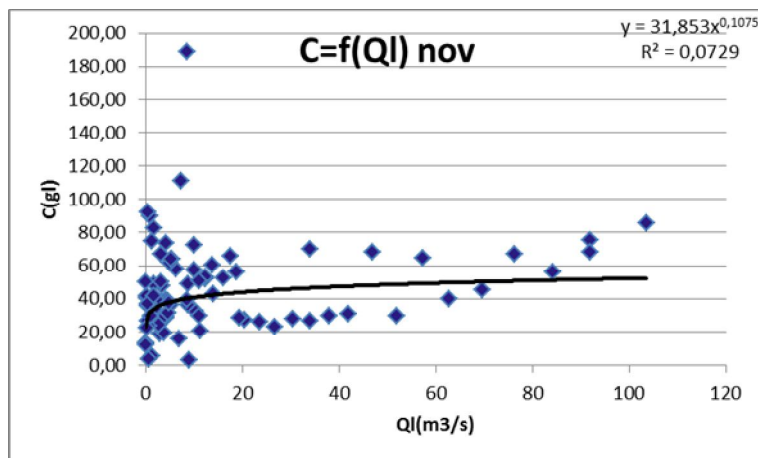
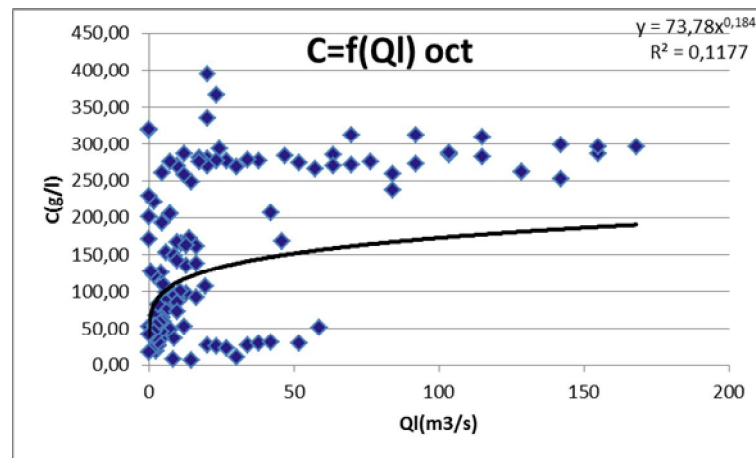
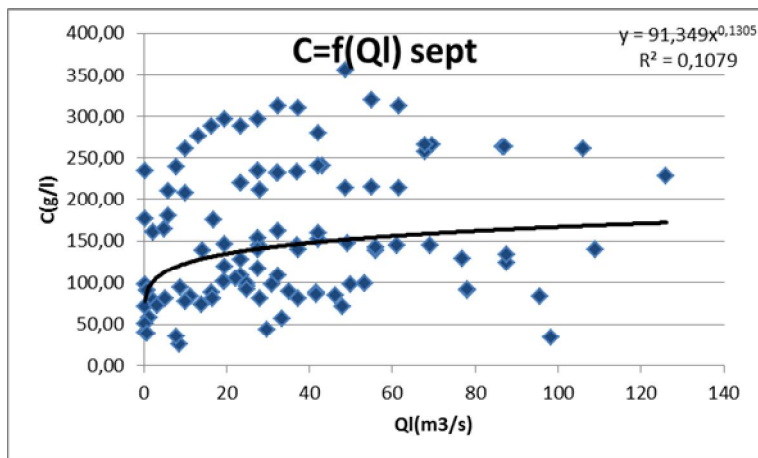
**REMINI , 2009** : L'Algérie : Plus d'un siècle de désenvasement des barrages. L'état des ressources en eau du Maghreb en 2009. UNESCO. p : 123-142.

