

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE SAAD DAHLAB BLIDA

Faculté de Technologie

Département des Sciences de l'Eau et de l'Environnement

Mémoire de Fin d'Etudes Master

Spécialité : Hydraulique

Option : Sciences de l'Eau

Titre :

**Envasement des barrages :
Boukerdane, Keddara, Ghrib et Foum
Elgharza**

Etudiant: CHERFAOUI Hamza

Jury d'examen:

Président : Mr KHOULI

Examineur : Mr BESSENASSE

Examinatrice : Mme BOUZOUIDJA

Promotrice : Mme REMINI

Promotion 2013

Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail en signe de Respect, de
Reconnaissance et d'Amour à :*

*Ma très chère maman, pour son Amour, ces
Sacrifices, son Soutien et pour Tous. Merci*

Mon cher père pour ces Encouragements

Mes grands parents

Mon frère

Mes sœurs

Ma famille cherfaoui

*Mes amis : abdesslem , youcef , talal , moh ,
Berra , cho3aib , huma , alla , oussama,
abdallah,
Et Tous mes amis de SÉE , et chimie*

Cherfaoui hamza



REMERCIEMENT

En premier lieu je tiens à remercier le dieu qui ma donner le courage pour compléter ce modeste travail.

Je voudrais tout d'abord remercier :

Ma promotrice de mémoire, Mme.REMINI, maître de conférences à l'université de Blida, Algérie, pour ces conseils, ces orientations et leur soutien scientifique pendant la réalisation de ce travail. Je tiens à le remercier notamment pour son soutien moral.

Membres de jury pour m'avoir honoré de leur présence, en particulier Mr.KHOULI, maître de conférences à l'université de Blida, qui m'a fait l'honneur d'être président de jury.

- Mr. Pr BESSENASSE, professeur à l'université de Blida, qui nous fait honneur d'être parmi les membres de jury.

- Mme. BOUZOUIDJA, maître de conférences à l'université de Blida, qui a également acceptée d'évaluer ce travail.

Je tiens à exprimer mes très vifs remerciements à tous mes enseignants de la filière hydraulique de la Faculté des Sciences auxquels je dois beaucoup pour ma formation en sciences de l'eau. Je remercie particulièrement Monsieur REMINI.

Par crainte d'avoir oublié quelqu'un, que tous ceux et toutes celles dont je suis redevable se voient ici vivement remerciés. Je suis redevable à mes parents, mes frères et sœurs, mes oncles et tantes, mes cousins et cousines, que chacun se sente ici vivement remercié pour son amour et son soutien.

A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin, à tous ceux qui m'ont encadré, à tous ceux qui m'ont encouragé, à tous ceux qui m'ont accordé leur confiance, à tous ceux qui m'ont montré leur intérêt, à vous tous MERCI MERCIMERCI!!

ملخص

كل السدود الجزائرية تعاني من ظاهرة التوحد لكن نسبة التوحد تختلف من سد الى اخر و ذلك راجع لمجموعة العوامل المؤثرة على كل سد (كمساحة حوض التزويد, كمية الامطار المتساقطة, الغطاء النباتي و نسبة الميل...الخ). في دراستنا هذه حاولنا تحديد اسباب هذه الظاهرة و معرفة الطرق الممكنة لحساب كمية المواد الصلبة التي تصل الى السدود, و حاولنا ايضا معرفة العوامل الاكثر تأثيرا بالنسبة لأربعة سدود هم : بو كردان, قدارة, غريب و فم الغرزة, هذين الاخيرين يعانيان من نسبة توحد كبيرة جدا تفوق 50 % من طاقتهم الاستيعابية. و توصلنا الى تحديد العامل او العوامل المحددة لتفاقم هذا المشكل بالنسبة لكل سد من السدود الاربعة و طرحنا بعض الحلول للتقليل من هذا المشكل كالتشجير و تهيئة المجاري المائية وذلك لحماية و حفظ اكبر مخزون ممكن من المياه.

كلمات المفتاح: سد, توحد, حوض التزويد, الوحد, العوامل.

Résumé

Les barrages algériens souffrent du phénomène de l'envasement, mais le taux d'envasement diffère d'un barrage à un autre, et ceci est dû à divers facteurs influençant sur chaque barrage (superficie du bassin versant, la pluviométrie, couvert végétal, la pente....)

Le but de la présente étude est de déterminer les causes de ce phénomène et en même temps de trouver des méthodes pour calculer la quantité des matières solides qui arrivent au niveau des barrages, et aussi d'essayer de connaître les facteurs les plus influençant pour les barrages de Boukerdane, Keddara, Ghrib, et Foum el Gherza, ces derniers connaissent un taux d'envasement dépassant les 50%.

Au final on a pu déduire les facteurs principaux causant l'aggravation de ce phénomène pour les quatre barrages étudiés, ainsi on a proposé quelques solutions afin d'atténuer de ce problème tels que le boisement, l'aménagement des cours d'eaux dans le but d'augmenter le volume de stockage.

Mots clés : barrage-envasement-bassin versant-vase-facteurs.

Abstract

The Algerian dams suffer the phenomenon of siltation, but the siltation rate differs from one dam to another, and this is due to various factors influencing on each dam (catchment area, rainfall, vegetation cover, the slope)

The purpose of this study was to find the causes of this phenomenon and at the same time find ways to calculate the amount of solids that arrive at the dam, and also to try to know the factors most influencing for dams Boukerdane, Ghrib, Keddara and Foum el Gherza, they know a siltation rate exceeding 50%.

In the end we were able to determine the main factors causing the aggravation of this phenomenon for the four dams studied, with some recommendations such as afforestation, management of rivers in order to increase the storage volume.

Keys words: dam- siltation- catchment area- mud- factors.

Liste des tableaux :

-Tableau I.1. Données du barrage Ghrib.....	17
-Tableau I.2. Résultats des levés bathymétriques effectués au barrage de Foug EL Gherza.....	19
-Tableau II.1. Les paramètres et les symboles des Méthodes de Quantification de l'érosion.....	31
-Tableau III.1. Les valeurs de pente et l'envasement dans les quatre barrages étudiés.....	39

Liste des figures :

-Figure I.1 : barrage de Boukerdane (cherfaoui h 2011).....	6
-Figure I.2 : barrage de Keddara (ANBT, 2007).....	8
-Figure I.3 : barrage de Ghrib (ANBT, 2007).....	11
-Figure I.4 : barrage de Foug el Gharza (ANBT, 1994).....	14
-Figure I.5 : Envasement du barrage Ghrib.....	17
-Figure I.6 : Evolution de l'envasement en fonction du temps.....	19
Figure III.1. L'envasement en fonction de la surface de bassin versant.....	35
Figure III.2. L'envasement en fonction du pluviomètre.....	36
Figure III.3. L'envasement en fonction du couvert végétal.....	37
Figure III.4. L'envasement en fonction de lithologie.....	38
Figure III.5. L'envasement en fonction de pente.....	40
Figure III.6. L'envasement en fonction des apports liquides.....	41

Sommaire :

Dédicaces.....	i
Remerciements.....	ii
Résumé.....	iv
Liste des tableaux.....	v
Liste des figures.....	vi
Sommaire.....	ix

Introduction.....	1
-------------------	---

Chapitre I Présentation des barrages études et leurs états d'envasement

I.1. Présentation de barrage du BOUKERDANE.....	3
I.1.1- barrage du BOUKERDANE.....	3
I.1.1.1-Situation géographique	3
I.1.1.2- Situation géologique du site du barrage.....	3
I.1.1.3-Hydrogéologie.....	4
I.1.1.4- Caractéristiques générales du barrage	4
I.1.2- La Retenue	5
I.1.2.1-Situation géologique	5
I.1.2.2-Characteristiques générales de retenue	5
I.1.2.3-destination	5
I.2.Présentation du barrage de Keddara	6
I.2.1- barrage de Keddara	6
I.2.1.1-Situation géographique	6
I.2.1.2- Situation géologique du site du barrage	6
I.2.1.3- Hydrogéologie	7
I.2.1.4- Caractéristiques générales du barrage	7
I.2.2- La Retenue	7

I.2.2.1-Situation géologique	7
I.2.2.2-Characteristiques générales de retenue	8
I.2.2.3-destination	8
I.3-Présentation du barrage de GHRIB	8
I.3.1- Barrage du GHRIB	8
I.3.1.1-Situation géographique	8
I.3.1.2- Situation géologique de site du barrage	9
I.3.1.3- Hydrogéologie	9
I.3.1.4- Caractéristiques générales du barrage	9
I.3.2- La Retenue	9
I.3.2.1-Situation géologique	9
I.3.2.2-Characteristiques générales de retenue	10
I.3.2.3-destination	10
I.4-Présentation du FOUM EL GHERZA	11
I.4.1- Barrage du FOUM EL GHERZA	11
I.4.1.1-Situation géographique	11
I.4.1.2- Situation géologique de site du barrage	11
I.4.1.3- Hydrogéologie	12
I.4.1.4- Caractéristiques générales du barrage	12
I.4.2- La Retenue	13
I.4.2.1-Situation géologique	13
I.4.2.2-Characteristiques générales de retenue	13
I.4.2.3-destination	13
I.5. Envasement des barrages étudiant	14
I.5.1. Envasement des barrages en générale.....	14
I.5.2. Envasement de barrage Boukerdane	15
I.2.3. Envasement de barrage Keddara	16
I.4.3. Envasement barrage Foum el Gharza.....	17
I.3.3. Envasement de barrage Ghrib.....	18

Chapitre II Erosion et méthodes de quantification

II.1. Processus de l'érosion dans les bassins versants.....	21
II.1.1 Généralités	21
II.1.2 Causes de l'érosion	22
II.1.2.1 Influence du climat	22
II.1.2.2 Les facteurs topographiques	22
II.1.2.3 Les facteurs géologiques et pédologiques	22
II.1.2.4 Le couvert végétal	23
II.1.3 Les principaux facteurs dont dépendent les apports solides d'un bassin versant.....	23
II.2. Le transport solide.....	23
III.2.2 Transport par charriage	24
II.2.3 Transport par suspension.....	24
II.3. Conséquences	25
II.3.1 Généralité	25
II.3.2 Mécanisme de l'envasement	25
II.3.2.1 Comportement des sédiments fins.....	25
II.3.2.2 Comportement des sédiments grossiers.....	25
II.3.2.3 Ampleur de l'alluvionnement des retenues en Algérie	26
II.4.Méthode de Quantification de l'érosion	26
II.4.1.Formule de Henin: "1950"	26
II.4.2.Formule universelle de Wischemeier "1959"	26
II.4.3.Formule de Fournier (1960)	27
II.4.4.Formule de Wischmeier et Smith (1978).....	27
II.4.5.Formule de Gravidovic	28
II.5. Méthode de quantification en Algérie	29
II.5.1.Généralité	29
II.5.2.Modèle de Tixeront (1960)	29
II.4.3.Copolini 1965	29
II.4.4.Modèle de Sogreah (1969)	30

II.4.5.Modèle de Demmak « ANRH 1982 »	30
II.4.6 Conclusion	30

Chapitre III Envasement et facteur influent sur ces barrages

Conclusion générale.....	42
---------------------------------	-----------

Références bibliographiques

Référence bibliographiques :

- [1] ACHITE.M, MEDDI.M, (2004) — Estimation du transport solide dans le bassin-versant de l'oued Haddad, Sécheresse.
- [2] BOUANANI. Adr, (2004) — " Hydrologie, Transport solide et modélisation : étude de quelques sous bassins de la Tafna (NW-Algérie) ", Thèse de doctorat, Hydrogéologie, (2004), 250p, Université de Tlemcen.
- [3] (A. N. B. T) Agence Nationale des Barrages et transfert " Auscultation et expertise des barrages COBA", (2005).
- [4] REMINI.B, (1997) — Envasement des retenues de barrages en Algérie : importance, mécanismes et moyen de lutte par la technique du soutirage, thèse de doctorat d'état, école polytechnique. 342p.
- [5] RERBOUDJ.Adr, (2005) —essai de quantification de l'érosion et perspective de protection du barrage de fontaine des gazelles contre l'envasement, mémoire.140p.
- [6] SAIDI-A " Erosion spécifique et prévision de l'envasement" communication du colloque sur l'érosion en Algérie(ANRH+GTZ) Algérie (1991)
- [7] TOUAIBIA.B, (1996) — quantification de l'érosion à partir d'implantation de quatre retenues collinaires dans la zone des marnes.
- [8] TOUAHIR.S, (2007) —étude comparative du transport solide en suspension entre les sous bassins des oueds zeddine et tikazale, Thèse de doctora.145p.
- [10] REMINI B., Avenard J.M., KettabA., " Envasement des barrages ", Ed CEDOC, (2003), 208p.
- [11] RABIE.D. « Les barrages menacés d'envasement en cette période de crues »,Algérie 360⁰, (31 octobre 2012).
- [12] ALAG.K. Reboisement au barrage de Boukerdane.WIKIPIDIA.com Algérie, 2012
- [13] CHERFAOUI.I, (2008) —LE DEVASEMENT DU BARRAGE DE FOUM EL GHARZA (W de BISKRA), thèse de doctora.147p.

