

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

جامعة سعد دحلب البليدة  
UNIVERSITE SAAD DAHLEB - BLIDA



FACULTE DE TECHNOLOGIE  
DEPARTEMENT DES SCIENCES DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

En vue de l'obtention du diplôme  
Du Master en Sciences de l'Eau

THEME

CONTRIBUTION A L'ETUDE DE L'ALLUVIONNEMENT  
DE BARRAGE DE BOUGHEZOUL (W. MEDEA)

Préparé par :

**NASROUN Tahar**

Devant le jury composé de :

<b>A. BOUDJADJA</b>	Maître de Conférences, U. de Blida	Président
<b>M. BESSENASSE</b>	Maître de Conférences, U. de Blida	Examineur
<b>A. GUENDOZ</b>	Maître de Conférences, U. de Blida	Examineur
<b>N. MESSAOUD NACER</b>	Maître assistant, U. de Blida	Examineur
<b>A. BOUIKNI</b>	Maître assistant, U. de Blida	Examineur
<b>B. REMINI</b>	Professeur, U. de Blida	Promoteur

**Promotion : 2011/2012**

# Dédicace

*A ceux qui étaient la cause de mon existence*

*A ceux qui étaient toujours là pour moi, et ils continuent à être là*

*A mes parents, qui sont toute ma vie, que DIEU les gardes pour moi.*

*A mes frères, et sœurs, qui ont complété ma vie.*

*A toute ma famille et mes oncles, à mes tantes et mes cousins*

*A mes très chers amis.*

*Ainsi qu'à tous mes amis de Département des sciences de l'eau et de l'environnement  
avec lesquels j'ai partagé des moments inoubliables...à qui je souhaite du courage et  
beaucoup de réussite dans la vie professionnelle.*

*A tous ceux qui aiment faire le bien, et aider les gens. A tous ceux qui souffrent et  
espèrent une meilleure vie, que DIEU soit avec eux. A toute personne qui va lire ce  
mémoire.*

*NASROUN TAHAR*





# REMERCIEMENTS

*A l'issue de ce modeste travail je tiens à remercier tous ceux qui ont contribué à sa réalisation et son suivi de près ou de loin. Mes profonds remerciements sont adressés au chef département Monsieur BENSAFIADjellali par ses conseils et d'orientation. Je tiens à exprimer ma gratitude à mon promoteur REMINI Boualem. Comme je remercie Monsieur le président de jury qui a accepté de présider le jury la soutenance.*

*Et Mes vifs remerciements sont adressés à tous les membres de jury pour avoir accepté d'examiner ce travail et enrichir des débats, chacun dans son domaine de spécialité.*

*Enfin, j'adresse l'expression de ma profonde reconnaissance à tous mes les Enseignants de département des sciences de l'eau et l'environnement qui me ont tant appris à travers ce Master et qui se sont dévoués à me imprégner au domaine de la recherche scientifique et de l'enseignement supérieur.*

*Je ne peux terminer cette page sans remercier tous ceux qui m'ont aidé dans la réalisation de ce travail par leur soutien logistique et leur disponibilité. Pour terminer je dédie ce travail collaboratif à tous et ceux qui ont tendance de mettre à part un beau respect et une haute estime aux gens qui veillent pour la science et l'humanité.*



## الملخص

في هذا العمل المتواضع تم معالجة تأثير النقل المواد الصلبة بواد الشلف على توحد سد بوغزول . اعتمادا على سلسلة من المعلومات وقياسات سبريه مسندة الى وكالة السدود بالواد ذاته منذ استغلال هذا السد تم تقييم السعة السنوية المتوسطة للتوحد حيث تسجل حوالي 67٠0 م<sup>3</sup> اي ما يقارب 70 من معدل الطمي وهذا في سنة 2011 وفي المقابل سجل تراجع ملحوظ في قدرة الاستعجاب من 55 مليون في 1934 الي 15 مليون م<sup>3</sup> في 2011 يضاف الي هذا ان التيارات الكثافة تكونت اساسا في هذا السد انطلاقا من التراكم المتزايدة به اذ انها فاقت 300 غ/ل

**مفتاح الكلمات :** السد- بوغزول- نقل المواد الصلب- التوحد- واد الشلف

## Résumé

Dans le présent travail, nous avons traité l'effet du transport solide dans l'oued Chellif sur l'envasement du barrage de Boughzoul. Sur la base des données de transport solide sur l'oued Chellif à l'amont du barrage et les levés bathymétriques effectués par l'agence National des barrages durant la période d'exploitation du barrage, nous avons évalué le taux d'envasement moyen annuel à 0,67 millions de m<sup>3</sup>/an, soit un taux de comblement de 70% de la capacité totale du barrage en 2011. La capacité de stockage a diminué de 55 millions de m<sup>3</sup> d'eau depuis 1934 jusqu'à 15 millions de m<sup>3</sup> en 2011. Des concentrations dépassant les 300 g/l enregistrées dans l'oued Chellif à l'amont de la retenue sont les responsables de la formation des courants de densité dans la retenue du barrage de Boughzoul.

**Mots clés :** Barrage – Boughzoul – Transport solide – Envasement - Oued Cheliff

## Summary

In the present work, we addressed the effect of sediment transport in the river Chellif the silting of Boughzoul. On the basis of data on sediment transport in the river Chellif upstream of the dam and bathymetric surveys conducted by the National Agency of dams during the period of operation of the dam, we evaluated the average annual rate of silting to 0.67 million m<sup>3</sup>/year, a filling rate of 70% of the total capacity of the dam in 2011. Storage capacity has decreased by 55 million m<sup>3</sup> of water in 1934 to 15 million m<sup>3</sup> in 2011. Concentrations exceeding 300 g / l recorded in the river upstream of Chellif restraint are responsible for the formation of density currents in the dam of Boughzoul.

Tags: Dam - Boughzoul - Sediment transport - Siltation - Oued Cheliff



## INRODUCTION GENERAL

### Chapitre 1 ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE DE L'ENVASEMENT DES BARRAGE

Introduction.....	2
1.1 La sédimentation des barrages dans le Maghreb.....	2
1.2. Processus de l'envasement des barrages.....	5
1.2.1. Erosion.....	5
1.2.1.1. Principaux types d'érosion.....	5
a. Erosion glaciaire.....	5
b. Erosion éolienne.....	5
c. Érosion marine .....	5
d. Érosion anthropique.....	6
e. Érosion hydrique.....	6
1.2.1.2 L'érosion hydrique.....	6
1.2.1.2.1. Définition.....	6
1.2.1.2.2. Formes de manifestation de l'érosion hydrique.....	7
1.2.2.2.1 Erosion aréolaire.....	7
a. Erosion en nappe.....	7
b. Erosion en rigole.....	8
1.2.2.2.2. Erosion linéaire.....	8
1.2.2.3. Les impacts de l'érosion sur l'environnement.....	8
1.2.2.3.1. Perte de sol arable .....	8
1.2.2.3.2Envasement des barrages.....	9
1.2.2 Transport solide.....	9
1.2.2.1. Définition.....	9
1.2.2.2. Transport solide par charriage.....	10
1.2.2.3. Transport solide en suspension.....	10
1.2.3 Résultante piégeage des sédiments dans la retenue.....	11
1.2.4 Dépôt et tassement des sédiments.....	11
1.2.5. Tassement et consolidation des vases.....	11
a. Sédimentation .....	11
b. Consolidation.....	11
1.2.6 Tassement des sédiments grossiers.....	11
1.3. Distribution des sédiments dans les retenues des barrages.....	12
1.3.1 Distribution des sédiments par courants de densité.....	12
1.3.2. Distribution des sédiments par l'envasement des sédiments grossiers et décantation des particules fines.....	13
1.4 Alluvionnement des retenues.....	14
1.4.1. Généralité.....	14
a. Modification artificielle.....	14
b. Apports solides aux retenues.....	14
1.4.2. Les facteurs influencent sur l'alluvionnement des retenues.....	14
a. Influence de la topographie de la retenue .....	14

## Sommaire

---

b. Influence du taux de renouvellement de la retenue.....	15
c. Influence du mode d'exploitation du réservoir.....	15
d. Influence de la présence d'affluents.....	15
e. Influence de la présence de végétation.....	15
1.5. Effet de l'alluvionnement des retenues.....	15
1.6. Maîtrise de l'alluvionnement des retenues .....	16
1.7 Méthodes d'évaluation de l'envasement.....	16
a. Procède bathymétrique.....	17
b. Méthode turbidimétrique.....	17
c. Méthode stéréophotogrammétrie.....	17
d. Méthode de vidange et remplissage.....	17
e. Extrapolation de la courbe de la dégradation.....	18
1.8 Conclusion.....	18

## Chapitre 2 PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Introduction.....	19
2.1. Présentations de la commune de Boughzoul.....	19
2.1.1. Situation géographique de la commune de Boughzoul.....	19
2.1.2. Climat de la commune.....	22
2.1.2.1 Pluviométrie.....	22
2.1.2.2 Températures.....	23
2.2. Présentation du lac et de son bassin versant.....	24
2.2.1 Le bassin versant du Cheliff – Zahrez .....	24
2.2.2 Le réseau hydrographique.....	25
2.2.3 Les barrages.....	27
2.3. Le bassin versant chellif amont de Boughzoul.....	30
2.3.1 Climat.....	31
2.3.1.1 Température de l'air.....	31
2.3.1.2 Le vent.....	31
2.3.1.3 Précipitations.....	31
2.3.1.4 Géologie.....	32
2.3.2. Hydrographie.....	34
2.3.2.1 Oued Touil.....	34
2.3.2.2 Nahr Ouassel.....	35
2.3. Présentation Barrage de Boughzoul .....	36
2.3.1 Ecreteur de crues.....	38
2.3.2 Bassin de décantation.....	38
2.3.3 Histoire du barrage.....	38
2.3.4. Qualité des eaux des barrages.....	39
2.3.5. Les Caractéristiques de Barrage.....	40
2.3.6. Présentation de l'aménagement du barrage de Boughzoul.....	41
2.4. Caractéristiques techniques de l'aménagement de la digue sud du barrage.....	42
2.4.1 Digue sud de Boughzoul ancienne.....	42
2.4.2 Digue sud de Boughzoul Nouvelle après construction.....	43
2.5 Conclusion.....	44



### **Chapitre 3 RESULTATS ET DISCUSSIONS**

Introduction.....	45
3.1. Les apports solides au barrage de Boughezoul.....	45
3.2. Envasement du barrage de Boughezoul.....	50
3.3. Evolution de la capacité du barrage de Boughezoul.....	51
3.4. Durée de vie du barrage de Boughezoul.....	54
3.5 Impact du barrage de Boughezoul sur la réduction de l’envasement du barrage de Ghrib.....	55
1.6 Conclusion.....	57

## INTRODUCTION GENERAL

L'envasement des retenues pose aux exploitants de barrages d'énormes problèmes dont la résolution ne peut être que onéreuse. Les dépôts vaseux au fond d'une retenue proviennent essentiellement de l'érosion des bassins versants, réduisant progressivement la capacité utile du barrage. Très répandu dans le bassin Méditerranéen et plus particulièrement dans le nord Algérien, l'érosion hydrique est un facteur indispensable dans l'évaluation de la durée de vie d'un barrage. Contrairement à la partie nord de la Méditerranée, les valeurs les plus élevées du taux d'abrasion sont enregistrés dans la partie sud de la Méditerranée. Demmak (1982) a montré que le taux d'érosion spécifique atteint les 4000 t/km<sup>2</sup>. An sur la chaîne du côtier de Dahra. Au Maroc, la dégradation moyenne annuelle du bassin versant de Nekor avoisine la valeur de 5900 t/km<sup>2</sup>.an, l'une des plus élevées au monde (Lahlou, 1990).

Sur le bassin versant d'Iser (France) le taux d'érosion spécifique atteint 615 t/km<sup>2</sup>.an (CIGB, 1976). Même dans d'autres parties de la planète, le taux d'érosion peut atteindre des valeurs élevées comme par exemple, le taux d'érosion du bassin versant du fleuve Jaune en Chine est de 2650 t/km<sup>2</sup>.an. (CIGB, 1976). En Roumanie le taux d'érosion spécifique avoisine la valeur de 500 t/km<sup>2</sup>.an (Radone, 2005).

Cette érosion intense entraîne des concentrations en particules fines très élevées dans le réseau hydrographique d'un bassin versant, lesquelles à l'entrée d'une retenue d'un barrage engendrant la formation des courants de densités. Ces derniers drainent une masse énorme en particules fines qui vont se déposer au fond des retenues. Ce phénomène se manifeste souvent en période de crues.

Les dépôts vaseux engendrés par la décantation des particules fines drainées par ces courants, réduisant ainsi la capacité utile des barrages.

En Algérie, le barrage de Boughzoul classé parmi les anciens barrages est confronté actuellement à un fort taux d'envasement. Avec la réalisation en cours d'eau méga projet concernant la nouvelle ville de Boughzoul, le lac du barrage de boughzoul sera le poumon de la ville de point de vue esthétique et touristique.



Dans la présente étude nous traitons l'effet du transport solide dans l'oued Chellif sur l'envasement du barrage de Boughzoul. Afin de maintenir la capacité du lac de Boughzoul à son état initial (1934), les services d'hydraulique ont projeté le dévasement de la retenue et la surélévation de la digue initiale pour retrouver sa capacité de 55 millions de m<sup>3</sup>. A notre avis, ces deux options sont insuffisantes pour réduire l'envasement du barrage de Boughzoul. Des études plus poussées doivent être menées pour tenter de comprendre le mécanisme de l'envasement et de solutionner le problème.

## Chapitre 1

### ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE DE L'ENVASEMENT DES BARRAGES

#### Introduction

L'Algérie dispose actuellement 68 barrages en exploitation totalisant de  $7.4 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ , (ANBT 2011), le taux d'envasement annuel est évalué à  $32 \text{ Mm}^3$ .

Dans les zone semi-aride, voir aride caractérisée par des précipitations rares et très irrégulières mais souvent agressives, les facteurs climatiques ont un rôle considérable sur les pertes en terre des bassins versant du Maghreb.

Dans plusieurs pays du monde, l'érosion, le transport des sédiments dans le réseau hydrographique des bassins versants et leur dépôt dans les retenues des barrages pose aux exploitants des problèmes délicats dont la résolution est très onéreuse.

#### 1.1 Sédimentation des barrages dans le Maghreb

Les pays du Maghreb comme l'Algérie, le Maroc et la Tunisie se caractérisent par la rareté des ressources en eau, rejoignant ainsi l'ensemble des pays arides et semi-arides le potentiel des eaux mobilisées par 217 barrages n'excède pas  $24.9 \cdot 10^9 \text{ m}^3$  répartis selon le tableau (1.1) :

*Tableau (1.1) : Capacité totale des barrages des pays du Maghreb (Source, ANBT 2011)*

Pays	Nombre de barrages	Capacité ( $10^9 \text{ m}^3$ )
Algérie	68	7.4
Maroc	119	14
Tunisie	30	3.5



Or ces pays font partie d'une zone montagneuse (telliennne), caractérisée par un climat agressif avec alternance d'années sèches et humides, et des pluies d'automne intenses et dévastatrices pour les sols, d'autant plus qu'elles surviennent à une période où la couverture végétale est réduite ou inexistante et les sols ameublissent par les labours. La conséquence est que d'une part les crues d'automne, violentes et brutales, sont la cause d'une forte ablation, et que d'autre part, le taux d'érosion dans les bassins versants est important (Remini B, 2006).

C'est donc une quantité élevée de matériaux solides qui est transportée annuellement par les cours d'eau jusqu'aux réservoirs des barrages. Or ces trois pays se sont dotés d'une infrastructure hydraulique dont dépend, dans une large mesure, leur développement économique, et qui se trouve ainsi menacée par le phénomène de l'envasement. Au moins  $130.10^6$  m<sup>3</sup> de sédiments se déposent chaque année dans les retenues, entraînant une diminution des disponibilités en eau potable et pour l'irrigation. Au total, l'envasement moyen annuel dans les pays du Maghreb (Tableau (1.2)) est estimé comme suit

**Tableau (1.2) Taux d'envasement annuel dans les pays du Maghreb (Remini B, 2006).**

Pays	Envasement moyen annuel (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /an)	Taux d'envasement annuel(%)
Maroc	50	0.5
Algérie	32	0.5
Tunisie	30	1.0

Le tableau (1.3) permet de se faire une idée sur l'importance de l'envasement qui affecte l'ensemble des retenues des barrages.

*Tableau (1.3) Envasement moyen annuel des barrages du Maghreb (Remini B, 2006).*

Barrages	Pays	Année de mise en eau	Capacité initiale ( $10^6\text{m}^3$ )	Surface de bassin versant ( $\text{km}^2$ )	Envasement moyen/an ( $10^6\text{m}^3/\text{an}$ )
Al Massira	Maroc	1979	2724	28500	9
Bin el ouidane	Maroc	1953	1484	3680	3.3
El Makhabine	Maroc	1979	789	1820	1.8
Mohamed V	Maroc	1967	725	49920	14.5
Hassan Eddak	Maroc	1971		369	1.1

Ghrib	Algérie	1939		280	3.20
Ighil Emda	Algérie	1953	154.8	652	1.60
Foum El Gherza	Algérie	1950	47	1280	0.80
K'sob	Algérie	1940	11.6	1310	0.30
Bouhanifia	Algérie	1944	73	7000	0.78
Zeroud Saad	Tunisie	1982	131	8650	1.163
Sidi Salem	Tunisie	1981	555	17730	5.62
Nebhana	Tunisie	1965	86.4	855	1.64
Bir M'cherga	Tunisie	1971	53	1398	0.3875

---

Lakhmess	Tunisie	1966	8	131	0.037
----------	---------	------	---	-----	-------

## 1.2. Processus de l'envasement des barrages

### 1.2.1. Erosion

#### 1.2.1.1. Principaux types d'érosion

Il existe différents types d'érosion dont les principaux sont :

**a. L'érosion glaciaire :** Les mouvements des glaciers provoquent une action morphogénique. Ils entraînent et évacuent des débris, ils sculptent, incisent, façonnent les substrats sur lesquels ils se déplacent et créent des modelés spécifiques par abrasion, arrachement de débris et accumulation de dépôts. Simultanément, un glacier en mouvement transporte, érode, dépose les produits entraînés.

Les glaciers sont capables d'entraîner dans leur mouvement tous les objets qui tombent à leur surface. Les débris proviennent des pentes rocheuses supra glaciaires. Ce sont des débris d'origine périglaciaire, qui se détachent des parois déneigées en été ou de celles trop raides pour que la neige s'y accumule. Aux débris périglaciaires s'ajoutent les débris produits par les glaciers, débris en provenance du lit glaciaire, qui prouvent l'action érosive des glaciers simultanément à leur action d'entraînement de ces débris.

**b. L'érosion éolienne :** La capacité érosive du vent se limite aux particules fines : argile, limon, sable, cendre, poussières. Les sables grossiers (0,5 mm à 1 mm) sont déplacés par roulage. Les sables moyens (0,1 mm à 0,5 mm) effectuent des bonds successifs jusqu'à 2 m de hauteur (saltation). Les particules inférieures à 0,08 mm sont emportées en suspension. Le vent agit là où la végétation est discontinue et les climats secs. La rareté de la matière organique et la dessiccation privent les formations détritiques de liant et de cohésion. Dans les épaisses couches de sable, le vent modèle et remanie sur place des ensembles de dunes. Les formes variées des dunes et de leur assemblage dépendent de la direction des vents dominants (Lefkir A, 2009).



**c. Érosion marine :** L'érosion marine s'exerce principalement sur les littoraux par l'action des vagues qui sont de puissants agents de destruction. Le déferlement roule le sable en un mouvement de va-et-vient incessant, qui use les estrans rocheux. Les tempêtes projettent les sédiments vers le haut de plage sur les côtes basses. Sur les côtes rocheuses les vagues exercent de véritables coups de bélier accompagnés des rafales de mitraille des pierres. Le sapement de la base des falaises vives et les fissures par appel au vide à la partie supérieure soumise aussi aux agents météoriques provoquent des écroulements de morceaux entiers et le recul de ces falaises, laissant devant elles une plate-forme d'abrasion marine.

