

الجمهورية الجزائرية  
الديمقراطية الشعبية  
**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
وزارة التعليم العالي والبحث  
العلمي  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
جامعة أبي بكر بلقايد  
تلمسان  
Université Aboubakr Belkaïd – Tlemcen –  
Faculté de TECHNOLOGIE



## MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du **diplôme** de **MASTER**

En : Hydraulique

**Spécialité** : Ressources Hydrauliques

**Par** : KERZABI Selma

### Sujet

**Evaluation de l'envasement des retenues de barrages en Algérie**

Soutenu publiquement, le 20 Septembre 2024, devant le jury composé de :

Mme BENSAOULA Fouzia	Professeur	Université de Tlemcen	Présidente
Mr BESSEDIK Madani	MCA	Université de Tlemcen	Examineur
Mr MEGNOUNIF Abdesselam	Professeur	Université de Tlemcen	Encadreur
Mlle HACHEMI Soumia Manel	Doctorante	Université de Tlemcen	Co-Encadreur

Année universitaire : **2023/2024**

## REMERCIEMENT :

*Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu tout puissant qui a donné la force, la volonté et la patience afin d'accomplir ce modeste travail.*

*Ce mémoire n'aurait pas été possible sans l'intervention, consciente, d'un grand nombre de personnes que nous souhaitons remercier dans cette modeste page.*

*Nous tenons aussi à remercier du fond du cœur Monsieur **MEGNOUNIF Abdesselam** qui nous a permis de bénéficier de son encadrement. Nous sommes reconnaissants du soutien que vous avez apporté dans le cadre de notre projet durant toute la durée du deuxième semestre.*

*Sans vous, nous sommes convaincus que nous n'aurions pas pu obtenir un aussi bon résultat, En effet, votre pédagogie et votre patience ont rendu cela possible. Vous avez toujours su rester à notre écoute et votre soutien permanent nous a été réellement précieux. Grâce à vous, nous avons pu progresser dans le domaine. Pour tout ceci, nous vous sommes sincèrement reconnaissants.*

*Nous ne saurions assez remercier les examinateurs du grand honneur qu'ils nous font en jugeant ce travail.*

*Nos remerciements vont aussi à tous nos enseignants du département d'hydraulique.*

*Enfin nous tenons à remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation du ce projet.*

## **Dédicace**

*Louange à ALLAH tout puissant, qui m'a permis de voir ce jour tant attendu*

*Je dédie cette thèse :*

*A ma très chère mère **Yassamine**.*

*Affable, honorable, aimable : Tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du*

*dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi.*

*Je te dédie ce travail en témoignage de mon profond amour.*

*Puisse Dieu, le tout puissant, te préserver et t'accorder santé, longue vie et bonheur.*

*A mon très cher père **Sidi Mohammed**.*

*Tu as toujours été pour moi un exemple du père respectueux, honnête, de la personne méticuleuse, je tiens à honorer l'homme que tu es.*

*Grâce à toi papa j'ai appris le sens du travail et de la responsabilité. Je voudrais te remercier pour*

*ton amour, ta générosité, ta compréhension... Ton soutien fut une lumière dans tout mon parcours.*

*Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour l'estime et le respect que j'ai toujours eu pour vous mes parents.*

*Ce modeste travail est le fruit de tous les sacrifices que vous avez déployés pour mon éducation et ma formation.*

*Je vous aime et j'implore le tout-puissant pour qu'il vous accordez une bonne santé et une vie longue et heureuse.*

*A ma sœur **Kawther** et chère frère **Mustapha***

*A tous les moments de mon enfance passés avec vous mes frères, en témoignage de  
de  
ma profonde estime pour l'aide que vous m'avez apportée. Vous m'avez soutenu,  
réconforté et encouragé. Puissent nos liens fraternels se consolider et se  
perpétuer encore plus .*

*A mon Mari **ISLAM** pour sa grande patience. je le remercie surtout pour son  
soutien moral et ses nombreux conseils tout le long de ma thèse.*

*A ma **grande mère**, A mes oncles et tantes*

*A celui, le spécial, qui était là pour moi dans les hauts et les bas, qu'Allah vous  
Bénisse.*

***A TOUTE MA FAMILLE** Aucun langage ne saurait exprimer mon respect et ma  
vous avez envoyé*

*Considération pour votre soutien et encouragements. Je vous dédie ce travail en  
reconnaissance de l'amour que vous m'offrez quotidiennement et votre bonté  
Exceptionnelle. Que Dieu le Tout Puissant vous garde et vous procure santé et  
Bonheur.*

*A tous mes amis, Je ne peux trouver les mots justes et sincères pour vous  
exprimer*

*Mon affection et mes pensées, vous êtes pour moi des sœurs et des amies sur qui  
je peux compter. En témoignage de l'amitié qui nous unit et des souvenirs de  
tous les moments que nous avons passés ensemble, je vous dédie ce travail et je  
vous souhaite une vie pleine de santé et de bonheur.*

## Résumé

Cette étude explore le phénomène d'envasement des barrages en Algérie. Une analyse est menée sur 65 grands barrages construits sur le nord de l'Algérie. Une étude détaillée est menée sur le bassin versant de la Tafna et ses cinq barrages, utilisés comme zone d'analyse de l'érosion dans cette région. On examine l'évolution de la capacité de stockage des barrages algériens depuis le XIXe siècle jusqu'au XXIe siècle, en mettant en évidence le taux d'accumulation des sédiments sur trois siècles. L'objectif est de comprendre l'impact de l'envasement sur la durabilité et l'efficacité des infrastructures hydrauliques du pays, tout en identifiant les facteurs qui contribuent à ce phénomène.

**Mots clés** Barrages en Algérie, envasement, SIG (Systèmes d'Information Géographique), morphométrie de la Tafna et ses cinq barrages, érosion, capacité de stockage des barrages, dragage

## Abstract

This study explores the phenomenon of siltation of dams in Algeria. An analyse was conducted on 65 dams located in North of Algeria. A detailed study was focused on the Tafna watershed and its five dams, used as an area for analyzing erosion in this region. We examine the evolution of the storage capacity of Algerian dams from the 19th century to the 21st century, highlighting the rate of sediment accumulation over three centuries. The objective is to understand the impact of siltation on the sustainability and efficiency of the country's hydraulic infrastructure, while identifying the factors that contribute to this phenomenon.

**Keyword** : Dams in Algeria, siltation, SIG (Geographic Information Systems), morphometry of the Tafna and its five dams, erosion, storage capacity of dams, dredging.

## ملخص

تتناول هذه الدراسة ظاهرة تراكم الطمي في السدود في الجزائر. تم إجراء تحليل على 65 سدا كبيرا تم بناؤها في شمال الجزائر. أجريت دراسة تفصيلية على مستجمع مياه تافنة وسدودها الخمسة المستخدمة كمنطقة تحليل التعرية في هذه المنطقة. ندرس تطور القدرة التخزينية للسدود الجزائرية من القرن التاسع عشر إلى القرن الحادي والعشرين، مع تسليط الضوء على معدل تراكم الرواسب على مدى ثلاثة قرون. الهدف هو فهم تأثير الطمي على استدامة وكفاءة البنية التحتية للمياه في البلاد، مع تحديد العوامل التي تساهم في هذه الظاهرة.

**الكلمات المفتاحية** : السدود في الجزائر، الطمي، نظم المعلومات الجغرافية، قياس شكل التافنة وسدودها الخمسة، التعرية، السعة التخزينية للسدود التجريف

# Table des matières

Introduction .....	1
Chapitre 1 .....	3
Etat de connaissance sur l'envasement des barrages.....	3
1.1.  Envasement des barrages .....	3
1.2.  Facteurs Aggravant à l'envasement dans les zones semi-arides.....	4
1.2.1.  Erosion.....	4
1.2.2.  Mécanismes d'érosion.....	4
1.3.  Processus de l'érosion .....	5
1.4.  Facteurs climatiques et hydro-météorologiques .....	6
1.5.  Facteurs anthropiques.....	7
1.6.  Impact de la désertification et du changement climatique .....	8
1.7.  Méthodes d'estimation des dépôts de sédiments dans les barrages .....	8
1.8.  Méthodes de mesure des dépôts de sédiments .....	8
1.9.  Quelques méthodes couramment utilisées .....	9
1.9.1.  Méthodes Directes d'estimation des dépôts de sédiments.....	9
1.9.2.  Méthodes Indirectes d'estimation des dépôts de sédiments .....	10
1.10.  Gestion efficaces pour réduire l'envasement .....	13
1.11.  Gestion inadéquate des bassins versants .....	14
1.12.  Technique de lutte contre l'envasement des barrages.....	15
1.12.1.  Dragage mécanique.....	15
1.12.2.  Dragage hydraulique .....	15
1.12.3.  Aération.....	15
1.12.4.  Utilisation de micro-organismes .....	15
1.12.5.  Utilisation de barrages filtrants.....	16
1.13.  Contrôle de l'érosion : .....	16
Chapitre 2 .....	18
Conséquences de l'envasement des barrages .....	18
2.1.  Introduction.....	18
2.2.  Impact sur la Qualité de l'Eau.....	19
2.2.  Impact sur la durée de vie des barrages. ....	20
2.3.  Impact sur la structure du barrage.....	20
2.4.  Impact sur les organes du barrage .....	21
2.4.1.  Vannes de décharge .....	21

2.4.2.	Prise d'eau .....	21
2.4.3.	Vanne de vidange .....	21
2.4.4.	Turbine .....	22
2.5.	Système de mesure de régulation.....	22
2.6.	Impact sur l'environnement.....	22
2.6.1.	Piégeage des sédiments .....	22
2.6.2.	Erosion des plages .....	23
3.	Chapitre .....	25
	Caractères Physiques et Morphologiques de Bassin versant.....	25
3.1.	Introduction.....	25
3.2.	Etude du relief par les SIG .....	25
3.2.1.	Collecte de données topographiques.....	25
3.2.2.	Création du modèle numérique de terrain (MNT).....	26
3.2.3.	Calcul des altitudes par intervalles.....	26
3.3.	Site d'étude .....	26
3.4.	Construction du tableau hypsométrique .....	28
3.4.1.	Tableaux Altimétriques de la Tafna et ses sous bassins.....	29
3.4.2	Caractérisation Géomorphologique .....	33
3.4.2.1	Histogramme .....	33
3.4.2.2	Courbe hypsométrique.....	36
3.5.	Analyse hypsométrique : Indicateur du Vieillesse des Bassins Versants.....	47
3.5.1.	ETAT DE VIEILLESSE D'UN BASSIN VERSANT .....	47
3.5.2	Indice de potentiel érosif .....	48
	DEFINITION:.....	48
3.6.	Paramètres morphométriques d'un bassin versant.....	50
3.6.1.	Coefficient de compacité de Gravélius.....	50
3.6.2.	Rectangle équivalent .....	51
3.6.3.	Altitude Moyenne.....	53
3.6.4.	Altitude Médiane.....	54
3.7.	Dénivelé du bassin versant.....	56
3.8.	INDICES DE PENTE .....	56
3.9.	Caractéristiques Morphométriques et Hydrologiques des Bassins de la Tafna.....	60
3.10.	Implications Hydrologiques.....	61
	Chapitre 4. Les barrages en Algérie.....	65

4.1. Barrages construits au 19ième siècle .....	65
4.1.1. Barrage Meured .....	65
4.1.2. Barrage de Sig .....	66
4.1.3. Barrage de Tlelat.....	66
4.1.4. Barrage de Fergoug : .....	67
4.1.5. Barrage Hamiz .....	67
4.2. Barrages construits au 20 ième siècle période coloniale .....	69
4.2.1. Barrage Cheurfa.....	70
4.2.2. Barrages construits au 21 ième siècle .....	72
4.3. Synthèse sur la capacité de stockage et envasement des barrages en Algérie .....	73
4.3.1. Caractéristiques de barrages par décennies .....	77
4.3.2. Evolution de la capacité de mobilisation de l'eau.....	79
4.3.3. Evolution de la capacité de mobilisation de l'eau.....	80
4.3.4. Le volume de vase des barrages par décennie.....	81
4.3.5. Evolution de la vase en fonction de la capacité de stockage .....	81
4.3.6. Evolution de la vase en fonction de la surface drainée au barrages.....	82
Conclusion Générale .....	84

## ***LISTE DES TABLEAUX***

tableau 3. 1 Les sous bassins de la Tafna drainés aux barrages. ....	29
tableau 3. 2 Tableau hypsométrique du bassin versant de la Tafna .....	29
tableau 3. 3 Tableau hypsométrique du bassin versant de Beni-Bahdel .....	30
<i>tableau 3. 4 Tableau hypsométrique du bassin versant de Meffrouche .....</i>	<i>30</i>
tableau 3. 5 Tableau hypsométrique du bassin versant de Hammam Bouhrara.....	31
tableau 3. 6 Tableau hypsométrique du bassin versant de Sid Abdeli .....	31
<i>tableau 3. 7 Tableau hypsométrique du bassin .....</i>	<i>32</i>
tableau 3. 8 Préparation des données pour la construction de la courbe hypsométrique pour le bassin de la Tafna .....	37
tableau 3. 9 Explication du calcul de l'indice, $I_{GM}$ .....	49
tableau 3. 10 Calculs préalables pour l'estimation des paramètres morphométriques du bassin versant de la Tafna .....	58
tableau 3. 11 Caractéristiques Altimétriques des sous Bassin de la Tafan.....	59
tableau 3. 12 Caractéristiques Morphométriques et Hydrologiques. ....	60
tableau 3. 13 indices de pente et d'érosion des bassins versants de la région Tafna .....	62