Introduction :

Les barrages de stockage sont exposés à une perte de capacité due au phénomène d'envasement. Un phénomène qui peut s'exprimer par d'autres termes tels que, l'alluvionnement des retenues et la sédimentation des particules transportées par les cours d'eau. Il est la conséquence naturelle de la dégradation des bassins versants (Saidi, 1991).

La sédimentation des barrages dans les pays de l'Afrique du nord est très élevée et même spectaculaire. Elle est due directement aux forts taux d'érosion des bassins versants, dont les particules solides sont drainées directement par les cours d'eau et provoqueront à l'entrée des retenues des courants de densité. Cette sédimentation pose d'énormes problèmes à savoir; la réduction de la capacité, l'obturation des organes de vidange, la sécurité de l'ouvrage. La sédimentation des canaux d'irrigation et elle a même un impact sur la qualité de l'eau. (Remini, 1997).

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 (Bouanani, 2004).

La dégradation des bassins versant et donc l'envasement des barrages dues à plusieurs facteurs à savoir, la pluviométrie, la superficie du bassin versant, la nature des sédiments, la température, la couverture végétale, la pente.

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 ".

La prévision de l'importance de l'envasement auquel sera exposé un barrage et la détermination du ou des facteurs responsables permettra de mettre en place les moyens de lutte contre efficaces et donc la sauvegarde de la capacité de stockage du barrage.

Dans la première partie de cette étude on s'est intéressé aux barrages étudiés et à leur envasement puis on a passé en revue des travaux et des formules de quantification de l'envasement.

Le dernier volet de cette étude a été consacré à l'analyse des causes d'envasement de quatre barrages Algériens (GHRIB, FOUM ELGHARZA, BOUKERDANE et KEDDARA).

En s'intéressant aux paramètres suivants :

- ❖ La superficie du bassin versant ;
- ❖ La pluviométrie ;
- ❖ La nature des sédiments (% des éléments fins) ;
- ❖ L'état de la couverture végétale ;
- ❖ La pente ;
- ❖ L'apport liquide.

Chapitre I

I. Présentation des barrages études et leurs états d'envasement

I.1.Présentation de barrage du BOUKERDANE

I.1.1-barrage du BOUKERDANE

I. 1.1.1-Situation géographique :

Le site du barrage de BOUKERDANE se termine sur l'oued EL-HACHEM qui est le produit de confluence des oueds BOUKADIR et l'oued FEDJANA et est situé à environ 1.3 Km au Sud du village de SIDI-AMAR (Wilaya de Tipaza).

Les coordonnées du site suivant la projection U.T.M fuseau 31 sont :

$$X= 437.8 \text{ Km} \quad Y= 4043.1 \text{ Km} \quad Z= 70\text{m}$$

I. 1.1.2- Situation géologique du site du barrage :

Le site du barrage de BOUKERDANE est constitué d'un massif de roche hypovolcanique de type dolérites.

Le massif est gros homogène, cependant une épaisseur altérée et décomprimée de 10 m devra être enlevée.

Selon les sondages effectués au site du barrage, la légende concernant la synthèse des sondages est comme suit :

- alluvions
- zone d'altération des dolérites
- dolérites pourries
- dolérites tendres et dolérites dures.

Les alluvions se présentent dans la vallée des profondeurs très variables et peuvent atteindre jusqu'à 20 mètres, les alternances non respectés. les différentes couches d'altérations des dolérites, rendent la tâche plus difficile pour déterminer les limites des alluvions et des couches d'altérations suivant la coupe longitudinale du site du barrage. Il faut noter que les éléments prédominants dans la géologie du site sont :

- l'hétérogénéité foncière et généralisée du massif de dolérite

- la grande altération en argile qui l'affecte assez souvent
- l'épaisseur des alluvions et leur nature argileuse
- la nature des alluvions et l'altération argileuses des dolérites

Peuvent des conséquences sur la stabilité de l'ouvrage.

Quand les alluvions argileuses sont saturées d'eau, sous l'effet des pressions hydrodynamiques et sismiques, les argiles sont susceptibles de se transformer en fluide visqueux (phénomène de liquéfaction) ; qui engendre des tassements préjudiciables pour les barrages et leurs ouvrages annexes donc pour la vallée aval du barrage.

I. 1.1.3-Hydrogéologie :

Selon l'étude piézométrique la nappe se trouvant sur le site du barrage suit le mouvement général de la nappe phréatique le même que celui de la topographie mais il existe au pied de la rive droite un fort gradient qui apparaît une source juste à la cote 85m.

La profondeur de la nappe est de l'ordre de 10m en rive gauche à la cote 127m, la profondeur de la nappe est environ de 20m.

Dans la terrasse du site, la profondeur est faible en comparaison avec celle de la rive qui est environ de l'ordre de 5 à 7m.

I. 1.1.4- Caractéristiques générales du barrage :

- hauteur maximale (digue) 74.41 m
- longueur en crête 609.98 m
- largeur en crête 10 m
- largeur maximale au niveau du terrain naturel 367.62 m

• Évacuateur de crues :

- longueur en projection horizontale 248.5 m
- longueur du déversoir 70 m
- déversoir : seuil libre 1000 m³/s
- largeur du radier du coursier 15 m

• Volumes principaux de travaux :

- remblais 3924000 m³
- bétons 105000 m³

I.1.2- La Retenue :**I.1.2.1-Situation géologique :**

L'étanchéité paraît être assurée grâce à la structure plus ou moins argileuse de la fondation néanmoins des injections sont projetées à proximité de l'ouvrage mais sont moins considérables.

- Année de construction : 1986
- Année de mise en eau : 1992

I.1.2.2-Characteristiques générales de retenue :

- altitude de la retenue normale (eau)	119.5m
- altitude des plus hautes eaux	123m
- aire de la retenue au niveau normale	536 ha
- aire de la retenue au niveau exceptionnel	600ha
- capacité totale de la retenue	104.99 Mm ³
- réserve d'envasement	10.8 Mm ³
- volume régularisé	49 Mm ³

I.1.2.3-destination :

- Alimentation en eau potable des villesde TIPASA, CHERCHELL et la sécurisation de l'AEP d'Alger :
- Irrigation du périmètre MITIDJA OUEST.



Figure I.1 : barrage de Boukerdane (cherfaoui h 2011)

I.2.Présentation du barrage de Keddara

I.2.1- barrage de Keddara :

I.2.1.1-Situation géographique :

Le site du barrage de KEDDARA se termine sur l'oued BOUDOUAOU, est situé à environ 8 km au Sud du village de BOUDOUAOU (Wilaya de BOUMERDES) à 35 km à l'Est d'Alger.

I.2.1.2- Situation géologique du site du barrage :

Ce barrage fondé sur une couche rocheuse de schistes, a été instrumenté par le Centre National de Recherche Appliquée en Génie Parasismique (CGS) par un réseau dense d'accélérographes, composé de 09 stations (03 accélérographes numériques et 06 accélérographes analogiques).

La digue est constituée par un noyau central argileux incliné, sur lequel repose les filtres et les zones de transition, couverts par des enrochements calcaires compactés pour assurer la stabilité du barrage.

I.2.1.3-Hydrogéologie :

Sur la région règne un climat fort contrasté, qui, par bien de ses aspects est agressif. Les hauts massifs se caractérisent par un climat froid et pluvieux. Alors que sur les plaines, situées de

part et d'autre des chaînes montagneuses de l'Atlas, règne un climat relativement sec à fort écart thermique, ce qui explique la sécheresse estivale excessive engendrant des orages violents.

Le régime d'écoulement est de type bi-modal à influence méditerranéenne avec deux maxima : un principal autour du mois de mars et un secondaire en novembre. Le minimum estival est plus faible que celui de la période hivernale. Toutefois, selon les années, les valeurs mensuelles maximales peuvent s'inter changer.

I.2.1.4- Caractéristiques générales du barrage :

- hauteur maximale (digue) 106.00 m
- longueur en crête 468.00 m
- largeur en crête 12 m
- largeur maximale au niveau du terrain naturel 426 m

- **Évacuateur de crues :**

- longueur du déversoir 50 m
- déversoir : labyrinthe 750 m³/s
- vidange de fond 55 m³/s

I.2.2- La Retenue :

I.2.2.1-Situation géologique :

Le remplissage de la retenue dépend du pompage des eaux de la prise de BENI-AMRANE, des eaux de dérivation du barrage de HAMIZ et des apports de son propre bassin versant.

La digue est constituée par un noyau central argileux incliné, sur lequel repose les filtres et les zones de transition, couverts par des enrochements calcaires compactés pour assurer la stabilité du barrage.

- Année de construction : 1982
- Année de mise en eau : 1986

I.2.2.2- Caractéristiques générales de retenue :

- altitude de la retenue normale (eau) 145m
- altitude des plus hautes eaux 147.32m

- capacité totale de la retenue 145.6 Mm³
- réserve d'envasement 32.30 hm³/an
- volume régularisé 142.39 Mm³

I.2.2.3-destination :

- Alimentation en eau potable de la ville d'Alger :

-dotation annuelle en 2011 : 83 hm³

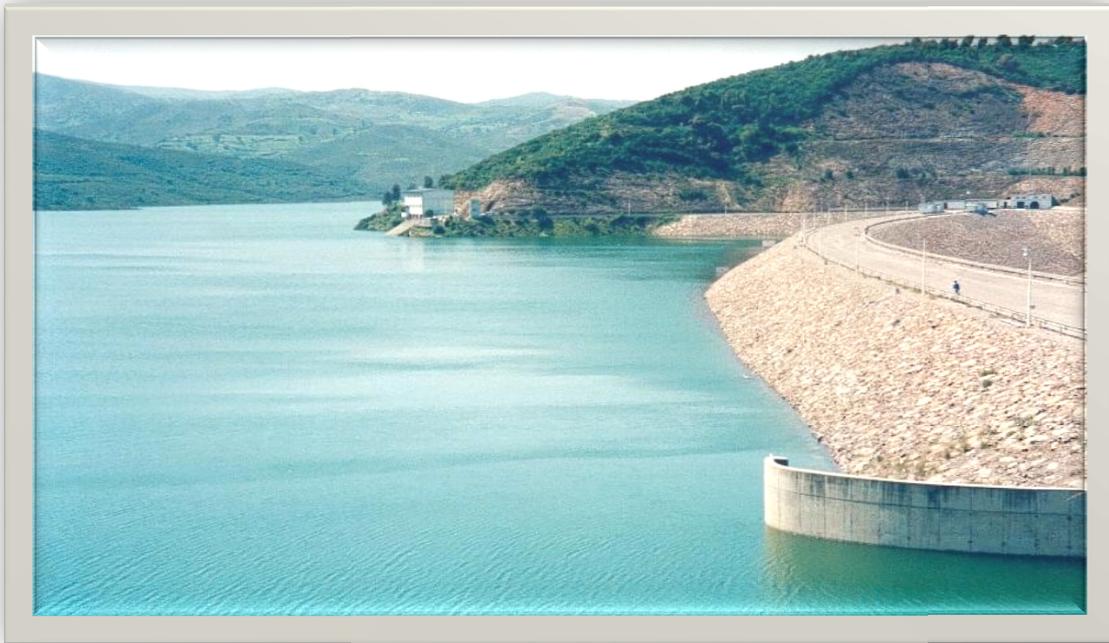


Figure I.2 : barrage de Keddara (ANBT, 2007)

I.3-Présentation du barrage de GHRIB

I.3.1- Barrage du GHRIB :

I.3.1.1-Situation géographique :

Le barrage de Ghrib est situé à 20Km au sud-ouest de la ville d'AIN-DEFLA (Wilaya d'AIN-DEFLA) et 155 Km d'Alger à l'aval de l'un des plus longs oueds algériens, l'oued Chélif qui prend sa source dans l'Atlas Saharien. Sa capacité est de 145.2 hm³, avec une superficie de 2800 Km².