**d. Érosion anthropique :** À l'état naturel, le sol est le plus souvent protégé par le couvert végétal. Les végétaux et leurs racines retiennent le sol, le protégeant à la fois du ruissellement et du vent. L'agriculture, l'extension des zones urbaines, le développement industriel et la construction de routes portent atteinte aux modelés, aux formations superficielles et aux sols. Dans les milieux fragiles, le surpâturage peut à terme transformer des terres de parcours en désert, tout comme l'extension des cultures peut avoir des conséquences désastreuses.

**e. Érosion hydrique :** L'érosion par les eaux courantes s'exerce sur les versants et dans le lit des cours d'eau. Les filets de ruissellement entraînent et poussent de minuscules particules ; ils sont déviés par les moindres obstacles, se divisent en bras et rejoignent d'autres films d'eau. À l'issue de plusieurs précipitations importantes, les filets balayent successivement toutes les portions du versant, enlevant à la longue une fine tranche de matériaux meubles. Cette érosion qui s'exerce sur l'ensemble d'une surface est appelée érosion aréolaire. L'érosion aréolaire et le ravinement des versants sont prépondérants dans les régions semi-arides et celles où le couvert végétal a été fortement dégradé.

## **1.2.1.2 L'érosion hydrique**

### **1.2.1.2.1. Définition**

D'une manière générale, l'érosion des sols correspond au détachement et au transport des particules de sol, par différents agents (gravité, eau, vent, glace), de leur emplacement d'origine à un endroit de "dépôt" à l'aval. Dans tous les cas, ces mouvements de sol sont des processus discontinus à fortes variations spatio-temporelles, difficiles à décrire sous forme d'équations mathématiques. Nous, nous intéressons dans cette étude plus particulièrement à l'érosion

hydrique, qui est un phénomène largement répandu et dont les conséquences peuvent entraîner des pertes de terre irréversibles et une diminution des capacités de stockage des barrages.

L'érosion hydrique constitue en Algérie un phénomène très grave qui affecte durement le patrimoine foncier. Elle touche 45% des zones telliennes soit 12 millions d'hectares cultivables.

Ce phénomène devient encore plus grave si l'on sait que 85% des surfaces cultivables, sont situées dans les zones les plus sensibles à l'érosion (Chibanni, R. et al.1999).

Les deux agents principaux de l'érosion hydrique sont les précipitations et le ruissellement superficiel. Toutefois un grand nombre de facteurs (intensité et agressivité des précipitations, caractéristiques du sol, pentes et longueur de pente, le couvert végétal et l'état hydrique initial) et de mécanismes affectent la relation "chute de pluie – ruissellement- entraînement des terres.

#### **1.2.1.2.2. Formes de manifestation de l'érosion hydrique**

Les processus d'arrachement et de transit de particules solides sont différents selon qu'on envisage les structures surfaciques ou les structures linéaires. Ceci nous amène à distinguer deux types d'érosion : l'érosion aréolaire et l'érosion linéaire, (Bessenasse M, 2004).

##### **1.2.2.2.1 Erosion aréolaire**

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 se produit sur la totalité d'un versant. L'analyse des processus qui contrôlent ce type d'érosion nous permet de distinguer les forces érosives, d'autant plus importantes que la pente et la longueur de pente sont grandes, que le taux d'humidité du sol est élevé et que l'intensité de la pluie est forte, des forces résistantes à l'érosion, essentiellement liées à la texture du sol et au couvert végétal. L'équilibre de ces forces est influencé par les pratiques culturales et par l'occupation du sol, (Bessenasse M, 2004).

Ce type d'érosion entraîne des conséquences morphologiques fâcheuses suite à un décapage de l'horizon superficiel diminuant insidieusement sa réserve en éléments fertilisante et un entraînement préférentiel des particules les plus fines de la matière organique et du carbonate de calcium. Ce type d'érosion peut se manifester sous différentes formes

#### **a. 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. Quantitativement, l'érosion en nappe est très modeste.

Ce type d'érosion entraîne des conséquences morphologiques et pédologiques fâcheuses suite à un décapage de l'horizon superficiel diminuant insidieusement sa réserve en éléments fertilisants et un entraînement préférentiel des particules les plus fines, de la matière organique et du carbonate de calcium, (Bessenasse M, 2004).

### **b. Erosion en rigole**

Elle se produit lorsque l'écoulement d'eau se concentre et choisit son passage. Dès qu'une griffe s'établit, l'eau de ruissellement tend à se réunir, et plus elle se creuse plus il y a appel d'eau dans la rigole. Ainsi le phénomène de creusement s'accélère de lui-même. De point de vue quantitatif, ce type d'érosion reste dans les mêmes proportions que l'érosion en nappe, (Issam Z, 2008).

L'érosion aréolaire est la réponse de mécanismes complexes où les facteurs de production et de transfert sont intimement liés. Elle dépend des caractéristiques des pluies, mais aussi des caractéristiques du sol et de la surface.

#### **1.2.2.2. Erosion linéaire**

Cette forme d'érosion apparaît dans les dépressions naturelles, c'est-à-dire l'intersection de deux plans de versant, et se propage jusqu'au fond des vallées à travers le réseau hydrographique. Cette érosion contrôle l'évolution de tous les chenaux qu'elle rencontre et assure la continuité du transfert des sédiments produits dans tout le bassin versant jusqu'à la mer. L'écoulement liquide est concentré dans le lit des talwegs et persiste même après l'arrêt de la pluie. Les paramètres hydrauliques (vitesse et tirant d'eau) de cet écoulement sont définis grâce aux lois de frottement, à partir de la valeur du débit liquide, de sa concentration en éléments fins, des caractéristiques géométriques du lit et des caractéristiques granulométriques des matériaux en place.

#### **1.2.2.3. Impact de l'érosion sur l'environnement**

L'érosion du sol est une forme de dégradation au même titre que la compaction, la réduction des taux en matière organique, la détérioration de la structure du sol, le drainage souterrain insuffisant, la salinisation et l'acidification du sol. Toutes ces formes de dégradation, sérieuses en elles-mêmes, accélèrent l'érosion du sol, (Lefkir A, 2009).

### **1.2.2.3.1. Perte de sol arable**

L'érosion peut être un processus lent et insoupçonné, ou encore prendre des proportions alarmantes, entraînant une perte énorme de sol arable. Le lessivage de la terre arable peut résulter en une réduction du potentiel de production, en une réduction de la qualité de l'eau de surface en encrassement des réseaux de drainage.

### **1.2.2.3.2 Envasement des barrages**

Les retenues créées par des barrages sur les cours d'eau naturels sont toutes confrontées au problème de l'alluvionnement. Si la rétention de grandes quantités d'eau lors des crues à un effet protecteur sur les régions sises à l'aval, les matériaux solides déposés dans les retenues peuvent en revanche porter préjudice aux ouvrages annexes, et réduire le cas échéant de manière significative la capacité d'accumulation d'eau. La quantité de sédiments déposés dans les barrages algériens était évaluée à  $560 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  en 1995 soit un taux de comblement de 12.5%. L'envasement présente aussi un grand risque pour la stabilité de l'ouvrage par l'effet qui peut être provoqué par la poussée de la vase dont la valeur progresse au carré de la hauteur (Remini B, 1999). Un autre danger présenté par l'envasement est celui du non fonctionnement de quelques organes annexes aux barrages tels que : le vidange de fond, les canaux d'irrigation.

## **1.2.2. Transport solide**

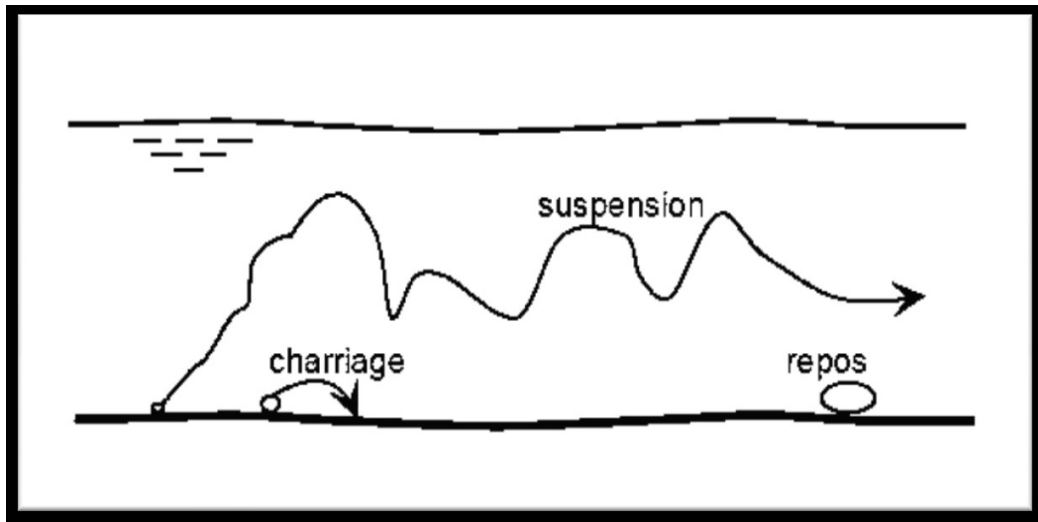
### **1.2.2.1. Définition**

Une fois ce matériau solide arrivé dans les cours d'eau, il sera transporté par la force du courant, (Remini B, 2003).

Le transport solide est par définition la quantité de sédiment transportée par un cours d'eau, il constitue la seconde phase de l'érosion. Il existe différents modes de transport solide dans les cours d'eau, ils dépendent essentiellement de la morphologie de cours d'eau et des terrains traversés. On définit deux modes de transport des sédiments : la suspension et le charriage.

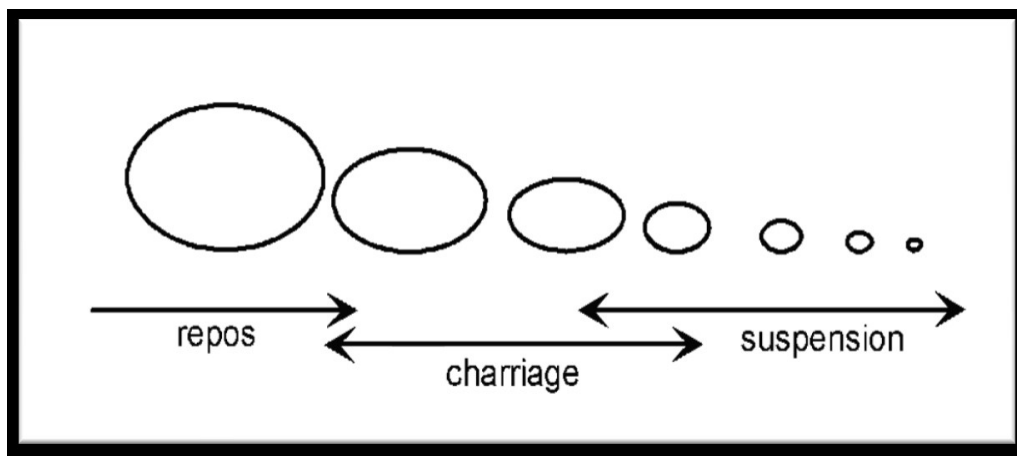
(Fig 1.1)





*Fig 1.1 Mode de transport solide en hydraulique fluviale (Degoutte G, 2005).*

La répartition entre ces deux types du mécanisme dépend essentiellement de la dimension des matériaux rapportés à la vitesse de l'eau et à la turbulence de l'écoulement. En tout point d'une rivière, l'alimentation en débit solide est définie par les caractéristiques de son bassin versant.



*Fig 1.2 Mode de transport des sédiments selon leur taille (Degoutte G, 2005).*

- *Les eaux des cours d'eau transportant les sédiments sous deux formes*

### 1.2.2.2. Transport solide par charriage

Le charriage désigne le transport sur le fond d'éléments non cohésifs. Les particules se déplacent par un mouvement de roulement ou de glissement au voisinage immédiat du fond du cours d'eau concerné, ou encore par saltation, c'est-à-dire de succession des petits sautes au cours desquels les particules quittent le lit durant de courtes périodes. Le transport solide par charriage concerne

plutôt les particules grossières, typiquement de diamètre supérieur à 0,5 mm. Les particules plus fines, donc plus légères sont transportées par suspension (Degoutte G, 2005).

### **1.2.2.3. Transport solide en suspension**

Le transport par suspension est le deuxième type du transport dans un cours d'eau. La charge en suspension constituée de matériaux dont la taille et la densité leur permet dans des conditions d'écoulement déterminées de se déplacer sans toucher le fond du lit. Il concerne les matériaux fins, argiles et colloïdes et quelquefois de silts.

Ces éléments fins sont maintenus en suspension par la turbulence et la quantité de ces matériaux, qui proviennent de l'érosion des bassins versants, due au ruissellement des eaux de pluie (Degoutte G, 2005).

### **1.2.3. Résultante piégeage des sédiments dans la retenue**

Arrivées dans les retenues, les particules solides seront piégées dans les eaux calmes de ces dernières, se tassant et se consolidant, diminuant ainsi progressivement leur capacité de stockage en eau.

L'envasement est défini comme étant l'accumulation successive des sédiments transportés par les cours d'eaux dans la retenue. L'organigramme suivant donne les étapes du processus de l'envasement des retenues.

### **1.2.4. Dépôt et tassement des sédiments**

Les sédiments apportés en suspension par les cours d'eau sont susceptibles de se déposer plus ou moins dans les eaux de la retenue. Ils peuvent, soit décanter et y être piégés, soit simplement y transiter en suspension avant être évacués selon les conditions d'écoulement de la retenue.

### **1.2.5. Tassement et consolidation des vases**

Décantés par gravité sur les fonds, les sédiments formeront des dépôts qui pourront subir des tassements et des consolidations au cours du temps.

Le tassement des vases complètement saturées peut être subdivisé en deux processus

**a. Sédimentation** : lorsque les particules élémentaires de la vase ne forment un réseau continu tridimensionnel qu'à l'échelle de la dimension des flocons. Dans ce cas, la vase est en état de suspension.

**b. Consolidation :** lorsque les particules élémentaires de la vase forment un réseau continu tridimensionnel. Dans ce cas, la vase est caractérisée par la présence des contraintes effectives, une partie des contraintes est transmise grain à grain et donc, la vase est en état de dépôt.

### 1.2.6 Tassement des sédiments grossiers

Les sédiments non cohésifs une fois déposés sur les fonds ne se tassent pratiquement pas sous leur propre poids mais peuvent subir une « mise en place » avec une imbrication entre eux, leur permettant d'avoir une portance et de mieux résister aux actions hydrodynamiques. Des sols constitués par de tels matériaux grossiers (galets, graviers et sables) sont pratiquement stables dans le temps. Leur indice des vides et leur masse spécifique dépendent du type de sable.

## 1.3 Distribution des sédiments dans les retenues des barrages

La capacité utile d'un réservoir diminue au cours du temps suite aux dépôts successifs des sédiments sur le fond de la retenue, mais la question qui se pose, c'est de quelle manière ces particules solides se sont réparties et distribuées dans l'ensemble de la retenue, surtout lorsqu'on sait que ce phénomène complexe dépend de certains paramètres tels que

- La forme géométrique de la retenue : petite, grande...
- La pente du fond de la retenue,
- La profondeur de la retenue,
- L'apport solide de la retenue.

Les dépôts des sédiments dans un réservoir sont ainsi composés: la quantité volumineuse, qui est portée près du lit, se dépose à l'entrée du réservoir ; la matière en suspension est transportée plus loin et se dépose d'une manière plus ou moins uniforme sur tout le réservoir.

On distingue deux types de distribution des sédiments

- Distribution des sédiments par courants de densité.
- Distribution des sédiments par envasement des sédiments grossiers et décantation des particules fines.

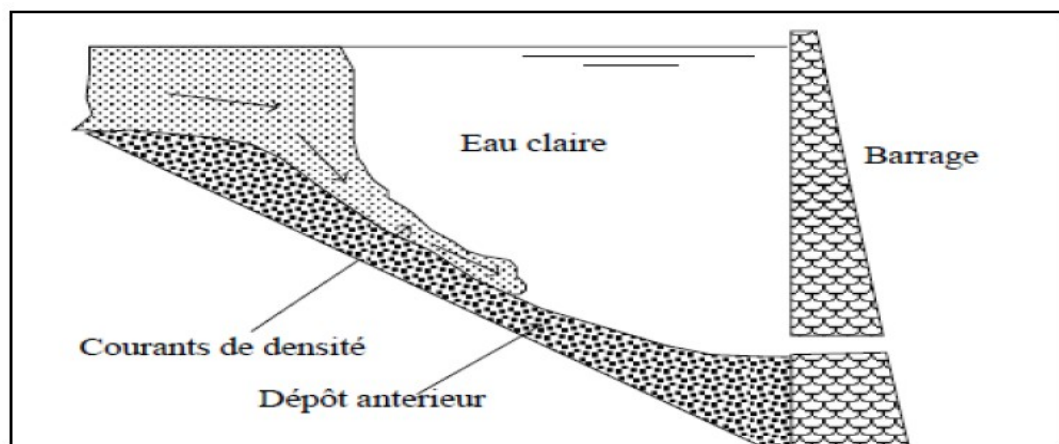
### 1.3.1 Distribution des sédiments par courants de densité

Les courants de densité appelés parfois courants de gravité, sont des phénomènes qui se créent naturellement ou artificiellement. Les courants de densité se propagent au fond des retenues et peuvent parcourir plusieurs kilomètres, (Fig 1.3).

Une fois la crue arrivée au niveau des eaux calmes du réservoir, les matériaux grossiers se déposent dans la zone de remous en formant un « delta » en queue de la retenue. Les particules fines sont piégées dans la retenue et commencent à se déposer, se tasser, et à se consolider diminuant ainsi progressivement leur capacité de stockage en eau (Remini B, 2003).

La formulation des courants de densité dans une retenue est conditionnée par deux paramètres

- Apport solide important (concentration élevée) dans la retenue.
- Ecoulement torrentiel à l'entrée de la retenue, c'est-à-dire que le courant principal présente une forte pente.

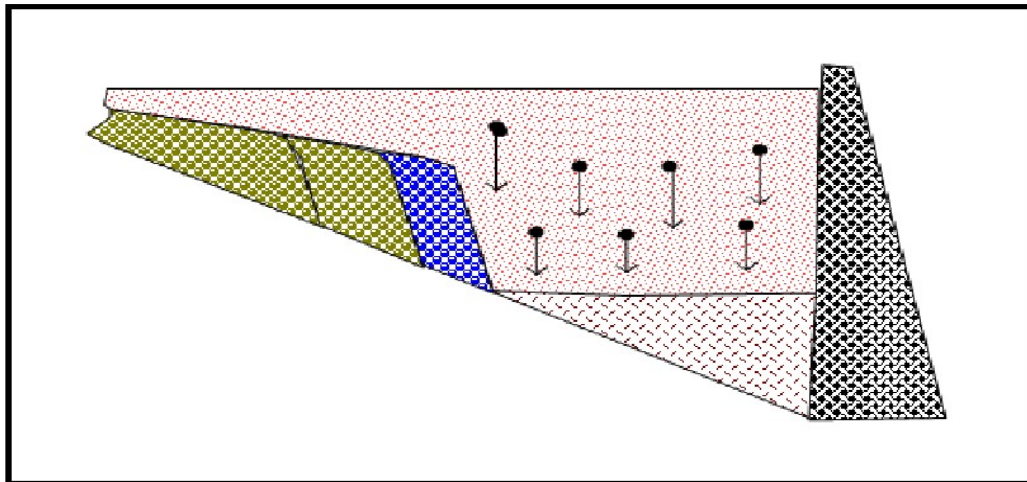


*Fig 1.3 : Propagation du courant de densité (Remini B,2003).*

### **1.3.2. Distribution des sédiments par l'envasement des sédiments grossiers et décantation des particules fines**

Si le cours d'eau est de faible pente, il draine un apport solide de faible concentration et débouche dans une retenue de type « Lac » (cet élargissement brusque des vallées représente une zone de dépôt et de disparition des courants de densité). Dans ce cas la distribution des sédiments se fait par décantation des particules fines (Fig1.4), dans tous les endroits de la retenue et par charriage des particules grossières dans la partie amont du réservoir.