**REMINI B., AVENARD J., KETTAB A., 2003** : Envasement des barrages. Ed. CEDOC. Algérie.208p.

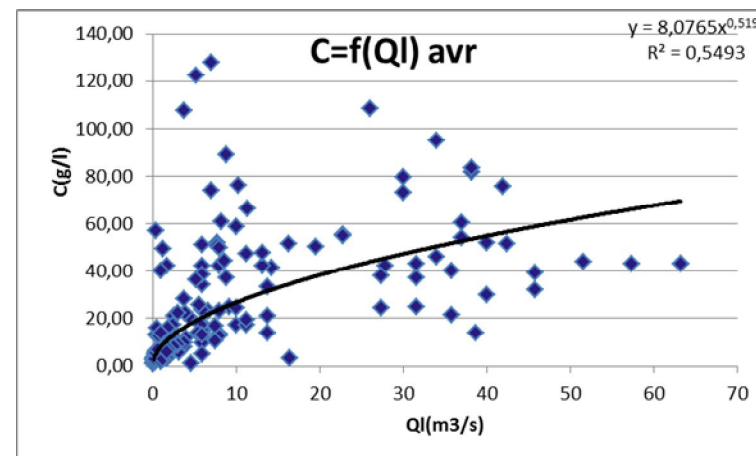
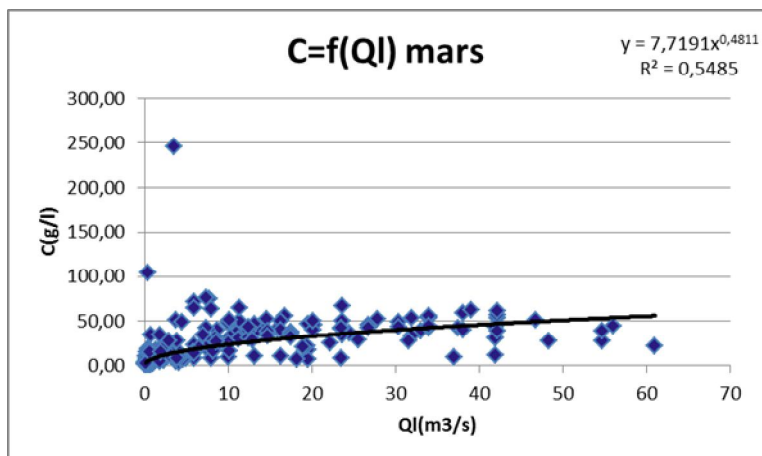
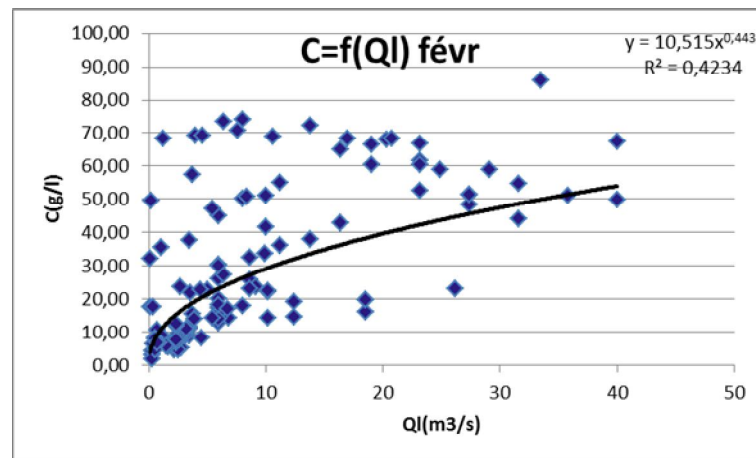
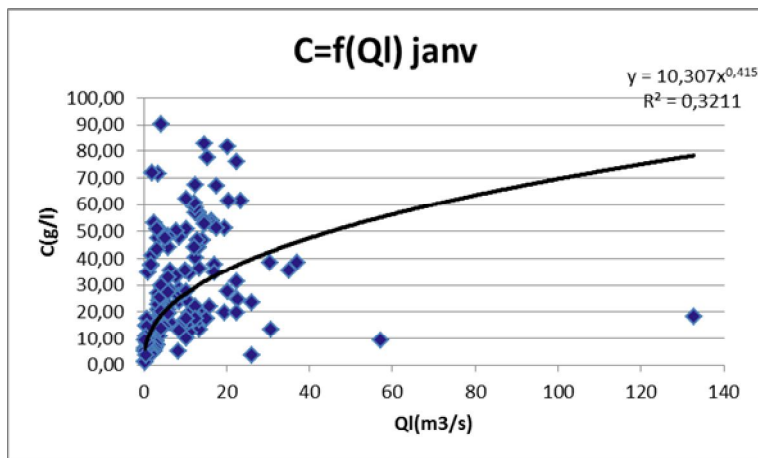
**TOUABIA B., 1995** : Quantification de l'érosion à partir de quatre retenues collinaires dans la zone des marnes du bassin versant de l'Oued Mina dans la Wilaya de Relizane. COMHYD, Zeralda. Algérie.242p.