## ***LISTE DES FIGURES***

Figure 3. 1 Présentation du bassin de la Tafna avec ses sous bassins : Beni-Bahdel (bleu), Meffrouche (rouge), Hammam Boughrara (fushia), Sid Abdelli (marron) et Sekkak (majuanta),.....	27
Figure 3. 2 Présentation de l'altimétrie de la Tafna .....	28
Figure 3. 3 Fréquence des surfaces par tranche d'altitude pour le bassin versant de la Tafna, et ses 5 sous bassins Beni-Bahdel, Meffouche, Sid Abdli, Hammam Boughrara et Sikak. A gauche sont présentées les surfaces absolues en km2 et à droite surface relative en.....	36
Figure 3. 4 les courbes hypsométriques du bassin versant de la Tafna.....	38
Figure 3. 5 Les Courbes hypsométriques du bassin versant de la Beni Bahdel. <b>Erreur ! Signet non défini.</b>	
Figure 3. 6 les Courbes hypsométriques du bassin versant de Hammam Boughrara ... <b>Erreur ! Signet non défini.</b>	
Figure 3. 7 Les Courbes hypsométriques du bassin versant de Meffrouche..... <b>Erreur ! Signet non défini.</b>	
Figure 3. 8 Les Courbes hypsométriques du bassin versant Sekkak..... <b>Erreur ! Signet non défini.</b>	
Figure 3. 9 Les Courbes hypsométriques du bassin versant Sid Abdelli. .... <b>Erreur ! Signet non défini.</b>	
Figure 3. 10 Courbe hypsométrique de la tafna .....	55
Figure 4. 1 . Photo google Earth montrant la position du barrage Meurad.....	66
Figure 4. 2 : Photo google Earth montrant la position du barrage Hamiz.....	67
Figure 4. 3 Photo montrant le barrage du Hamiz [1].....	68
Figure 4. 4 Barrage Cheurfa [2] .....	69
Figure 4. 5 . Barrage Zerdzas [3].....	70
Figure 4. 6 Photo Earth Google montrant le barrage de Oued Fodda.....	71
Figure 4. 7 Barrage de Oued Fodda (Remini et Kettab, 2006) .....	72
Figure 4. 8 Photo du barrage de Beni- Haroun (ANBT, 2021).....	73

Figure 4. 9. les barrages construisent en Algérie pour décennie.....	79
Figure 4. 10: Capacité cumulée des barrages en Algérie par décennie par rapport aux années de mise en eau. ....	80
Figure 4. 11 Volume de vase des barrages par décennies durant la période allant de 1860 à 2020.....	81
Figure 4. 12 Relation entre le volume de vase et la capacité de stockage. Dans la figure du haut la relation est présentée par un modèle en puissance et celle d'en bas par un modèle linéaire. ....	82
Figure 4. 13 Relation entre le volume de vase et la surface drainée aux barrages. La relation est présentée par un modèle en puissance. ....	83

# INTRODUCTION

---

## Introduction

L'envasement des barrages est un phénomène environnemental majeur qui pose des défis importants pour la gestion des ressources en eau, particulièrement dans les régions où ces infrastructures jouent un rôle crucial dans la régulation hydrique et le développement socio-économique. En Algérie, ce phénomène est devenu une préoccupation grandissante en raison de ses impacts potentiels sur les réservoirs d'eau et les activités économiques associées.

Ce mémoire se propose d'explorer en profondeur l'envasement des barrages en Algérie en suivant une approche structurée en quatre chapitres principaux :

Le premier chapitre fournit un panorama sur les connaissances actuelles sur l'envasement des barrages. Il couvre les mécanismes de formation des sédiments, les facteurs contribuant à l'envasement, et les techniques de protection de l'envasement.

Le deuxième chapitre analyse les impacts de l'envasement sur les barrages. Il aborde les effets sur la capacité de stockage des réservoirs, la durée de vie des barrages et la qualité de l'eau.

Le troisième chapitre se concentre sur une étude détaillée du bassin versant de Tafna, en Algérie. Il examine les caractéristiques morphométriques du bassin et le potentiel érosif engendrant l'envasement des cinq barrages situés dans le bassin de la Tafna.

Le quatrième chapitre présente une analyse statistique des barrages en Algérie, en mettant l'accent sur leur capacité et le taux d'envasement. Ce chapitre utilise des données quantitatives pour évaluer l'ampleur du problème à l'échelle nationale.

L'envasement des barrages est un problème complexe qui nécessite une compréhension approfondie pour être efficacement géré. Ce mémoire vise à offrir une vue d'ensemble structurée et détaillée du phénomène en Algérie, en combinant une revue des connaissances, une analyse des impacts, une étude de cas spécifique, et une évaluation statistique. Les résultats de cette recherche fourniront des insights précieux pour les décideurs, les ingénieurs, et les gestionnaires de ressources en eau, en contribuant à la formulation de stratégies de gestion plus efficaces et adaptées aux réalités locales.

**Chapitre 1**  
**Etat de connaissance sur**  
**l'envasement des**  
**barrages**

## Chapitre 1

### Etat de connaissance sur l'envasement des barrages

#### 1.1. Envasement des barrages

L'envasement ou alluvionnement des barrages, aussi appelé dépôt de sédiments, résulte de l'accumulation de particules fines de roche et de matières organiques. L'envasement est un processus géologique et hydraulique complexe. La présence du barrage ralentit le débit d'eau transportant les sédiments en suspension permettant aux particules de se déposer. Les sédiments sont généralement composés de différents types de matériaux :

- **Argile et limon** : Les particules fines d'argile et de limon sont souvent abondantes dans la vase des barrages en raison de leur capacité à rester en suspension dans l'eau pendant de longues périodes et de leur tendance à se déposer lentement lorsque le courant diminue.
- **Sable** : Les grains de sable peuvent également être présents dans les sédiments de barrage, bien que leur proportion soit généralement plus faible que celle des particules fines.
- **Matière organique** : La matière organique, y compris les débris végétaux, les restes d'organismes aquatiques et les débris terrestres transportés par les cours d'eau, peut constituer une partie importante de la vase des barrages.

Le phénomène d'envasement est principalement causé par l'érosion des terres en amont et le transport de sédiments par les cours d'eau. Lorsque ces particules atteignent le barrage, la réduction des forces hydrodynamiques favorise leur sédimentation, entraînant une diminution de la capacité de stockage, une détérioration des équipements hydroélectriques, une perturbation de la navigation, une dégradation de la qualité de l'eau et des impacts sur les écosystèmes aquatiques. La sédimentation peut être influencée par divers facteurs, notamment la géomorphologie du bassin versant, les régimes hydrologiques, les caractéristiques du barrage, les pratiques de gestion des bassins versants et les conditions climatiques. L'envasement est aussi exacerbé par des facteurs tels qu'une topographie plane, l'accumulation

# Chapitre 1 : Etat de connaissance sur l'envasement des barrages

---

naturelle de matières organiques, des débits faibles, l'érosion des versants et les actions humaines, comme les rejets industriels et urbains, la déforestation et certaines pratiques agricoles inadaptées (par exemple, le labour en pente). En Algérie, où le climat semi-aride limite les ressources hydriques, l'envasement des barrages a des conséquences majeures sur la capacité de stockage d'eau, la sécurité des ouvrages et l'économie nationale. Selon Remini (2008), plus de 57 millions de mètres cubes de capacité de stockage sont perdus chaque année en raison de la sédimentation, plaçant certains barrages dans un état d'envasement avancé. Des mesures préventives, telles que le dragage, sont mises en place pour contrer ce phénomène et prolonger la durée de vie des barrages. Des études ont également exploré la valorisation des sédiments de dragage pour des applications comme l'amendement des sols ou la production de matériaux céramiques. La construction de barrages en Algérie remonte à l'époque précoloniale avec des ouvrages de dérivation, et depuis l'indépendance, de nombreux grands barrages ont été érigés, atteignant une capacité totale d'environ neuf milliards de mètres cubes en 2020 (ANBT, 2021). Toutefois, les récentes évaluations de l'ANBT estiment que l'envasement a réduit cette capacité de stockage de 11 %, faisant de la lutte contre l'envasement des barrages une priorité pour le gouvernement algérien.

## **1.2. Facteurs Aggravant à l'envasement dans les zones semi-arides**

### **1.2.1. Erosion**

L'érosion constitue le principal facteur responsable de l'apport de sédiments pouvant envaser les barrages. Il est donc essentiel de comprendre les mécanismes et processus qui régissent ce phénomène. Les principaux mécanismes d'érosion interagissent souvent entre eux, façonnant les paysages terrestres et marins à travers le monde. Une bonne compréhension de ces dynamiques est cruciale pour la gestion durable des barrages, des ressources naturelles et pour la préservation des écosystèmes.

### **1.2.2. Mécanismes d'érosion**

- Érosion par détachement : Ce mécanisme implique le détachement des particules de sol ou de roche de leur substrat d'origine. Il peut être causé par divers agents tels que l'eau, le vent, la

# Chapitre 1 : Etat de connaissance sur l'envasement des barrages

---

glace, les vagues, ou même l'activité humaine. Par exemple, la pluie peut détacher des particules de sol en battant sur la surface du sol, tandis que le vent peut souffler et détacher des particules de sable. Une fois que les particules sont détachées, elles sont transportées par l'agent érosif. L'eau en mouvement, les vents forts, les courants glaciaires et les vagues sont des agents de transport courants. Le transport peut se faire sous forme de suspension (particules en suspension dans l'eau ou l'air), de traction (roulement ou glissement le long du fond) ou de saltation (sautillement des particules). Lorsque la capacité de transport de l'agent érosif diminue, les particules érodées sont déposées dans un nouvel endroit. Ce processus de dépôt se produit lorsque la vitesse ou l'énergie de l'agent érosif diminue, souvent en raison de la diminution de la pente, de la réduction de la vitesse du vent, ou de l'interaction avec d'autres éléments du paysage.

- **Abrasion** : L'abrasion est un mécanisme d'érosion dans lequel les particules érodées transportées par l'eau, le vent, ou la glace frottent et râpent la surface des roches et du sol. Ce frottement continu peut polir, lisser et façonner les roches en créant des formations telles que des gorges, des canyons et des moraines glaciaires.
- **Corrosion ou dissolution** : Ce mécanisme d'érosion se produit lorsque des substances chimiques dissolvent et érodent les matériaux de surface tels que les roches calcaires. L'eau acide, par exemple, peut dissoudre les minéraux des roches, ce qui peut conduire à la formation de cavernes, de gouffres et d'autres formes karstiques.
- **Gel et dégel** : L'érosion peut également être causée par le cycle de gel et de dégel. L'eau qui s'infiltre dans les fissures et les crevasses des roches peut geler et se dilater, exerçant une pression sur la roche et provoquant son éclatement. Ce processus est particulièrement courant dans les climats froids et dans les régions montagneuses.

## 1.3. Processus de l'érosion

Les mécanismes d'érosion sont complexes qui peuvent être causés par divers processus, les principaux sont les suivants :

- **Érosion hydrique** : C'est le processus par lequel l'eau en mouvement, comme la pluie, les ruisseaux, les rivières et les fleuves, détache, transporte et dépose des particules de sol et de roche. L'érosion hydrique est particulièrement active dans les zones montagneuses et les bassins versants où les pentes sont prononcées et les précipitations abondantes.

# Chapitre 1 : Etat de connaissance sur l'envasement des barrages

---

- **Érosion éolienne** : Ce processus implique le déplacement des particules de sol et de sable par le vent. L'érosion éolienne est courante dans les régions arides et semi-arides où le vent souffle régulièrement et où il y a peu de végétation pour stabiliser le sol. Elle peut former des dunes de sable et des paysages désertiques.
- **Érosion glaciaire** : Les glaciers et les calottes glaciaires exercent une érosion en raclant, en polissant et en transportant des roches et des sédiments sur lesquels ils se déplacent. L'érosion glaciaire est responsable de la formation de vallées en forme de U, de cirques, de moraines et d'autres caractéristiques glaciaires.
- **Érosion fluviale** : Ce processus se produit lorsque l'eau en mouvement dans les rivières et les cours d'eau détache, transporte et dépose des particules de sol et de roche. L'érosion fluviale crée des caractéristiques géologiques telles que les vallées en forme de V, les méandres, les bancs de sable et les deltas.
- **Érosion côtière** : Les vagues, les marées et les courants marins érodent les côtes en enlevant les matériaux côtiers tels que le sable, le gravier et les rochers. L'érosion côtière peut entraîner le recul des falaises, la formation de plages, de criques et de grottes marines, ainsi que des changements dans la ligne de rivage.
- **Érosion anthropique** : C'est l'érosion causée par les activités humaines telles que l'agriculture intensive, l'exploitation minière, la construction de routes et de bâtiments, la déforestation et d'autres formes de développement non durable. Ces activités modifient les paysages naturels et augmentent souvent les taux d'érosion.