*Fig 1.4 décantation des particules fines (Remini B, 2009).*

## 1.4 Alluvionnement des retenues

### 1.4.1. Généralité

#### a. Modification artificielle

Laissées à leurs cours naturels, les rivières transportent progressivement jusqu' à la mer des quantités importantes de sédiments arrachés aux versants par ruissellement des eaux de pluie. En aménageant ces cours d'eau par la construction des barrages on modifie le transit naturel de ces sédiments qu'on piège dans les eaux calmes des retenues qu'elles comblent progressivement avec le temps. À long terme, cela pose de graves problèmes pour le maintien et la préservation du potentiel hydraulique mobilisé à un prix de revient élevé (Remini B. 2003).

#### b. Apports solides aux retenues

Les sédiments des cours d'eau sont transportés sous forme de charriage et en suspension.

À l'entrée d'une retenue, le transport de ces derniers diminue par suite de la chute brutale de la vitesse du cours d'eau ; les plus grossiers s'y déposent immédiatement, quant aux éléments fins, plus légers, ils continuent leur trajet en suspension jusqu'à se déposer en eaux mortes où ils se décantent lentement. Cette décantation s'effectue là où en général les vitesses deviennent nulles, soit dans les sections mouillées les plus larges au pied amont du barrage (Remini B, (2003).

### 1.4.2. Les facteurs influencent sur l'alluvionnement des retenues

**a. Influence de la topographie de la retenue**

La topographie de la retenue modifie l'envasement en modifiant les conditions de l'écoulement des courants. À Cet effet est peu étudié et difficile à quantifier, mais déterminant pour la localisation des dépôts, tels que

- Une forme tortueuse de la retenue pousse les sédiments vers l'amont.
- Un élargissement des vallées est le siège de dépôt et de disparition des courants de densités.
- Les méandres créent des zones d'eaux calmes qui favorisent les dépôts.

**b. Influence du taux de renouvellement de la retenue** Le taux de renouvellement de la retenue (rapport : capacité/apport liquide annuel) à une grande importance pour le mécanisme de l'envasement ; il détermine le pourcentage des sédiments entrants dans la retenues et piégé, (Remini B, 2003).

**c. Influence du mode d'exploitation du réservoir**

Un marnage important peut avoir deux effets

- D'une part, la remise en mouvement de sédiment dans la partie découverte de la retenue, où la rivière va en général retrouver son lit d'origine et creuser son chenal parmi les sédiments précédemment déposés, de plus des talus glissent du fait de l'érosion progressive due au rétablissement du cours d'eau.
- D'autre part, dans la partie de la retenue restant immergée, la baisse des pressions interstitielles provoque des ruptures d'équilibre des sédiments déposés qui peuvent se manifester par des coulées boueuses ou des glissements de talus selon leur état de consolidation (Remini B, 2003).

Ainsi, l'exploitation de la retenue à un niveau bas déplace l'alluvionnement vers l'aval. Ceci explique que dans la pratique on n'observe pas toujours un classement granulométrique régulier en fonction de la distance du barrage.

**d. Influence de la présence d'affluents**

Des affluents se jetant dans la retenue perturbent le mécanisme classique de l'envasement, surtout s'ils sont eux mêmes chargés en sédiments (Remini B, 2003).

**e. Influence de la présence de végétation :**

La végétation existant au fond de la retenue peut retenir une grande partie des sédiments et empêche probablement le maintien de tout courant de densité, en raison de la rugosité ainsi créée. De plus elle accélère la consolidation des argiles par le drainage naturel.

**1.5. Effet de l'alluvionnement des retenues**

Les principaux facteurs dont dépend l'alluvionnement des retenues, à savoir; les apports solide, le temps de rétention de ces apports, la densité des dépôts, le volume des sédiments déposés réduisent la capacité du stockage disponible et affectent la durée de vie de la retenue. Ce qui

Aussi, ce problème a des effets appréciables sur la rentabilité des schémas d'aménagement proposés. En effet, des eaux très chargées en matériaux solides compromettent le bon fonctionnement des prises d'eau, des réseaux d'irrigation, des ouvrages hydroélectriques... Ainsi, le phénomène d'envasement des retenues est sans aucun doute, la conséquence la plus dramatique de l'érosion des bassins versants et c'est aussi la cause principale de la réduction de la capacité des réservoirs de notre pays, où l'eau, de part son insuffisance et sa mauvaise répartition constitue un facteur limitant de développement économique.

**1.5.6. Maîtrise de l'alluvionnement des retenues**

Parmi les procédés de lutte contre l'alluvionnement des réservoirs sont schématiquement préconisés par deux aspects : Prévention et dévasement. Le premier aspect consiste à empêcher l'arrivée de sédiments dans la retenue, il s'agit d'agir à la source même du débit, en diminuant l'action du ruissellement par le reboisement du bassin versant et la plantation de banquettes.

Le second aspect utilisé est d'une part, l'évacuation des sédiments par vidange de fond et l'emploi des courants de densité par soutirage sélectif, et d'autre part le dévasement par moyen mécanique. Ce dernier est plus fréquemment utilisé, notamment lorsque les consignes d'exploitation interdisent toute perte d'eau ; son application à un type de barrage déterminé nécessite une connaissance approfondie du comportement des sédiments fins dans le mécanisme de l'envasement. Ce dernier reste en fait l'une des études les plus complexes en raison de la

multiplicité des types de retenues et les principaux facteurs qui peuvent influencer sur l'envasement (Remini B, 1997).

### **1.7 Méthodes d'évaluation de l'envasement**

Les diverses méthodes directes utilisées en vue de déterminer l'envasement des retenues de barrages sont (Chellali R, 2008)

- Méthode Bathymétrique
- Méthode turbidimétrique
- Méthode stéréophotogrammétrique
- Méthode de vidange et de remplissage
- Utilisation des courbes de dégradation du sol en fonction des surfaces des bassins versants.

#### **a. Procède bathymétrique**

Les mesures directes de profondeurs donnent des résultats très précis mais, au-delà d'une dizaine de mètres de hauteur d'eau leur exécution devient laborieuse. Aussi a-t-on recours aux mesures indirectes que permettent les bathymètres.

#### **b. Méthode turbidimétrique**

Durant chaque crue, à chaque instant, on mesure la hauteur d'eau à la station, à laquelle correspond un débit instantané (déterminé à partir de la courbe d'étalonnage). La concentration à cet instant est mesurée par double pesée au laboratoire. En multipliant cette concentration par le débit liquide instantané, on obtient le débit massique solide instantané. Et durant toute la crue, on trace le turbidigramme dont le planimétrage donne les masses solides transitées toute l'année, durant toutes les crues.

#### **c. Méthode stéréophotogrammétrie**

L'un des procédés actuels les plus précis pour établir les données de base est la stéréophotographie aérienne, complétée au sol par un travail de triangulation et de stéréopréparation topographique. L'erreur commise par ce procédé dans l'évaluation des coordonnées des points particuliers est de l'ordre de 0.10m. Une telle précision nous a permis d'utiliser cette



technique pour déterminer et mesurer l'envasement des retenues par répétition de photographies semblables à des intervalles de temps suffisants, de l'ordre de cinq ans. Cette méthode est particulièrement utilisée en période de sécheresse quand la retenue est à niveau bas.

#### **d. Méthode de vidange et remplissage**

La vidange d'un barrage, rend compte de la quantité de vase présente dans la retenue. En effet l'eau stockée dans la retenue à une date déterminée correspondant au volume utile donné par la cote normale, et en l'absence de tout apport peut être mesurée de différentes façons (échelle limnimétrique, vanne de vidange) une fois déduite du volume utile correspondant à la cote normale depuis la mise en service du barrage, on aura le volume de vase recherché.

En général, cette méthode est utilisée pour les retenues ayant une faible capacité.

#### **e. Extrapolation de la courbe de la dégradation**

Cette méthode a été largement utilisée par les ingénieurs conseils afin d'estimer le taux d'envasement et pouvoir prévoir le volume nécessaire à la tranche morte. Elle permet d'apprécier le taux de dégradation à partir des courbes de dégradation élaborées sur la base de données cartographiques à l'échelle régionale.

### **1.8 Conclusion**

Le phénomène de l'envasement des barrages est l'une des conséquences de l'érosion des bassins versants. Une quantité considérable des sédiments est piégée chaque année dans les réservoirs réduisant ainsi leurs durées de vie.

Depuis longtemps, la description qualitative des formes d'incision et des formes d'accumulation a montré l'importance du jeu de l'érosion dans de nombreuses régions du monde, en particulier dans les pays méditerranéens. Une nécessaire quantification devrait être tentée grâce à des méthodes précises et économiques.



## Chapitre 2

# PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

## Introduction

L'objectif de ce chapitre c'est de connaître la situation de la zone d'étude de point de vue géographique, topographique, géologique, climatique, démographique et hydrologie.

La commune de Boughzoul dispose d'un barrage réalisé en 1934. D'autre part, il joue le rôle d'un barrage régulateur, En effet le barrage du Ghrib est protégé contre l'envasement par ce barrage.

Le réseau hydrographique de la zone d'étude est caractérisé par un nombre d'oueds assez important qui constituent le grand bassin versant du Chélif.

Les principaux oueds qui déversent au niveau du lac sont Oued Touil et Oued Nahr Ouassel.

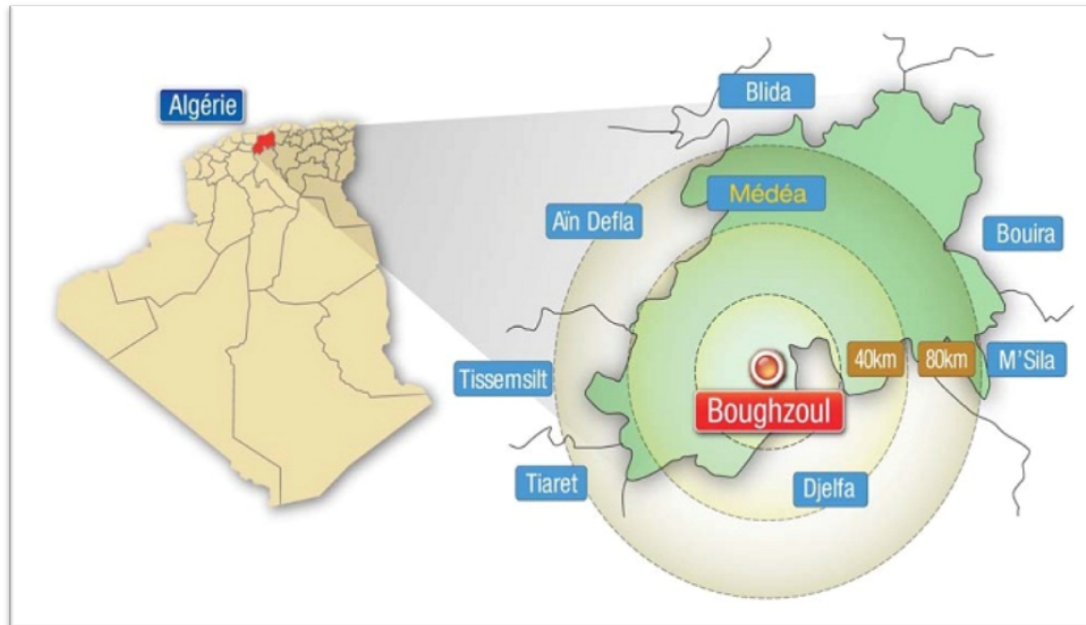
## 2.1. Présentations de la commune de Boughzoul

### 2.1.1. Situation géographique de la commune de Boughzoul (Source Commune de boughzoul)

La commune de Boughzoul relève administrativement de la daïra de Chahbounia, elle est située à environ 80 km au sud de wilaya (Médéa). (Fig 1.1)

Elle s'étend sur une superficie de 44800 ha avec une population de 16500 habitants, administrativement elle est limitée

- Au nord par les communes de Saneg et Oum Djellil
- A l'ouest par les communes de Chahbounia et Aziz
- A l'est et au sud par la wilaya de Djelfa.



*Fig 2.1. Plan de situation de la commune de Boughzoul.*

En raison de l'intersection de ses deux axes de communication stratégiques la RN1 et la RN40, elle représente un carrefour de liaisons nord-sud et est-ouest très important, atout pour lequel, l'intérêt des pouvoirs publics s'est manifesté pour lancer les assises d'une politique de développement et d'échange entre les régions de grande envergure.

Selon le découpage de la wilaya en zones agro-pédologiques, la commune de Boughzoul s'insère dans la zone.

Une surface foncière de 4650 ha est réservée pour la concrétisation du plan d'aménagement urbain de la future ville nouvelle, caractérisé par cinq ensembles urbains agglutinés autour du lac formé par le barrage de Boughzoul dont la capacité est de 55M m<sup>3</sup>, offrant un plan d'eau de 2056 ha. (Fig 2.2)

Le tertiaire supérieur, la recherche scientifique et les technologies avancées, constituent les principaux segments de la vocation de cette ville moderne censée accueillir 350000 habitants d'ici l'an 2025.



Fig 2.2. Le projet de la nouvelle ville de Boughzoul

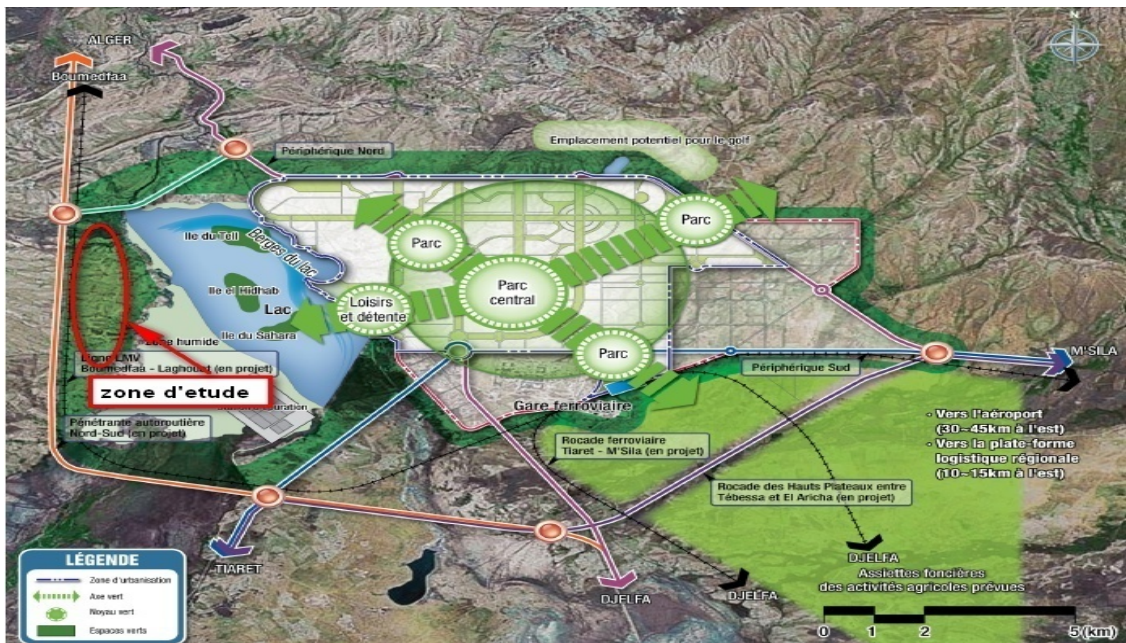


Fig 2.3. Nouvelle ville de Boughzoul (projection en 2D)

## 2.1.2. Climat de la commune

Le climat contrôle la répartition des êtres vivants, Le choix des spéculations culturelles et les besoins en eau des cultures dépendent des facteurs climatiques.

La région de Boughzoul est soumise à un climat continental, subdésertique aride et sec et les barrières montagneuses de l'Atlas Tellien empêchent toute influence méditerranéenne.

Les variations de température sont très importantes, en hiver on observe quelques gelées nocturnes. L'évapotranspiration est importante puisqu'elle est légèrement inférieure à 1500 mm, Les données climatiques de la commune de Boughzoul sont présentées comme suit

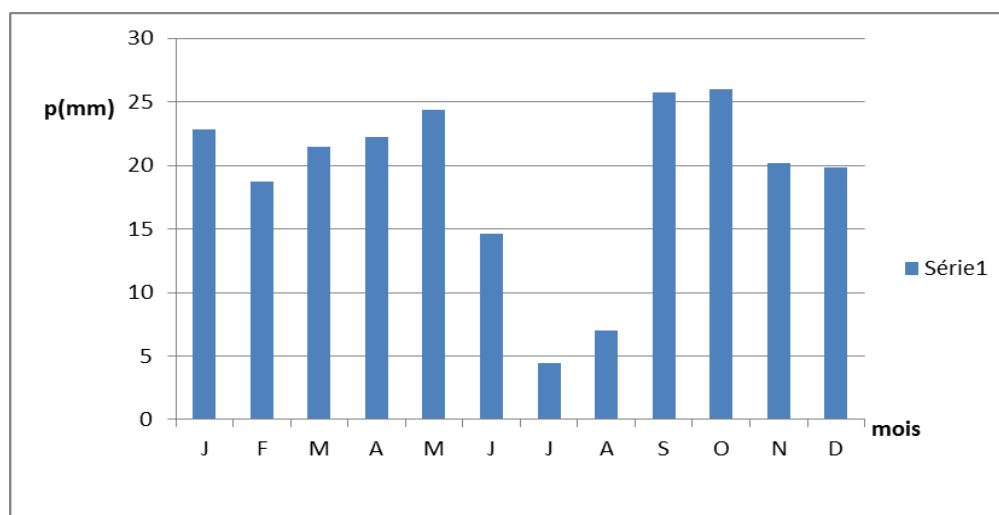
### 2.1.2.1 Pluviométrie

La station choisie pour caractériser la zone d'étude sur le plan climatique est celle de Boughzoul.

La Station se trouve à une altitude de 643m par rapport au niveau de la mer (Tableau 2.1.)

**Tableau 2.1. Précipitations moyennes mensuelles et annuelles (ANRH de Blida)**

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Année (mm)
Boughzoul	22.8	18.7	21.5	22.2	24.4	14.6	4.4	07	25.7	26	20.2	19.8	226.8



**Fig 2.4. Répartition des pluies moyenne mensuelle**



A L'échelle saisonnière, nous enregistrons des précipitations assez importantes par rapport aux précipitations annuelles, de l'ordre de 151 mm et au printemps, nous relevons, une quantité de 84 mm.

### 2.1.2.2 Températures

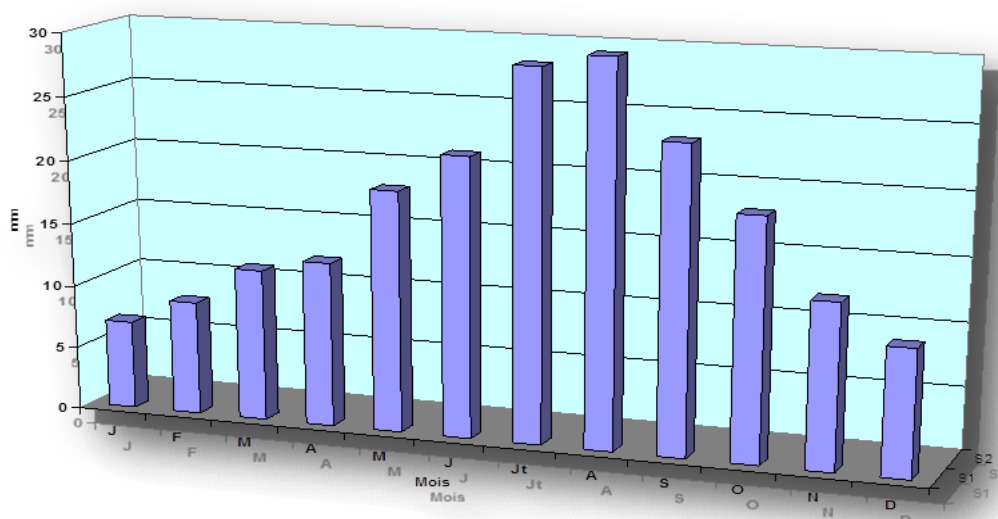
Les données de températures des stations de Boughzoul sont mentionnées dans le tableau suivant (Tableau 2.2)

La moyenne des températures mensuelles donnée a été établie sur une période d'observation de 25 ans.