# **ANNEXE**

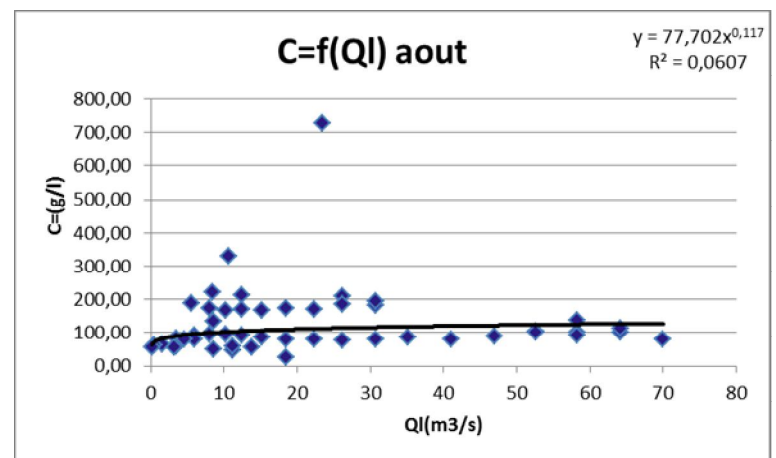
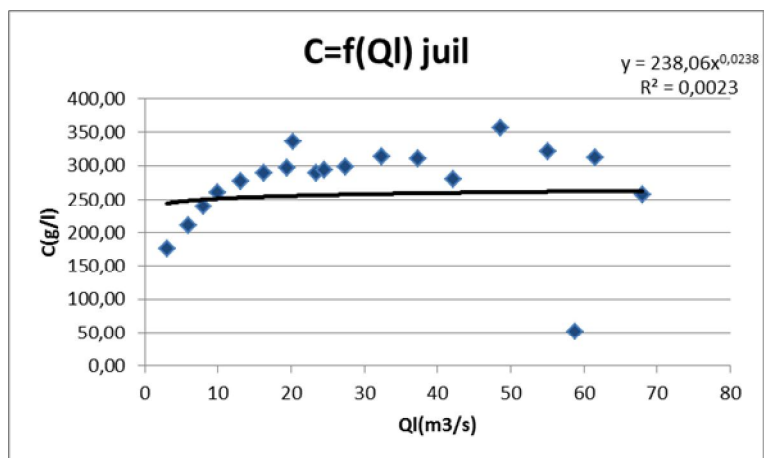
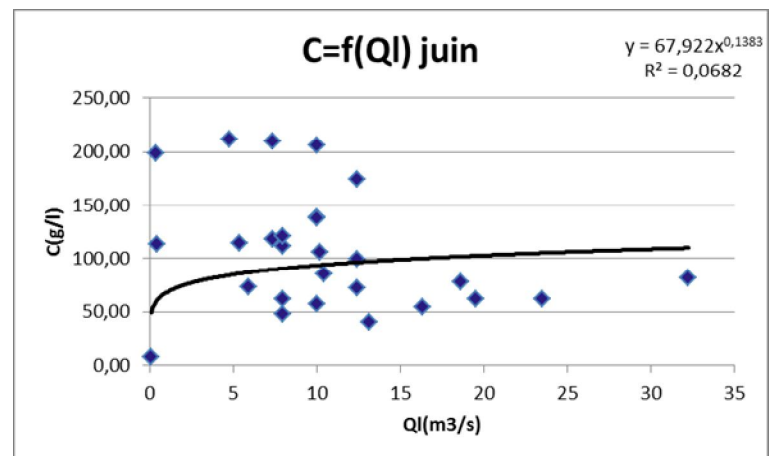
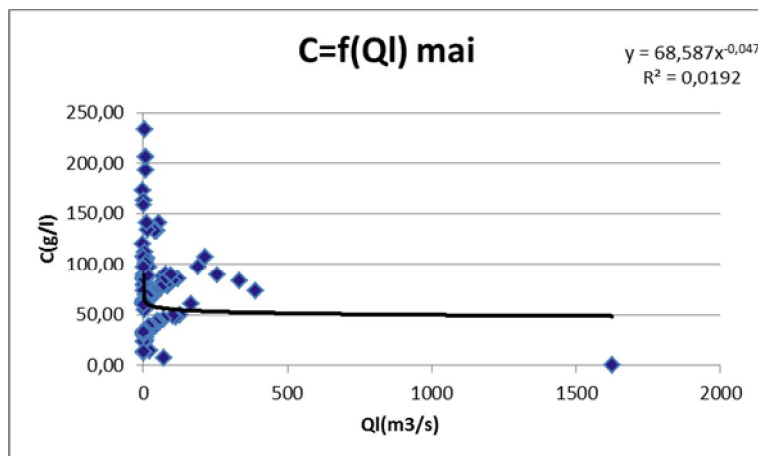
**Annexe I : Corrélation débit liquide/concentration en MES à l'échelle mensuelle**



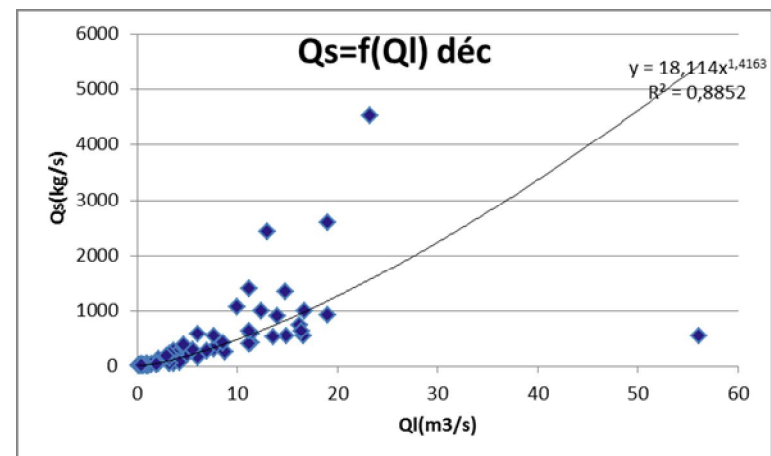
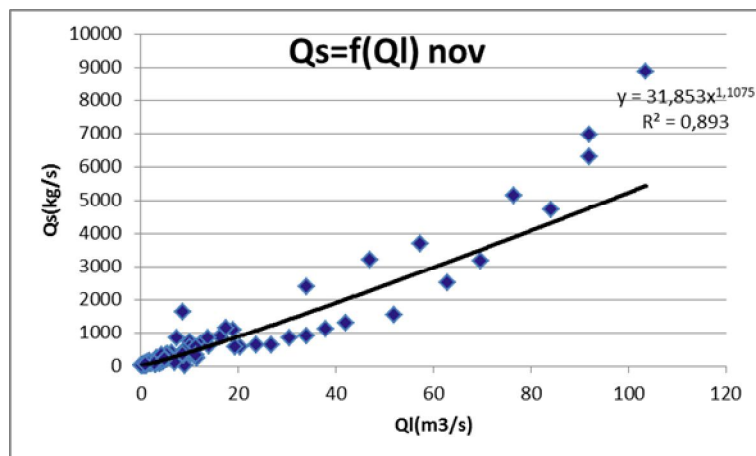
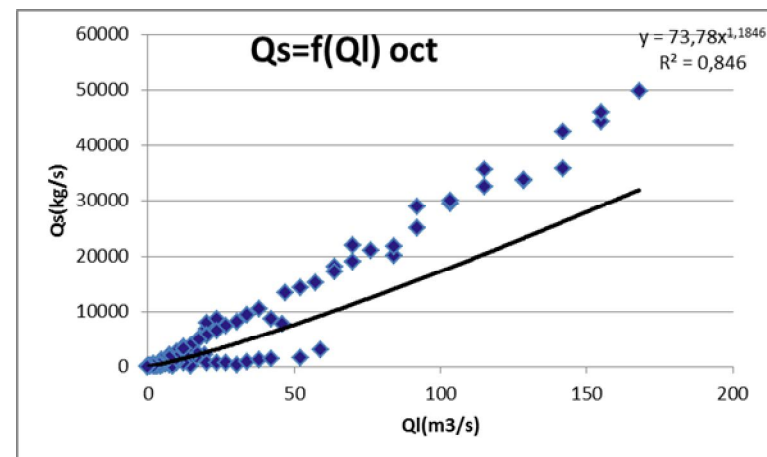
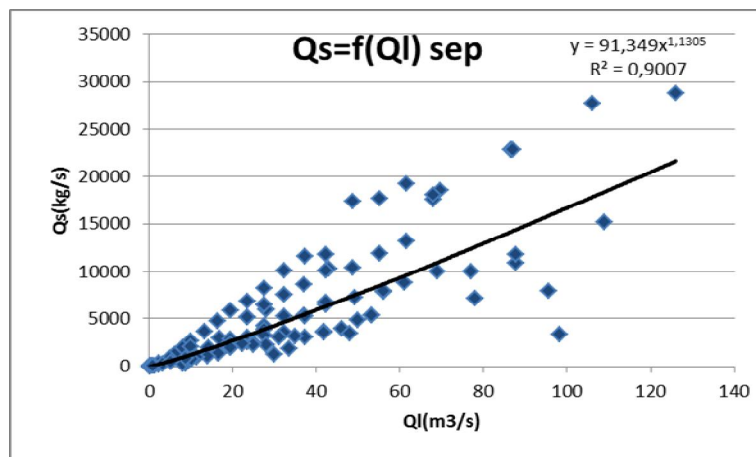
**Annexe I:** Corrélation débit liquide/concentration en MES à l'échelle mensuelle