Ces différents processus d'érosion peuvent avoir des effets importants sur les écosystèmes, les sols, les ressources en eau et les communautés humaines, et leur compréhension est essentielle pour une gestion durable de l'environnement.

## 1.4. Facteurs climatiques et hydrométéorologiques

Dans les zones semi-arides, les conditions climatiques et hydrométéorologiques jouent un rôle crucial dans l'envasement, principalement à travers l'érosion hydrique. Ce type d'érosion, particulièrement problématique dans les régions méditerranéennes et semi-arides, est amplifié par des régimes pluviométriques irréguliers, où des précipitations soudaines et intenses

# Chapitre 1 : Etat de connaissance sur l'envasement des barrages

---

entraînent une forte érosion des sols. L'eau de pluie, lorsqu'elle frappe le sol, peut détacher des particules qui sont ensuite transportées, formant des sillons, des ravines ou des rivières de boue. Ces phénomènes aggravent la perte de sol fertile, la dégradation de la qualité de l'eau et réduisent la productivité agricole. De plus, les périodes prolongées de sécheresse suivies de précipitations irrégulières accentuent l'érosion accumulée. Dans ces environnements, l'évapotranspiration élevée diminue la couverture végétale, exacerbant l'érosion. Les conditions hydrologiques des bassins versants en zones semi-arides, telles que l'insuffisance d'humidité des sols, les taux élevés d'évapotranspiration créent des conditions propices à l'érosion hydrique, où les sédiments sont transportés vers les réservoirs et autres points de stockage d'eau. Les crues soudaines dans ces régions augmentent également le risque de sédimentation, affectant à la fois la stabilité des sols et les écosystèmes aquatiques. La fréquence du développement des ravins dans les bassins semi-arides est un indicateur clé de l'intensité de l'érosion. En observant ces ravins, on peut obtenir des informations cruciales sur l'ampleur de l'érosion dans la région.

## 1.5. Facteurs anthropiques

L'envasement dans les zones semi-arides est également intensifié par les pratiques d'utilisation des terres et les activités humaines. La culture de plantes annuelles sans mesures de conservation expose les sols à l'érosion, tandis que le surpâturage et les pratiques pastorales surexploitent les terres, réduisant leur capacité de régénération naturelle. Ce surpâturage dégrade le sol, le rendant plus vulnérable à l'érosion éolienne et hydrique. Les activités forestières, telles que la déforestation non contrôlée et les feux de forêts, réduisent la stabilité du sol en éliminant la couverture végétale, aggravant ainsi la dégradation des terres. L'agrosylvopastoralisme, mal géré, et certaines pratiques agricoles, comme le labour dans le sens de la pente, favorisent également l'envasement. Ces facteurs combinés créent un cycle de dégradation environnementale qui amplifie la vulnérabilité des terres semi-arides à l'érosion et à la sédimentation des barrages.

## **1.6. Impact de la désertification et du changement climatique**

La désertification, exacerbée par les variations climatiques et les activités humaines, contribue également à la dégradation des terres dans les zones semi-arides. Les changements climatiques entraînent une diminution des précipitations et une augmentation de l'évaporation, asséchant les sols et les rendant encore plus vulnérables à l'érosion. L'interaction entre ces phénomènes naturels et la pression humaine, qui dépasse souvent la capacité de régénération des terres, conduit à une dégradation progressive du milieu physique. Cela favorise le transport des sédiments vers les barrages, aggravant l'envasement dans ces zones. Il est donc essentiel de promouvoir des pratiques de gestion durable des terres et de conservation des sols pour atténuer ces problèmes, préserver les écosystèmes semi-arides et assurer la viabilité des infrastructures hydrauliques.

## **1.7. Méthodes d'estimation des dépôts de sédiments dans les barrages**

L'estimation des dépôts de sédiments dans les barrages revêt une importance capitale pour plusieurs raisons. Tout d'abord, elle permet de maintenir la capacité de stockage des réservoirs en identifiant l'accumulation de sédiments, ce qui aide à ajuster les stratégies de gestion. De plus, l'estimation des sédiments permet de mieux anticiper les risques d'inondation, en garantissant une capacité suffisante de rétention d'eau lors de fortes pluies. Enfin, cette estimation est cruciale pour la préservation des écosystèmes aquatiques et terrestres environnants, car elle minimise les impacts négatifs de l'envasement sur la faune et la flore locales.

## **1.8. Méthodes de mesure des dépôts de sédiments**

L'estimation de la quantité de vase dans un plan d'eau peut être réalisée à l'aide de différentes techniques, en fonction de la précision requise, des ressources disponibles et de la taille de la zone à évaluer. Chaque technique a ses avantages et ses limitations, et il est souvent recommandé d'utiliser une combinaison de méthodes pour obtenir une bonne estimation de la quantité de vase dans un plan d'eau donné.

# Chapitre 1 : Etat de connaissance sur l'envasement des barrages

---

Les méthodes d'estimation des dépôts de sédiments peuvent être divisées en deux grandes catégories : directes et indirectes. Les méthodes directes mesurent l'épaisseur des sédiments accumulés à l'intérieur des réservoirs, offrant ainsi une évaluation correcte de l'envasement. Parmi ces méthodes, on trouve la bathymétrie acoustique, le forage de sédiments et le profilage sismique. Les méthodes indirectes se basent sur l'utilisation de modèles mathématiques, de données de télédétection et d'autres paramètres, tels que la sédimentation et l'érosion, pour estimer les dépôts. Ces méthodes sont souvent utilisées pour obtenir une vue d'ensemble à long terme de l'évolution des dépôts sédimentaires, et pour orienter les stratégies de gestion des barrages.

## **1.9. Quelques méthodes couramment utilisées**

### **1.9.1. Méthodes Directes d'estimation des dépôts de sédiments**

#### **1.9.1.1. Bathymétrie acoustique :**

La bathymétrie acoustique utilise des sonars ou des systèmes acoustiques pour mesurer la profondeur d'un réservoir et cartographier la topographie du fond. Cette méthode est particulièrement efficace pour évaluer l'épaisseur des sédiments accumulés au fil du temps. Le principe repose sur l'émission d'ondes sonores depuis un transducteur vers le fond du réservoir. Ces ondes se réfléchissent sur le fond, et en mesurant le temps écoulé entre l'émission et la réception ainsi que la vitesse du son dans l'eau, on peut calculer la profondeur. Si des sédiments sont présents, les ondes acoustiques peuvent les traverser avant d'être réfléchies, permettant ainsi une estimation de leur épaisseur.

La bathymétrie acoustique peut être réalisée à l'aide de différents types de sonars, comme les sonars à balayage latéral, multifaisceaux ou à balayage unique, selon les besoins spécifiques. Cette méthode offre des données détaillées sur la topographie sous-marine, essentielles pour évaluer l'envasement des barrages et planifier des actions de gestion.

#### **1.9.1.2. Forage de sédiments**

Le forage de sédiments est une méthode directe qui consiste à prélever des carottes de sédiments à l'aide de forêts spécialisés. Elle permet de mesurer l'épaisseur des couches de

# Chapitre 1 : Etat de connaissance sur l'envasement des barrages

---

sédiments et de caractériser leurs propriétés physiques, chimiques et géotechniques. Le processus inclut la sélection d'emplacements représentatifs du fond du réservoir, suivie du choix d'un foret adapté à la nature des sédiments (sable, limon, argile). Le foret est ensuite inséré dans le fond du réservoir, et une carotte de sédiments est extraite verticalement. Une fois prélevées, ces carottes sont analysées en laboratoire pour étudier la densité, la granulométrie, la teneur en eau, et d'autres caractéristiques.

### **1.9.1.3. Profilage sismique**

Le profilage sismique utilise des ondes sismiques pour mesurer l'épaisseur des couches de sédiments au fond des réservoirs. Des dispositifs, tels qu'un marteau pneumatique ou des générateurs piézoélectriques, créent des ondes sismiques qui se propagent à travers l'eau et les sédiments. À chaque interface entre des couches de densité différente, une partie des ondes est réfléchi. Ces ondes réfléchies sont enregistrées à la surface par des capteurs. L'analyse de ces enregistrements permet de calculer le temps de transit des ondes et, ainsi, d'estimer la profondeur des différentes couches de sédiments. Les profils sismiques fournissent également des informations sur la structure géologique sous-jacente du fond du réservoir. Cette approche est particulièrement utile pour identifier les caractéristiques géologiques qui influencent la dynamique sédimentaire dans un réservoir.

## **1.9.2. Méthodes Indirectes d'estimation des dépôts de sédiments**

### **1.9.2.1. Modélisation mathématique**

La modélisation mathématique permet de simuler et d'estimer les taux d'accumulation des sédiments dans un réservoir de barrage en tenant compte de divers paramètres tels que la topographie du bassin versant, les précipitations, l'érosion et d'autres facteurs environnementaux. Elle cartographie la distribution spatiale des pertes en sol, identifiant les zones où l'érosion est intense, ce qui aide à orienter les efforts de conservation et de gestion des sols. Le processus inclut la formulation d'équations représentant les processus hydrologiques et sédimentaires, intégrant des paramètres comme la rugosité du sol ou la pente. Des données climatiques et hydrauliques servent à simuler le comportement du système, dont les résultats sont comparés à des données observées pour valider le modèle. Une fois validé, le modèle peut

# Chapitre 1 : Etat de connaissance sur l'envasement des barrages

---

évaluer différents scénarios de gestion et prédire l'envasement à long terme, facilitant ainsi la prise de décisions en matière de gestion des ressources en eau et de maintenance des barrages.

## 1.9.2.2. Surveillance sédimentaire

La surveillance sédimentaire consiste à installer des dispositifs pour suivre en continu l'accumulation des sédiments dans un réservoir. Cette méthode permet de surveiller les variations dans le temps et d'évaluer l'efficacité des mesures de gestion mises en place.

Le processus commence par la sélection des emplacements de surveillance, souvent dans des zones stratégiques où l'envasement est probable. Ensuite, des capteurs, tels que des capteurs de turbidité ou des piézomètres, sont installés pour mesurer la quantité de sédiments et d'autres paramètres comme la clarté de l'eau ou le niveau d'eau.

Les données sont collectées régulièrement et transmises à un centre de contrôle pour analyse. Cette analyse permet de détecter les tendances à long terme et les variations saisonnières dans les dépôts de sédiments. Les rapports générés à partir de ces données sont utilisés pour évaluer les mesures de gestion et proposer des actions futures.

La surveillance sédimentaire fournit des informations précieuses pour la gestion proactive de l'envasement, contribuant ainsi à minimiser les risques liés à une accumulation excessive de sédiments.

## 1.9.2.3. Télédétection

La télédétection utilise des images satellites ou aériennes pour surveiller les changements dans la morphologie d'un réservoir, notamment l'accumulation de sédiments. Cette méthode offre une vue d'ensemble à grande échelle, permettant de suivre l'évolution des sédiments dans le temps.

Les images recueillies sont classifiées pour distinguer les zones d'eau, de végétation et de sédiments. Des comparaisons temporelles entre images successives permettent d'évaluer la vitesse d'accumulation des sédiments et d'identifier les zones les plus touchées.

En utilisant des modèles mathématiques ou empiriques, il est possible d'estimer la quantité de sédiments dans différentes parties du réservoir. Les résultats sont ensuite cartographiés, fournissant une représentation visuelle de la répartition des sédiments dans le réservoir.

## 1.9.2.4. Échantillonnage des sédiments en suspension

L'échantillonnage des sédiments en suspension consiste à collecter des échantillons d'eau pour mesurer la concentration des sédiments en suspension. Cette technique permet d'estimer les apports sédimentaires en temps réel et de compléter les autres méthodes indirectes d'évaluation de l'envasement. L'échantillonnage peut être réalisé manuellement selon un calendrier prédéfini ou à l'aide de pompes automatisées programmables. Les échantillons sont ensuite analysés en laboratoire pour déterminer la concentration de sédiments, puis calculer le débit de sédiments.

### a. Méthode manuelle

La méthode manuelle consiste à prélever des échantillons d'eau directement dans le cours d'eau. Pour un fleuve, des échantillons sont prélevés à différentes profondeurs et à plusieurs points le long de la section transversale du fleuve à l'aide d'une embarcation. Cette approche permet de capturer de manière représentative le flux des sédiments transportés. Dans les torrents, tels que les oueds, un ou deux échantillons sont prélevés depuis un pont ou une rive.

La fréquence d'échantillonnage est adaptée au régime hydrologique : elle est augmentée pendant les périodes de crue et espacée durant les basses eaux.

### b. Méthode automatisée

Dans cette méthode, les échantillons sont prélevés automatiquement à l'aide d'une pompe programmée pour fonctionner à des intervalles réguliers, par exemple toutes les 15 ou 30 minutes. Cela permet un suivi plus précis et continu des variations de la concentration en sédiments.

### c. Estimation du flux des sédiments

Les échantillons sont transportés au laboratoire, où ils subissent une analyse standard de concentration par filtration et évaporation. Après séchage à 105°C, les sédiments sont pesés. La masse des sédiments par rapport au volume d'eau permet de déterminer la concentration en sédiments. Cette concentration, multipliée par le débit de l'eau, donne le débit des sédiments transportés en suspension.