C'est au cours de la période allant de juillet à Août qu'on obtient le maximum de moyenne mensuelle de température avec 29°C au cours du mois de Juillet et 30°C pendant le mois d'Août.

**Tableau 2.2** *Températures Moyennes mensuelles des minima (m) (ANRH de Blida)*

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année (°c)
Station boughzoul	07	09	12	13	19	22	29	30	24	19	13	10	17



**Fig 2.5.** *Répartition Températures Moyennes mensuelles des minima (m)*

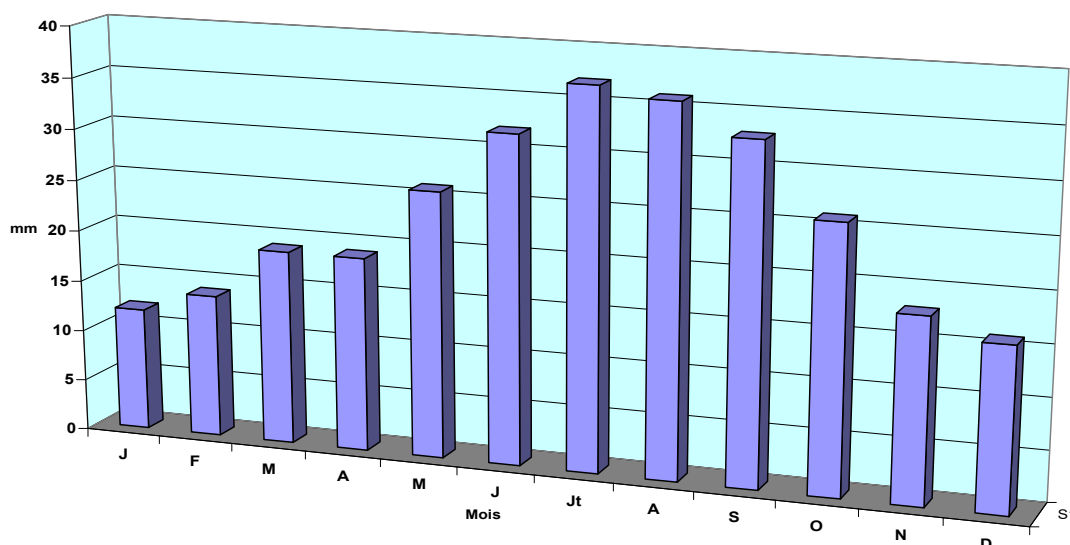
La moyenne des températures donnée par P. Seltzer a été établie sur une période de 25ans. La Moyenne des minima est de 2°C à la station de Boughzoul (Tableau 2.3).

Les risques de brûlure et de dépérissement dus au gel sont inexistants, en effet, durant la période de repos hivernal (novembre à février) où il y a risque de gel, appuyés par les données enregistrées

du tableau ci-dessus montrent que les températures mensuelles des minima durant cette période varient de 7 à 3°C.

**Tableau 2.3 Moyenne mensuelle des maxima (M) (ANRH de Blida)**

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année (°c)
Station boughzoul	12	14	19	19	26	32	37	36	33	26	18	16	24



**Fig 2.6. Répartition Températures Moyennes mensuelles des maxima (m)**

C'est au cours du mois de juillet qu'on obtient le maximum de la moyenne de tous les maxima avec 37°C à la station de Boughzoul.

## 2.2. Présentation du lac et de son bassin versant

### 2.2.1 Le bassin versant du Cheliff – Zahrez

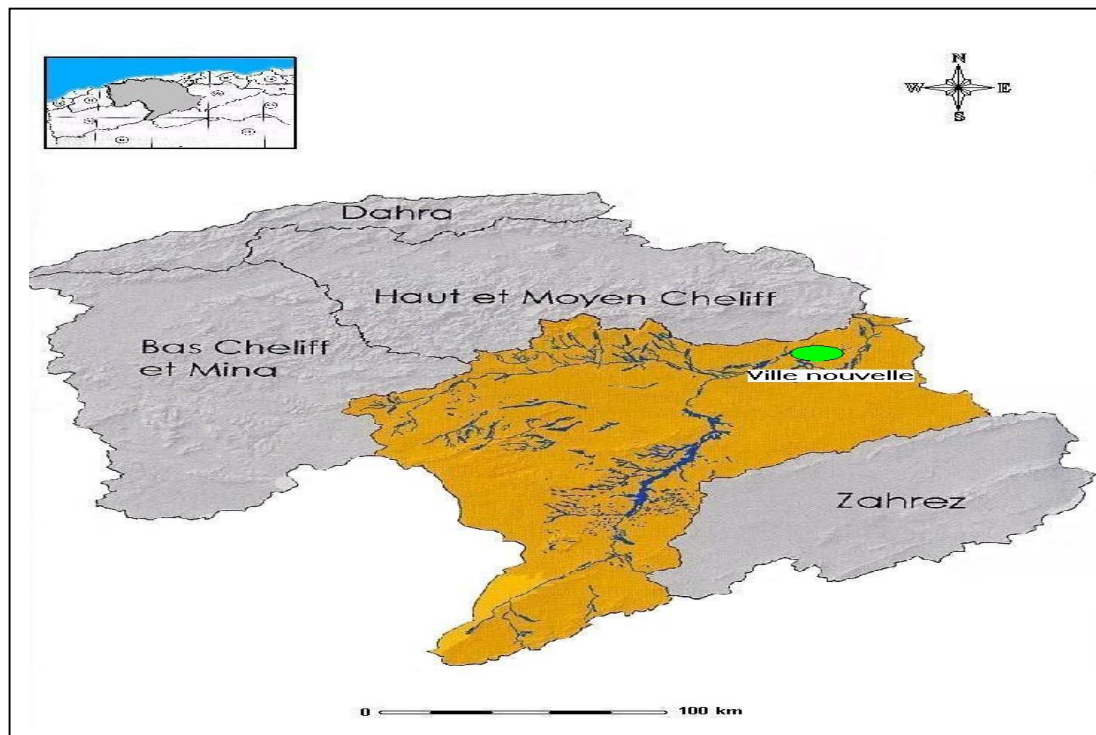
Située au centre ouest de l'Algérie du nord, La région du Cheliff - Zahrez est limitée au nord par la mer Méditerranée, à l'ouest par la région Oranie - Chott - Chergui, au sud par le désert et à l'est par la région de l'Algérois - Chott - Hodna, la région est bordée par deux chaînes principales, l'Atlas tellien au nord et l'Atlas saharien au sud.

Le bassin versant du Cheliff qui s'étend sur 43.750 Km<sup>2</sup>, est le plus vaste bassin hydrographique du nord du pays. Il est compartimenté à son tour en trois bassins versants (Fig .2.7).

- 1- Le bassin du Cheliff - amont du barrage de Boughzoul .
- 2- Le bassin du haut et du moyen Cheliff.
- 3- Le bassin du bas Cheliff et de mina.

**Le haut et moyen Cheliff** s'étend de l'étranglement qui le sépare du sous bassin à l'amont du barrage de Boughzoul jusqu' au seuil de Boukadir, qui le sépare du bassin du bas Cheliff et de la Mina.

**Le bas Cheliff et de Mina** forme une unité hydrographique homogène qui s'étend du seuil de Boukadir qui la sépare du haut et du moyen Cheliff jusqu' aux, de sources de la Mina, affluent principal du Cheliff au sud et du bassin du Côtier Dahra, au nord.



*Fig 2.7 Bassin hydrographique Chellif-Zahrez (A.B.H)*

### 2.2.2 Le réseau hydrographique

L'oued Cheliff (fig 2.8), draine un vaste bassin de 43750 km<sup>2</sup>. Il 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 doit ses caractéristiques à la structure profonde des paysages qu'il traverse. Suite à une sécheresse quasi – continue et une démographie galopante, plusieurs chantiers de barrages se sont ouverts au

niveau de Cheliff pour pallier au manque d'eau et satisfaire une demande en eau de plus en plus croissante.

L'oued Cheliff, sur lequel est construite le barrage de Ghrib et le barrage de Boughzoul, est le plus important et le plus long des fleuves algériens.

Le Cheliff est en la seule cour d'eau Algérien qui prenant sa source dans l'Atlas Sahariens vient se jeter dans la méditerranée. Ce fait actuel résulte de la jonction à une époque récente de deux réseaux hydrographiques distincts.

Il existait vraisemblablement au pliocène et au quaternaire ancien. D'une part un haut Cheliff prenant naissance dans l'atlas saharien et venant se terminer dans la dépression fermée du chott de Messiline et de la daia de boughzoul sur les hautes, d'autre part un bas chellif tellien issu de la région de Ksar El Boukhari se jeter dans la mer. Par érosion régressives ce bas chellif aurait successivement tous les chainons séparant sa tête de la dépression fermée des hautes plaines et aurait progressivement réalisé la capture de cette dernière.

Telle serait brièvement exposée l'histoire du réseau hydrographique de chellif.

Prenant donc sa source dans l'atlas saharien, près d'Aflou, dans les monts du djebel amour, son cours d'eau traverse paresseusement du Sud au Nord les hauts plateaux Algérois que seules les grosses crues du Sud arrivent à franchir à Boughzoul, il reçoit son premier affluent, important de rive gauche, le nahar ouassel, qui draine le sersou et le versant méridional de l'ouarsenis.

Il prend alors le nom de chellif et s'engage dans l'atlas tellien qu'il franchit par une vallée plus ou moins large suivant la nature des terrains rencontrés, jusque' en aval du Ghrib.



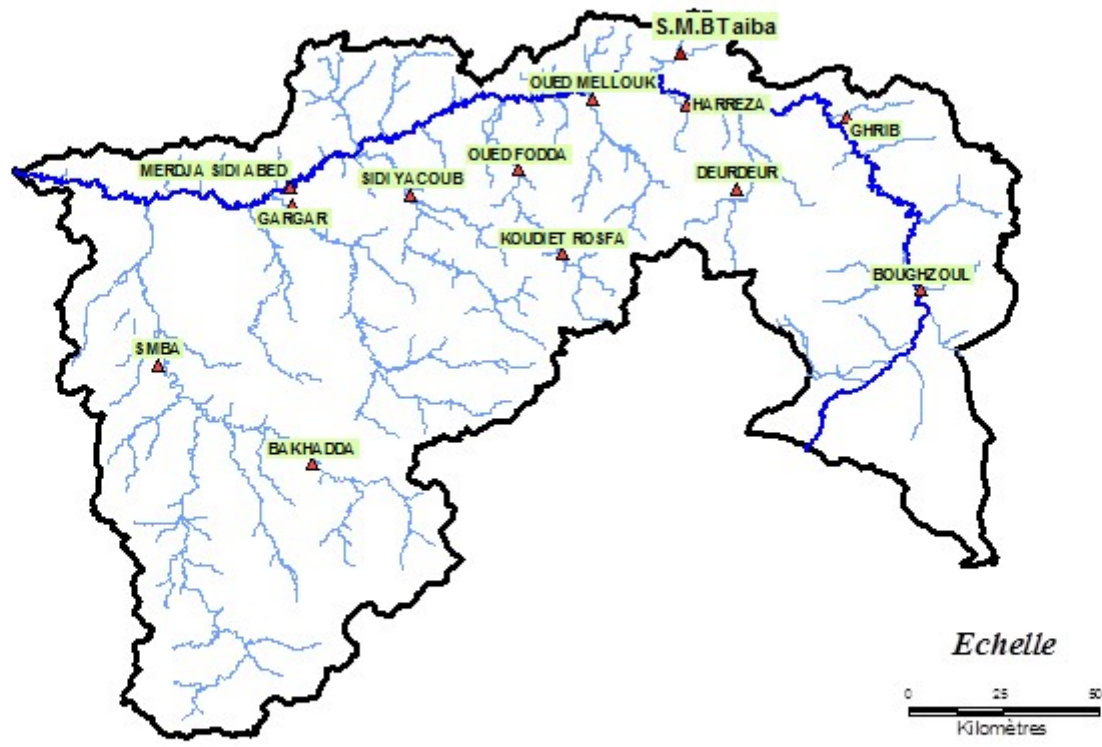
*Feg 2.8. Oued chellif (Nasroun.T, 2012)*



**Tableau 2.4 Caractéristiques des barrages Haut-Moyen et Bas Cheliff (Zaibak I, 2008).**

N°	BARRAGE	WILAYA	OUED	TYPE	ANNEE MISE EAU	CAPACITE INITIALE Mm <sup>3</sup>	CAPACITE DERNIER LEVE Mm <sup>3</sup>	SURFACE B.V Km <sup>2</sup>	APPORT MOY-ANN Mm <sup>3</sup> /AN	ENVAS. ANNUEL Mm <sup>3</sup> /AN	VOLUME REGUL, Mm <sup>3</sup> /AN	DESTINATION
1	OUED-FODDA	CHLEF	FODDA	POIDS	1932	228,00	102,85	800	120	2,66	69	IRR. Périmètre Moyen Cheliff
2	BOUGHZOUL	MEDEA	NAHR-OUSSAL	TERRE	1934	55,00	20,27	20500	82,8	0,66	TRANSF.	Transfert Ghrib
3	GHRIB	AIN-DEFLA	CHLEF	ENR.	1939	280,00	115,32	2800	148,5	3,2	105	A.E.P Médea, Berrouaghia et Alger IRR. Périmètre Haut Cheliff
4	S.M.B.A	RELIZANE	MINA	TERRE	1978	235,00	153,71	4990	120	1	100	A.E.P Relizane IRR. Périmètre Mina
5	DEURDEUR	AIN-DEFLA	M.TIGHZIR	TERRE	1984	115,00	105,12	468	45	0,83	40	A.E.P Tissemsilt IRR. Périmètre Haut Cheliff
6	HARREZA	AIN-DEFLA	HARREZA	TERRE	1984	70,00	76,65	142	30,8	0,28	23	IRR. Périmètre Haut Cheliff
7	MERDJA.S.A	RELIZANE	CHLEF	TERRE	1984	54,90	47,97	11	40	0,59	40	IRR. Périmètre Bas Cheliff
8	GARGAR	RELIZANE	OUED-RHIOU	TERRE	1988	450,00	358,28	2900	185	4,5	120	A.E.P Oran IRR. Relizane
9	OUED MELLOUK	AIN-DEFLA	ROUINA	TERRE	2003	127,00	127				38	AEP ROUINA, BOURACHED, ZEDDINE, EL- MAYENNE IRR. Périmètre DEL- AMRA, ABADIA, et ROUINA
10	HARBIL	MEDEA	HARBIL	POIDS	1988	1,00					TRANSF.	Transfert Bouroumi
11	KOUDIAT ROSFA	TISSEMSILT	OUED FODDA	TERRE	2004	75,00	75				21	AEP de TISSEMSILT
12	S.M. BEN TAIBA	AIN-DEFLA	Oued Abda	TERRE	2005	75,00	75					





*Fig 2.10. Carte de situation des Barrages(A.B.H)*

### 2.3. Le bassin versant chellif amont de Boughzoul

Sur le plan hydrographique le bassin versant chellif amont de Boughzoul est drainé par les deux grands affluents de la région à savoir oued Touil et Nahr Ouassel dont la confluence constitue le point de départ du plus grand oued d'Algérie, le Chellif (759 km) au droit du barrage de Boughzoul, où ce dernier contrôle plus de 40% de la surface versante du grand bassin hydrographique « Le Chellif ».

Sur le plan administratif, (Fig 2.11) le bassin du Chellif amont de Boughzoul, couvre 40 communes de cinq wilayas, totalisant une population de 706740 habitants [1998].

Communément appelé chellif amont de Boughzoul, le bassin versant objet de notre étude, s'étale sur une superficie de 19645 km<sup>2</sup>, caractérisé par de vastes étendues de terres sensiblement planes établissant la jonction des chaînes montagneuses du Tell à l'Atlas saharien par un paysage à dominance steppique où Alfa et Armoise jaillissent de la marne et des argiles tertiaires pour s'imposer majestueusement en dépits des aléas climatiques, pédologiques et anthropiques forts contraignants.

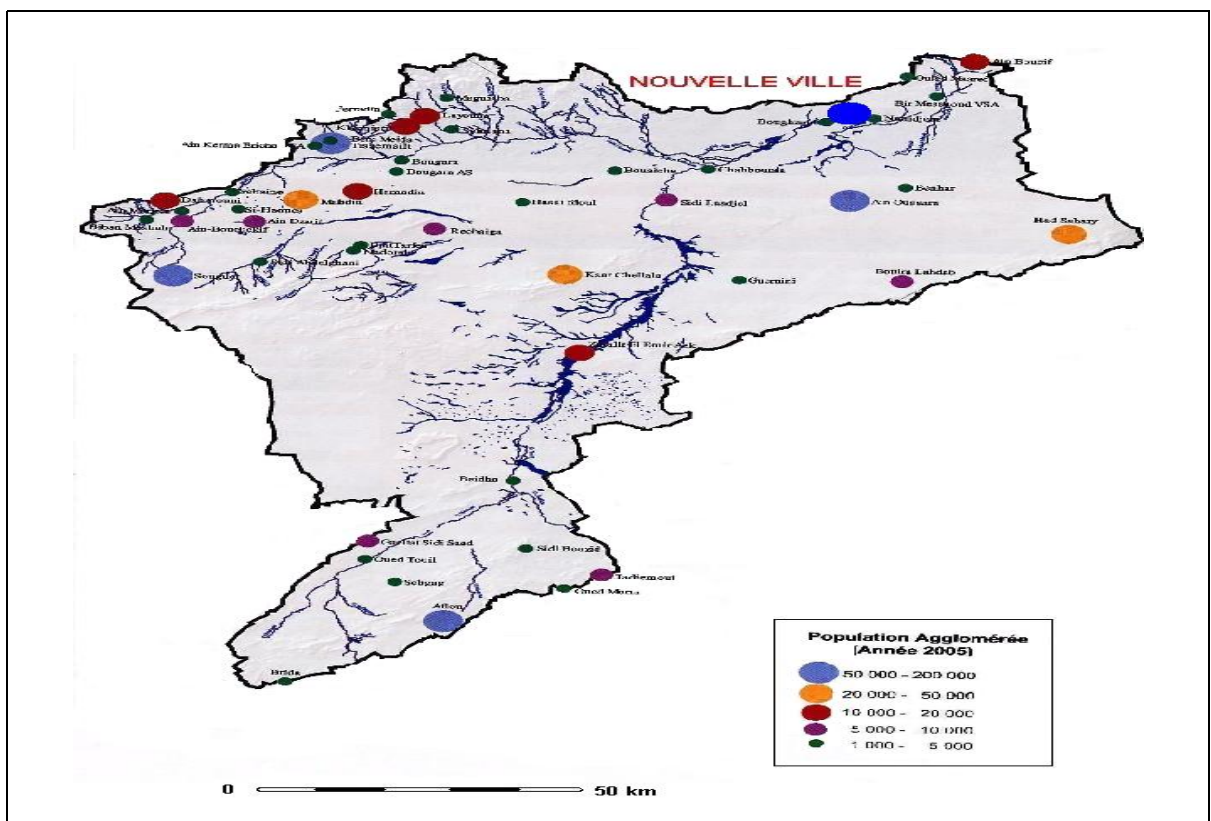


Fig 2.11 Bassin versant du Chellif amont de Boughzoul(A.B.H)

### **2.3.1 Climat**

La zone d'étude est dans le semi-aride frais à la limite de l'aride, s'exprimant par des précipitations rares et irrégulières, une grande évaporation et des oscillations notables des températures du jour à la nuit et de l'hiver à l'été. L'été est sec et chaud, l'hiver est froid.

#### **2.3.1.1 Température de l'air**

La température moyenne annuelle dans le bassin versant varie de 13°C dans les parties montagneuses jusqu'à 16.2°C dans la plaine, la période chaude s'étale dès le mois de mai au mois de septembre avec les températures moyennes mensuelles de 18°C à 27°C dans la plaine et de 7°C à 14°C en période froide d'octobre à avril.