I.3.1.2- Situation géologique de site du barrage :

Situé au nord-ouest de l'Algérie, le bassin du Chellif présente une superficie de 23 300 km² et la quasi-totalité des sols sont des alluviaux constitués essentiellement d'éléments fins dérivés de marne ou d'argile, rendant le sol très sensible à l'érosion.

Il est caractérisé par une altitude minimale de 20 m, une altitude maximale de 1 983 m, un périmètre de 1 383 km, son indice de compacité est de 1.85, la longueur de son rectangle équivalent est de 619 km, et la longueur de son talweg principal est de 759 m.

I.3.1.3-Hydrogéologie :

Le bassin est soumis à un climat méditerranéen avec des étés chauds et secs et des hivers frais et pluvieux, caractérisé par des vents de moins de 10 km/h et un ensoleillement moyen élevé variant de 60 à 80 % de la durée du jour. La pluviométrie moyenne observée est de 472 mm/an.

I.3.1.4- Caractéristiques générales du barrage :

- hauteur maximale de la digue 105.00 m
- longueur en crête 270.00 m
- largeur en crête 15 m
- **Évacuateur de crues :**
 - longueur du déversoir 70 m
 - déversoir : hausses fusibles 45000 m³/s
 - vidange de fond 100 m³/s

I.3.2- La Retenue :

I.3.2.1-Situation géologique :

Ce barrage en enrochement avec un masque amont, Troisième ouvrage algérien à être équipé d'un système de hausses fusibles, le barrage de Ghrib est le deuxième plus important barrage en service de l'ouest du pays, séparé d'un impressionnant évacuateur de crues à surface libre par une colline. Cet ouvrage magistral, situé à 150 km à l'ouest d'Alger.

Le barrage du Ghrib est équipé de 20 hausses fusibles en béton armé et de 2 clapets métalliques de 15 m de large. Cette association permet de gérer finement le niveau de la retenue et d'accroître la période de retour du déclenchement de la première hausse.

Les travaux de confortement de l'évacuateur comprennent l'installation d'ancrages actifs. L'ensemble des travaux de surélévation et de confortements, ingénierie comprise, ont été exécutés en 16 mois.

- Année de construction : 1927
- Année de mise en eau : 1939

I.3.2.2-Characteristiques générales de retenue :

- altitude de la retenue normale (eau)	432.00 m
- altitude des plus hautes eaux	432.50 m
- capacité totale de la retenue	280 Mm ³
-capacité après la surélévation	185.32 Mm ³
- réserve d'envasement	148.50 Mm ³
- volume régularisé	142.39 Mm ³

I.3.2.3-destination :

- Alimentation en eau potable des villes de Medea, Berrouagua et oued chorfa:
-dotation annuelle en 2007 : 7.0 Mm³
- Irrigation du peremtre Haut Chelef :
 - dotation annuelle pour la campagne d'irrigation en 2007 : 22 Mm³
- Transfert vers la retenue de BOUROUMI pour le renforcement de l'AEP d'Alger (saa)

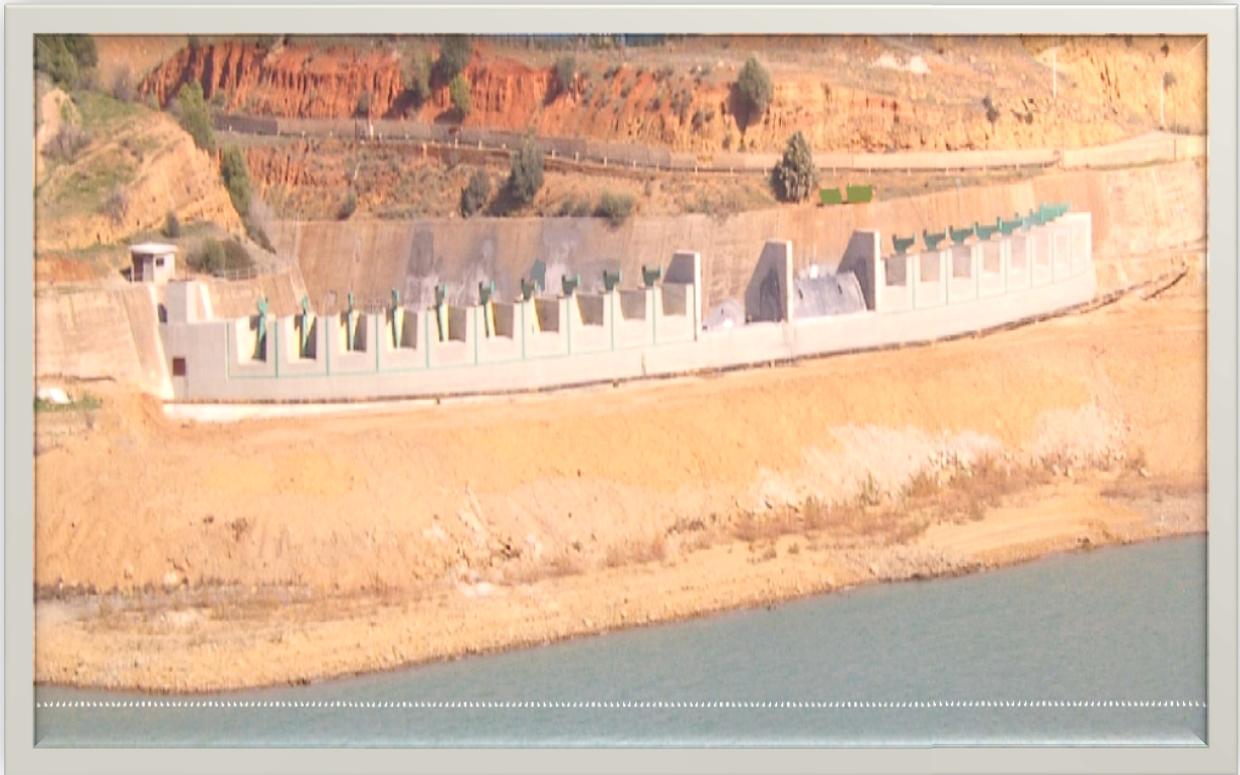


Figure I.3 : barrage de Ghrib (ANBT, 2007)

I.4-Présentation du FOUM EL GHERZA

I.4.1- Barrage du FOUM EL GHERZA :

I.4.1.1-Situation géographique :

Le site du barrage de FOUM EL GHERZA se termine sur l'oued EL-ABIOD, est situé à 16 km au Nord-Est du village de BISKRA (Wilaya de BISKRA).

I.4.1.2- Situation géologique de site du barrage :

Le bassin versant de l'oued l'Abiod est situé dans le versant sud de la partie orientale de l'Atlas Saharien, d'après le découpage hydrographique, en vigueur en Algérie ce bassin versant est annexé au bassin hydrologique de chott Melghir, l'oued l'Abiod prend sa source dans le massif des Aurès (monts Chélia).

I.4.1.3- Hydrogéologie :

Le bassin versant est caractérisé par une irrégularité inter annuelle et mensuelle.

Le bassin versant d'oued El Abiod se caractérise :

- par un temps de réponse très court,
- par une pluviométrie très variable entre la partie amont et la partie aval du bassin,

Les précipitations saisonnières du sous bassin amont sont concentrées essentiellement en automne et au printemps, par contre dans le sous bassin aval, les précipitations sont concentrées en Automne et hiver ; alors que la zone d'étude montre une diminution des précipitations et augmentation des températures du Nord vers le Sud, du climat semi-aride en amont vers l'aride en aval.

Le bilan Hydrologique du sous bassin amont montre un excès d'eau qui alimente le ruissellement, alors que le sous bassin aval est nettement marqué un déficit au cours de l'année.

En gros, le régime hydrologique du bassin versant se caractérise par l'irrégularité d'un mois à l'autre, et d'une année à l'autre exprimée par les fortes valeurs de variations.

En général, les crues de fortes puissances d'automne et de printemps sont produites par des averses violentes ; qui caractérisent le climat semi-aride et aride, dans ses conditions ; le transporter des matériaux arrachés devient très important, surtout dans la partie amont.

I.4.1.4- Caractéristiques générales du barrage :

- hauteur maximale (eau) 73.00 m
- longueur en crête 188.00 m
- largeur en crête 9.25 m
- largeur maximale au niveau du terrain naturel 126 m
- **Évacuateur de crues :**
 - longueur du déversoir (2 déversoirs) 2 X 18 m
- déversoir : seuil libre 730 m³/s
- vidange de fond 110 m³/s

I.4.2- La Retenue :

I.4.2.1-Situation géologique :

Le massif de l'Aurès possède une structure généralement assez simple, et ci-dessous ou décrit le synclinal de Ghassira.

Ce synclinal est le plus important de l'Aurès il prend naissance sur le bord sud-est du bassin d'El Outaya sa partie inférieure est occupée par les poudingues pliocène que l'érosion quaternaire a mis en relief dégagent à leur périphérie, les sables du Pontien, dans le bas synclinal affleurent notamment au nord de M'Chouneche les sables et argiles du Pontien, ceux-ci au sud de M'Chouneche sont surtout conservés dans de ravins entaillés dans le calcaires du maestrichtien conservant ainsi un réseau hydrographique.

Les différents paramètres du bassin versant présentent une forme allongée. Les indices de pente permettent de dire que le ruissellement est fort et par conséquent l'infiltration est limitée sauf dans la mesure où les faciès lithologiques le permettent.

- Année de construction : 1947
- Année de mise en eau : 1950

I.4.2.2-Characteristiques générales de retenue :

- altitude de la retenue normale (eau)	198.90 m
- altitude des plus hautes eaux	203.25 m
- capacité totale de la retenue	47 Mm ³
- réserve d'envasement	21.30 Mm ³
- volume régularisé	14.89 Mm ³
- surface de la retenue	3.1 Km ²

I.4.2.3-destination :

- Réguler le régime de l'oued Abiod durant les crues.
- Irrigation de la palmeraie de SIDI OKBA :
 - dotation annuelle pour la campagne d'irrigation en 2011 : 13 Mm³

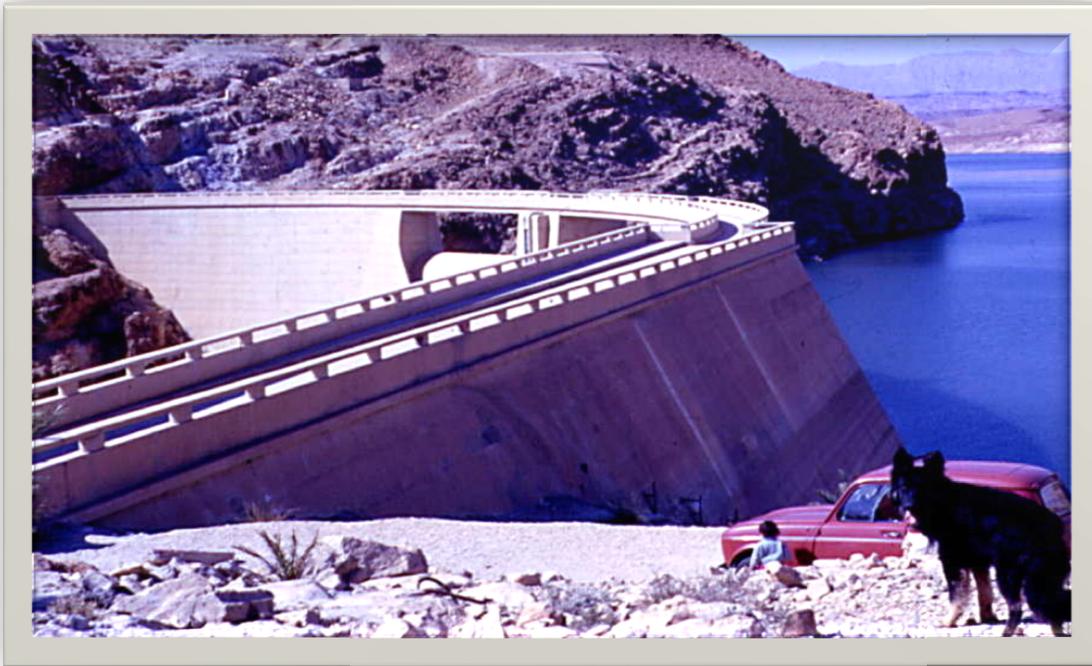


Figure I.4 : barrage de Fom el Gharza (ANBT, 1994)

I.5. Envasement des barrages étudiant :

I.5.1. Envasement des barrages en générale :

Les pluies automnales et les crues demeurent une menace pour les barrages sur le plan de l'envasement. Celui-ci n'a pas manqué de rappeler que les études de l'année 2011 dernier ont révélé que la quantité de vase déposée au niveau des 70 grands barrages a dépassé le 1,2 milliard de m³ de vase. « L'envasement annuel est de 45 millions de m³ et donc on perd le même volume d'eau ».