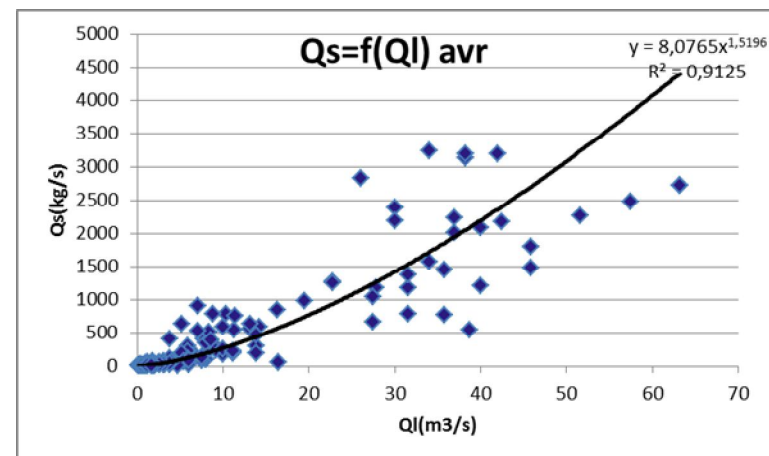
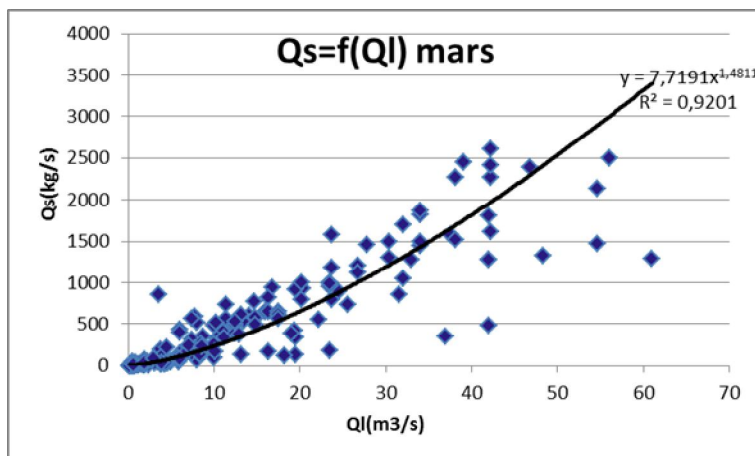
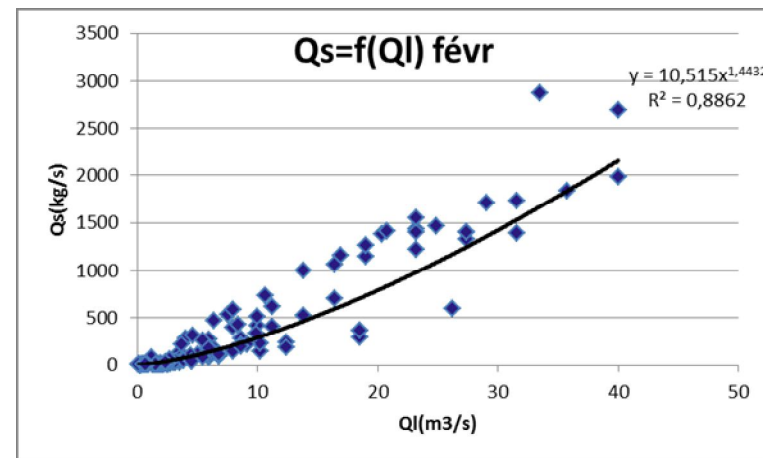
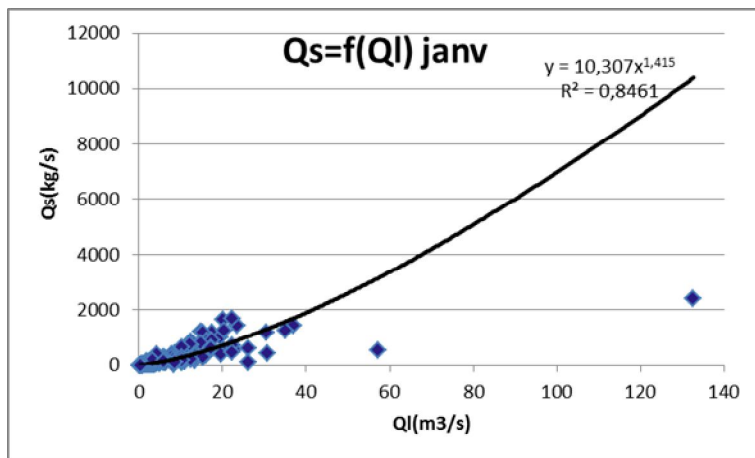
## Annexe I : Corrélation débit liquide/concentration en MES à l'échelle mensuelle