## d. Gestion de l'envasement des barrages

La gestion de la vase des barrages ainsi que la préservation des écosystèmes aquatiques nécessitent des actions menées de manière intégrée englobant la totalité du bassin drainé vers le barrage ainsi que les activités humaines qui s'opèrent dans ce territoire. Dans les zones semi-arides, les caractéristiques des bassins versants jouent un rôle essentiel dans le phénomène d'envasement, principalement à travers l'érosion hydrique. Bien que l'influence cumulée des aménagements des versants sur les écoulements d'eau soit reconnue, elle reste peu étudiée à grande échelle dans ces environnements. Les aménagements, comme les structures et l'orientation des pentes, peuvent affecter la vitesse et la direction des écoulements, augmentant ainsi le risque d'érosion hydrique.

### 1.10. Gestion efficace pour réduire l'envasement

L'adoption de bonnes pratiques permet de mieux gérer les bassins versants et de préserver leur capacité à réguler les flux d'eau, réduisant ainsi les risques d'envasement. De ce fait, une gestion proactive est cruciale pour réduire l'érosion et garantir la durabilité des ressources en eau dans les zones semi-arides. Parmi les bonnes pratiques à mener en amont du barrage, on peut citer :

- L'adoption de pratiques agricoles durables, adaptées aux conditions locales, par les pratiques de conservation des sols aident à réduire l'érosion et la perte de sols fertiles. En effet, maintenir une couverture végétale permanente, soit par une végétation permanente ou par rotation des cultures tout au long de l'année, ou par des prairies permanentes, aide à protéger le sol contre l'érosion causée par le vent et la pluie. Les cultures à racines profondes aident à ancrer le sol et à le protéger contre l'érosion.
- La plantation d'arbres et de végétation riveraine aide à stabiliser les sols et à réduire l'érosion.
- Réduire ou éliminer le labourage du sol réduit la perturbation de sa structure, ce qui aide à maintenir sa stabilité et sa capacité à retenir l'eau et les nutriments.
- Cultiver en suivant les courbes de niveau du terrain réduit le ruissellement et favorise l'infiltration de l'eau dans le sol, limitant ainsi l'érosion.

# Chapitre 1 : Etat de connaissance sur l'envasement des barrages

---

- Planter des bandes enherbées le long des pentes ou des zones vulnérables réduit le ruissellement et stabilise le sol. De même, les haies brise-vent peuvent réduire la vitesse du vent, limitant ainsi l'érosion éolienne.
- La construction de bassins de rétention, de digues et de zones tampons le long des rivières et cours d'eau aide à filtrer les sédiments avant qu'ils n'atteignent les eaux.
- L'installation de systèmes de stabilisation des berges, comme des revêtements en enrochement ou en gabions, réduit l'érosion des rives et limite ainsi l'entrée de sédiments dans l'eau.
- La construction de digues et de seuils d'infiltration limite l'érosion hydrique.
- Aménager les terres en terrasses ou en courbes de niveau dans les zones en pente aide à réduire le ruissellement et à contrôler l'érosion.
- Maintenir une bonne couverture végétale par la promotion de l'agroforesterie et de la foresterie.
- La limitation du surpâturage pour protéger la végétation et minimiser l'érosion des sols.
- Une gestion appropriée des barrages, par la mise en œuvre de débits écologiques, (par la construction de bi-passe) peut réduire l'accumulation de sédiments en amont et minimiser les perturbations des écosystèmes aquatiques en aval.

Ces techniques peuvent être mises en œuvre individuellement ou de manière combinée, en fonction des caractéristiques spécifiques du bassin versant et des objectifs de gestion des ressources en eau.

## 1.11. Gestion inadéquate des bassins versants

Une gestion inefficace des bassins versants peut accélérer l'envasement dans les zones semi-arides. Plusieurs facteurs y contribuent, tels que la déforestation, les pratiques agricoles non durables, l'urbanisation non planifiée, l'absence de techniques de conservation des sols, et une mauvaise gestion des ressources en eau. Ces facteurs augmentent l'érosion des sols, perturbent l'équilibre hydrologique et aggravent les problèmes d'envasement.

# Chapitre 1 : Etat de connaissance sur l'envasement des barrages

---

En résumé, la gestion des bassins versants doit intégrer des principes de conservation des sols, la protection de la couverture végétale et une planification urbaine adaptée pour atténuer les effets négatifs de l'envasement. Sans cela, les bassins versants seront exposés à une érosion accrue et une perte de capacité de rétention des eaux.

## **1.12. Technique de lutte contre l'envasement des barrages**

Il existe plusieurs moyens et techniques pour enlever la vase des plans d'eau, tels que les lacs, les étangs ou les cours d'eau. Voici quelques-unes des méthodes les plus couramment utilisées :

### **1.12.1. Dragage mécanique**

C'est l'une des méthodes les plus directes pour enlever la vase. Des équipements tels que des pelles mécaniques, des excavatrices ou des dragues peuvent être utilisés pour retirer la vase du fond de l'eau. Cette méthode est efficace pour les zones où l'accès est facile et où la quantité de vase est importante.

### **1.12.2. Dragage hydraulique**

Cette méthode utilise de l'eau pour agiter et transporter la vase du fond vers une zone de dépôt. Elle est souvent utilisée dans les zones où l'utilisation d'équipements lourds est difficile ou impossible. Des dragues spéciales sont utilisées pour aspirer la vase et l'eau à travers un tuyau et la transporter vers une zone désignée.

### **1.12.3. Aération**

L'aération des plans d'eau peut aider à décomposer la matière organique présente dans la vase, ce qui peut réduire sa quantité au fil du temps. Les systèmes d'aération peuvent inclure des diffuseurs d'air ou des pompes à air qui injectent de l'oxygène dans l'eau pour favoriser la croissance de bactéries aérobies qui décomposent la vase.

### **1.12.4. Utilisation de micro-organismes**

Certains produits contenant des micro-organismes bénéfiques peuvent être ajoutés à l'eau pour accélérer le processus de décomposition de la vase. Ces micro-organismes peuvent aider à

# Chapitre 1 : Etat de connaissance sur l'envasement des barrages

---

décomposer les matières organiques présentes dans la vase, ce qui réduit sa quantité au fil du temps.

## **1.12.5. Utilisation de barrages filtrants**

Des barrages filtrants peuvent être installés en amont dans les cours d'eau pour piéger les particules en suspension, y compris la vase. Ces barrages peuvent être composés de matériaux naturels tels que la paille, le foin ou des géotextiles, et sont souvent utilisés dans le cadre de projets de restauration des écosystèmes aquatiques.

## **1.13. Contrôle de l'érosion :**

En amont des cours d'eau, des mesures de contrôle de l'érosion peuvent être mises en place pour réduire l'apport de sédiments dans l'eau. Cela peut inclure la plantation d'arbres et de végétation riveraine pour stabiliser les berges et réduire l'érosion du sol.

**Chapitre 2**  
**Conséquences de**  
**l'envasement des**  
**barrages**

### Chapitre 2

## Conséquences de l'envasement des barrages

### 2.1. Introduction

L'envasement des barrages est un phénomène aux conséquences multiples, touchant à la fois les aspects environnementaux, économiques et sociaux. Ce processus se traduit par l'accumulation de sédiments dans les réservoirs, compromettant la capacité de stockage d'eau et diminuant ainsi l'efficacité des barrages pour répondre aux besoins essentiels tels que l'irrigation, la production d'énergie hydroélectrique et l'approvisionnement en eau potable. Cette réduction de la capacité de stockage peut accentuer les tensions dans la gestion des ressources hydriques, affectant directement l'agriculture, l'industrie et la fourniture d'eau aux populations, en particulier dans les régions où la demande en eau est déjà élevée.

L'envasement a également des conséquences directes sur la qualité de l'eau. En s'accumulant, les sédiments peuvent favoriser la prolifération d'algues nuisibles et piéger des polluants comme les métaux lourds et les pesticides. Ces pollutions peuvent altérer la qualité de l'eau, avec des effets potentiellement néfastes sur la santé humaine et les écosystèmes aquatiques. Les écosystèmes des rivières et des réservoirs, déjà fragiles, subissent des perturbations qui menacent leur biodiversité. Les poissons migrateurs, dont les voies de migration sont souvent obstruées par les barrages, voient leur reproduction compromise, ce qui met en péril des populations entières d'espèces aquatiques.

Sur le plan socio-économique, l'envasement des barrages a des répercussions importantes sur les communautés locales. Les secteurs dépendant de la disponibilité en eau, comme l'agriculture, la pêche et le tourisme, sont particulièrement vulnérables à la diminution des ressources hydriques. Ces impacts peuvent aggraver la pauvreté et accentuer les inégalités sociales, en particulier dans les régions où les populations dépendent fortement de ces infrastructures pour leur subsistance. Face à ces défis, ce chapitre explorera les stratégies de

## Chapitre 2: Conséquences de l'envasement des barrages

---

gestion et les solutions innovantes visant à atténuer les effets de l'envasement, afin d'assurer la durabilité des barrages et des ressources en eau à long terme.

### **2.2. Impact sur la Qualité de l'Eau.**

L'envasement des barrages a un impact significatif sur la qualité de l'eau, modifiant tant ses propriétés physico-chimiques que son aptitude à être utilisée pour des besoins humains ou écologiques. Les sédiments qui s'accumulent dans les réservoirs, composés de particules fines telles que l'argile, le limon et des matières organiques en suspension, altèrent la conductivité hydraulique des nappes souterraines situées en aval. Cette accumulation modifie également la composition chimique et minéralogique de l'eau, ce qui compromet sa potabilité et augmente les coûts liés à son traitement. En effet, les sédiments peuvent libérer des polluants tels que des métaux lourds, des pesticides et des substances organiques toxiques, qui, lorsqu'ils sont remis en suspension, dégradent la qualité de l'eau.

Les changements dans la composition chimique de l'eau se traduisent souvent par une baisse des concentrations d'oxygène dissous. Ce phénomène est principalement dû à la décomposition de la matière organique piégée dans les sédiments, qui consomme de l'oxygène et crée un environnement moins favorable pour les espèces aquatiques. Les poissons et autres organismes sensibles qui dépendent d'un milieu bien oxygéné peuvent être gravement affectés, ce qui déséquilibre l'ensemble de l'écosystème aquatique.

Par ailleurs, l'accumulation de sédiments favorise la prolifération d'algues, car les nutriments piégés dans les couches sédimentaires servent de substrat idéal pour leur développement. Ce phénomène entraîne fréquemment des blooms algaires, réduisant la quantité de lumière pénétrant dans l'eau et consommant l'oxygène disponible, perturbant ainsi les cycles biologiques et affectant la biodiversité. Ces blooms algaires peuvent également produire des toxines qui rendent l'eau impropre à la consommation et dangereuse pour la vie aquatique.

De plus, lors des opérations de vidange ou de gestion des sédiments, ces derniers peuvent être remis en suspension et redistribués dans les cours d'eau, aggravant la pollution des écosystèmes en aval. Cette redistribution peut propager des nutriments et des polluants accumulés, affectant non seulement la qualité de l'eau, mais aussi les écosystèmes aquatiques situés en aval du barrage.

## Chapitre 2: Conséquences de l'envasement des barrages

---

En résumé, l'envasement des barrages engendre une série de modifications complexes dans la qualité de l'eau, compromettant la biodiversité et les services écologiques fournis par les habitats aquatiques. Ces perturbations mettent en évidence la nécessité d'une gestion proactive et intégrée des barrages, afin de minimiser les impacts négatifs sur les ressources en eau et d'assurer la pérennité des écosystèmes aquatiques.

### **2.2. Impact sur la durée de vie des barrages.**

L'envasement des barrages constitue un défi majeur pour la longévité et l'efficacité de ces infrastructures, réduisant leur durée de vie et entraînant des coûts croissants de maintenance. L'accumulation progressive de sédiments au fond des réservoirs diminue la capacité de stockage d'eau, ce qui compromet la fonctionnalité des barrages pour la régulation des débits d'eau, l'irrigation, la production hydroélectrique et la gestion des crues. Cette réduction de la capacité de stockage peut rapidement limiter la capacité d'un barrage à répondre aux besoins croissants en eau et à prévenir les inondations, affectant ainsi son utilité à long terme.

### **2.3. Impact sur la structure du barrage**

En plus de la perte de capacité de stockage, l'envasement impacte lourdement la durabilité des barrages, réduit leur efficacité et augmente les risques structurels et les coûts de maintenance, tout en compromettant la sécurité des zones en aval. En effet, l'envasement exerce également une pression supplémentaire sur la structure du barrage. L'accumulation de sédiments augmente la pression hydrostatique, soumettant les matériaux constitutifs du barrage à des contraintes plus élevées que celles prévues lors de la conception. Si le barrage n'a pas été conçu pour supporter cette charge supplémentaire, le risque de défaillance structurelle augmente, compromettant la sécurité de l'ouvrage et nécessitant des travaux de renforcement coûteux.