Les 70 grands barrages, 20 sont plus menacés d'envasement, à l'exception de Keddara (Boumerdès), Boukourdane (Tipasa), Erraguenne (Jijel) et d'autres. « Ces barrages s'envasent toujours, mais ne dépassent pas le 0,6 million de m³ par an. Le barrage de Sidi Mhamed Ben Aouda (Relizane), barrage à faible taux d'envasement au début des années quatre-vingt-dix, demeure aujourd'hui le plus menacé par les dépôts de boue estimés à 4 millions de m³ par année tandis que le taux d'envasement du barrage de DjorfTorba (Bechar) a augmenté », fera-t-il observer. Cependant et bien que ces pluies soient bénéfiques aux barrages ainsi qu'à la recharge des nappes phréatiques, le Dr Remini a signalé que les sols sont menacés par les érosions suite aux incendies qui ont détruit des milliers d'hectares de massifs forestiers. « Nos barrages s'envasent en période de crues et non pas en période d'étiage. Mais ce sont les crues

d'automne qui drainent des quantités des sédiments les plus élevées. Environ 70% des apports solides dans les barrages proviennent des crues d'automne », a-t-il noté. Dans le même article l'écrivain rappelle dans ce sillage que le barrage de Boughezoul est menacé par l'envasement. D'une capacité de 55 millions de m³, celui-ci est envasé à plus de 70% de sa capacité, et que dans 20 ans, il sera désormais complètement envasé. Il est à noter que l'Algérie dispose actuellement de 70 grands barrages totalisant une capacité de 7,4 milliards de m³ d'eau. Ce volume pourra atteindre les 9 milliards de m³ d'ici l'an 2018 avec les barrages en cours de construction. Pour préserver ces ouvrages et lutter contre les envasements, notamment, la construction des retenues collinaires afin de récupérer les eaux de ruissellement, et faciliter le reboisement, la multiplication des projets des corrections torrentielles...

I.5.2. Evasement de barrage Boukerdane :

En 26 février 2012 Tipaza : Le barrage de Boukerdane fait le plein Situé dans la commune de Sidi Amar dans la wilaya de Tipaza, le barrage de Boukerdane est rempli à 100% de son volume mobilisable, estimé à 97 millions de m³, ce volume a été atteint grâce à un apport de 17 millions de m³, dû aux pluies et à la neige qui sont tombées dans la région sans interruption pendant environ trois semaines. Il ajoutera qu'en début février, le volume du le barrage était de 34 millions de m³, précisant au passage que c'est la seconde fois qu'il atteint un tel niveau de remplissage depuis 2005. Il a estimé dans ce contexte, que les localités desservies par ce barrage ne seraient pas touchées par le rationnement de la ressource durant la saison estivale. Au nombre de 8, ces localités sont Sidi Ghilés, Cherchell, Sidi Amar, Hadjout, Meurad, Nador, Tipaza et douar Khechni de la commune de Ain Tagourait, et reçoivent globalement un volume d'eau potable de 70.000 m³/jour (RABIE.D, 2012).

Le taux d'envasement de ce barrage est très faible 0.21Mm³ annuel de vase sont déposé dans le barrage et donc la capacité totale de barrage est déminée, apport moyen annuel est 35 hm³/an.

C'est au mois de mai 2007 que la Sonatrach et la direction générale des forêts ont signé une convention de coopération dans le domaine du reboisement qui s'étalera entre 2008-2010. Ce programme financé par Sonatrach vise la contribution de cette dernière à l'effort national de reboisement. Le programme de revalorisation des forêts engagé au titre de cette convention couvre les bassins versants des barrages suivants : Keddara wilaya de Boumerdes (200 ha), Boukerdane wilaya de Tipasa (20 ha), Koudiet Lamdaouer, wilaya de Batna (100 ha), Beni Haroun wilaya de Sétif (80 ha), Zit Emba, wilaya de Skikda (100 ha). Outre, la contribution à

l'effort national de reboisement, ce programme tend à toucher les objectifs suivants : en premier lieu sur le plan écologique par la protection des barrages contre l'envasement, la protection des bassins versants contre l'érosion, l'extension du patrimoine forestier, limitation de la vitesse de ruissellement, le rétablissement de l'équilibre écologique (augmentation du couvert végétal) et enfin contribuer à la lutte contre les changement climatiques à travers la séquestration du CO₂ présent en atmosphère. Sur le plan socio-économique ; le projet vise la création de nouveaux emplois compte tenu que ce plan va permettre la plantation de 706 840 arbres, il intervient en outre en complément aux actions de reboisement réalisées et celles en cours au sein des unités du groupe Sonatrach qui ont permis de planter plus de 260 000 arbres depuis 2002. A l'horizon 2010 le groupe Sonatrach ambitionne 1 000 000 arbres plantés.

Etaient présents sur le site de Boukerdane, M. Mohamed Meziane P-DG de Sonatrach ainsi que les cadres de l'entreprise, le DG des forêts, le wali de Tipasa ont planté les premiers plants. Avant de lancer cette opération, les différents responsables ont longuement écouté les nombreuses explications quant à cette opération avant de se rendre sur les lieux de reboisement. En ce qui concerne le barrage de Boukerdane sur les 20 h prévus, 12 800 plants de pin d'Alep, 3 200 de pin Maritimes, 6 400 de pin Pignon, 4 800 cyprès de l'Arizona et 2 100 de Robinier seront plantés sur le versant Est du barrage.(Alag, 2012)

I.2.3. Envasement de barrage Keddara :

Sur le bassin versant de bouzegza (oued Boudouaou). Le taux d'érosion est d'inférieur à 100 t/km, et le taux d'envasement dans le barrage Keddara très faible presque 0.05 Mm³ annuel. L'apport moyen annuel liquidegal à 32.30 hm³chaque année.

I.3.3. Envasement de barrage Ghrib :

Les données concernant le barrage Ghrib sont présentées au tableau ci-dessous :

Tableau I.1. Données du barrage Ghrib (ANBT, 2012)

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Apports annuel	24,7050	48,9020	9,1880	29,0650	112,5890	76,7990	18,9530	62,8320
Lachés annuel	0,0000	25,6450	4,6620	21,3260	88,5240	52,7750	4,1580	40,0320
vase lachés annuel	0,0000	0,1658	0,0301	0,1379	0,5723	0,3412	0,0269	0,2588
appmoy liquide	148,5000	148,5000	148,5000	148,5000	148,5000	148,5000	148,5000	148,5000
envmoy	3,2000	3,2000	3,2000	3,2000	3,2000	3,2000	3,2000	3,2000
Envcumu	166,8800	170,0800	173,2800	176,4800	179,6800	182,8800	186,0800	189,2800
Env estimé	0,5324	0,8880	0,1679	0,4885	1,8539	1,3138	0,3815	1,0952
Env estimé cumu	164,2124	165,1004	165,2682	165,7567	167,6105	168,9243	169,3058	170,4010

Les données de la ligne Envasementcumulle représente l'envasement du barrage réel en 2004 (levé bathymétrique) puis accumuler par la moyenne annuelle ; et pour la ligne Env estimé cumu on a pris l'envasement calculé en 2004 puis accumulé par l'envasement estimé.

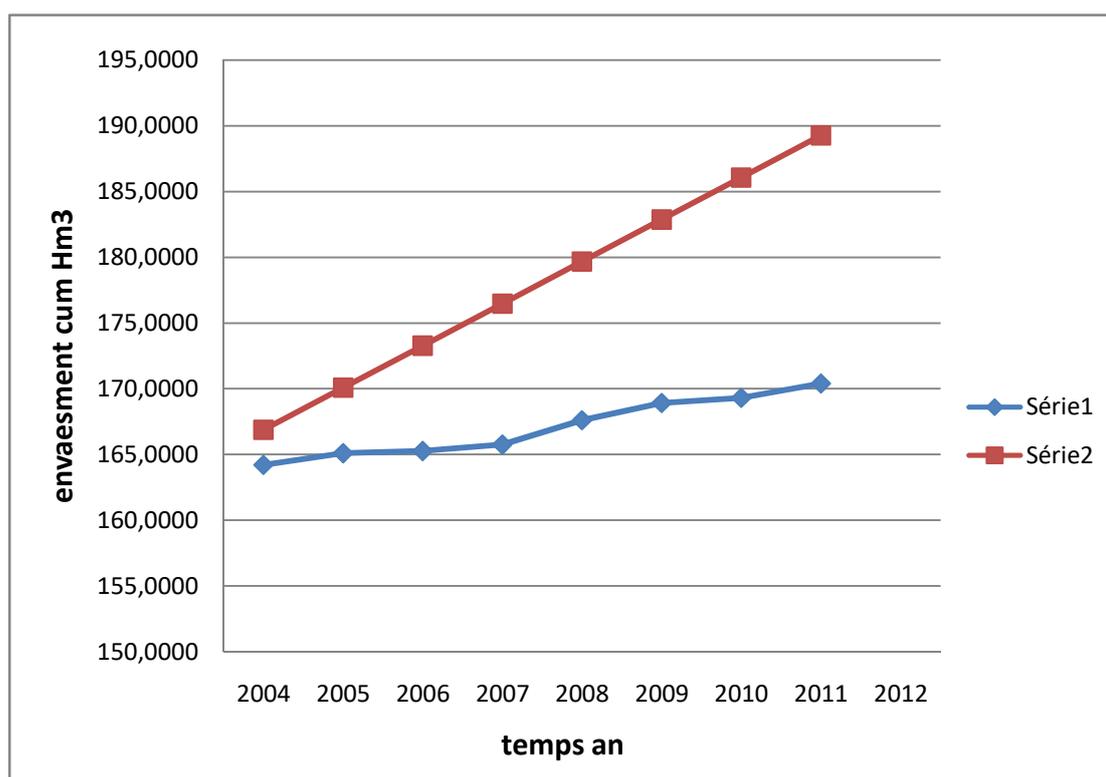


Figure I.5. Envasement du barrage Ghrib.

Le barrage Ghrib mis en eau en 1939 avec une capacité initial de 280 Hm³, est l'un des plus grands barrages de l'Algérie ; sa capacité était de 115.2552 Hm³ en 2004 (Levé bathymétrique) ce qui fait une moyenne d'envasement annuel (1939-2004) de l'ordre de 2.24

Hm³/an, alors que dans l'étude l'envasement annuel moyen était estimé à 3.2 Hm³/an ; ceci est logique car les apports eux aussi ont été surestimés à 148.5 Hm³/an, alors qu'on a enregistré un maximum de 112.59 Hm³ durant la période d'étude (2004-2012) et une moyenne de 47.88 Hm³/an.

Sur le graphique, la droite (en rouge) est l'envasement moyen cumulé à partir de la moyenne d'envasement annuel de la période 1939-2004 ; on remarque que durant cette période on a enregistré un envasement plus élevé que durant la période 2004-2012, ceci peut être due à la diminution des apports.

En l'année 2004, La capacité actuelle du barrage Ghrib est estimé à 96.72 Hm³ ce qui fait un taux d'envasement d'environ 65.46 %.

I.4.3. Envasement barrage Foum el Gharza :

Les levés bathymétriques constituent un des moyens efficaces permettant d'informer sur l'évolution du toit de vase dans le temps au sein de la retenue. Cela signifie que l'estimation du volume des sédiments captés par un barrage est une chose possible à partir des résultats de prospections bathymétriques qui reposent sur une série de levés régulièrement répartis dans le temps.

Les études basées sur la bathymétrie sont d'autant plus précises que la régularité et la fréquence des levés sont plus importantes.

Le barrage de Foum El Gherza a connu 8 levés après sa mise en eau en 1950. Les résultats de ces levés sont consignés dans le Tableau I 2.

Tableau I.2 : Résultats des levés bathymétriques effectués au barrage de Foum EL Gherza (ANBT, 2005).