## Annexe II : Corrélation débit liquide/débit solide à l'échelle mensuelle

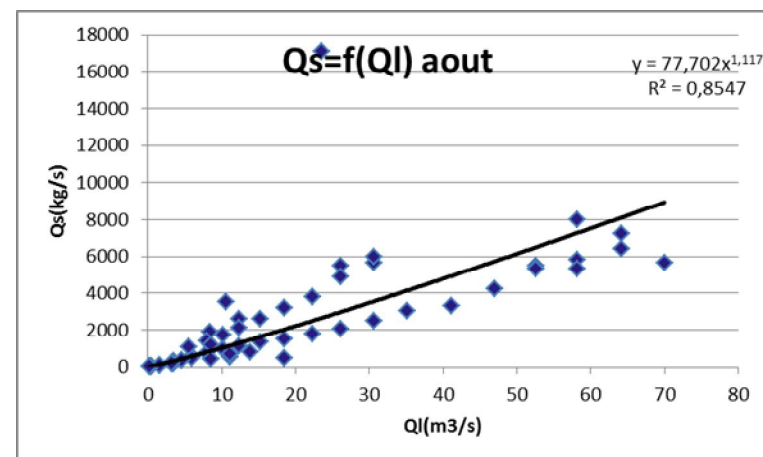
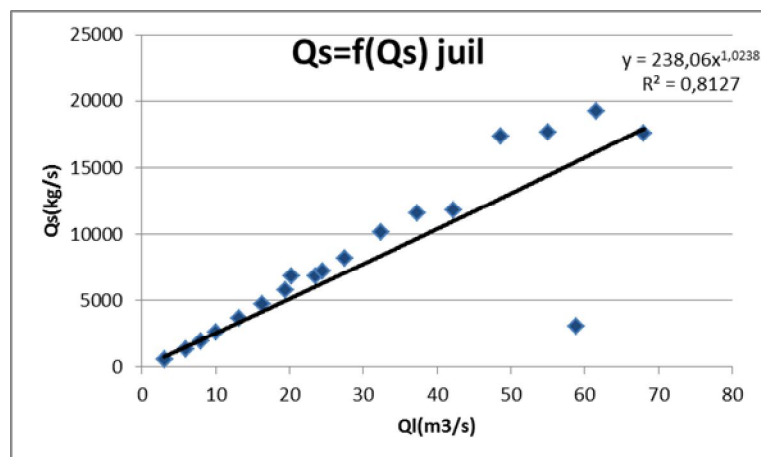
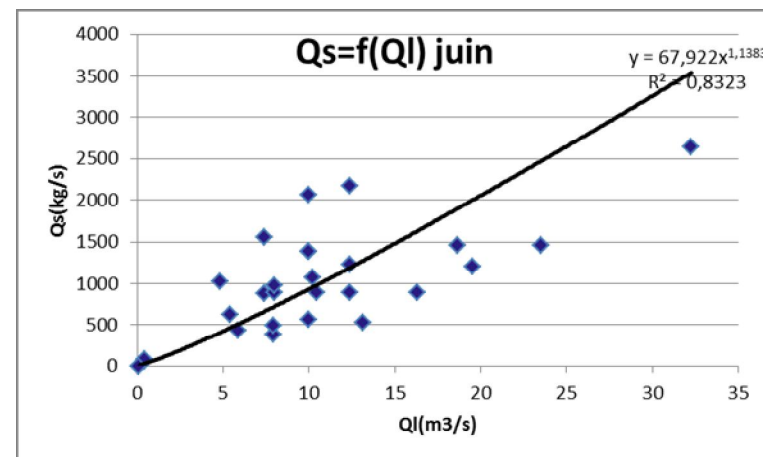
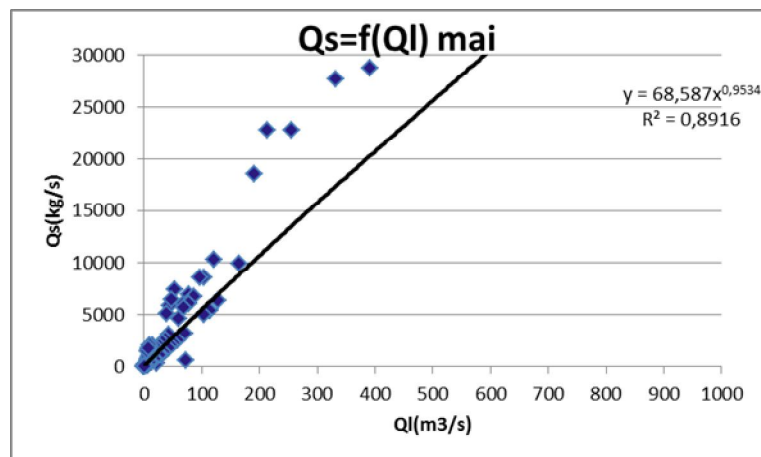