Le maximum absolu de la température de l'air atteint 47°C dans la plaine tandis que le minimum absolu baisse jusqu'à -6°C.

#### **2.3.1.2 Le vent**

En saison hivernale, sur tout le territoire de l'Algérie prédominent les vents ouest. Les vitesses annuelles du vent varient de 2.9 à 5.1 m/s d'après la station de Ksar Chellala. Au cours de la période estivale sont observés les vents secs et chauds soufflant des régions désertiques et ayant un effet funeste sur la végétation.

A cause de l'étendue du plan d'eau du barrage de Boughzoul (2056ha), un événement venteux récent de 60 km/h a engendré une perte de 1Mm<sup>3</sup> d'eau, au bout d'une semaine, soit l'équivalent de 10 à 30cm d'évaporation.

#### **2.3.1.3 Précipitations**

Les hauteurs des précipitations moyennes interannuelles dans le bassin varient en gros de 150 mm à 400 mm [1968-2001] (Fig 2.12). La plus grande quantité tombe dans les régions montagneuses au nord-ouest du bassin (370 – 420mm) tandis que la quantité minimale tombe dans la plaine 173 mm à Sidi Bouabdallah à cause des perturbations cycloniques qui arrivent appauvries en vapeur d'eau, suite à leur passage sur l'écran montagneux du Tell.

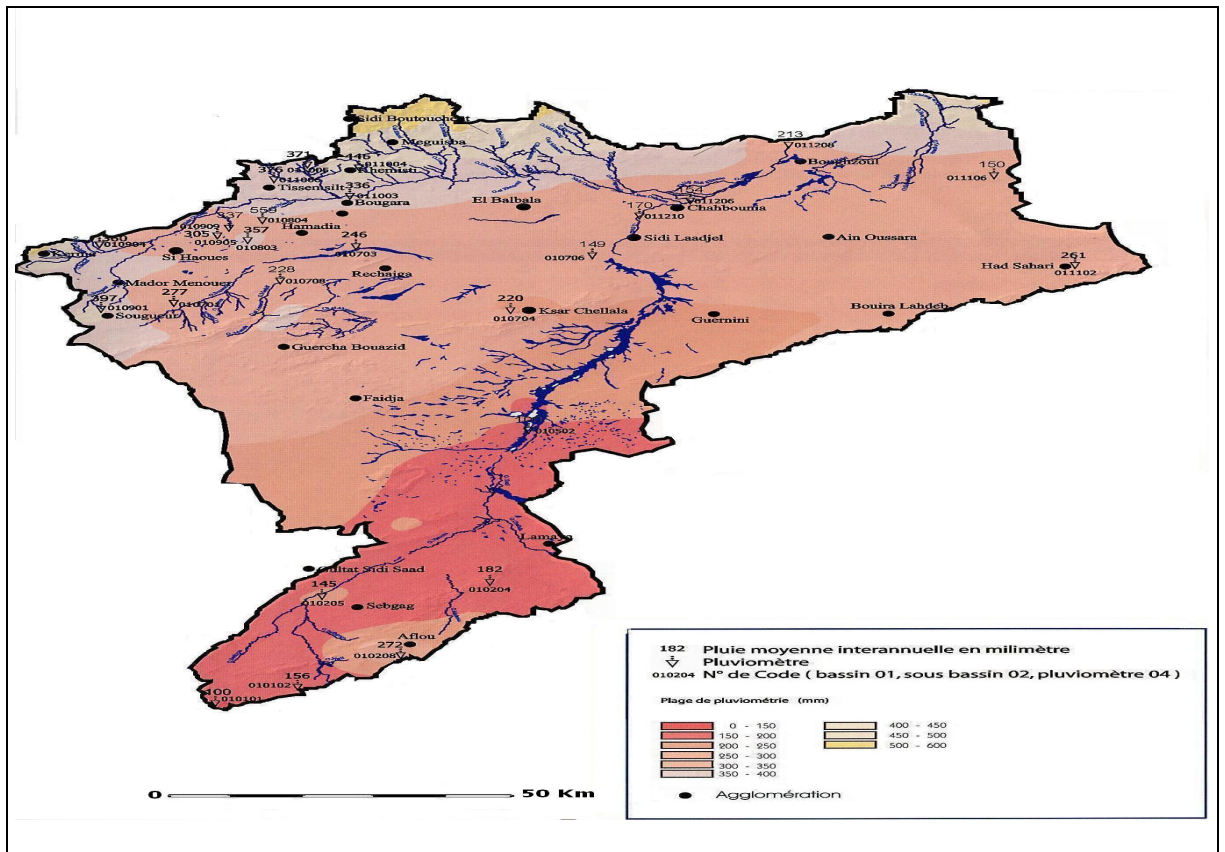


Fig 2.12 Carte pluviométrique du bassin versant Chellif amont de Boughzoul(A.B.H)

### 2.3.1.4 Géologie

L'Algérie se divise de la méditerranée au Sahara, en cinq unités géographiques et structurales plus ou moins parallèles du Nord au Sud

- Les chaînons calcaires littoraux
- L'Atlas tellien
- Les hautes plaines
- L'Atlas saharien
- Le Sahara

La région étudiée, se situe dans les hautes plaines, entre les reliefs de l'Atlas tellien au nord, plus précisément, le massif d'Ouarsenis dont les charriages telliens, les plus méridionaux viennent les recouvrir en partie, et l'Atlas saharien qui s'étend vers le nord, en une succession de massifs qui viennent border les hautes plaines du sud.

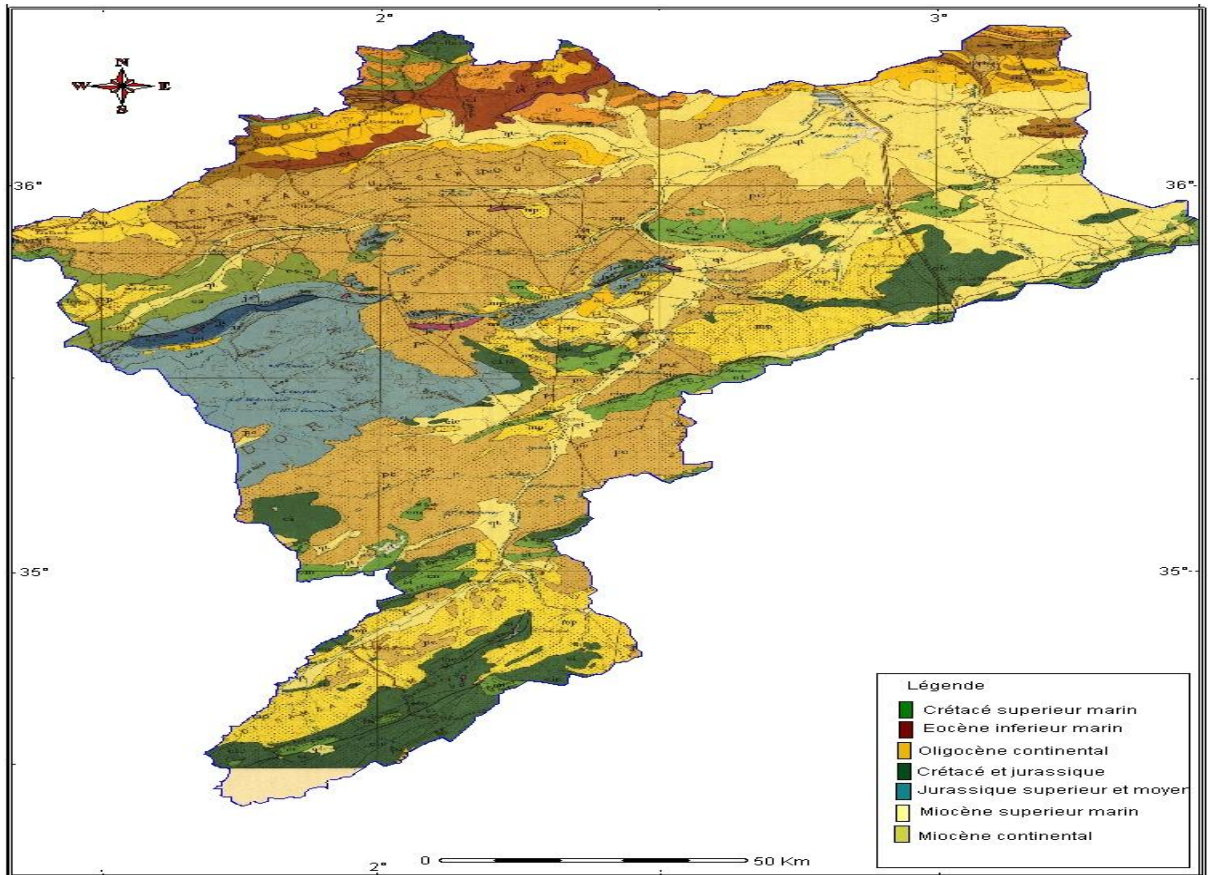
Un aperçu sur la géologie au centre du bassin (Fig 2.13), laisse se distinguer par leurs importances, les dépôts post miocènes dont :

- Les alluvions modernes : régulièrement réparties le long des cours d'eau formés de sables limoneux extrêmement vulnérables à l'érosion hydrique
- Accumulations des piedmonts : Aux pieds des reliefs s'étendent d'importants glacis d'accumulations presque uniquement constitués de blocs et de galets de dolomie tithonique.
- Daïa temporaire : Dépression endoréique tapissée d'argile gypseuse et gréseuse et temporairement recouverte par les eaux ; elles représentent des aires de stockage d'eau importantes.
- Croûte calcaire : Les encroûtements calcaires couvrent de grandes surfaces, leur épaisseur est souvent supérieure à 1 m.
- Argiles gréseuse rouge : Cette formation est très importante au sud-ouest ou son épaisseur peut dépasser 10 m.

Grâce à leurs qualités de porosité et perméabilité, les formations gréseuses du crétaé inférieur représentent le meilleur réservoir hydraulique de la région.

Ces grés constituent eux-mêmes un impluvium étendu, mais ils sont en outre alimentés par la nappe du Sersou et par les eaux de l'oued Touil.





*Fig 2.13 Carte géologique du bassin versant Chellif amont de Boughzoul(A.B.H)*

### 2.3.2. Hydrographie

Les principaux oueds du bassin versant du Chellif amont de Boughzoul sont oued Touil et Nahr Ouassel (Fig 2.14).

#### 2.3.2.1 Oued Touil

La superficie totale du bassin versant de L'oued Touil est de 11460 km<sup>2</sup> dont 8255 km<sup>2</sup>, surface active contrôlée par le poste hydrométrique de Sidi Bouabdallah. Sa longueur étant de 288 km, et son altitude moyenne est de 1020m.

Les principaux affluents de l'oued Touil sont oued Sebgag et Chellal qui prennent naissance sur les versants nord des monts Djebel Amor de l'Atlas saharien.

Dans son parcours l'oued Touil traverse les hauts plateaux qui représentent une zone semi-désertique recouverte d'Alfa et d'Absinthe avec de nombreuses dépressions fermées, dont le nom local est Daïa ou l'eau s'accumule lors des pluies favorisant l'écoulement endoréique.



Le bassin de Touil est asymétrique, la rive gauche est plus développée que la rive droite, de l'aval vers l'amont on rencontre les affluents suivants oueds Sakni, Zalech, Bouchouat, Ermets et Ouerk.

Marécageuse et couverte d'herbe, la plaine inondable est assez large et décrit par endroits de nombreux méandres en formant ici et là plusieurs bras et petits cours d'eau. Le régime de l'oued Touil est caractérisé par l'absence de l'écoulement d'eau durant la plus grande partie de l'année. Le débit de Touil n'est formé que par les pluies torrentielles ou prolongées.

Dans le cours inférieur du Touil on constate le rabattement des débits d'eau dans la plaine inondable et les pertes de l'écoulement allant au remplissage des dépressions et des micros cavités de la terre submersible.

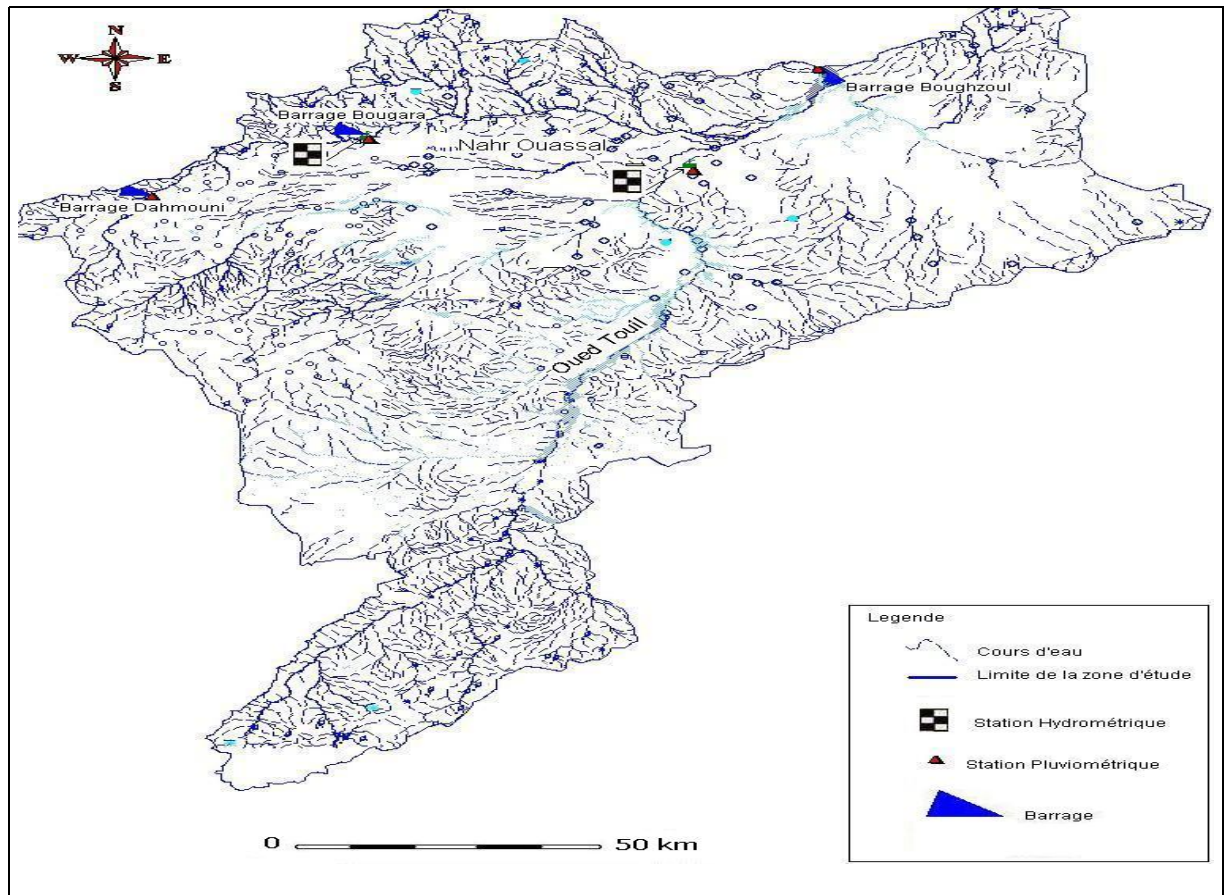
### **2.3.2.2 Nahr Ouassel**

L'oued Nahr Ouassel est en fait constitué de deux branches principales, l'oued Nahr ouassel proprement dit, originaire de la région de Tiaret et l'oued Bou Skif qui prend sa source plus au sud vers Sougheur. Il coule dans une vaste plaine d'altitude 950 m environ bordé au nord par les monts de Tiaret (culminant à 1225m) et au sud par le plateau de Sersou d'altitude proche de 1000m.

Le plateau est parsemé de dépressions ou Daïa dont la surface totale peut être estimée à 125 km<sup>2</sup>. Une partie du bassin versant de l'oued Bou Skif est donc endoréique, c'est-à-dire que les ruissellements de surface n'atteignent pas l'oued mais sont piégés dans le centre de ces dépressions.

Les deux oueds ont un lit mineur à faible capacité d'écoulement méandrant dans une plaine sans lit majeur marqué. Les crues s'épandent largement dans cette plaine, arrivé au niveau de Tissemsilt l'oued rencontre son deuxième affluent principal oued Boukaala qui draine un bassin versant de 244km<sup>2</sup>, ayant une forme ramassée.

Le réseau hydrographique de ce dernier semble beaucoup plus efficace que celui du reste du bassin de l'oued Nahr ouassel ; les terrains semblent plus imperméables, les lits mineurs sont bien marqués, le relief est plus accusé.



*Fig2.14 Réseau hydrographique du bassin versant Chellif amont de Boughzoul(A.B.H)*

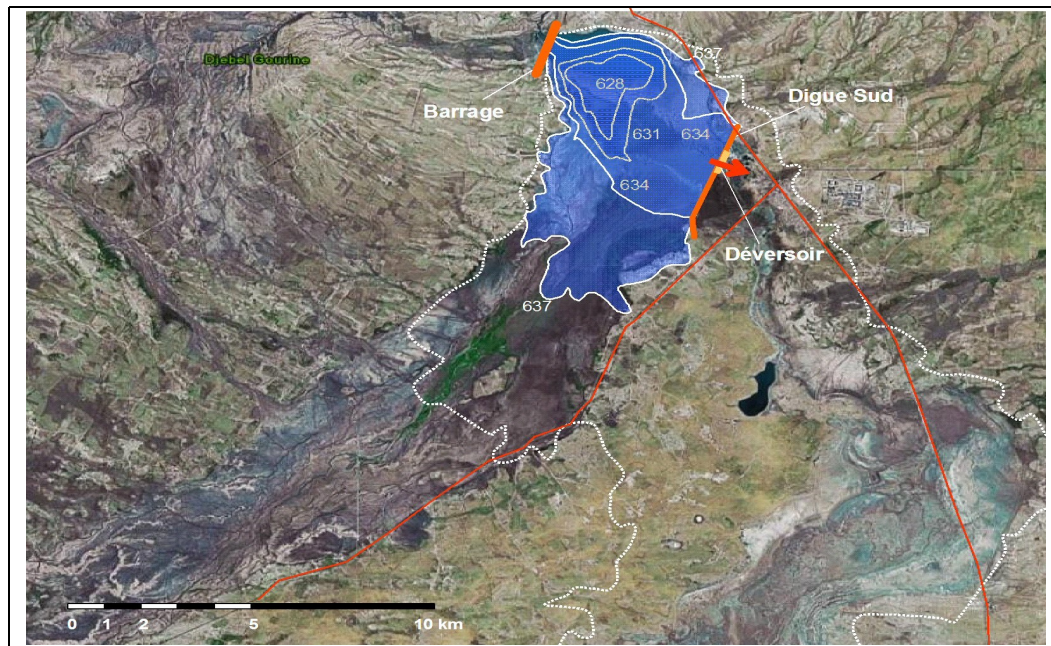
### 2.3. Présentation Barrage de Boughzoul

Le barrage de Boughzoul est situé à 7 kilomètres au sud-Est de la ville de Boughzoul et à 20 kilomètres de Ksar Boukhari (fig 2.15). Dans la wilaya de Médéa, le barrage retient grâce à sa capacité de  $55 \text{ Mm}^3$ , il se situe aux coordonnées U.T.M :

- X = 480072.671m
  - Y = 3955803.338m
  - Z = 656.211m
- Année de construction 1931
  - Mise en Eau 1934

Ce barrage fait partie intégrale de L'aménagement de barrage du Ghrib; il y joue trois rôles distincts qui sont:

- Ecreteur de crues
- Bassin de décantation pour la vase permettent de diminuer les apports solides au barrage de Ghrib
- Réservoir d'accumulation complémentaire;



*Fig 2.15 Lac et Ouvrages du barrage de Boughzoul(ANBT 2011)*



*En 2011*



*En 2005*

*Fig 2.16 Barrage de Boughzoul*

### 2.3.1 Ecreteur de crues

Lorsqu'en décembre 1930 et février 1931 deux crues exceptionnelles ravagèrent le chantier du barrage du Ghrib. Les ingénieurs cherchèrent le moyen de protéger le futur ouvrage contre les crues exceptionnelles de fréquence centenaire ou millénaire. L'évacuateur des crues du Ghrib est prévu pour un débit maximum de  $2.000\text{m}^3/\text{sec}$  lorsque le plan d'eau est au coût 430.50 (plus hautes eaux), les crues millénaires du Cheliff étaient estimés à  $15.000\text{m}^3/\text{s}$ .