ANNEES	1950	1952	1957	1967	1975	1986	1993	2001	2004
CAPACITE INITIAL (R.N) EN Hm3	47	47.00	45.00	43.01	35.07	31.93	26.52	24.31	16.90
CAPACITE EVALUEE (R.N) En Hm3	47	45.00	43.01	35.07	31.93	26.52	24.31	16.90	14.89
ENVASEMENT ANNUEL EN Hm3	0	1.00	0.40	0.79	0.39	0.49	0.32	0.93	0.67
PERTE DE CAPACITE EN Hm3	0	2.01	3.99	11.93	15.08	20.48	22.69	30.10	32.11
TAUX D'ENVASEMENT EN %	0	4.27	8.49	25.39	32.07	43.58	48.27	64.05	68.31
CAPACITE RISDUELLE EN Hm3	47	45.00	43.01	35.07	31.93	26.52	24.31	16.90	14.89
SURFACE EVALUEE EN Km2	3.88	3.62	3.25	3.26	3.17	3.18	3.19	3.07	3.10

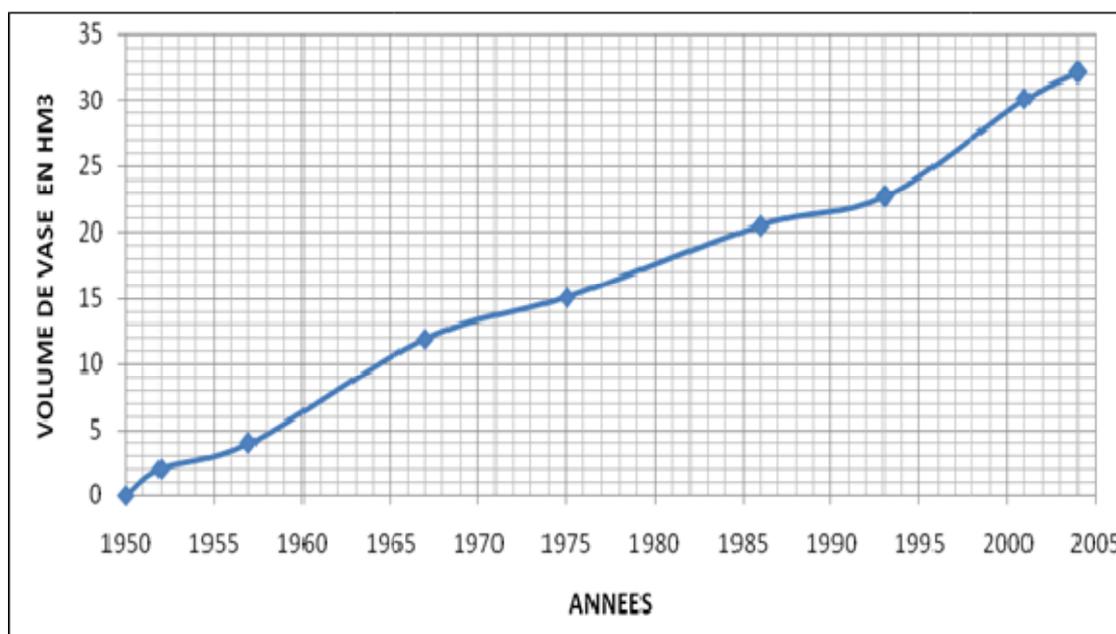


Figure I.6 : Evolution de l'envasement en fonction du temps.

Compte tenu de la surface du bassin versant, égale à 1300 Km², les valeurs constatées conduisent à un taux d'abrasion égal à 600 T/Km².an, La moyenne générale de l'envasement annuel enregistré entre 1950 et 2004 est égale à 0,624 Mm³/an.

Il apparaît clairement que la vitesse de sédimentation dans le barrage depuis sa construction est régulier elle est à l'ordre de 600 000 m³/an, c'est un taux d'envasement excessivement élevé il traduit les conditions morpho dynamique des B.V. d'une part, et une faible caractérisé des aménagements en amont d'autre part, ce qui influe directement sur la durée de vie.

Dans son état actuel, le barrage de Foum El Gharza présentant un fort taux d'envasement (plus de 68% en 2004), ne répond plus aux fonctions initiales pour lesquelles il fût conçu. Son historique met en évidence l'importance vitale d'un ouvrage de retenue d'eau pour la région à caractère agricole.

En 2005, une première campagne des travaux de dragage des sédiments a été lancée en Mars et qui a été sanctionnée par l'extraction d'un volume de 4 millions de mètres cubes de vase en 21 mois.

Chapitre II

II. Erosion et méthodes de quantification

II.1. Processus de l'érosion dans les bassins versants:

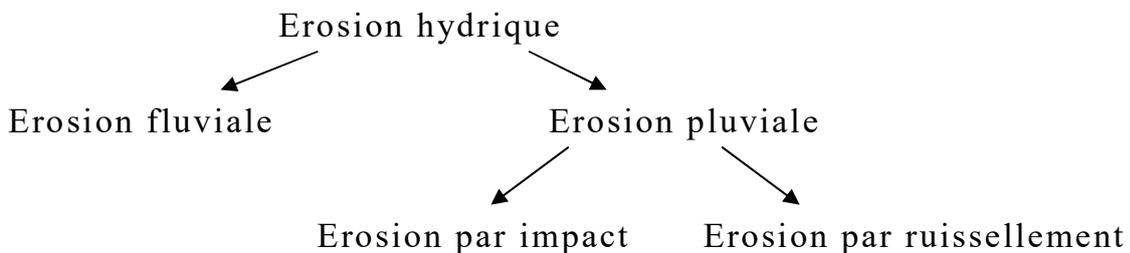
II.1.1 Généralités :

L'érosion est un phénomène temporel, consistant en un détachement de fragments ou de particules de sol ou de roche de leur position initiale par l'eau et les autres agents géologiques, tels que la pluie, le vent, la glace...etc. Les activités humaines influentes particulièrement sur l'érosion des berges ou du fond du lit et quelques fois sur l'érosion des sols, l'homme a ressenti l'effet de toutes les formes d'érosion et de dépôts de sédiments.

L'érosion existe en deux formes :

- Erosion éolienne;
- Erosion hydrique.

➤ L'érosion hydrique existe en plusieurs types:



L'érosion pluviale est l'aspect le plus important de l'érosion au nord d'Algérie et précisément l'érosion par ruissellement due aux eaux de pluie et surtout à la suite des averses torrentielles.

Ce type d'érosion découpe les horizons supérieurs du sol progressivement et sa force augmente avec l'intensité de la pluie et la longueur du bassin versant. Cette force d'érosion diminue avec l'importance des obstacles rencontrés.

II.1.2 Causes de l'érosion :

Plusieurs agents influent directement ou indirectement le processus de l'érosion du bassin versant.

La pluie torrentielle est l'agent principal du phénomène, l'irrégularité des pluies en Algérie du nord est liée à des intensités très élevées parfois et qui peuvent engendrer des pertes de terrains considérables.

La multiplicité des facteurs qui causent l'érosion exigent une prise de connaissances de leurs effets directs sur le processus de l'érosion.

Les facteurs géologiques et pédologiques, les facteurs topographiques et autres ont tous leur influence.

II.1.2.1 Influence du climat :

Le changement de température, la hauteur des précipitations et le vent ont des effets prépondérants sur l'altération mécanique.

Leur influence sur l'érosion est difficile à évaluer à cause de leur variation.

II.1.2.2 Les facteurs topographiques :

Les facteurs topographiques essentiels sont la pente du bassin versant, le relief, la densité du drainage, l'importance des vallées et des plaines d'inondation, l'orientation et la taille du bassin.

Les fortes pentes avec un écoulement rapide sont généralement à l'origine d'une érosion excessive dont l'importance dépend de la géologie des sols et la protection de la couverture végétale.

II.1.2.3 Les facteurs géologiques et pédologiques :

Ce sont les facteurs géologiques relatifs aux roches de surface, si les roches sont exposées à la pluie, au vent et aux forces de gravité, il peut y avoir désagrégation.

La répartition granulométrique des sols, leur perméabilité, la présence de certains éléments chimiques et matières organiques conditionnent l'érodabilité des sols.

II.1.2.4 Le couvert végétal :

Un bon couvert végétal limite l'érosion en dissipant l'énergie de pluie, favorise l'infiltration et s'oppose à toutes les formes d'érosions.

L'occupation des terres est en rapport direct avec les activités humaines qui sont l'agriculture, l'élevage, les exploitations minières, l'abattage du bois, la construction des routes et l'urbanisation vu la suppression de la végétation, entourant le phénomène d'érosion.

II.1.3 Les principaux facteurs dont dépendent les apports solides d'un bassin versant :

Les apports solides venant de l'amont, sont fonction essentiellement des facteurs suivants :

- La superficie du bassin versant ;
- Volume et intensité des précipitations
- Géologie et nature du sol ;
- Couverture du sol (végétation, fragment de roches) ;
- Utilisation et exploitation de sol (méthode de culture, exploitation forestière, chantiers de construction) ;
- Géomorphologie et topographie ;
- Réseau hydrographique (pente, forme, dimensions et tracé des canaux) ;
- Ruissellement ;
- Caractéristiques des sédiments (granulométrie, minéralogique...) ;

II.2. Le transport solide :

II.2.1 Généralité :

Le transport solide dans un cours d'eau constitue la seconde phase de l'érosion.

La dynamique des matériaux arrachés au sol et transportés par écoulement dépend essentiellement de la vitesse d'écoulement et de la granulométrie.

L'eau trouve la puissance nécessaire pour ce transport dans la perte de charge qu'elle subit. Le champ d'exploitation de vitesse varie tout au long du profil de l'oued d'amont en aval.

L'eau met en jeu deux types de mécanismes : le charriage et la suspension qui sont les principaux types de transport solide.

La capacité de charriage est liée à la nature granulométrique des matériaux et varie dans le temps et dans l'espace avec le débit liquide.

La répartition entre le charriage et la suspension dépend essentiellement de la dimension des matériaux rapportes à la vitesse de l'eau et la turbulence de l'écoulement.

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

II.2.2 Transport par charriage :

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

Ces éléments sont transportés par le fond par roulement, glissement et saltation.

La direction du mouvement est en gros parallèle au fond et les accélérations verticales sont faibles

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

II.2.3 Transport par suspension :

Le transport par suspension est le deuxième type de transport solide dans un cours d'eau.

Il concerne les éléments fins qui progressent dans le sens du courant au sein même du liquide.

Ces éléments fins du transport solide sont maintenus en suspension par la turbulence.

II.3. Conséquences :

II.3.1 Généralité :

La construction des barrages par l'aménagement des cours d'eau modifié les conditions d'écoulements du débit solide, que ça soit pour le charriage ou par le transport en suspension.

A l'entrée de la retenue et par suite de la chute de la vitesse du cours l'eau le transport des sédiments diminue, les éléments ces plus grossiers s'y déposent immédiatement, quant aux fins, plus légers, continuent leurs trajets en suspension jusqu'à ce qu'ils se déposent aux eaux mortes, où ils se décantent lentement aux pieds amont du barrage là où les vitesses d'écoulement deviennent nulles.

II.3.2 Mécanisme de l'envasement :

L'érosion des bassins versants a des conséquences sur les aménagements du cours d'eau à l'aval.

La plus dramatique de ces conséquences et sans aucun doute.

II.3.2.1 Comportement des sédiments fins :

Les matériaux fins sont transportés en suspension plus loin dans la retenue, pour se déposer au fond de cette dernière en couches relativement planes. Ces dépôts se font, soit par décantation sur place, soit après leur transport par les courants de densités. Ces dépôts est en fonction du régime d'écoulement en amont.

II.3.2.2 Comportement des sédiments grossiers :

Ce sont les sédiments transportés par charriage; Ils s'y déposent en forme d'un delta s'érige à l'embouchure du réservoir et progresse vers le barrage au fur à mesure des apports enregistrés.

II.3.2.3 Ampleur de l'alluvionnement des retenues en Algérie :

D'après Dermak (1982), le taux d'érosion spécifique atteint des valeurs les plus élevées du Maghreb dépassent 2000 t/km²/an sur la plupart des bassins de l'atlas Tellien et de 4000 t/km²/an sur la côtière du Dohra.

Soit environ 180 millions de tonnes de sols érodés par an.

Ces énormes quantités ont des conséquences directes sur l'importance des pertes en capacité de nos barrages.

II.4.Méthode de Quantification de l'érosion :

Plusieurs formules et méthodes qui impliquent tous les paramètres physiques sont utilisées pour la quantification de l'érosion hydrique.

II.4.1.Formule de Henin: "1950" :

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

$$Es = \frac{I_p I_s}{KV_e}$$

Avec : I_p : Intensité des précipitations;

I_s : Pente du bassin versant;

Les facteurs "I_p" et "I_s" favorisent l'érosion

et K : Perméabilité;

Ve : Végétation.