## Annexe II : Corrélation débit liquide/débit solide à l'échelle mensuelle

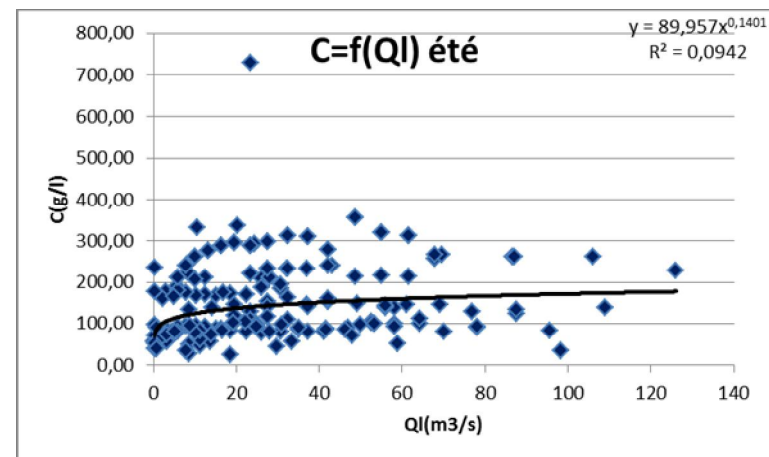
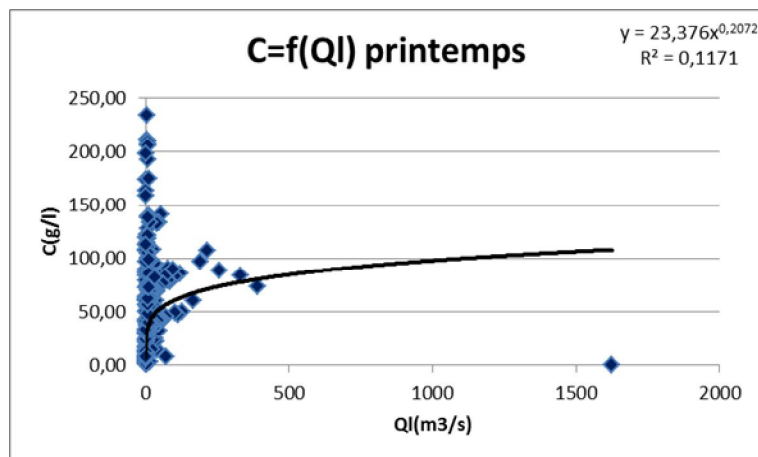
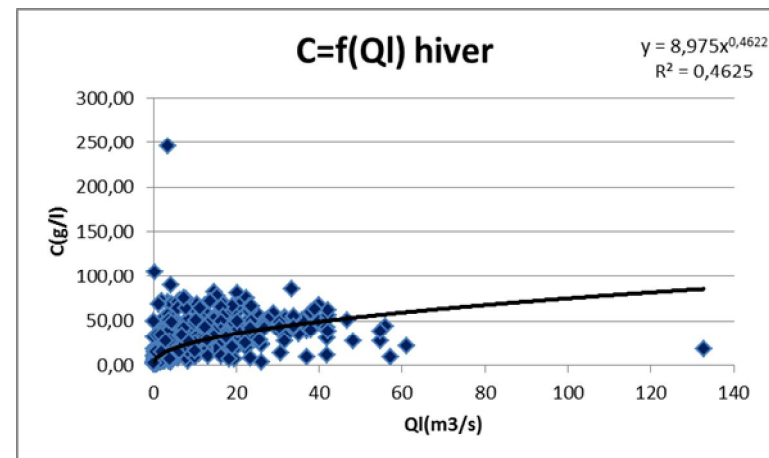
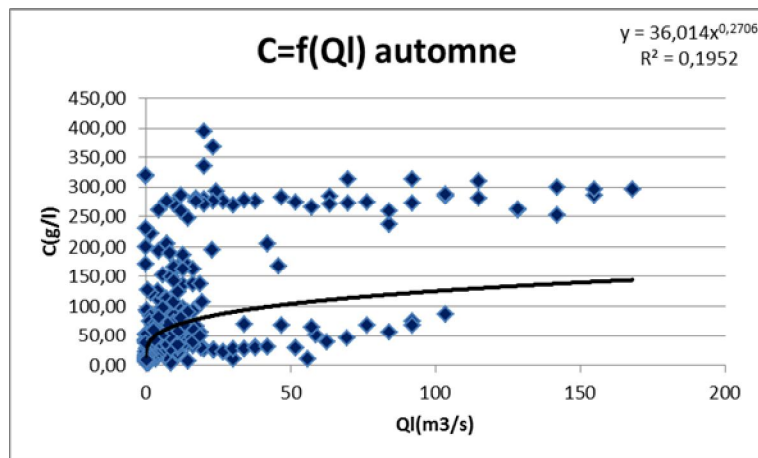