De plus, les sédiments qui s'accumulent autour des fondations peuvent affaiblir la stabilité du barrage. Ils modifient les propriétés du sol environnant, réduisant sa capacité à supporter la structure. Ce phénomène peut entraîner des affaissements, une instabilité des fondations, voire des défaillances structurelles graves. Parallèlement, l'érosion accrue des berges, accentuée par l'envasement et les fluctuations de niveau d'eau, fragilise davantage les infrastructures annexes du barrage, telles que les talus de soutènement, augmentant le risque de glissements de terrain et d'effondrements.

### **2.4. Impact sur les organes du barrage**

L'envasement des barrages affecte de nombreux organes essentiels à leur bon fonctionnement, compromettant non seulement leur durabilité, mais aussi leur capacité à remplir leurs fonctions principales, telles que la régulation des débits d'eau, la production d'électricité et la gestion des crues. Parmi les éléments les plus touchés, on trouve la vanne de décharge, les prises d'eau, les conduites forcées, les vannes de vidange de fond, les turbines hydroélectriques, ainsi que les systèmes de mesure et de régulation.

#### **2.4.1. Vannes de décharge**

Les vannes de décharge, utilisées pour libérer l'excès d'eau en cas de crue, peuvent être obstruées par l'accumulation de sédiments. Cette obstruction réduit leur efficacité, augmentant le risque d'inondation en amont du barrage et compromettant la gestion des crues, un rôle essentiel de ces infrastructures. Si les vannes de décharge ne fonctionnent pas correctement, le barrage perd sa capacité à évacuer l'eau en cas d'événements extrêmes, ce qui menace la sécurité des populations et des infrastructures en aval.

#### **2.4.2. Prise d'eau**

Les prises d'eau et les conduites forcées, qui dirigent l'eau vers les turbines hydroélectriques, sont également sensibles à l'envasement. L'accumulation de sédiments peut obstruer ces systèmes, réduisant le débit d'eau disponible pour la production d'électricité. Cela diminue non seulement l'efficacité des installations hydroélectriques, mais aussi leur capacité à produire de l'énergie de manière fiable, surtout dans les périodes de forte demande.

#### **2.4.3. Vanne de vidange**

Les vannes de vidange de fond, conçues pour évacuer les sédiments accumulés, sont souvent mises en difficulté par l'envasement. Lorsqu'elles sont bloquées par les sédiments, leur fonctionnement est compromis, rendant impossible la gestion efficace de l'envasement. Cela accélère l'accumulation de vase dans le réservoir, augmentant les coûts de maintenance et réduisant la durée de vie du barrage.

### **2.4.4. Turbine**

L'envasement a également un impact direct sur les turbines hydroélectriques, qui sont soumises à une abrasion continue lorsque des sédiments sont entraînés par l'eau à travers les conduites forcées. Cette abrasion endommage progressivement les turbines, réduisant leur efficacité et leur durée de vie, tout en nécessitant des réparations fréquentes et coûteuses. Les dommages causés par les sédiments aux turbines augmentent les coûts d'exploitation, car la maintenance devient plus fréquente et le remplacement des pièces endommagées devient inévitable.

### **2.5. Système de mesure de régulation**

Enfin, les systèmes de mesure et de régulation des débits d'eau peuvent être affectés par l'accumulation de sédiments. L'envasement peut entraîner des erreurs dans les mesures de débit, compromettant la régulation des flux d'eau à travers le barrage. Des erreurs de mesure ou de régulation peuvent avoir des conséquences graves, telles qu'une mauvaise gestion des réserves d'eau ou une évacuation inappropriée en cas de crue.

### **2.6. Impact sur l'environnement**

L'envasement des barrages entraîne plusieurs conséquences environnementales notables, affectant à la fois les écosystèmes aquatiques, terrestres et côtiers. En somme, l'envasement des barrages modifie les dynamiques écologiques en retenant des sédiments et des nutriments qui sont vitaux pour les écosystèmes en aval et les zones côtières.

#### **2.6.1. Piégeage des sédiments**

Le piégeage des sédiments par les barrages perturbe les flux naturels de matériaux qui, sans cette interruption, se déverseraient dans les cours d'eau et finiraient par atteindre les zones côtières et marines. Ces sédiments jouent un rôle essentiel dans le maintien des écosystèmes côtiers, en particulier pour la formation et la stabilité des habitats tels que les deltas, les marais et les plages. Leur absence fragilise ces environnements, rendant les côtes plus vulnérables à l'érosion et aux tempêtes.

## Chapitre 2: Conséquences de l'envasement des barrages

---

En parallèle, le blocage des nutriments contenus dans les sédiments, tels que le phosphore et l'azote, empêche ces éléments essentiels d'atteindre les écosystèmes en aval. Ces nutriments sont indispensables à la productivité des milieux aquatiques et terrestres. Leur rétention dans les réservoirs réduit la fertilité des sols et la croissance des plantes aquatiques, ce qui affecte la chaîne alimentaire et menace la biodiversité. Dans certains cas, cela peut entraîner une dégradation des écosystèmes en aval, y compris la réduction de la production de poissons, essentiels pour les économies locales et la sécurité alimentaire.

### **2.6.2. Erosion des plages**

L'érosion des plages constitue une autre conséquence majeure. Les sédiments qui ne sont plus transportés naturellement vers les côtes à cause des barrages privent les plages de matériaux nécessaires à leur renouvellement. Cela déséquilibre les processus naturels de dépôt et d'érosion, accélérant l'érosion des plages. En conséquence, les écosystèmes côtiers, qui abritent une riche biodiversité, se dégradent, et les infrastructures côtières deviennent plus vulnérables aux tempêtes et à l'élévation du niveau de la mer. Les activités récréatives, le tourisme et les économies locales dépendant des zones côtières peuvent également en souffrir.

**Chapitre 3**  
**Caractères Physiques et**  
**Morphologiques de**  
**Bassin versant**  
**TAFNA**

## 3. Chapitre

### Caractères Physiques et Morphologiques de Bassin versant

#### 3.1. Introduction

L'étude morphométrique d'un bassin versant est cruciale pour la gestion de l'érosion hydrique car elle permet de caractériser les caractéristiques géométriques et topographiques du bassin, telles que la pente, la taille et la forme, qui influencent directement l'écoulement de l'eau et la distribution des sédiments (Strahler, 1957 et 1964). En comprenant ces aspects, on peut évaluer et modéliser les processus érosifs, identifier les zones les plus vulnérables et développer des stratégies de conservation ciblées. La caractérisation géomorphologique d'un bassin versant s'opère à travers diverses représentations graphiques telles que la courbe hypsométrique, l'histogramme des altitudes et l'analyse du rectangle équivalent. En outre, elle repose sur des paramètres clés tels que le coefficient de compacité de Gravélius, l'analyse des altitudes moyenne, médiane, la dénivellation et les indices de pente.

#### 3.2. Etude du relief par les SIG

Les Systèmes d'Information Géographique (SIG) sont des outils puissants utilisés dans l'étude du relief d'un bassin versant et dans la création de courbes hypsométriques. L'étude s'effectue selon les étapes suivantes :

##### 3.2.1. Collecte de données topographiques

Pour créer une représentation précise du relief d'un bassin versant, on commence par intégrer dans les SIG les sources de données topographiques. Ces sources incluent les images satellites, les données LiDAR (Light Detection and Ranging), les cartes topographiques et les

## Chapitre 3 Caractères Physiques et Morphologiques de Bassin versant

---

données d'altitude provenant de sources telles que des stations GNSS (Global Navigation Satellite System).

### 3.2.2. Création du modèle numérique de terrain (MNT)

Les données topographiques collectées sont converties par un SIG en MNT 'Modèle Numérique de Terrain' où la surface terrestre est représentée sous forme de grille régulière. A chaque cellule de la grille où Pixel est associée une altitude. Le MNT permet de visualiser et d'analyser le relief du bassin versant avec précision.

Dans la présente étude, on utilise des images satellitaires MNT 'Modèles Numériques de Terrain'. Le pixel utilisé est de 30x30  $m^2$ .

### 3.2.3. Calcul des altitudes par intervalles

À partir du MNT, les SIG permettent de calculer les altitudes des différentes zones du bassin versant. En utilisant des outils d'analyse spatiale, on peut diviser le bassin versant en zones d'altitudes différentes, soit en fixant la tranche d'altitude (exemple : 20, 50, 100, 150 m, ...) ou bien on fixe,  $k$ , le nombre de classes d'altitude (exemple : Dans ce cas la longueur de classe est  $= \frac{\text{Altitude maximale} - \text{Altitude minimale}}{k}$ ).

Le SIG permet le comptage de nombre de Pixels par tranche d'altitude et par conséquent la superficie de chaque tranche.

## 3.3. Site d'étude

Les systèmes d'informations géographiques (SIG) permettent une meilleure description des bassins versants. Dans ce chapitre les outils SIG sont utilisés pour une description physique (caractéristiques morphologiques, paramètres de relief, paramètres morphométriques et potentiel érosif) du bassin versant de la Tafna (fig.3.1) ainsi que les sous bassins drainées aux barrages : Beni-Bahdel, Meffouche, Hammam Boughrara, Sid Abdeli et Sekkake. La

## Chapitre 3 Caractères Physiques et Morphologiques de Bassin versant

réalisation de cette étude est basée sur des MNT Modèle Numérique du Terrain avec une résolution de 30 m.

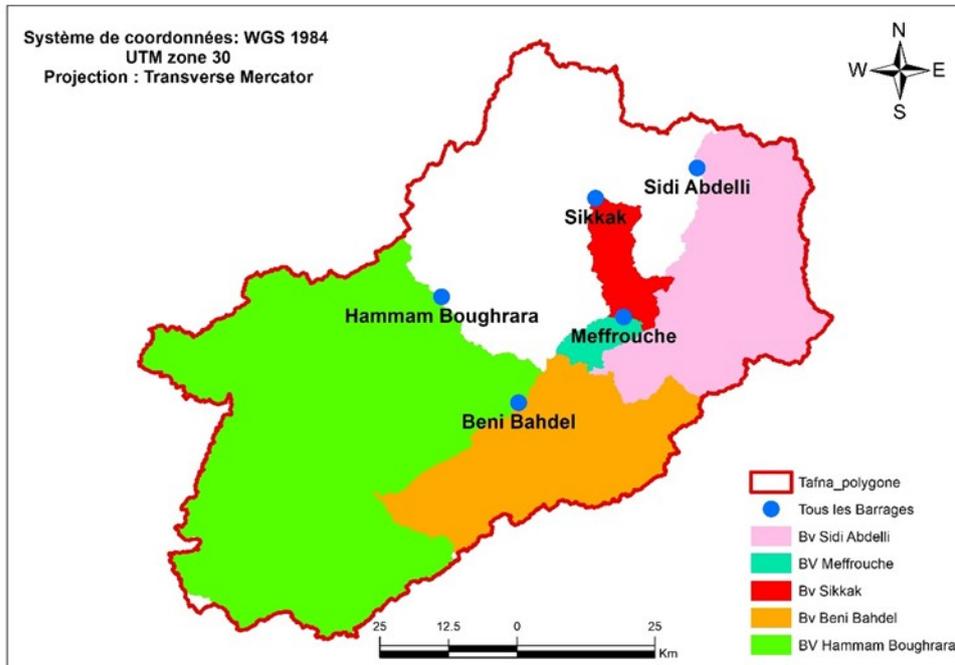


Figure 3. 1 Présentation du bassin de la Tafna avec ses sous bassins.

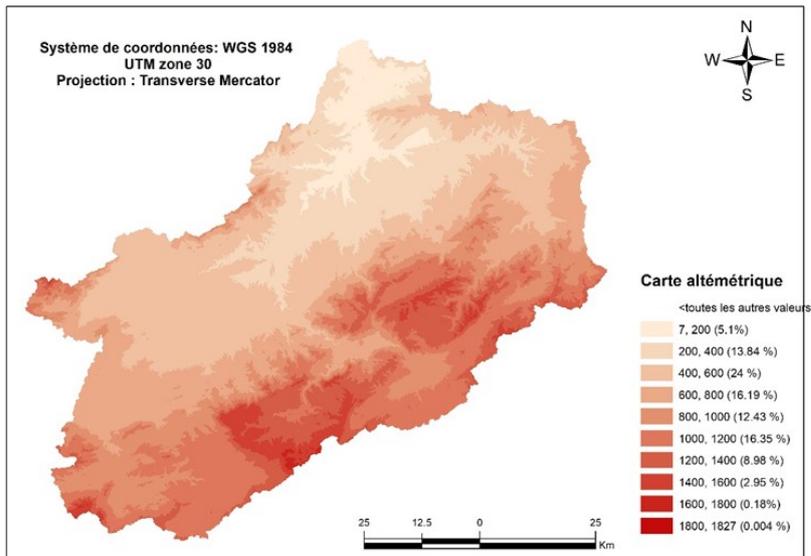


Figure 3. 2 Présentation de l'altimétrie de la Tafna

### 3.4. Construction du tableau hypsométrique

Les données recueillies sont organisées dans un tableau comprenant les intervalles d'altitude et les superficies correspondantes aux intervalles soit en km<sup>2</sup> soit en pourcentage.

Dans ce paragraphe sont présentés les tableaux hypsométriques du bassin versant de la Tafna ainsi que les 5 sous bassins classés du plus ancien au plus récent (Tableau 3.1).