Le bassin versant du Cheliff dans la partie supérieure est constitué par l'immense bassin des oueds des hauts plateaux :

- bassin versant de L'oued Taouil
- bassin versant de L'oued Nahar-Ouasel.

Avant leur liaison avec le Cheliff au seuil de boughzoul les deux oueds débouchent dans un chott fermé le daïet el kisria prolongé au sud par le daïet el kahla on peut donc supprimer les risques des grandes crues au barrage du Ghrib provenant de la région au sud de boughzoul en accumulant ces crues dans le daïet au moyen d'un barrage édifié sur le seuil ne laissant passer à l'aval qu'un débit limité à  $6000\text{m}^3/\text{sec}$ .

Avec ce dispositif les crues millénaires au barrage du Ghrib seraient ramenées à  $3.500\text{m}^3/\text{sec}$ .

### 2.3.2 Bassin de décantation

L'envasement annuel moyen au barrage du Ghrib est de  $3.18 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  chiffre qui tient compte de l'utilisation de la retenue de Boughzoul en décanteur. L'envasement annuel moyen de la civette de Boughzoul est de  $61 \cdot 10^4 \text{ m}^3$ . L'utilisation de la retenue de Boughzoul en bassin de décantation permet de réduire l'envasement annuel moyen au Ghrib de  $3.79 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  à  $3.18 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ .

### 3.2.3 Histoire du barrage

❖ **1931** **Marché** entreprise LEON CHAGNAUD pour la construction (Souterrains) marche du 28 septembre 1960.



- ❖ **1934 fins** des travaux mise en service du barrage comprenant:  
Un déversoir en béton ; une digue en terre formant aile Gouache .deux pertuis équipés de vannes wagons pour le Réglage des débits évacués .et un barrage poids formant aile Droite.
- ❖ **Avril 1936** procès-verbal de réception définitive.
- ❖ **1943 construction** du revêtement anti- batillage en perré de Maçonnerie pour la protection du talus amont de la digue en Terre-(marché société algérienne aimé et julien 5 Rue de Lyon à Alger)
- ❖ **1947 construction** du la maison du garde barrage (entreprise Soseph pico compagnie avenue de coller à Castiglione).
- ❖ **1956 contractions** de la digue sud pour surélever le seuil qui Sépare la cuvette nord de la cuvette sud. La capacité de Retenue du barrage sera ainsi augmenter de 50 millions De m<sup>3</sup> avec une surface du plan d'eau limitée. Marche De 18 avril 1956 des entreprises: Société nord-africaine .des entreprises bouserons.
- ❖ **1958 fins** des travaux réception provisoire de la digue sud
- ❖ **8sept 1959** procès-verbal de réception définitive.
- ❖ **1960 une fissure** a été observée dans le massif de béton du déversoir du barrage principal entre les passes déversant N° 3 et n° 4 fissure intéressant tout le massif .traitement Par injection de coulis de ciment par des forages d'injection. (Travaux effectués par la société les travaux raison des énormes champs d'inondations sur le parcours des ouids (marais de taguine, de l'oued ouerk, de chahbounia),et de la présence de nombreux-ses dépressions fermées, les daïas ou se perd une bonne partie des eaux de ruissellement.

#### 2.3.4. Qualité des eaux des barrages

Les eaux de la retenue Boughzoul sont d'un résidu sec moyen de mois de 1 g/l, ce qui représente une salinité faible. Le coefficient SAR égal à 2,4 et la conductivité électrique de 2,6 mS/cm présente ainsi un risque d'alcalinisation moyenne.

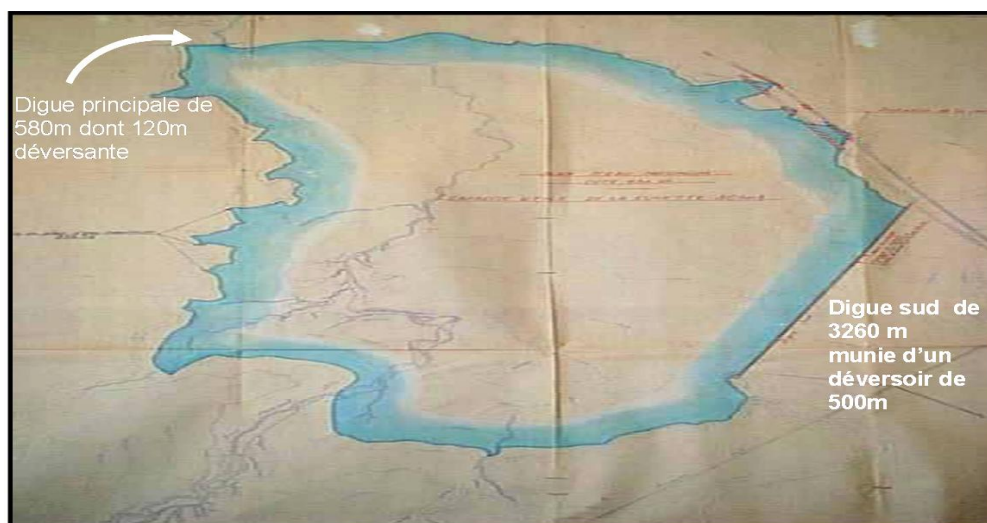
### 2.3.5. Les Caractéristiques de Barrage

#### ❖ Caractéristiques hydrologiques

- Capacité initiale : 55 Mm<sup>3</sup>
- Capacité dernier levé (2004) : 20,27 Mm<sup>3</sup>
- Apport moyen annuel : 82,80 Mm<sup>3</sup>/an
- Envasement : 0,66 hm<sup>3</sup>/an
- La surface du bassin versant est de 19645 km<sup>2</sup>
- La précipitation moyenne : 216.9mm
- Apport liquide annuel moyen 45 Mm<sup>3</sup>
- Apport solide annuel moyen 0.61 Mm<sup>3</sup>

#### ❖ Caractéristiques techniques

- Digue principale déversante en béton et digue latérale en terre
- Hauteur 10m
- Longueur de la crête 450m
- Digue sud de 3000m de longueur
- Type : TERRE
- Côte de retenue normale (R.N): 634,20 m
- Côte Plus Hautes Eaux (P.H.E) : 635,20 m
- Déversoir : SEUIL LIBRE : 1 500 m<sup>3</sup>/s
- Vidange de Fond : 600 m<sup>3</sup>/s



**Fig 2.17 Lac et Ouvrages du barrage de Boughzoul (source ANBT)**



### 2.3.6. Présentation de l'aménagement du barrage de Boughzoul

Au-delà de la satisfaction des besoins en eau potable des populations et pour irrigation des périmètres agriculteur, les barrages représentent aussi des lieux de détente et de distraction, grâce à leur emplacement au milieu de bassin versant de ces ouvrages, pour beaucoup tapissé de verdure, offrant ainsi à tous ceux qui les visitant, un tableau artistique parfaitement naturel. Un panorama qui incite les bonnes volontés à exploiter ces espaces dans le domaine du tourisme.

Partant de ce principe, un des 68 barrages en exploitation est actuellement au cœur d'un mégaprojet d'aménagement du territoire notionnel, qui s'appuie sur l'organisation des espaces de programmation territoire, sur l'émergence des pôles d'attractivité et sur la création de zone intégrée de développement industrielle et de ville nouvelle, à partir desquelles seront mise en œuvre les mécanismes qui permettront de diffuser différents aspects de la croissance sur l'ensemble de territoire.

Il s'agit du barrage de Boughzoul qui verra la réalisation d'une marina sur sa rive sud ou des travaux de surélévation de la digue sud du barrage d'une hauteur de 2m, sont en cours par l'ANBT, qui a attribué le marché à une société notionnelle. Le taux des d'avancement des travaux est de l'ordre de 85<sup>0</sup>/<sub>0</sub>. Une fois les travaux de surélévation achevés, la capacité du barrage, qui qui actuellement de 14 Mm<sup>3</sup>, passera à 65 Mm<sup>3</sup>, (Fig 2.18).

Avant de concrétiser la marina, l'entreprise partenaire de l'établissement de la nouvelle ville de Boughzoul dans le marché de terrassement et de travaux d'aménagement sur le barrage, en collaboration avec une société algérienne, devant, en premier lieu, dévaser une partie de la retenue, dans la partie sud de lac sur une profondeur de 2m.

C'est ainsi que ce ville ouvrage qui constitue l'élément structurant du projet de la ville nouvelle de Boughzoul, revêtira un nouveau look.

Le projet lancé en 2008 vise de sa permettre la pérennisation du lac, la création d'îlot de 168 ha pour usage urbain et abri pour la faune locale, la protection de barge du lac contre l'érosion par la réalisation de murs en gabions et de talus en (perré-maçonné).

En dépit de la prédominance du lac de Boughzoul, doté d'un vaste bassin versant de 20500 km<sup>2</sup>, les apports annuels moyens ne dépassent guère les 65 Mm<sup>3</sup>.



*Fig 2.18 Construction de la digue sud du barrage de Boughezoul(Nasroun T 2012)*

La ville nouvelle de Boughezoul est un projet ambitieux qui va contribuer à l'essor socio-économique d'une région steppique, par la création d'espaces de détente, de loisirs et de divertissement, au niveau du lac et l'aménagement d'espaces écologiques favorables à l'habitat des oiseaux qui vivent au bord de cette retenue, l'aménagement de lieux de repos et d'observation des oiseaux, des espaces boisés et aquatiques destinés à des activités diverses.

#### 2.4. Caractéristiques techniques de l'aménagement de la digue sud du barrage

##### 2.4.1. Digue sud de Boughezoul ancienne (Fig 2.19)

- Côte PHE : 637.20 m
- Superficie du plan d'eau (PHE) : 2764.80 ha
- Côte normale : 634.20 m
- Type : Terre
- Hauteur : 5.00 m
- Capacité : 20.271 Mm<sup>3</sup>
- Volume régularisé : 45,00 Mm<sup>3</sup>/ an.



*Fig 2.19 Digue sud du barrage de Boughzoul(ancienne)(ANBT 2005)*

#### 2.4.2 Digue sud de Boughzoul Nouvelle après construction (Fig 2.20)

- Côte PHE : 637.50 m
- Superficie du plan d'eau (PHE) : 4420.80 ha
- Côte normale : 636.00 m
- Type : Terre
- Hauteur : 7 m
- Capacité : 65 Mm<sup>3</sup>
- Volume régularisé : 45,00 hm<sup>3</sup>/ an



*Fig 2.20 Digue sud du barrage de Boughzoul (Nouvelle après construction),(Nasroun T,2012)*

### **2.5 Conclusion**

Le bassin versant du Chellif amont de Boughzoul présente un chevelu hydrographique faible avec un réseau de l'ordre de 1468 km d'oueds permanents et 8395 km d'oueds temporaires, le principal cours d'eau est oued Touil qui draine une superficie de 11460 km<sup>2</sup>, orienté du sud au nord jusqu'à sa confluence avec Nahr Ouassel, qui coule de l'est vers l'ouest, pour donner naissance au niveau du barrage de Boughzoul au plus long oued d'Algérie, le Chellif.

Le barrage de Boughzoul devra jouer un rôle structurant dans l'aménagement de la future ville lac, mais en raison de sa fonction primitive de décanteur pour le Barrage de Ghrib depuis 1934, la vase n'a pas cessé d'envahir les espaces et finit par combler les deux tiers de sa capacité, ce qui risque d'entraver sérieusement sa nouvelle mission.

## Chapitre 3

# RESULTATS ET DISCUSSIONS

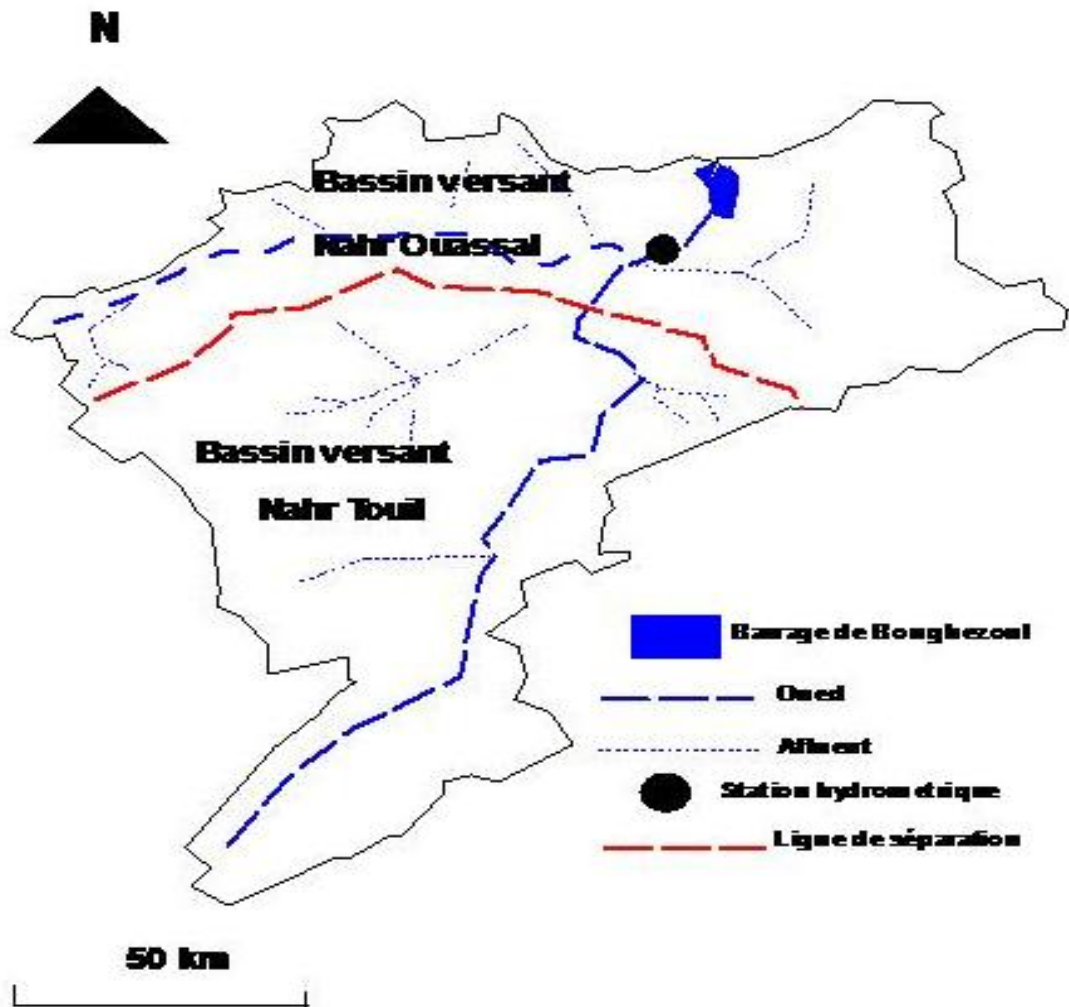
## Introduction

Dans le présent chapitre nous étudions l'effet du transport solide dans l'oued Chellif sur l'envasement du barrage de Boughzoul. En cours d'aménagement, la retenue du barrage de Boughzoul deviendra le lac de la future nouvelle ville. De point de vue esthétique, le lac sera le poumon de la ville. A cet effet, les services d'hydraulique ont projeté de dévasement de la retenue et la surélévation de la digue initiale pour retrouver sa capacité initiale de 55 millions de m<sup>3</sup>. A notre avis, ces deux options sont insuffisantes pour réduire l'envasement du barrage de Boughzoul. Des études plus poussées doivent être menées pour tenter de comprendre le mécanisme de l'envasement et de solutionner le problème.

### 3.1. Les apports solides au barrage de Boughzoul

Comme le montre la figure 3.1, le bassin versant à l'amont du barrage de Boughzoul est divisé en deux sous bassins versants : Nahr Oussal dans la partie nord (fig. 3.2) et le Nahr Touil dans la partie sud du bassin versant (fig. 3.3). Les deux oueds se convergent avant la retenue du barrage pour le former l'oued Chellif (fig. 3.4). Les sédiments en provenance de l'érosion de ces deux bassins versant (et plus particulièrement le bassin du Nahr Ouassal), ainsi que l'érosion des berges provoquée par les fluctuations brusques du niveau d'eau dans les deux oueds sont drainés dans l'oued Chéllif avant d'être piégés dans la retenue du barrage de Boughzoul.





*Fig. 3.1. Bassin versant à l'amont du barrage de Boughezoul*



*Fig. 3.2. Un tronçon de Nahr Ouassal (Google Earth)*





*Fig. 3.3. Un tronçon de Nahr Touil (Google Earth)*

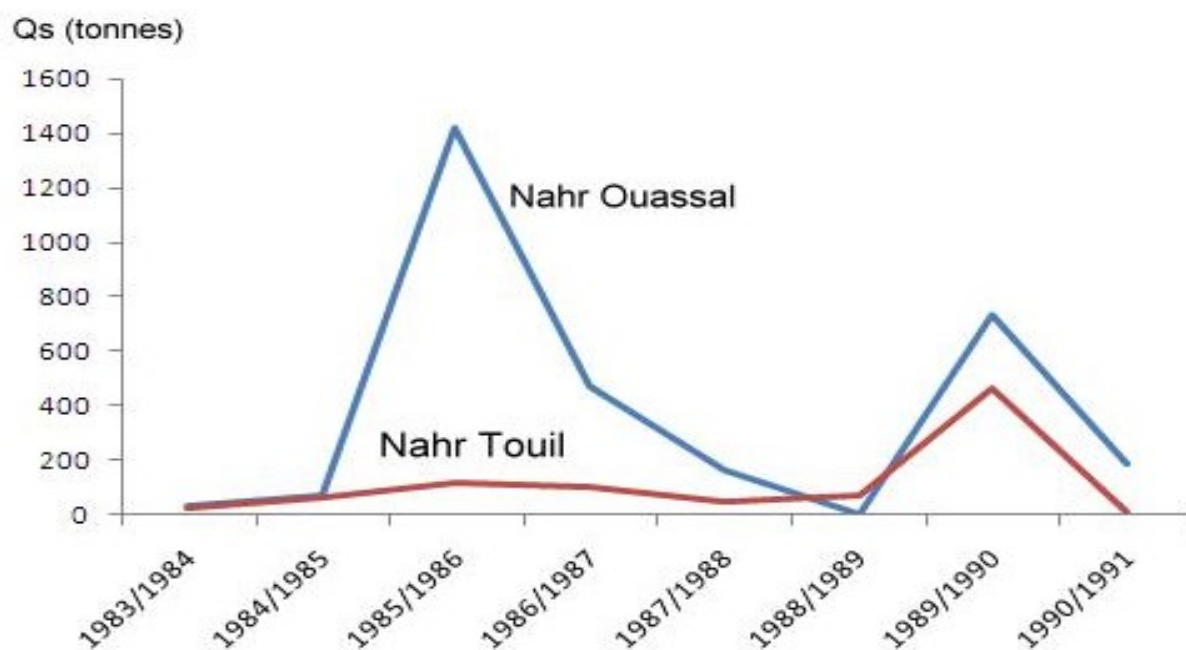


*Fig. 3.4. Un tronçon de l'oued Chellif à l'amont du barrage De Boughzoul (Google Earth)*