Les facteurs, K et Ve limitent l'érosion et en plus, les facteurs Ve semblent les plus difficiles à quantifier.

II.4.2.Formule universelle de Wischemeier "1959" :

L'intensité de l'érosion peut se caractériser par la mesure des pertes de terre subies par les sols. Ces pertes de terre peuvent s'estimer par cette équation mise au point par le service américain de conservation des sols.

$$A=R(K.Ls.C.P)$$

Avec:A : Perte de terre (T/Ha);

R : Indice - pluie caractérisant l'agressivité de la pluie en T/Ha

K : Indice - sol mesurant la plus ou moins grande susceptibilité du sol à l'érosion;

Ls : Indice- pente, permettant de comparer les conditions topographiques locales à des conditions standards;

C : Indice- culture permet de tenir compte du degré de protection du sol par le couvert végétal;

P : Indice- remède de conservation du sol.

Cette équation a été appliquée dans l'Est de l'Algérie et a montré la gravité du problème de l'érosion et a déterminé les périodes où l'érosion est intense.

II.4.3. Formule de Fournier (1960)

$$Ass = \frac{1}{36} \left(\frac{P_m^2}{P_{am}} \right)^{2.65} \left(\frac{h^2}{S} \right)^{0.46}$$

Avec

Ass : apport solide spécifique (t/km²/an) ;

Pm: précipitations moyennes mensuelles du mois le plus pluvieux (mm) ;

Pam : précipitations moyenne annuelles (mm) ;

h : dénivelée moyenne (m) ;

S : superficie du bassin versant (km²).

De cette formule peut apparaître l'action érosive de la pluie à travers la recherche d'une relation entre la précipitation et la dégradation spécifique.

II.4.4. Formule de Wischmeier et Smith (1978)

La formule s'écrit :

$$Ps = Ep.Es.Flp.Fp.Fam.Fv \dots \dots \dots (2.6)$$

Avec

Ps : pertes annuelles de sol (t/ha/an) ;

Ep : érosivité des précipitations (N/h) ;

Es : érodabilité du sol ou susceptibilité du sol à l'érosion (t.h/N.ha) ;

Flp : facteur de longueur de pente (sans dimension) ;

Fp : facteur de pente (sans dimension) ;

Fam : facteur d'aménagement (sans dimension) ;

Fv : facteur de conservation des sols pratiqué (sans dimension).

II.4.5. Formule de Graviovic :

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

$$E_s = 3,14. T. P_0 \sqrt{Z^3}$$

Avec

T : coefficient de température.

$$T = \sqrt{\frac{t_0}{10}} + 0,1$$

Avec :

t₀ : température moyenne annuelle en °C.

p₀ : pluie annuelle en (mm).

Z : coefficient d'érosion.

Avec :

$$Z = y. (x.a). (\delta + \sqrt{I_{moy}})$$

Où

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

(x.a) : coefficient de régularisation du bassin versant, se rapportant à la protection des sols, des influences des phénomènes atmosphériques.

Des forces érosives liées aux conditions naturelles. Il est aussi tabulé.

δ : équivalent numérique des processus visibles et nettement prononcés dans le bassin versant.

I_{moy} : indice de pente moyenne du bassin versant

E_s : érosion spécifique dans le bassin versant (T/Km² .an).

II.5.Méthode de quantification en Algérie :

II.5.1.Généralité :

En Algérie, le problème de transport solide a été l'objet de plusieurs recherches (Tixeront 1960, Demmak 1982, Sagreoh 1984).

Les études de quantification traitent en général les différentes relations existantes entre toutes les caractéristiques qui rentrent dans l'identification de la région étudiée.

II.5.2.Modèle de Tixeront (1960) :

Il a procédé à l'homogénéisation des données pour combler les valeurs des débits solides des périodes manquantes et cela à partir de données d'observation de 32 bassins versants algériens et 09 bassins versants tunisiens. Ensuite il a évalué les données manquantes à d'autres bassins versants.

Son modèle est basé sur les corrélations entre l'apport moyen annuel liquide et le débit solide moyen Q_s à partir des données hydrométriques des bassins en questions.

$$Q_s = a A^b \quad (\text{tonnes/Km}^2/\text{an}) \text{ et } b=0,15$$

Avec A : Lamé d'eaux ruisselée en mm/an

a : Coefficient empirique qui varie en fonction de la Perméabilité du bassin

a : 8,5 ÷ 74 pour une perméabilité élevée

a : 75 ÷ 394 pour une perméabilité moyenne

a : 350 ÷ 3199 pour une perméabilité moyenne à faible

a : 1400 ÷ 3199 pour une perméabilité faible

et $a > 3200$ quand c'est imperméable.

II.4.3.Copolini 1965 :

Il a travaillé sur le bassin versant de l'oued de Chelif. Il a étudié la relation entre la géomorphologie du bassin versant de l'Oued Chéelif, les phénomènes d'érosion et de transport solide.

Il a trouvé une bonne corrélation entre la torrentialité et la géomorphologie.

II.4.4. Modèle de Sogreah (1969) :

Ce modèle est basé sur les corrélations établies entre le ruissellement " Rc" de crues et le débit solide moyen Qs. Ce modèle est inspiré du modèle de Tixeront.

$$Q_s = a R_c^b (\text{tonne/Km}^2/\text{an})$$

Avec : Rc : Ruissellement annuel de crue (mm).

a : Coefficient variant de 3,3 à 3200 selon la perméabilité du bassin en question

II.4.5. Modèle de Demmak « ANRH 1982 » :

Le modèle de Demmak est fondé à la base des données de 30 bassins versants, exprimant le transport solide en fonction de lithologie, le pourcentage et la fréquence des précipitations journaliers et la densité de drainage du bassin hydrologique.

$$E_s = 26,62 IL + 5,07 IP + 9,77 CT - 593,56$$

Avec : Es : Erosion solide spécifique moyenne annuelle en tonnes /Km²/an

IL : Indice lithologique = Produit des pourcentages des précipitations annuelles tombées sous forme de pluies, supérieures à un seuil donné par la fréquence de ces précipitations

CT : Coefficient de torrentialité

A' : Surface du bassin en [Km²]

$$CT = \frac{\sum Lx}{A'} \quad \frac{N_1}{A'} = D_d \cdot F_1$$

D_d : Densité drainage (Longueur totale du réseau fluvial ramenée à l'unité de surface. Km/Km)

N₁: Nombre de talweg élémentaire.

II.4.6 Conclusion :

Tableau II.1. Les paramètres et les symboles des Méthodes de Quantification de l'érosion

méthode	paramètre	symbole
Formule de Henin: "1950"	- <u>Intensité des précipitations</u>	I_p
	- <u>Pente du bassin versant;</u>	I_s
	- Perméabilité;	K
	- <u>Végétation.</u>	V_e
Formule universelle de Wischemeier "1959"	-Perte de terre (T/Ha);	A
	- <u>Indice - pluie caractérisant l'agressivité de la pluie en T/Ha</u>	R
	- <u>Indice - sol mesurant la plus ou moins grande susceptibilité du sol à l'érosion;</u>	K
	- <u>Indice- pente, permettant de comparer les conditions topographiques locales à des conditions standards;</u>	L_s
	- <u>Indice- culture permet de tenir compte du degré de protection du sol par le couvert végétal;</u>	C
	-Indice- remède de conservation du sol.	P
Formule de Fournier (1960)	-apport solide spécifique (t/km ² /an) ;	A_{ss}
	- <u>précipitations moyennes mensuelles du mois le plus pluvieux (mm) ;</u>	P_m
	- <u>précipitation moyenne annuelle (mm) ;</u>	P_{am}
	-dénivelée moyenne (m) ;	h
	- <u>superficie du bassin versant (km²).</u>	S
Formule de Wischemeier et Smith (1978)	-pertes annuelles de sol (t/ha/an) ;	P_s
	-érosivité des précipitations (N/h) ;	E_p
	-érodabilité du sol ou susceptibilité du sol à l'érosion (t.h/N.ha) ;	E_s
	- <u>facteur de longueur de pente (sans dimension) ;</u>	F_{lp}

	<ul style="list-style-type: none"> -<u>facteur de pente (sans dimension)</u> ; -facteur d'aménagement (sans dimension) ; -facteur de conservation des sols pratiqué (sans dimension). 	<p>Fp</p> <p>Fam</p> <p>Fv</p>
Formule de Graviovic	<ul style="list-style-type: none"> -coefficient de température. -température moyenne annuelle en 0c. -<u>pluie annuelle en (mm).</u> - coefficient d'érosion. -<u>valeur du coefficient de la résistance du sol du à l'érosion. Il dépend de la roche mère.</u> -coefficient de régularisation du bassin versant, se rapportant à la protection des sols, des influences des phénomènes atmosphériques -équivalent numérique des processus visibles et nettement prononcés dans le bassin versant. -<u>indice de pente moyenne du bassin versant</u> -érosion spécifique dans le bassin versant (T/Km2 .an). 	<p>T</p> <p>t0</p> <p>p0</p> <p>Z</p> <p>Y</p> <p>(x.a)</p> <p>δ</p> <p>Imoy</p> <p>Es</p>
Modèle de Tixeront (1960)	<ul style="list-style-type: none"> -<u>Lame d'eaux ruisselée en mm/an</u> -Coefficient empirique qui varie en fonction de la Perméabilité du bassin 	<p>A</p> <p>a</p>
Copolini 1965	<ul style="list-style-type: none"> -<u>la torrencialité</u> -<u>la géomorphologie</u> 	
Modèle de Sogreah (1969)	<ul style="list-style-type: none"> -<u>Ruissellement annuel de crue (mm).</u> -Coefficient variant de 3,3 à 3200 selon la perméabilité du bassin en question 	<p>Rc</p> <p>a</p>
Modèle de Demmak	<ul style="list-style-type: none"> -Erosion solide spécifique moyenne annuelle en tonnes /Km²/an 	<p>Es</p>

«ANRH 1982 »	<p>-<u>Indice lithologique = Produit des pourcentages des précipitations annuelles tombées sous forme de pluies, ces supérieures à un seuil donné par la fréquence de ces précipitations</u></p> <p>-Coefficient de torrencialité</p> <p>-<u>Surface du bassin en [Km²]</u></p> <p>-Densité drainage (Longueur total du réseau fluvial ramené à l'unité de surface. Km/Km)</p> <p>-Nombre de talweg élémentaire.</p>	<p>IL</p> <p>CT</p> <p>A'</p> <p>D_d</p> <p>N₁</p>
--------------	---	---

Les méthodes citées ci-dessus (tableau II.1) permettent la quantification de l'érosion et l'envasement des barrages.

Les paramètres soulignés dans le tableau II.1 sont les plus influençant sur les deux phénomènes mentionnés précédemment en l'occurrence la superficie, la pluviométrie, la pente, couvert végétal et la lithologie.

Chapitre III

Envasement et facteur influent sur ces barrages

Dans ce chapitre on a tracé les graphes de l'envasement moyen annuel de quelque barrages Algériens (Foum el Gharza, Ghrib, Boukerdane et Keddaraetc.) en fonction des paramètres (La superficie du BV, La pluviométrie, La pente, La Couverture végétale, La lithologie et l'apport liquide).