## Chapitre 3 Caractères Physiques et Morphologiques de Bassin versant

Tableau 3. 1 Les sous bassins de la Tafna drainés aux barrages.

Nom du barrage	Année de mise en eau	Capacité initiale de stockage [ $10^6 m^3$ ]	Superficie du bassin drainé [ $km^2$ ]
Beni-Bahdel	1952	63	1062
Meffrouche	1963	15	69
Sid Abdli	1988	110	1098
Hammam Boughrara	1999	175	2655
Sikak	2008	25	253

### 3.4.1. Tableaux Altimétriques de la Tafna et ses sous bassins

Les tableaux 3.2 à 3.7 représentent les tableaux hypsométriques du bassin de la Tafna et de ses sous bassins

Tableau 3. 2 Tableau hypsométrique du bassin versant de la Tafna

Altitude [en m]	Surfaces [en $Km^2$ ]	Surface [en %]
5-200	372,1	5,1%
200-400	1007,7	13,9%
400-600	1746,0	24,0%
600-800	1177,0	16,2%
800-1000	904,8	12,4%
1000-1200	1189,1	16,3%
1200-1400	652,7	9,0%
1400-1600	214,2	2,9%
1600-1827	13,1	0,2%
Total	7276,7	100%

## Chapitre 3 Caractères Physiques et Morphologiques de Bassin versant

Tableau 3. 3 Tableau hypsométrique du bassin versant de Beni-Bahdel

Altitude [en m]	Surfaces [en Km <sup>2</sup> ]	Surface [en %]
1101-1150	12	17,22
1150-1200	27	39,84
1200-1250	10	14,66
1250-1300	5	7,06
1300-1350	4	6,09
1350-1400	5	6,97
1400-1450	4	5,84
1450-1500	1	1,66
1500-1578	0,4	0,58
<b>Total</b>	<b>68,6</b>	<b>100%</b>

Tableau 3. 4 Tableau hypsométrique du bassin versant de Meffrouche

Altitude [en m]	Surfaces [en Km <sup>2</sup> ]	Surface [en %]
314-400	25,416321	2,3%
400-600	242,534063	22,09%
600-800	267,562689	24,37%
800-1000	186,005081	16,94%
1000-1200	179,422845	16,34%
1200-1400	127,59319	11,62%
1400-1624	69,904194	6,37%
<b>Total</b>	<b>1098,4</b>	<b>100%</b>

## Chapitre 3 Caractères Physiques et Morphologiques de Bassin versant

Tableau 3. 5 Tableau hypsométrique du bassin versant de Hammam Boughrara

Altitude [en m]	Surfaces [en Km <sup>2</sup> ]	Surface [en %]
278-400	61	2,30%
400-600	880	33,15%
600-800	594	22,37%
800-1000	449	16,91%
1000-1200	517	19,47%
1200-1400	114	4,29%
1400-1600	38	1,43%
1600-1827	2	0,08%
<b>Total</b>	<b>2655,0</b>	<b>100%</b>

Tableau 3. 6 Tableau hypsométrique du bassin versant de Sid Abdeli

Altitude [en m]	Surfaces [en Km <sup>2</sup> ]	Surface [en %]
314-400	25,416321	2,3%
400-600	242,534063	22,09%
600-800	267,562689	24,37%
800-1000	186,005081	16,94%
1000-1200	179,422845	16,34%
1200-1400	127,59319	11,62%
1400-1624	69,904194	6,37%
<b>Total</b>	<b>1098,4</b>	<b>100%</b>

## Chapitre 3 Caractères Physiques et Morphologiques de Bassin versant

---

Tableau 3. 7 Tableau hypsométrique du bassin versant de Sekkak

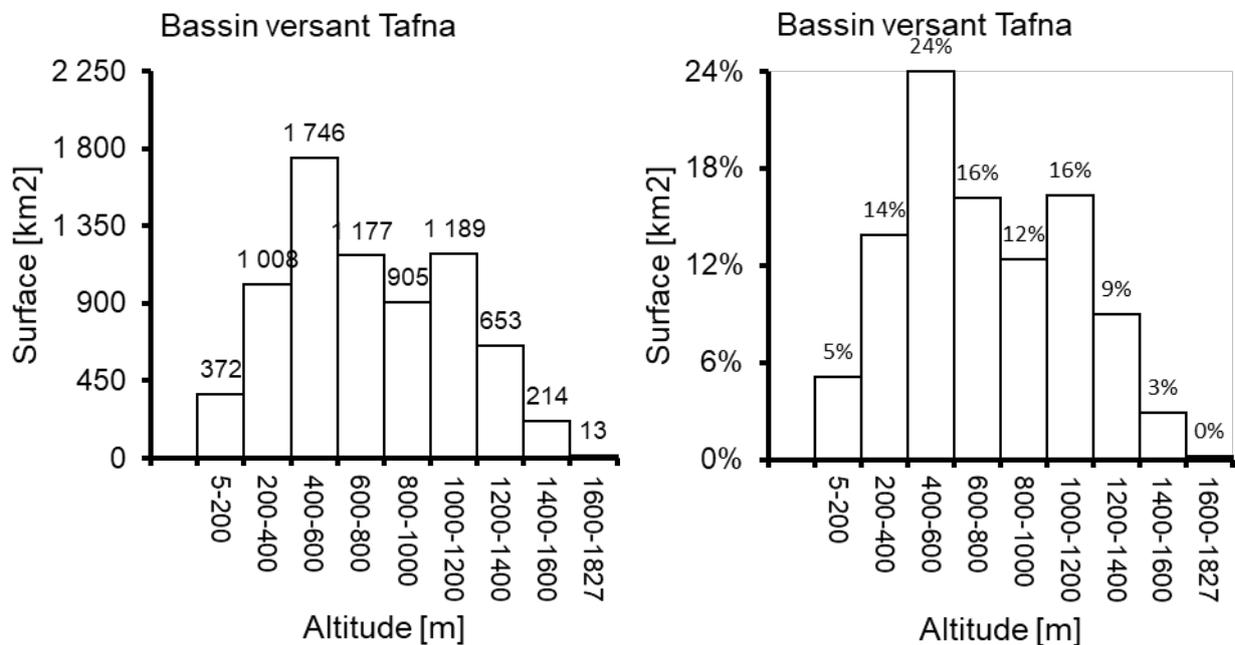
Altitude [en m]	Surfaces [en Km <sup>2</sup> ]	Surface [en %]
204-300	13,48	5,35%
300-500	50,11	19,89%
500-700	42,34	16,80%
700-900	28,5	11,31%
900-1100	16,4	6,51%
1100-1300	82,4	32,70%
1300-1578	19,55	7,76%
<b>Total</b>	<b>252,8</b>	<b>100%</b>

## 3.4.2 Caractérisation Géomorphologique

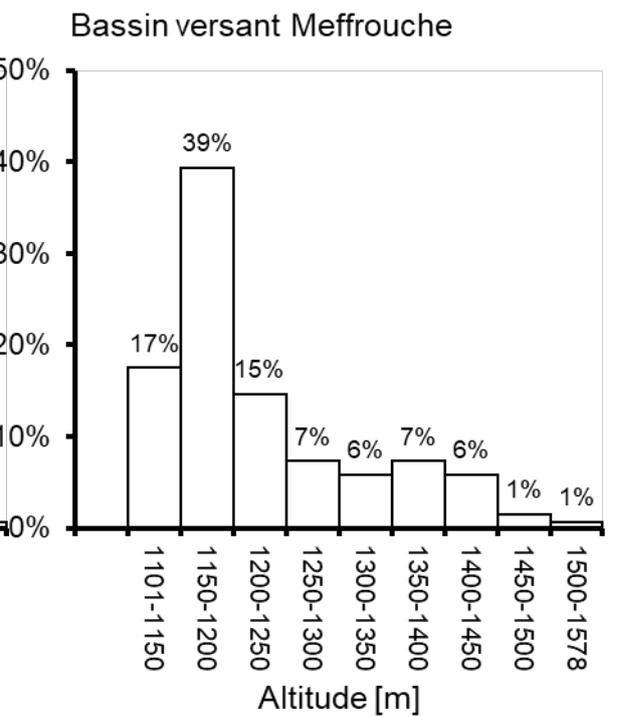
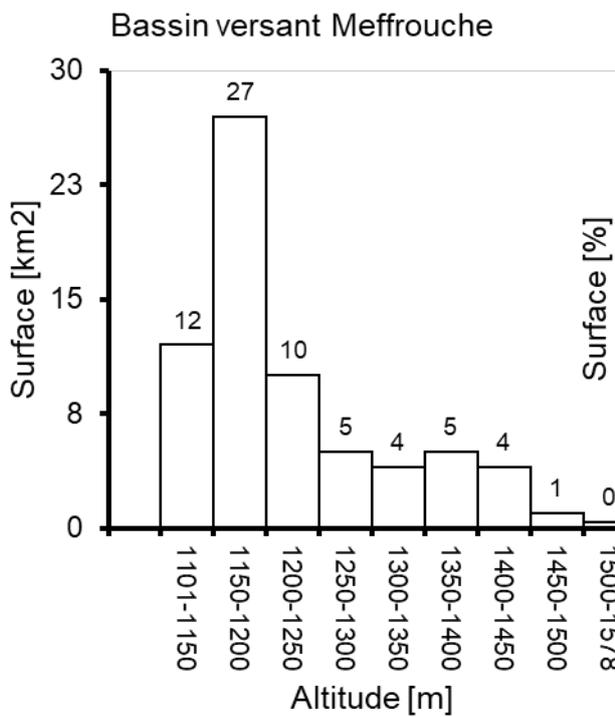
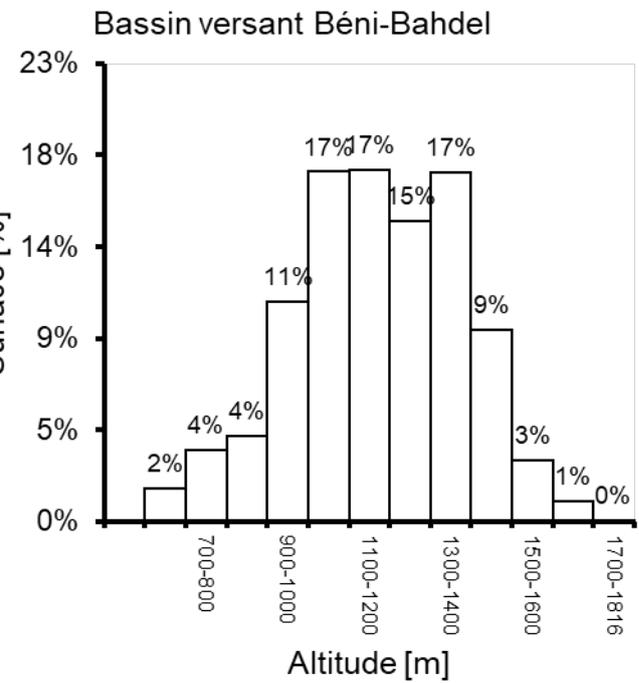
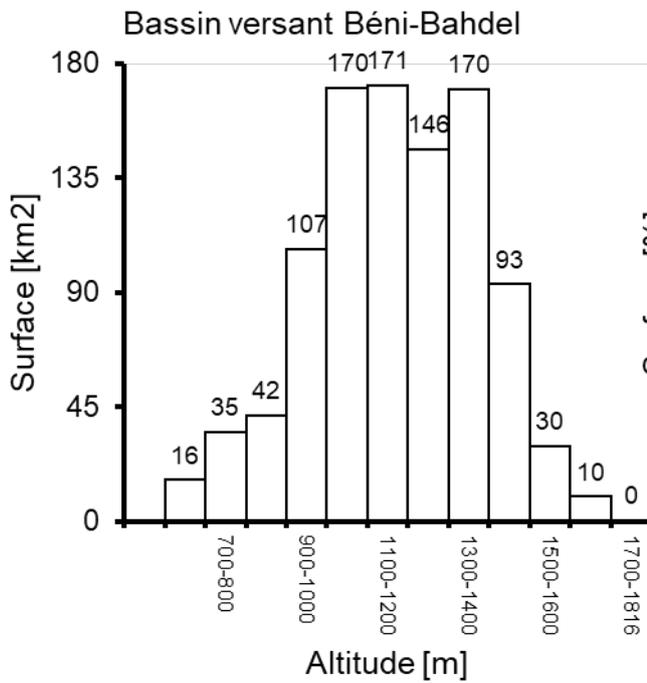
### 3.4.2.1 Histogramme

L'importance de tranche de surface du bassin versant par tranche d'altitude peut être représentés par un histogramme. Dans (Fig. 3.2) sont représentés les fréquences des surfaces par tranche d'altitude pour le bassin versant de la Tafna ainsi que pour ses 5 sous bassins. A gauche sont représentées les surfaces absolues en [ $km^2$ ] et à droite les surfaces relatives en pourcentage [%].

Pour le bassin de la Tafna, l'historgramme des altitudes montre que la tranche d'altitude 400 à 600 m est la plus fréquente (fig. 3.2). Cette tranche représente 1746  $km^2$ , soit 24%, de la superficie totale du bassin versant estimée à 7276.7  $km^2$ .