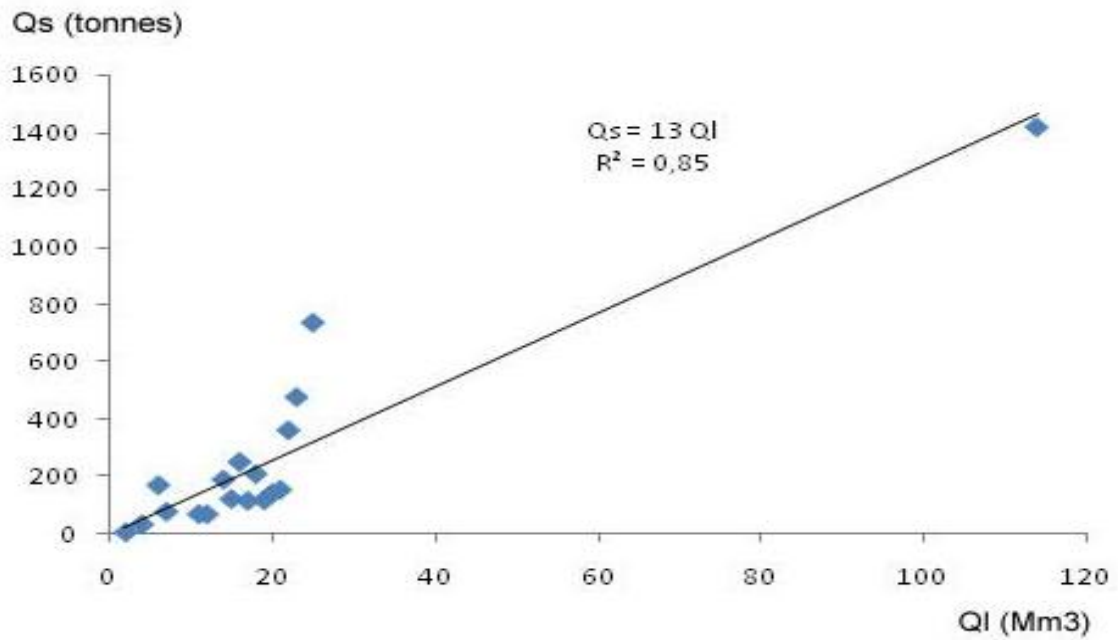
La superficie totale du sous bassin de Nahr Touil est de 11450 km<sup>2</sup>. L'oued Touil prend naissance sur les versants nord des monts de Djebel Amont et de l'Atlas Saharien. Le long de son parcours, l'oued Touil traverse les arides comme les hauts plateaux et les zones humides comme les dépressions fermées appelées Daia. Le régime de l'écoulement d'Oued Touil est caractérisé par l'absence de l'eau le long de l'année et torrentiel avec augmentation brusque du niveau d'eau en périodes de crues ; cette situation provoque l'érosion des berges. La superficie du bassin versant de Nahr Ouassal s'étale sur une superficie de 3300 km<sup>2</sup>. L'oued Ouassal traverse des zones arides et montagneuses et dénudés. Les crues soudaines et rapides ne donnent pas assez de temps pour l'infiltration, mais plutôt c'est le ruissellement qui l'emporte. Aidé par les

fortes pentes et un terrain généralement marneux, le ruissèlement érode le sol et forme des ravines, lesquelles apportent des quantités assez importantes de sédiments dans l'oued. Durant l'année, l'écoulement est presque nul, on observe un filet liquide en période humide, l'écoulement est apparent dans l'oued lors des crues, le niveau d'eau croît rapidement provoquant une puissance d'écoulement assez importante qui peut drainer des sédiments de gros calibres allant jusqu'au tronc d'arbres. La décrue est rapide ; l'abaissement rapide du niveau d'eau engendre des éboulements des berges. L'écoulement de la crue suivante charrie les terres déposées au fond de l'oued.

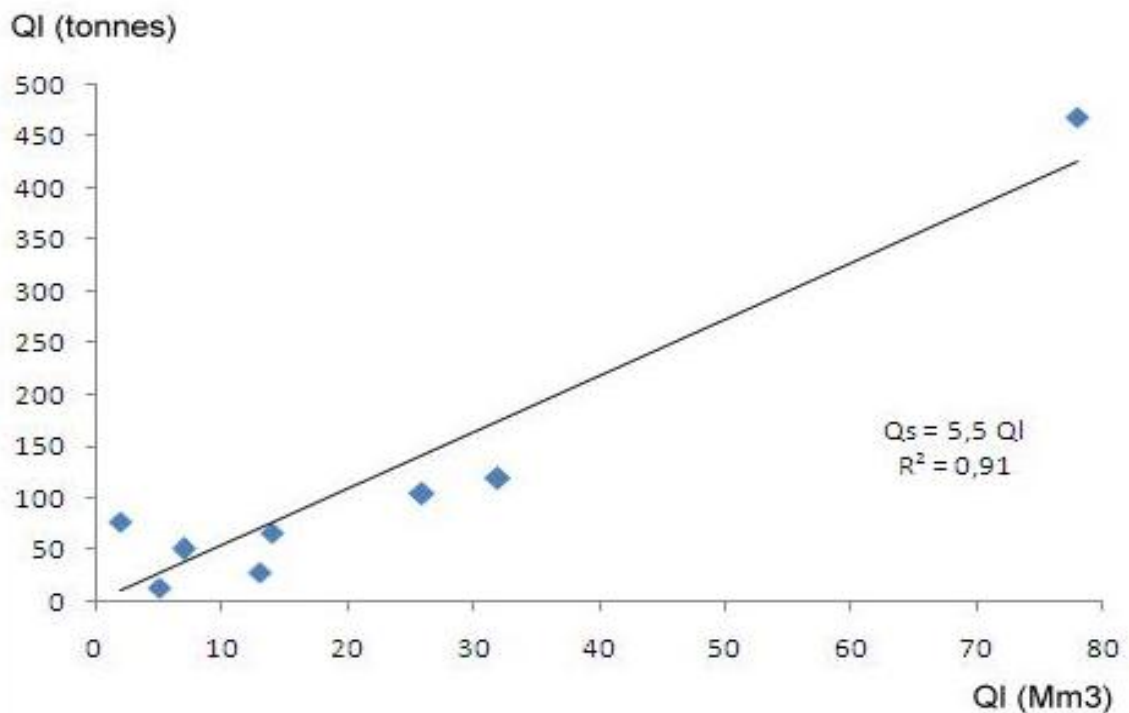
Comme le montre la figure 3.5, les apports solides de l'oued Ouassal, malgré sa petite superficie de son bassin versant, sont largement plus grands que ceux de l'oued Touil qui jouit d'une grande superficie du bassin versant. Les corrélations : apports solides – apports liquides annuels des deux oueds sont significatifs ; Les apports solides croît linéairement en fonction des apports d'eau (fig. 3.6 et 3.7).



*Fig. 3.5. Les apports solides dans les oueds Ouassal et Touil (Données ANRH)*

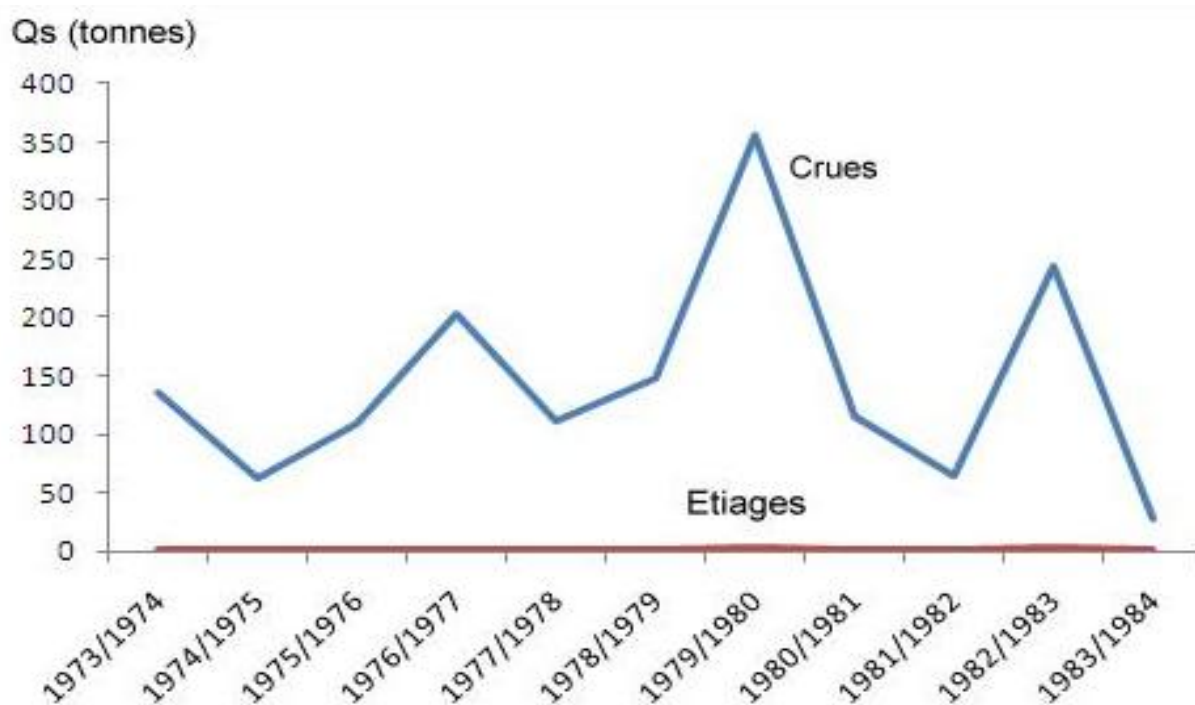


**Fig. 3.6. Corrélation : apport solide annuel – apport liquide annuel de L'oued Ouassal (Données ANRH).**



**Fig. 3.7. Corrélation : apport solide annuel – apport liquide annuel de L'oued Touil (Données ANRH).**

Selon les données de l'ANRH, nous avons constaté que durant les crues que le transport solide est important. Pour le cas du bassin versant de Nahr Ouassal, les crues de saison n'ont pas d'effet sur le transport solide comme le cas des régions du nord d'Algérie ; les crues d'automne sont les plus chargées en particules fines. Dans l'oued Oussal, les crues peuvent surgir à n'importe quel moment et avec un apport solide appréciable. En moyenne, les apports solides drainés par les crues sont 150 fois les apports solides drainés en période d'étiage (fig. 3.8). La crue de 1975, l'apport solide enregistré lors de la crue de 1975 a largement dépassé le seuil de 300 fois l'apport solide drainée durant toute l'année 1975.



*Fig. 3.8. Apports solides en périodes de crues dans l'oued Ouassal (Données ANRH)*

### 3.2. Envasement du barrage de Boughzoul

La station hydrométrique située sur l'oued Chellif à l'amont du barrage de Boughzoul qui contrôle les apports solides en provenance des oueds Touil et Ouassal ; Les teneurs en sédiments enregistrées par cette station ont atteint des valeurs spectaculaires. On a enregistré une concentration de 323 g/l le 8 juin 1889. Le 23 septembre 1993 on a enregistré une concentration de 280 g/l. Ces crues chargées en sédiments provoquent la formation des courants de densité à



l'entrée de la retenue de Boughzoul. Ces courants de densité parcourent facilement la longueur de 5 km allant de la queue de la retenue jusqu'au pied du barrage (Fig. 3.9).

A titre d'information, une concentration de 30 g/l peut provoquer l'apparition d'un courant de densité dans une retenue (Remini B., 1997).

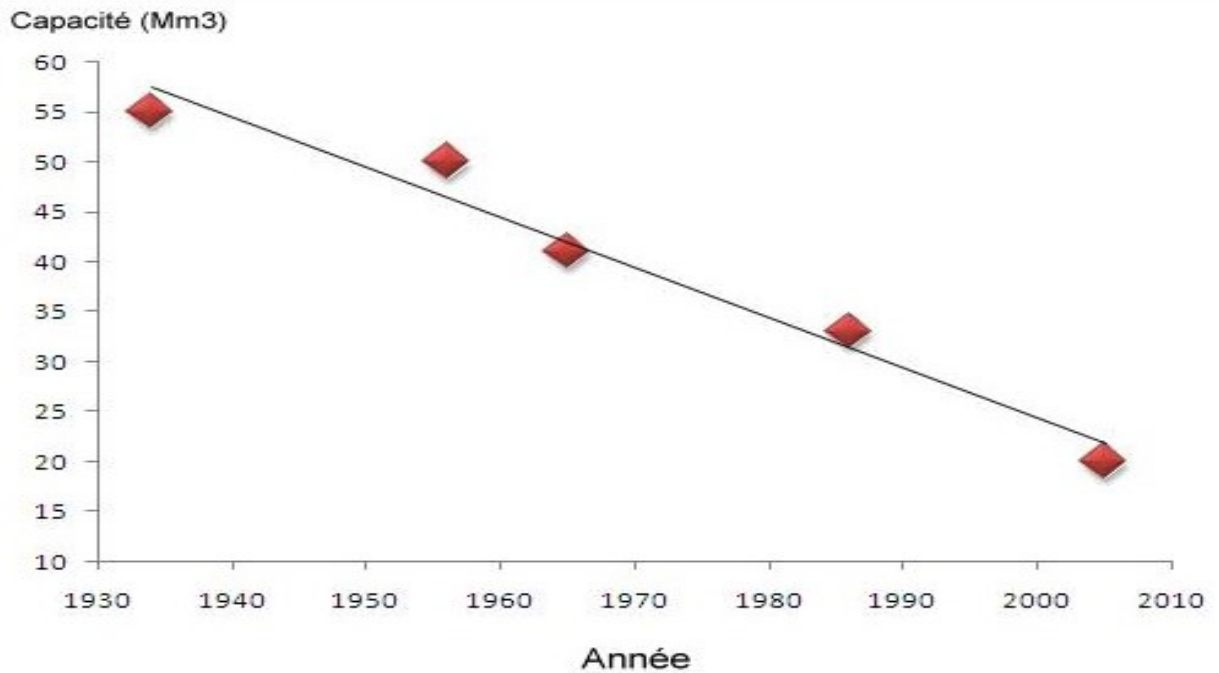


*Fig. 3.9. Propagation des courants de densité dans la retenue du barrage de Boughzoul*

### 3.3. Evolution de la capacité du barrage de Boughzoul

Quel que soit le lieu de l'emplacement d'un barrage, sa capacité ne restera jamais stationnaire ; elle décroît en fonction des dépôts alluvionnaires au fond de la retenue.

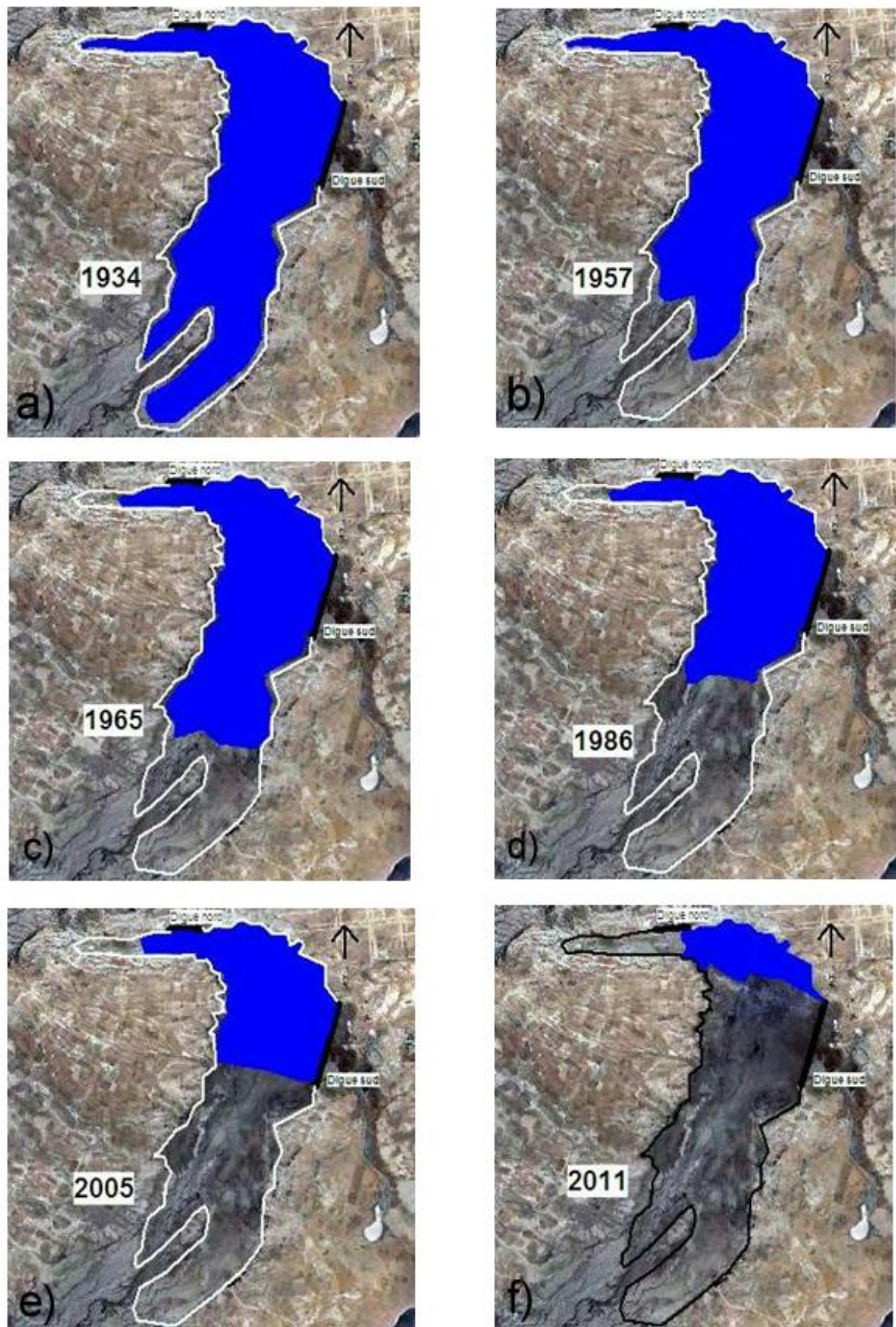
Depuis 1934, date de la mise en eau du barrage de Bouighzoul, sa capacité diminue dans le temps pour atteindre en 2005 le volume de 20 millions de m<sup>3</sup>. Soit une perte de capacité égale à 15 millions de m<sup>3</sup> en 2011. Cette diminution est engendrée par des dépôts successifs de vase en provenance de l'érosion du bassin versant du Chellif ainsi que le sapement des berges engendré le long de l'oued Chellif. La figure 3.10 illustre bien cette décroissance de la capacité utile du barrage de Boughzoul à raison d'une perte annuelle évaluée à 0,5 millions de m<sup>3</sup>.



**Fig. 3.10. Evolution temporelle de la capacité du barrage de Boughzoul**

La figure 3.11 montre bien l'évolution de la capacité du barrage de Boughzoul. Elle était initialement égale à 55 millions de  $m^3$  puis descendre à 33 millions de  $m^3$  en 1986, puis à 20 millions de  $m^3$  en 2005 (fig. 3.12). Elle est estimée uniquement à 16 millions de  $m^3$  en 2011.





*Fig. 3.11. Réduction de la capacité de la retenue de Boughzoul dans le temps*



*Fig3.12 l'état d'envasement du barrage en 2005(Source ANBT)*



*Fig 3.13 Barrage de Boughzoul en 2005(ANBT)*

### **3.4. Durée de vie du barrage de Boughzoul**

En se basant sur les levés bathymétriques opérés au niveau du barrage de Boughzoul, nous avons déterminé que le taux d'envasement durant la période : 1986-2005 : il est de  $0,67 \text{ Mm}^3/\text{an}$ . Celui de la période 1965-1986 a été évalué à  $0,46 \text{ Mm}^3/\text{an}$ . Le taux d'envasement a considérablement augmenté en passant de  $0,46 \text{ Mm}^3/\text{an}$  à  $0,67 \text{ Mm}^3/\text{an}$ . Ceci peut s'expliquer par la forte dégradation du bassin versant et l'accélération des sapements des berges de l'oued Cheliff. En tenant compte du dernier taux d'envasement ( $0,67 \text{ Mm}^3/\text{an}$ ), la quantité de vase déposée en 2011 peut être estimée à 40 millions de  $\text{m}^3$  (fig. 3.14). Soit un taux de comblement de 73%. Sur ces résultats, le barrage fonctionnera jusqu'en 2033.