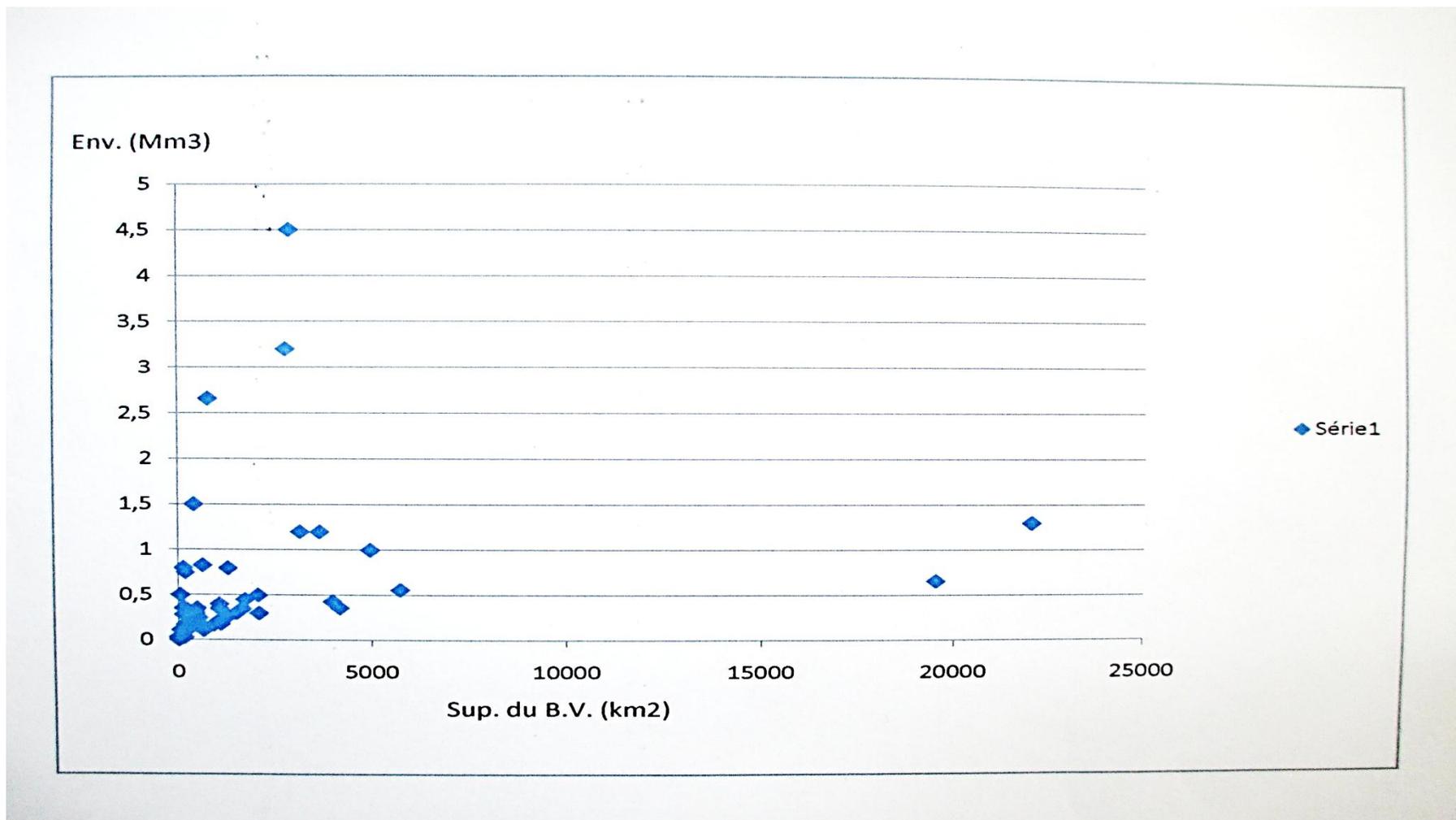


Figure III.1. L'envasement en fonction de la surface de bassin versant.

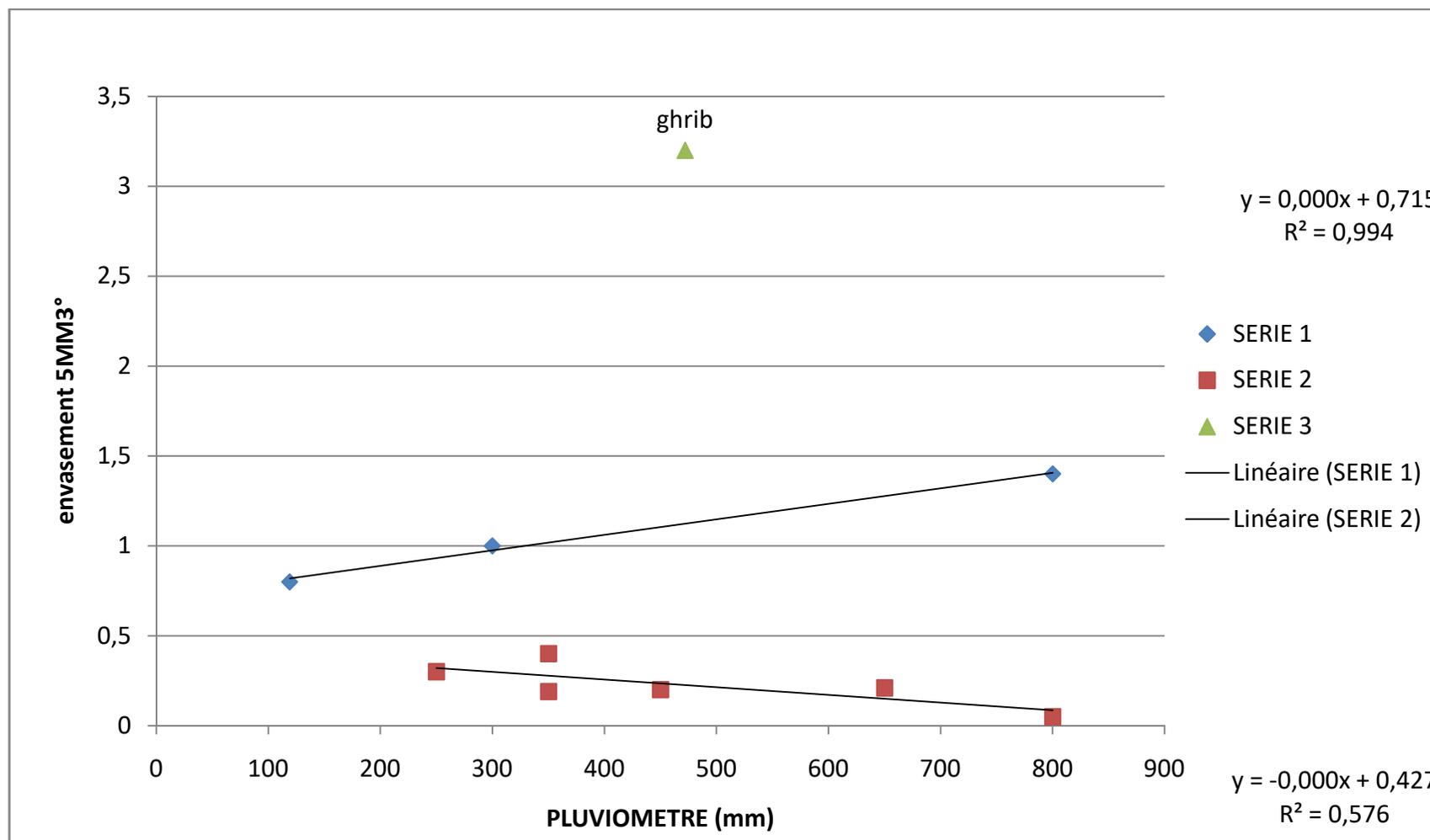


Figure III.2. L'envasement en fonction du pluviomètre.

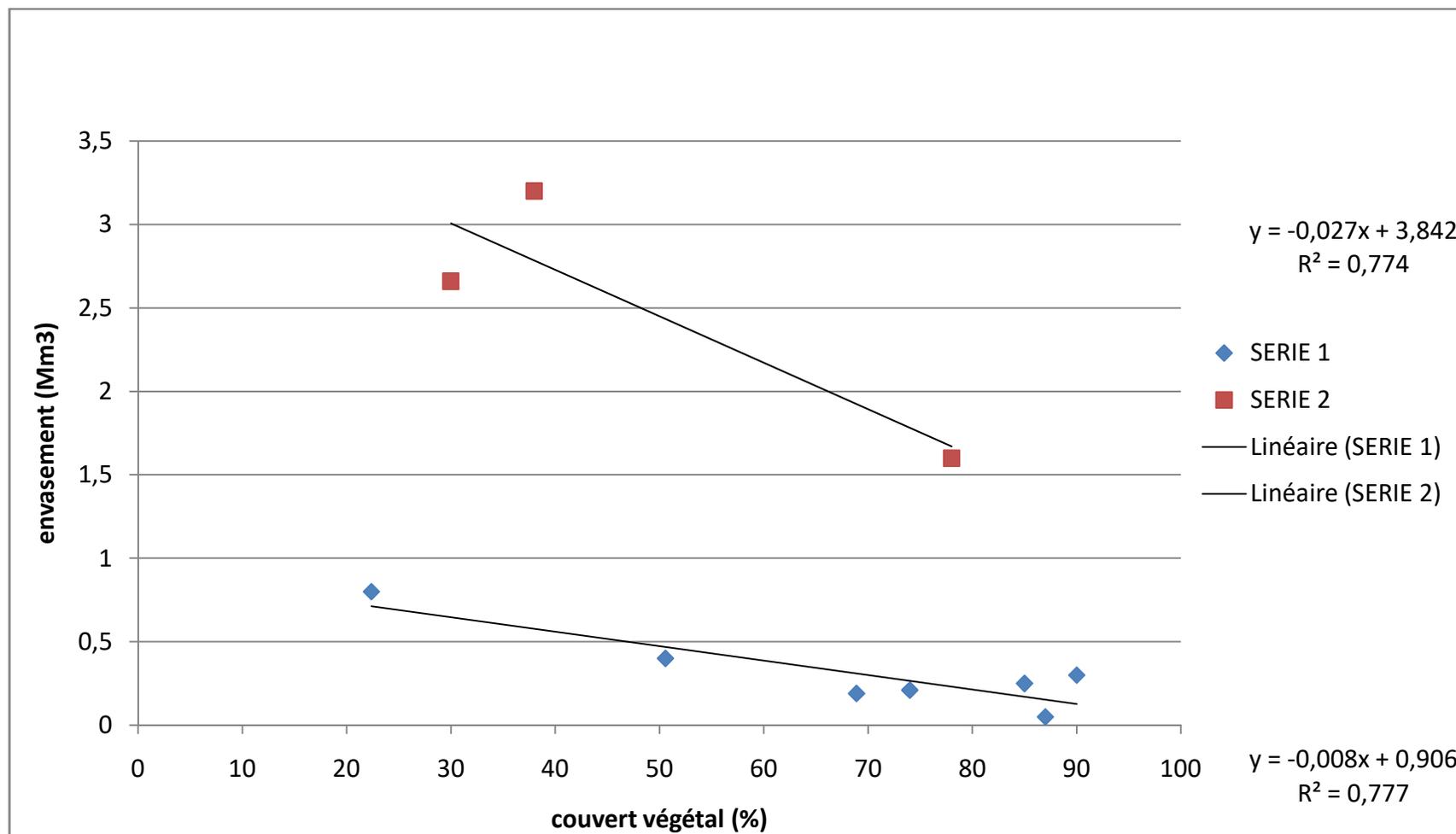


Figure III.3.L'envasement en fonction du de couvert végétal.

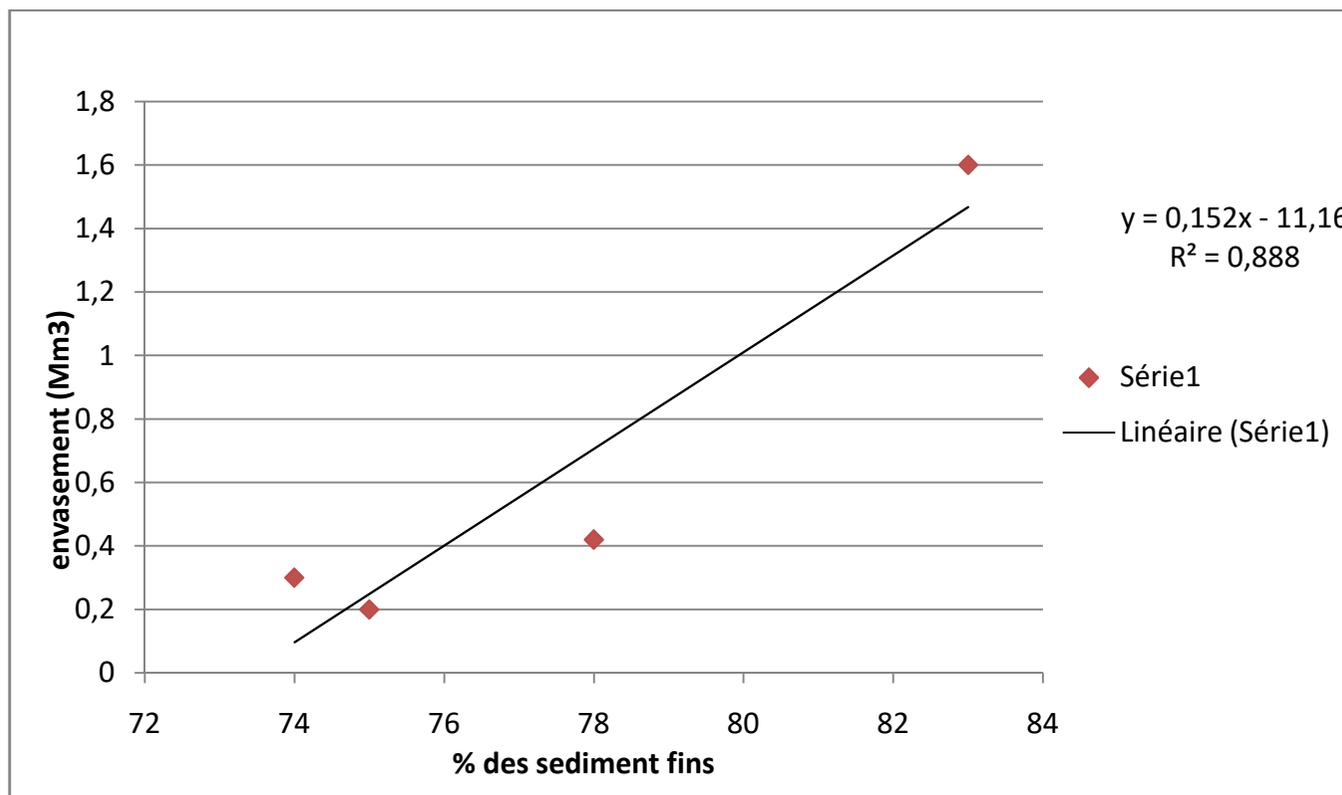


Figure III.4. L'envasement en fonction de lithologie.