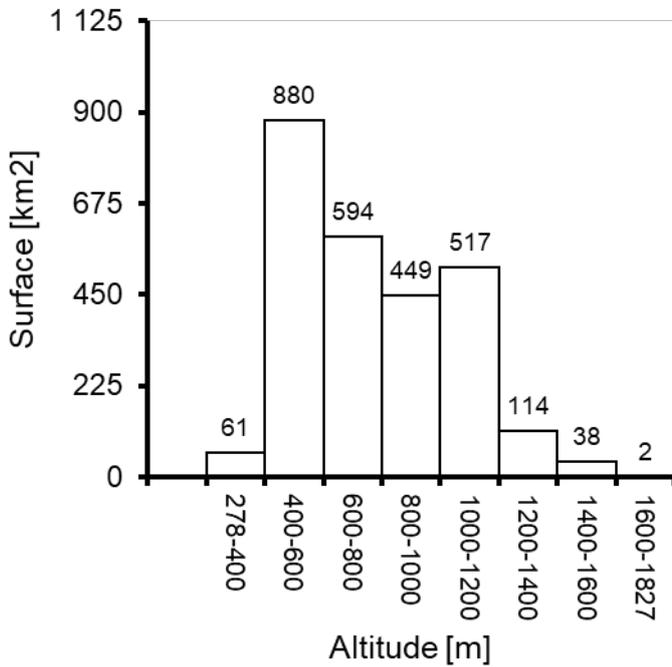


# Chapitre 3 Caractères Physiques et Morphologiques de Bassin versant

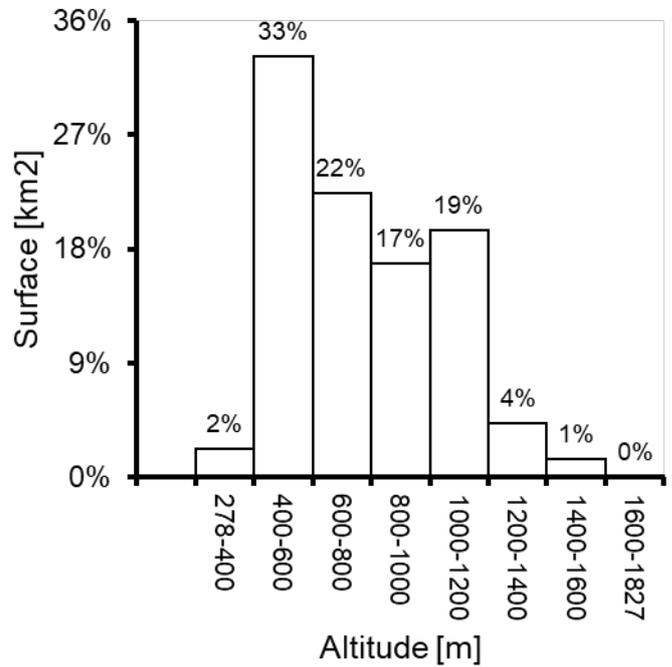


# Chapitre 3 Caractères Physiques et Morphologiques de Bassin versant

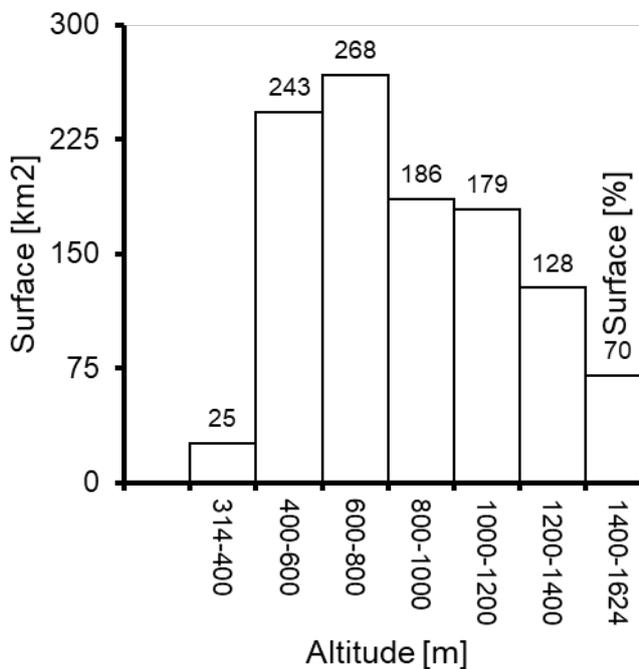
Bassin versant Hammam Boughrara



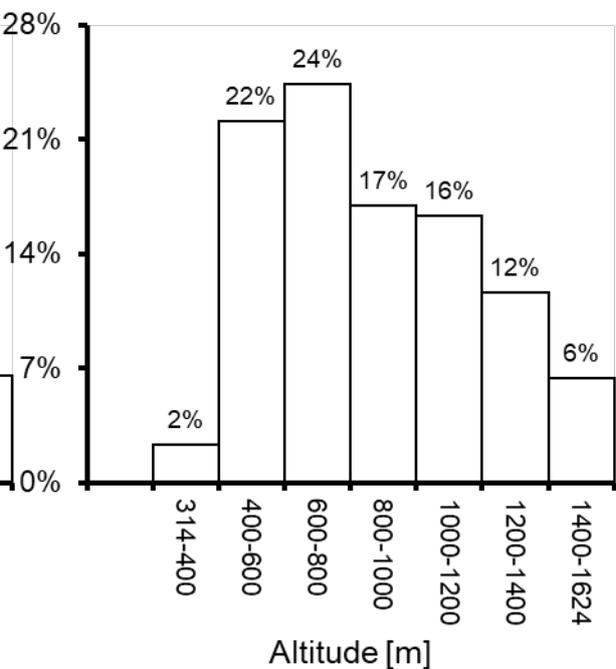
Bassin versant Hammam Boughrara



Bassin versant Sid Abdel



Bassin versant Sid Abdel



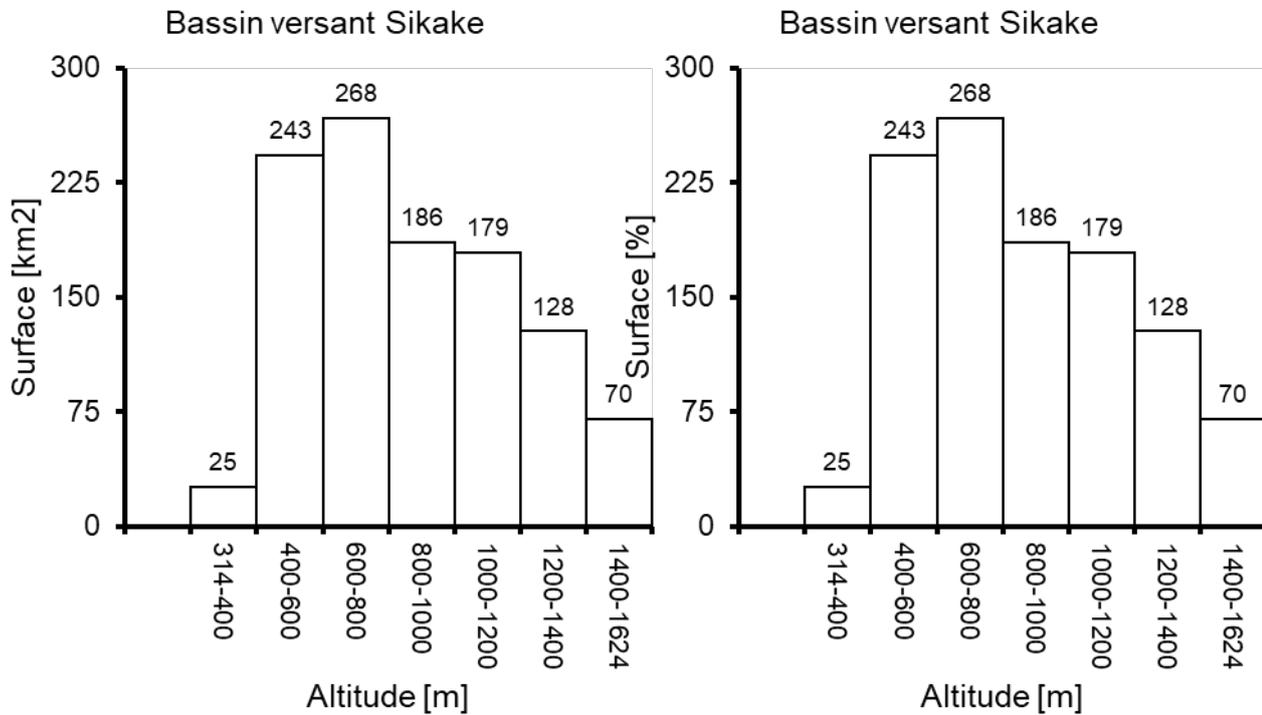


Figure 3. 3 Fréquence des surfaces par tranche d'altitude pour le bassin versant de la Tafna, et ses 5 sous bassins Beni-Bahdel, Meffouche, Sid Abdli, Hammam Boughrara et Sikak. A gauche sont présentées les surfaces absolues en km<sup>2</sup> et à droite surface relative [en %]

### 3.4.2.2 Courbe hypsométrique

Une fois les surfaces par intervalles d'altitude calculées, il est possible de construire la courbe hypsométrique du bassin versant. Cette courbe représente la distribution des altitudes par rapport à la superficie totale du bassin.

La courbe hypsométrique, essentielle dans l'analyse géomorphologique des bassins versants, offre une représentation visuelle du relief. Elle illustre la répartition altimétrique des surfaces à l'intérieur du bassin, ce qui a une incidence directe sur les écoulements de surface et, par conséquent, sur les processus d'érosion. En effet, le relief influe sur la direction et l'intensité

## Chapitre 3 Caractères Physiques et Morphologiques de Bassin versant

---

des écoulements de surface, déterminant ainsi les trajectoires des eaux de ruissellement et leur capacité à transporter des sédiments. Les zones à relief abrupt sont souvent associées à des écoulements rapides et à une plus grande capacité d'arrachement et de transport de matériaux, favorisant ainsi les processus d'érosion.

Globalement le tracé de la courbe hypsométrique passe par la préparation du tableau hypsométrique, où les surfaces drainées sont converties [en %] et correspondent à l'axe des 'x', axe horizontal et les altitudes [en m ou en %] à l'axe vertical. Le tableau 3.8 est préparé pour le tracé de la courbe hypsométrique correspondant au bassin versant de la Tafna.

Tableau 3. 8 Préparation des données pour la construction de la courbe hypsométrique pour le bassin de la Tafna

Surfaces drainées [en %]	Altitude [en m]	Altitude [en %]
100%	5	0%
94,9%	200	10,7%
81,0%	400	21,7%
57,0%	600	32,7%
40,9%	800	43,6%
28,4%	1000	54,6%
12,1%	1200	65,6%
3,1%	1400	76,6%
0,2%	1600	87,5%
0%	1827	100%

Lorsque on joint les points de coordonnées les limites des classes d'altitude aux surfaces drainées on obtient une courbe polygone dite courbe hypsométriques

## Chapitre 3 Caractères Physiques et Morphologiques de Bassin versant

Les figures 3.9 à 3.14 représentent des courbes hypsométriques du bassin versant de la Tafna et ses 5 sous bassins. Les courbes hypsométriques représentant les altitudes [en m] en fonction des surfaces drainées sont généralement utilisées pour calculer la dénivelé et les indices de pente. Par contre les courbes représentant les altitudes [en %] sont établies pour apprécier l'état de vieillesse du bassin versant. La première (Fig. 3.3) représente les altitudes [en m] en fonction des surfaces cumulées décroissantes [en %]. La seconde (Fig. 3.4).