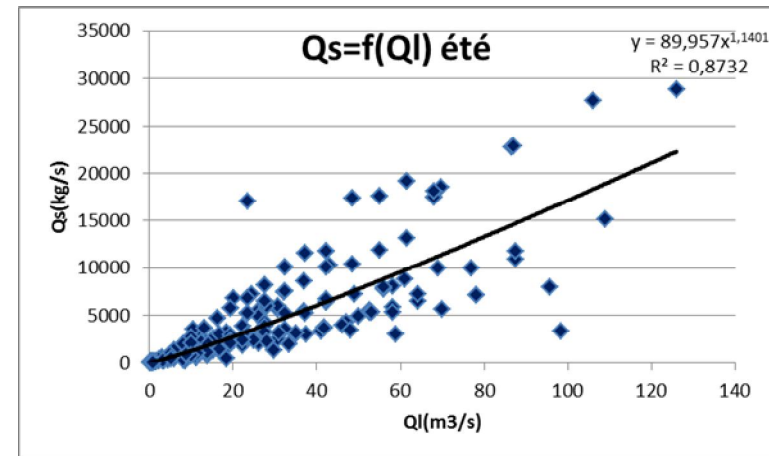
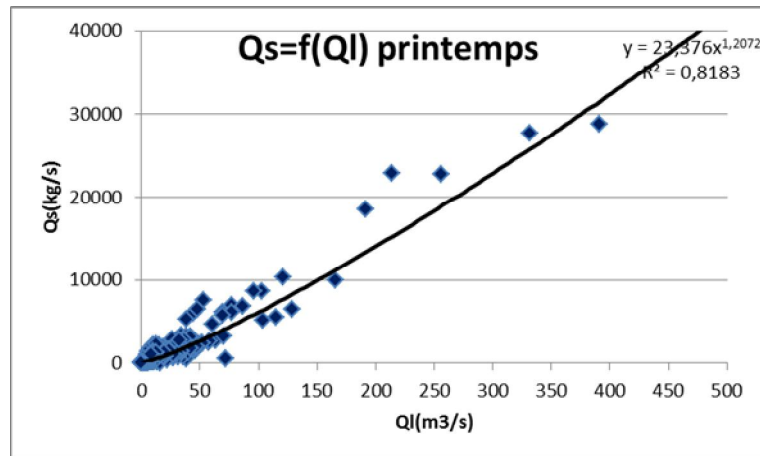
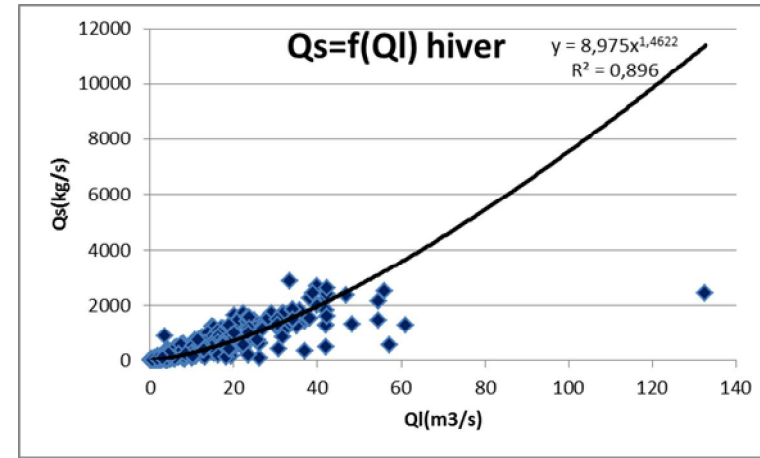
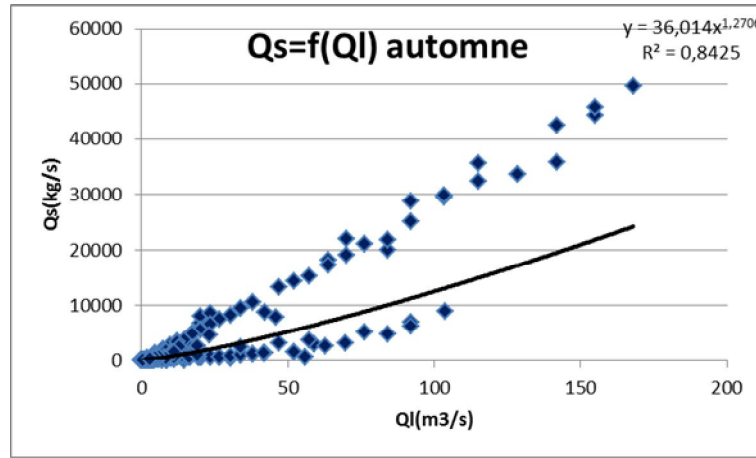
## Annexe II : Corrélation débit liquide/débit solide à l'échelle mensuelle