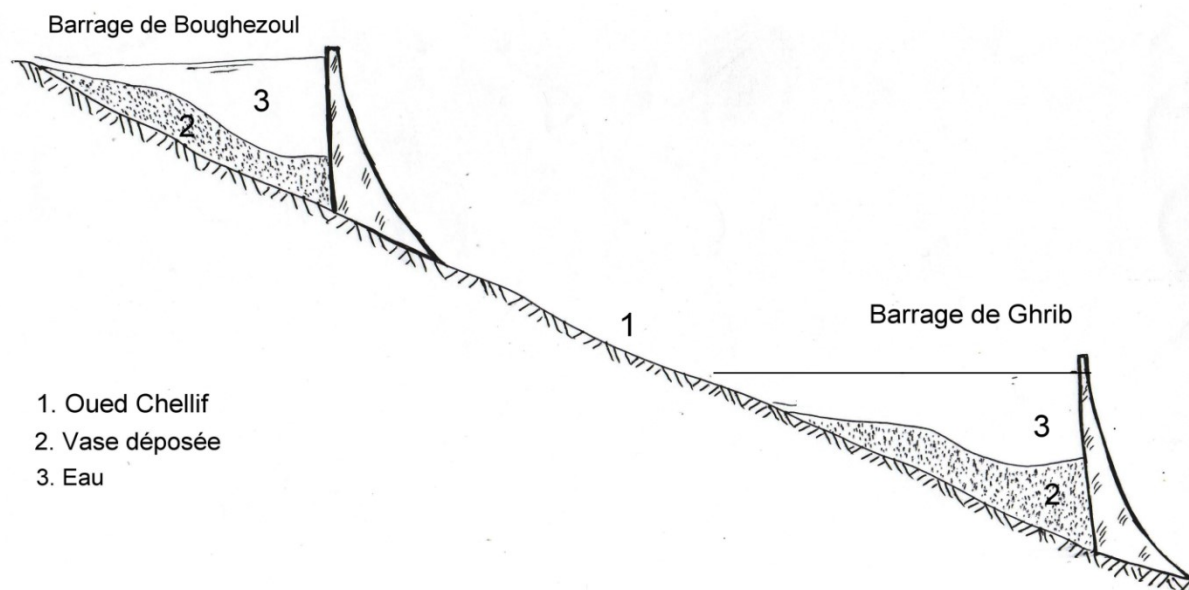




*Fig 3.14. L'état d'envasement de Barrage du Boughzoul en 2011. (Nasroun T, 2011)*

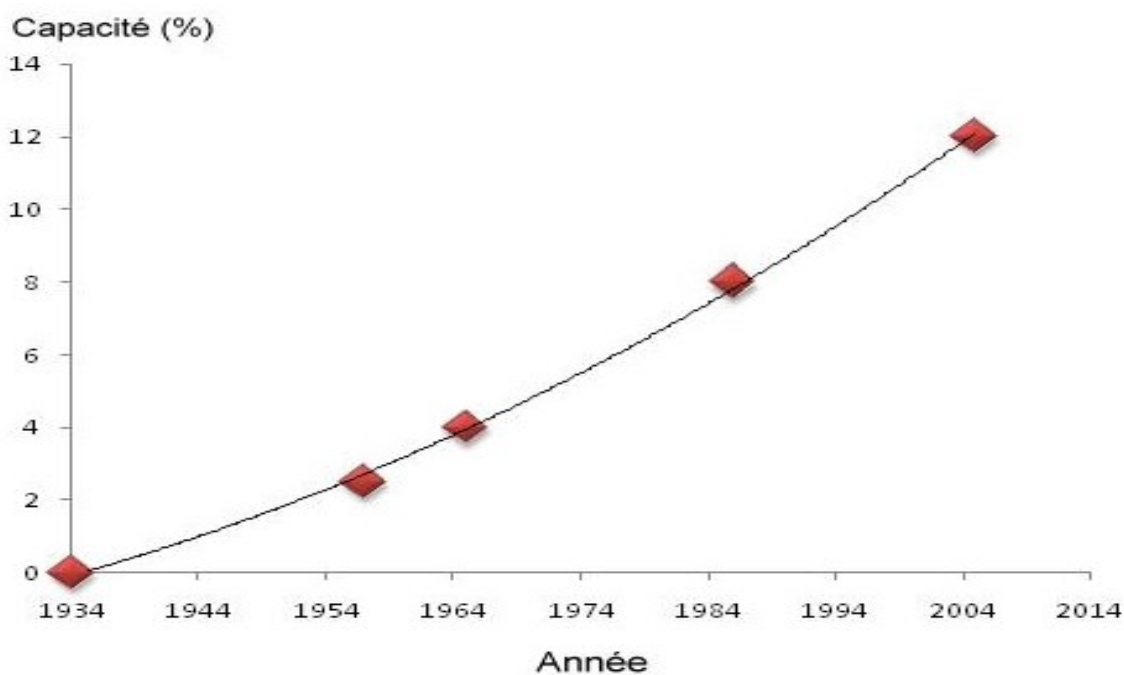
### **3.5 Impact du barrage de Boughzoul sur la réduction de l'envasement du barrage de Ghrib.**

Le barrage de Ghrib d'une capacité de 280 millions de m<sup>3</sup>, est situé à l'aval du barrage de Boughzoul sur le même oued Chellif (fig. 3.15). Le barrage a été mis en exploitation en 1939 juste après celui de Boughzoul en 1934. Dans ce cas le barrage de Boughzoul peut jouer le rôle d'un barrage de décantation ; il permet de retenir un volume de vase qui est susceptible de se déposer dans la retenue du barrage de Ghrib. Il peut avoir un effet positif sur la prolongation de la durée vie du barrage de Ghrib. Par contre, les lâchers du barrage de Boughzoul peuvent avoir un effet néfaste sur le barrage lui-même et sur celui de Ghrib. En effet, le barrage de Boughzoul joue le rôle d'un tamis, les crues artificielles provoquées par les manœuvres de vannes de fond drainent des une eau très chargée ne particules fines. Les sédiments grossis sont retenus dans le barrage de Boughzoul. La mixture de forte teneur en particules fines évacuée par le barrage de Boughzoul provoque la formation des courants de densité à l'entrée de la retenue de Ghrib et par conséquent les dépôts vaseux au fond du réservoir de Ghrib seront beaucoup plus importants.

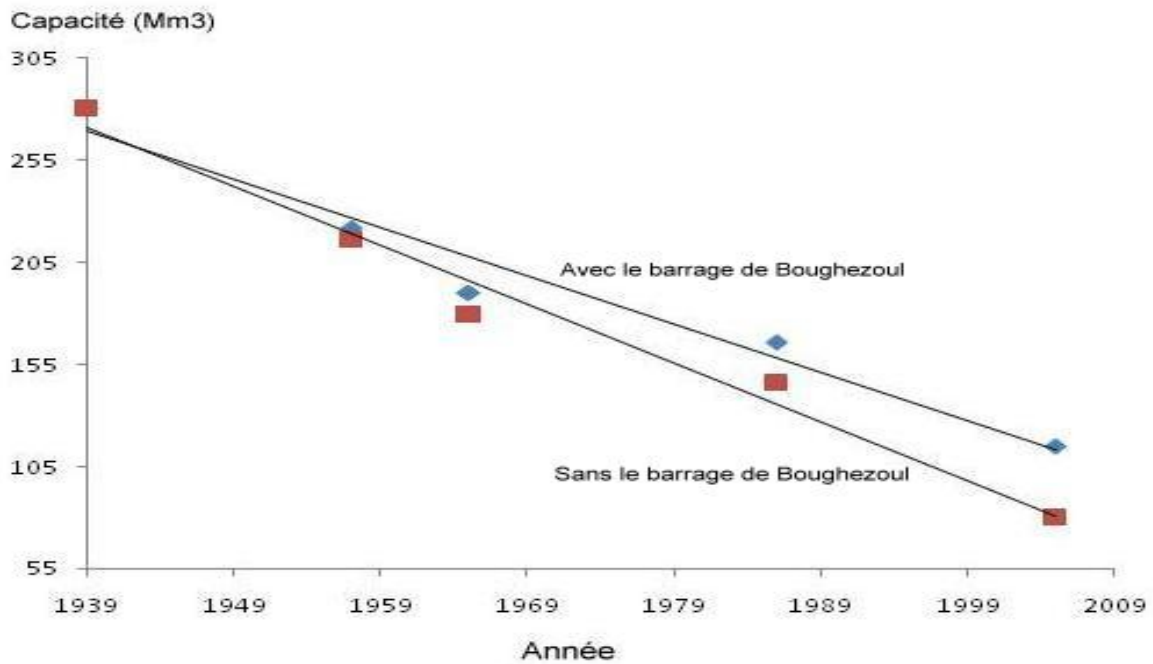


**Fig. 3.15. Schéma synoptique de l'aménagement hydraulique : Boughzoul - Ghib**

En analysant les données de levées bathymétriques opérées au niveau des barrages de Boughzoul et de Ghib durant leur période exploitation. La figure 3.16 représentant l'évolution temporelle de la capacité du barrage de Ghib épargnée par le barrage de Boughzoul. Il est intéressant de constater que la capacité sauvée par le barrage de Boughzoul est passée de 2,5% en 1957 à 12 % en 2005. Elle est estimée à 15% en 2011. En 2005, nous avons récupéré du barrage de Ghib évalué à 35 millions de m<sup>3</sup> (fig. 3. 17).



**Fig. 3.16. Capacité du barrage de Ghib épargnée par le barrage de Boughzoul**



**Fig. 3.17. Evolution temporelle de la Capacité du barrage de Ghrib avec ou sans le barrage de Boughezoul**

## 1.6 Conclusion

Le chapitre 3 nous a permis d'avoir une idée le mécanisme de l'envasement du barrage de Boughezoul. C'est ainsi que les fortes teneurs en particules fines provoquent l'apparition des courants de densité en périodes de crues. Les dépôts successifs des sédiments drainés par ces courants ont été évalués à plus de 70% de la capacité totale du barrage de Boughezoul. Ce dernier est classé actuellement parmi les barrages les plus envasés de l'Algérie.

## Liste des figures

Fig 1.1 Mode de transport solide en hydraulique fluviale.....	9
Fig 1.2 Mode de transport des sédiments selon leur taille.....	10
Fig 1.3 Propagation du courant de densité).....	13
Fig 1.4 décantation des particules fines.....	13
Fig 2.1. Plan de situation de la commune de Boughzoul.....	20
Fig 2.2. Le projet de la nouvelle ville de Boughzoul.....	21
Fig 2.3. Nouvelle ville de Boughzoul (projection en 2D).....	21
Fig 2.4. Répartition des pluies moyenne mensuelle.....	22
Fig 2.5. RépartitionTempératures Moyennes mensuelles des minima (m).....	23
Fig 2.6. RépartitionTempératures Moyennes mensuelles des maxima (m).....	24
Fig 2.7 Bassin hydrographique Chellif-Zahrez.....	25
Feg 2.8. Oued chellif.....	26
Fig 2.9 Réseau Hydrographique de Haut-Moyen et Bas Chélif.....	27
Fig 2.10. Carte de situation des Barrages.....	29
Fig 2.11 Bassin versant du Chellif amont de Boughzoul.....	30
Fig 2.12 Carte pluviométrique du bassin versant Chellif amont de Boughzoul.....	32
Fig 2.13 Carte géologique du bassin versant Chellif amont de Boughzoul.....	34
Fig2.14 Réseau hydrographique du bassin versant Chellif amont de Boughzoul.....	36
Fig 2.15 Lac et Ouvrages du barrage de Boughzoul.....	37
Fig 2.16 Barrage de Boughzoul.....	37
Fig 2.17 Lac et Ouvrages du barrage de Boughzoul.....	40
Fig 2.18 Construction de la digue sud du barrage de Boughzoul.....	42



## Liste des figures

---

Fig 2.19 Digue sud du barrage de Boughzoul(ancienne).....	43
Fig 2.20 Digue sud du barrage de Boughzoul(Nouvelle après construction).....	43
Fig. 3.1. Bassin versant à l'amont du barrage de Boughezoul.....	46
Fig. 3.2. Un tronçon de Nahr Ouassal.....	46
Fig. 3.3. Un tronçon de Nahr Touil.....	47
Fig. 3.4. Un tronçon de l'oued Chellif à l'amont du barrage De Boughezoul.....	47
Fig. 3.5. Les apports solides dans les oueds Ouassal et Touil.....	48
Fig. 3.6. Corrélation : apport solide annuel – apport liquide annuel de L'oued Ouassal.....	49
Fig. 3.7. Corrélation : apport solide annuel – apport liquide annuel de L'oued Touil.....	49
Fig. 3.8. Apports solides en périodes de crues dans l'oued Ouassal.....	50
Fig. 3.9. Propagation des courants de densité dans la retenue du barrage de Boughezoul.....	51
Fig. 3.10. Evolution temporelle de la capacité du barrage de Boughezoul.....	52
Fig. 3.11. Réduction de la capacité de la retenue de Boughezoul dans le temps.....	53
Fig3.12 l'état d'envasement du barrage en 2005.....	54
Fig3.13 Barrage de Boughzoul en 2005.....	54
Fig 3.14. L'état d'envasement de Barrage du Boughzoul en 2011.....	55
Fig. 3.15. Schéma synoptique de l'aménagement hydraulique : Boughezoul– Ghrib.....	56
Fig. 3.16. Capacité du barrage de Ghrib épargnée par le barrage de Boughezoul.....	56
Fig. 3.17. Evolution temporelle de la Capacité du barrage de Ghrib avec ou sans le barrage de Boughezoul.....	57

## Liste des tableaux

Tableau 1.1 Capacité totale des barrages des pays du Maghreb.....	2
Tableau 1.2 Taux d'envasement annuel dans les pays du Maghreb.....	3
Tableau 1.3 Envasement moyen annuel des barrages du Maghreb.....	4
Tableau 2.1 Précipitations moyennes mensuelles et annuelles.....	22
Tableau 2.2 Températures Moyennes mensuelles des minima.....	23
Tableau 2.3 Moyenne mensuelle des maxima.....	24
Tableau 2.4 Caractéristiques des barrages Haut-Moyen et Bas Cheliff.....	29

## Référence bibliographie

[1] **A.B.H. Cheliff Zahrez (2004)**. Cadastre hydraulique du bassin hydrographique du Cheliff –Aval du barrage de Bougezoul.

[2] **Agence Nationale des Barrages et des Transferts, (ANBT, 2011)**.

[3] **Agence Nationale des ressources hydriques (Alger), (ANRH, 2011)**.

[4] **AMZAL A (2009)**. Capacité de transport solide des cours d'eau et décantation des sédiments au niveau des retenues. Cas de la retenue : BENI-AMRANE. Mémoire De fin d'étude d'Ingénieur d'état en hydraulique. École Nationale Supérieure Polytechnique d'Alger

[5] **BESSENASSE M., (2004)**. « Dépôt des sédiments fins à l'amont d'une retenue ». Thèse de doctorat d'état, École Nationale Polytechnique d'Alger, 199 pages.

[6] **BENLACHTAR I, (2009)**. Dimensionnement des hausses fusibles du barrage de AinZADA. Mémoire De fin d'étude d'Ingénieur d'état en hydraulique. École Nationale Supérieure Polytechnique d'Alger

[7] **CIGB., 1976**. Problème de sédimentation dans le retenue. 12eme congrès, mexico, Q 47PP . 1177-1208.

[8] **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, 85-95.

[9] **Demak A, 1982**. Contribution à l'étude de l'érosion et de transport solides en Algérie septentrionale. Thèse doctorat Ing., univ. de Pierre et Marie Curie. Paris XI

[10] **DEGGOUTTE. G, (2006)**. "Diagnostic, aménagement et gestion des rivières"

## Référence bibliographie

---

[11] **HACHEMI AMMAR (2009)**. « ETUDE HYDRODYNAMIQUE DANS LES RETENUES :Processus de décantation des sédiments ». Thèse de magister. ENSH Blida

[12]**Hydrodragage-C.T.systems, (2005)**. ‘‘Rapport technique : Levés bathymétriques des barrages en exploitation Barrage Boughzoul wilaya de Médéa’’

[13] **Lahlou A., 9910**. Envasement du barrage Mohamed Ben Abdelkarim Alkhatabi et lutte antiérosive du BV montagneux. Proceeding du 2eme symposium de Lausanne, Aout, PP. 243-252.

[14] **LEFKIR A, (2009)**.Modelisation du transport solide par les modèles neuroflous. Thèse de doctorat d'état, École Nationale Polytechnique d'Alger,

[15]**MEDIOUNI M, (2006)**.Capacité du transport solide des Cours d'eau et décantation des Sédiments au niveau des retenues. Mémoire De fin d'étude d'Ingénieur d'état en hydraulique. École Nationale Supérieure Polytechnique d'Alger

[16]**REMINI B, (1997)**. Envasement des retenues de barrages : mécanisme et moyens de lutte par la technique du soutirage. Thèse de Doctorat. D'Etat, Ecole Nationale polytechnique d'Alger, 341 pages

[17]**REMINI B. 1999**. Envasement des barrages dans le Maghreb. Bul. Int. del'eau et de l'Env., 22 : 4-8.

[18]**REMINI, B. AVENARD J., 2003**, « Envasement des barrages », Edition CEDOC. Kettab, A.

[19] **REMIN W, REMINI B, 2003**. La sédimentation dans les barrages de l'Afrique du Nord.Département de génie rural, université de Blida.

[20]**REMINI B et HALLOUCHE W, (2005)**‘‘Prévision de l'envasement des barrages du Maghreb’’

## Référence bibliographie

---

[21] **REMINI B., (2006).** « LA SEDIMENTATION DES BARRAGES » .mécanismes et soutrage des courants de densité.

[22] **Radone M , and Radone M, 2005.** Dans sédiment sources and réservoir géomorphologie (Elsevier) (71), pp. 112 -125.

[23]**SOGREAH, (1986).** ‘‘Etude d’avant-projet détaillé du barrage colonel Bougara sur oued Nahr Ouassel’’

[24]**Société S.E.G.G.T.H (1966).** ’’ Monographie du barrage de Boughzoul’’,

[25]<sup>Melle</sup>**TAOUCHE N, (2007).**Fiabilité et exploitation du barrage Béni- Amrane. Mémoire De fin d’étude d’Ingénieur d’état en hydraulique. École Nationale Supérieure Polytechnique d’Alger.

[26]**ZAIBAK I,(2008).**Contribution a une approche cartographique de l’érosion spécifique dans le bassin versant de l’oued cheliff. Thèse de magister. ENSH Blida

[27]**ZEGGANEH, (2005).**APPROCHE CARTOGRAPHIQUE DE L’EROSION HYDRIQUE A PARTIR DES OUVRAGES HYDRAULIQUES EXISTANTS Cas du Bassin versant de l’Oued Isser (W.Boumerdes). Thèse de magister. ENSH Blida

## CONCLUSION GENERALE

Comme nous l'avons décrit précédemment, l'envasement des barrages est devenu un problème hydraulique qui réduit considérablement la capacité utile de l'infrastructure hydrotechnique.

Le barrage étudié appelé Boughzoul qui est destiné à jouer un rôle important dans le développement socioéconomique de la nouvelle ville est aujourd'hui confronté à ce problème.

Les résultats obtenus montrent que la capacité du barrage de Boughzoul ne dépasse pas les 15 Mm<sup>3</sup> en 2011, soit un taux de comblement de plus de 70 % de la capacité totale.

Le barrage disparaîtra en 2033, si les solutions ne seront pas prises à temps.

L'apparition des courants de densité dans le lac de Boughzoul est engendrée par des concentrations en particules fines souvent élevées dans l'oued Cheliff ; des valeurs dépassant les 300g/l ont été enregistrées à l'entrée du barrage de Boughzoul.

Pour retrouver sa capacité initiale qui était de 55 Mm<sup>3</sup> en 1934, des solutions à court et à long terme doivent être menées à l'amont et au niveau de la retenue du Barrage.

A court terme, le dévasement de la retenue de 10 Mm<sup>3</sup> de vase par la technique de dragage et la surélévation des deux digues nord et sud.

A long terme, des aménagements comme la correction torrentielle doivent être menés au niveau de sous-bassin de Nahr Oussal.

Des aménagements des berges doivent être réalisés le long de l'oued Cheliff à l'amont du barrage pour réduire les sapements des berges.