Tableau III.1. Les valeurs de pente et l'envasement dans les quatre barrages étudiés.

Barrage	La pente (%)	L'envasement (Hm3)
-Boukerdane	0.5	0.21
-Keddara	11	0.05
-Ghrib	0.5	3.2
-Foum el gherza	25	0.8

Il y a un manque de données concernant la pente pour les autres barrages donc on a essayé de tracer le graphe avec les données de ce tableau III.1, pour connaître la tendance.

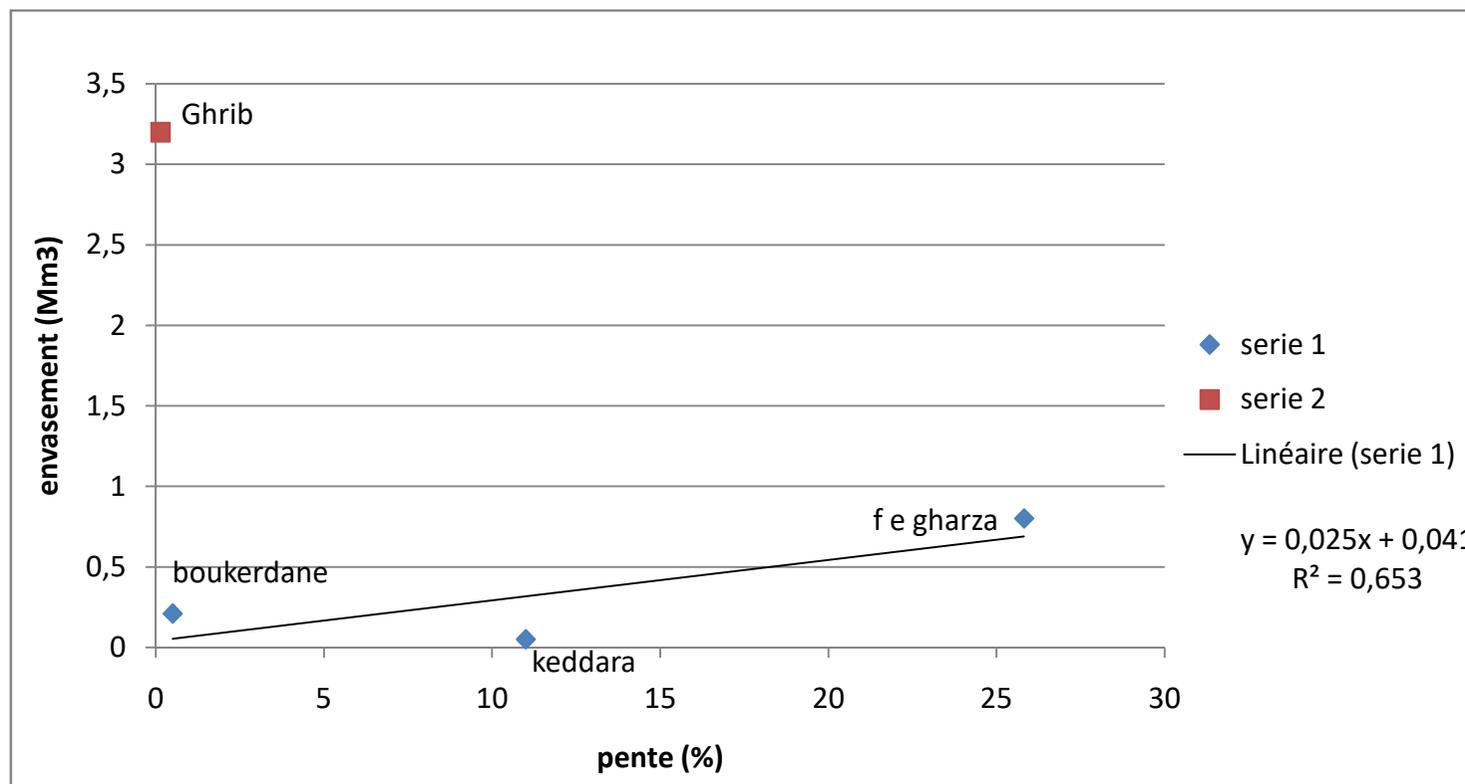


Figure III.5. L'envasement en fonction de pente.

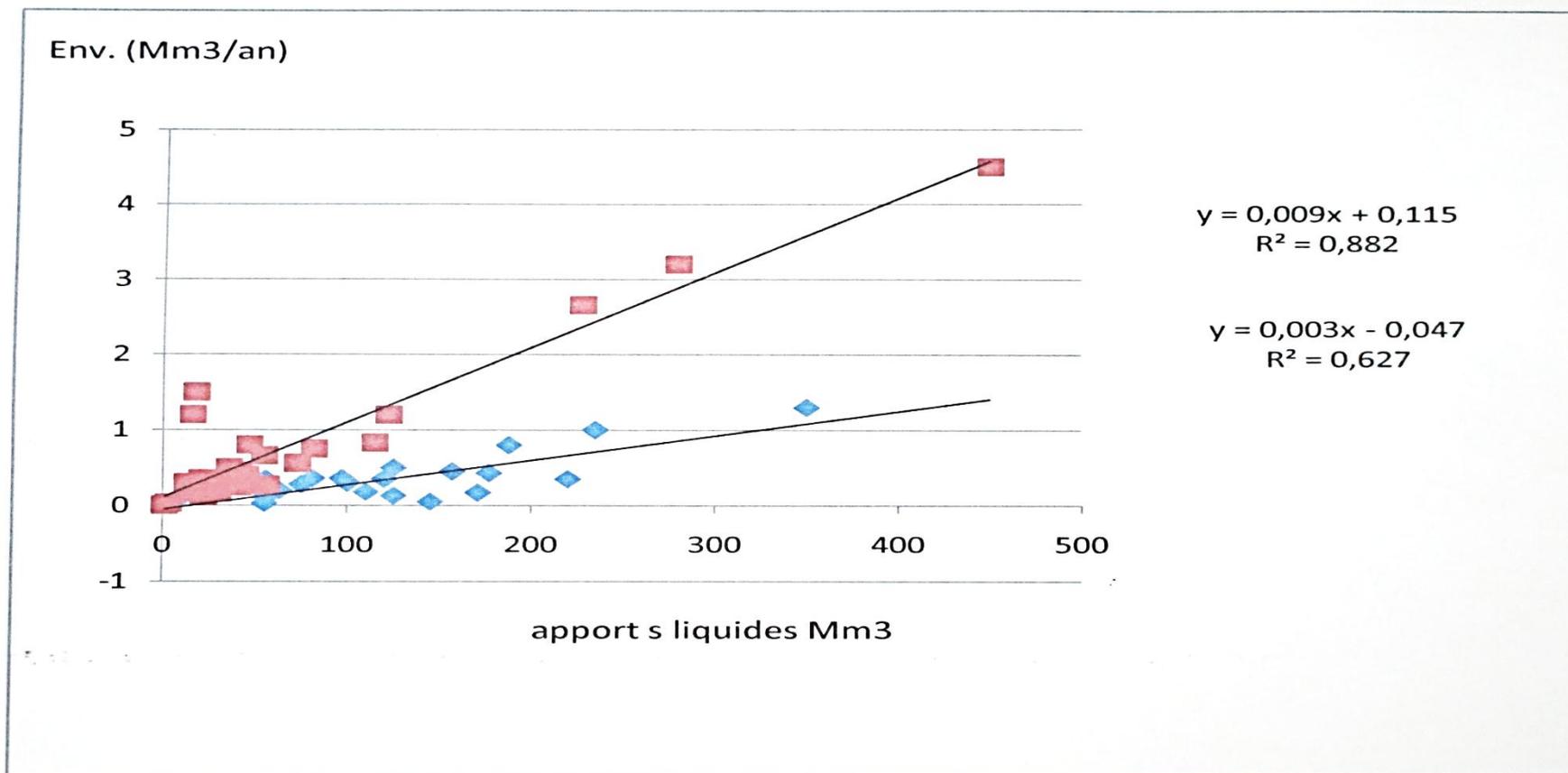


Figure III.6. L'envasement en fonction les apports liquides.

Conclusion générale:

La détermination des causes d'envasement d'un barrage est la première étape pour la mise en œuvre d'une zone stratégie de lutte contre ce phénomène.

Dans cette étude on est intéressé à l'envasement de quatre barrages FOUM ELGHERZA, GHRIB (barrages très envases) KEDDARA et BOUKERDANE (barrages faiblement envases) .et on a essayé de déterminé le paramètre ou les paramètres responsable de leurs envasement (pour les barrages très envases) et les raisons du faible envasement dans deux autres barrages.

Les graphes (III.1) représentant l'envasement moyen annuel en fonction de la superficie du bassin versant, du pluviomètre, de la pente, de la couvert végétal, la lithologie dominante et les apports liquides.

Pour les barrages a fort envasement On remarque que les barrages Ghrib et Foum Elgherza se situent toujours dans le deuxième groupe (droite dessus) et que concernant le pluviomètre, le barrage de Ghrib se situe même hors du lot. Sachant que l'envasement est la contribution de plus paramètres, on constate que Ghrib présente une superficie de bassin versant et une pluviomètre relativement importantes (hormis les barrages de Boughrara et djourf el torba) qui ont superficie de bassin versant supérieur a 19000 Km^2 , les superficie des autres bassin versant inférieur a 6000 Km^2).

Pour les apports liquides ils sont parmi les plus importants mais ce barrage présente une très faible pente, la couvert végétale par contre qui est un facteur qui peut minimiser l'envasement est moyenne sur ses graphes, on constate :

- les paramètres superficie, apport liquide, pluviomètre et la pente sont des paramètres qui effectivement favorisent l'envasement.
- la couvert végétale est a l'inverse un paramètre qui peut limite se phénomène.
- on remarque aussi sur ces graphes deux tendances (deux groupes de barrage).
- le pluviomètre consternant le barrage de Foum Elgherza est la plus faible mais l'importance apports liquides et la superficie du bassin versant moyenne parmi les quatre barrages étudiés la pente du bassin versant de ce barrage est les plus grande avec la plus faible couvert végétale (= 20%).

Concernant ces deux barrages (Ghrib et Foum Elgherza), on peut penser que l'amélioration de la couvert végétale pour Ghrib et Foum Elgherza ainsi qu'une correction torrentielle, Foum Elgherza peut atténuer l'envasement de ces derniers.

Les barrages à faible envasement (Keddara et Boukerdane) situent toujours sur la droite (du dessus) ces barrages ont de faibles superficies du bassin versant de bonne pluviométrie mais les apports liquides sont relativement moyens, mais ont une très bonne couvert végétale (74% et 87%) et une très faible pente pour Boukerdane.

D'un autre côté on s'est intéressé à la lithologie et on a constaté sur les bassins versants de quatre barrages (IgeulEmda, Boughrara, Beni bahdel et K'sob) une prédominance des éléments fins (supérieure à 70%).

Suite à cette modeste étude, et sans vouloir banaliser l'envasement. On pense que le reboisement et la correction torrentielle sont des chantiers auxquels il faut investir.