**Annexe III:** Corrélation débit liquide/concentration en MES à l'échelle saisonnière



Annexe IV : Corrélation débit liquide/débit solide à l'échelle saisonnière



## Annexe V : Répartition mensuelle des transports solides totaux (tonnes)

Année		Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Aout	Annuel	Es(T/km2)
1990-1991	TTS(tonnes)	77 475,88	13 850,96	9 210,47	25 323,20	30 241,12	80 119,04	1 377 745,34	406 691,58	29 133,16	721,52	_	_	2 050 512,28	2 340,77
1991-1992	TTS(tonnes)	_	9 476,06	13,88	_	509 803,97	55 551,46	151 552,23	937 924,00	144 221,37	13 634,33	10 002,01	633,48	1 832 812,78	2 092,25
1992-1993	TTS(tonnes)	8 815,81	9 504,22	9 814,24	4 796,42	1 695,57	31 259,33	25 139,74	37 518,16	44 533,12	_	_	15 444,90	188 521,52	215,21
1993-1994	TTS(tonnes)	10 413,04	8 273,70	218,51	35 683,83	71 744,07	419 487,94	10 180,40	7 568,22	_	_	_	_	563 569,71	643,34
1994-1995	TTS(tonnes)	504 108,64	248 585,22	86 997,86	273 444,76	2 283 683,86	1 177 784,80	1 008 645,73	87 128,33	22 546,21	10 340,95	897,82	489,82	5 704 654,00	6 512,16
1995-1996	TTS(tonnes)	16 316,94	38 823,43	7 981,08	3 588,81	58 373,58	946 164,44	1 589 130,77	570 928,29	498 617,99	169 213,59	687,78	_	3 899 826,69	4 451,86
1996-1997	TTS(tonnes)	147 832,06	53 752,85	3 063,98	9 718,95	131 521,86	23 188,56	1 202,70	316 987,32	89 561,24	_	_	1 532,98	778 362,49	888,54
1997-1998	TTS(tonnes)	27 472,90	82 241,91	259 200,00	186 332,76	91 009,23	58 087,73	29 754,81	45 931,36	1 242 015,27	55 053,99	773,79	2 456,90	2 080 330,64	2 374,81
1998-1999	TTS(tonnes)	13 430,16	30 100,19	3 478,23	4 641,75	237 703,49	563 525,73	2 127 615,39	147 588,67	10 898,85	3 393,97	_	_	3 142 376,43	3 587,19
1999-2000	TTS(tonnes)	142,66	_	444,35	109 058,51	57 075,11	14 565,87	633,18	3 172,42	_	4 222,16	_	_	189 314,26	216,11
2000-2001	TTS(tonnes)	4 804,80	176 475,91	635 539,61	170 472,47	1 456 185,71	759 560,56	400 247,12	282 833,54	81 984,45	252,90	897,82	897,82	3 970 152,71	4 532,14
2001-2002	TTS(tonnes)	1 782,15	3 271,61	75 568,17	3 625,99	12 086,25	79,78	2 591,67	145,26	4 879,31	_	_	16 086,92	120 117,11	137,12
2002-2003	TTS(tonnes)	2 688,95	1 673,43	67 774,41	8 536,82	767 584,54	1 867 447,26	255 810,30	132 812,34	38 750,80	34 072,31	_	28 499,27	3 205 650,43	3 659,42
2003-2004	TTS(tonnes)	80 042,68	1 324,79	33 619,07	61 212,53	53 740,53	59 215,74	333 745,47	12 092,11	31 353,83	191,91	_	_	666 538,67	760,89
2004-2005	TTS(tonnes)	41 457,71	231,69	15 838,24	18 013,89	28 953,56	186 261,18	491 083,03	56 246,30	10 328,10	22 947,62	1 170,64	_	872 531,95	996,04
2005-2006	TTS(tonnes)	_	50 896,54	21 935,58	197 667,26	361 620,60	1 422 155,99	1 177 982,41	124 947,08	462 432,47	10 608,36	460,35	5 912,97	3 836 619,62	4 379,70
2006-2007	TTS(tonnes)	56 093,22	_	_	16 013,52	_	5 211,63	160 262,82	400 700,26	150 986,16	3 256,38	_	_	792 523,99	904,71
2007-2008	TTS(tonnes)	140 302,25	60 121,14	282 468,90	14 681,32	36 708,90	5 035,64	46 611,24	9 790,07	10 793,78	6 370,61	_	_	612 883,84	699,64
2008-2009	TTS(tonnes)	5 667,56	29 921,47	41 033,93	373 864,08	988 703,47	1 360 276,87	732 981,83	471 357,31	152 277,23	18 832,02	897,82	897,82	4 176 711,41	4 767,94
2009-2010	TTS(tonnes)	3 038,26	3 151,83	3 733,77	175 819,24	100 137,78	1 394 354,66	1 371 958,17	203 344,81	42 521,93	3 454,31	_	42 126,45	3 343 641,21	3 816,94
2010-2011	TTS(tonnes)	_	20 515,76	49 015,29	87 492,86	150 592,07	1 392 219,02	255 832,42	62 530,96	90 834,55	19 013,58	_	_	2 128 046,51	2 429,28
2011-2012	TTS(tonnes)	_	2 616,37	11 088,88	2 130,45	4 086,36	403 090,48	249 793,78	2 354 214,55	134 582,79	26 420,11	_	_	3 188 023,76	3 639,30
2012-2013	TTS(tonnes)	_	14 288,64	41 823,99	17 634,94	304 114,95	628 437,92	800 316,45	564 366,89	543 287,33	129 181,10	1 938,08	800,36	3 046 190,65	3 477,39