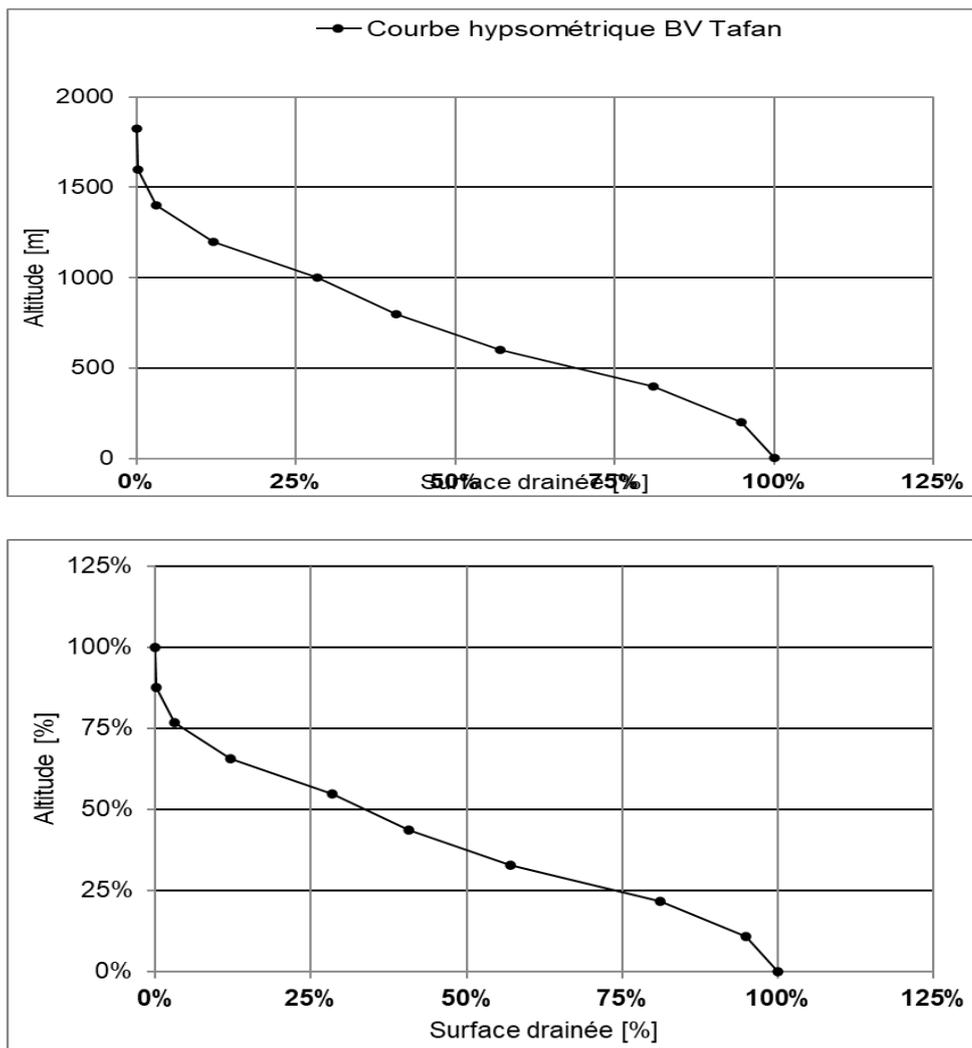


Fig. 3.4 La courbe hypsométrique du bassin versant de la Tafna représente les altitudes en [m] en fonction des surfaces drainées [en %]. Le graphe du bas représente les altitudes en [%] en fonction des surfaces en [%].

## Chapitre 3 Caractères Physiques et Morphologiques de Bassin versant

---

De la courbe hypsométrique du bassin de la Tafna, on peut faire plusieurs lectures. Par exemple de la (Fig. 3.4) on lit qu'environ 70% de la superficie est au-dessous de l'altitude 500 m ou encore 20% de la superficie du bassin est au-dessus de 1100 m. La courbe hypsométrique permet entre autres de déterminer des altitudes particulières comme par exemple l'altitude H20 qui partage la surface en deux parts, 80% de surface est au-dessous de H20 et 20% de surface est au-dessus de H20.

Le graphe montre la distribution de l'altitude dans le bassin versant de Beni Bahdel, révélant une diminution progressive de l'altitude à mesure que la surface drainée augmente. Cela indique que la majorité des zones plus élevées se trouvent dans une partie restreinte du bassin. La forme de la courbe suggère que le bassin versant a un relief modérément incliné, avec une pente plus marquée au début (entre 0 % et environ 20 % des surfaces drainées) (Fig ; 3.5), puis une courbe moins inclinée, ce qui indique des pentes plus douces dans la majorité du bassin. Cela pourrait correspondre à une zone de plateau ou à un terrain relativement plat vers les altitudes plus basses. Par ailleurs, une courbe hypsométrique peut également montrer la répartition des volumes d'eau potentiels par rapport à l'altitude. Dans ce cas, la majorité du bassin se situe à des altitudes moyennes à basses, influençant potentiellement la rétention et l'écoulement de l'eau dans cette zone.

## Chapitre 3 Caractères Physiques et Morphologiques de Bassin versant

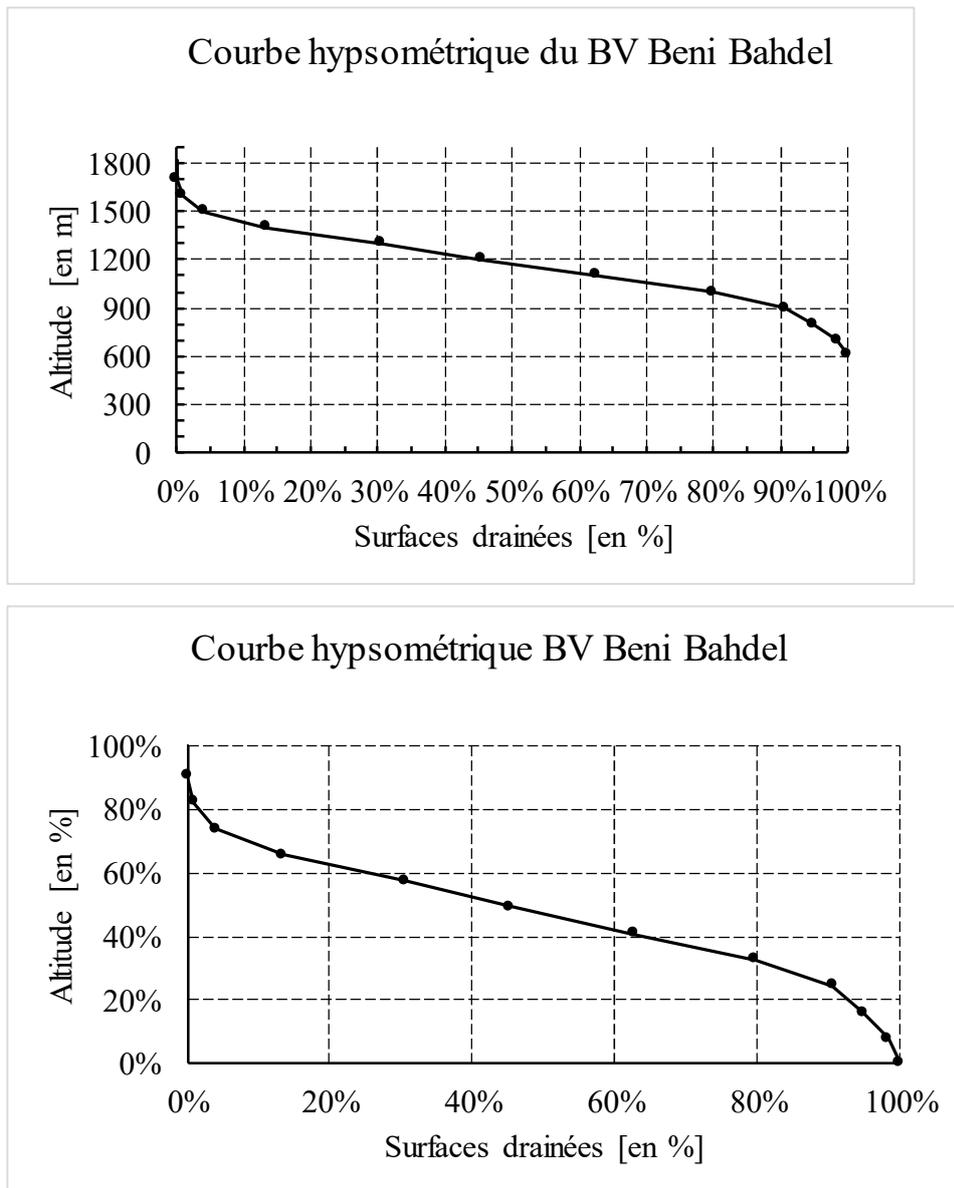


Fig. 3 .5. Courbe hypsométrique du bassin versant de la Beni Bahdel. En Haut la courbe hypsométrique représente les altitudes en [m] en fonction des surfaces drainées [en %]. Le graphe du bas représente les altitudes en [%] en fonction des surfaces en [%].

La courbe hypsométrique du bassin versant de Hammam Boughrara montre une diminution significative de l'altitude à mesure que la surface drainée augmente. Les altitudes les plus élevées se trouvent dans les premiers pourcentages de la surface drainée (de 0 % à environ 10 %), ce qui indique que la majorité des zones les plus hautes sont concentrées dans une petite

## Chapitre 3 Caractères Physiques et Morphologiques de Bassin versant

partie du bassin versant. La majeure partie du bassin est à des altitudes inférieures, comme le montre la pente régulière après environ 10 % des surfaces drainées.

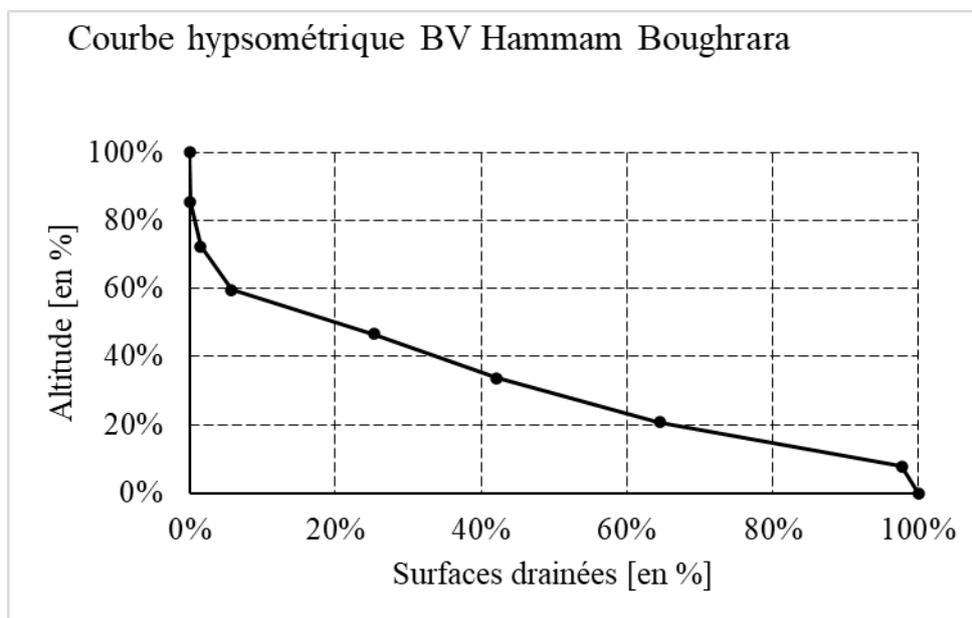
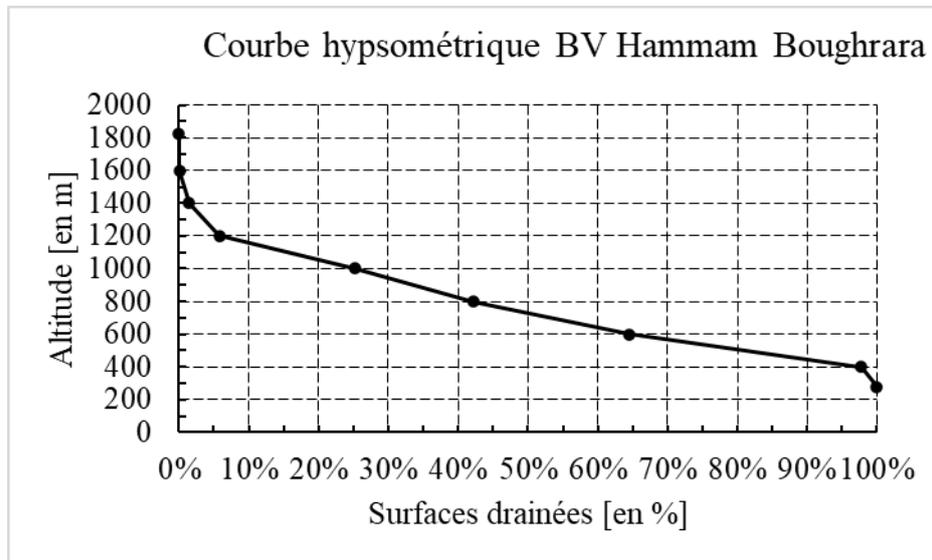


Fig. 3.6. Courbe hypsométrique du bassin versant de Hammam Boughrara. En Haut la courbe hypsométrique représente les altitudes en [m] en fonction des surfaces drainées [en %]. Le graphique du bas représente les altitudes en [%] en fonction des surfaces en [%].

## Chapitre 3 Caractères Physiques et Morphologiques de Bassin versant

---

La forme de la courbe suggère un relief avec une pente forte au début, suivie d'une pente modérément inclinée sur le reste du bassin. Cette tendance indique que le bassin versant de Hammam Boughrara présente des pentes raides dans sa partie supérieure, tandis que la partie inférieure est plus étalée et relativement plus douce. Cela pourrait correspondre à une région de montagne à forte pente suivie de terrains vallonnés ou plus plats.

La courbe hypsométrique montre également que la majorité du bassin versant se situe à des altitudes basses à moyennes, ce qui peut avoir des implications sur la rétention d'eau, l'écoulement et le potentiel d'érosion. Les parties supérieures, bien que très restreintes en superficie mais relativement élevées en altitude, pourraient contribuer à un écoulement rapide des eaux vers les zones inférieures, influençant ainsi la dynamique hydrologique du bassin.

En conclusion, le bassin versant de Hammam Boughrara présente un relief caractérisé par une forte pente initiale et une vaste zone à altitudes modérées, ce qui peut affecter les processus d'écoulement de l'eau et de sédiments dans cette région.

## Chapitre 3 Caractères Physiques et Morphologiques de Bassin versant

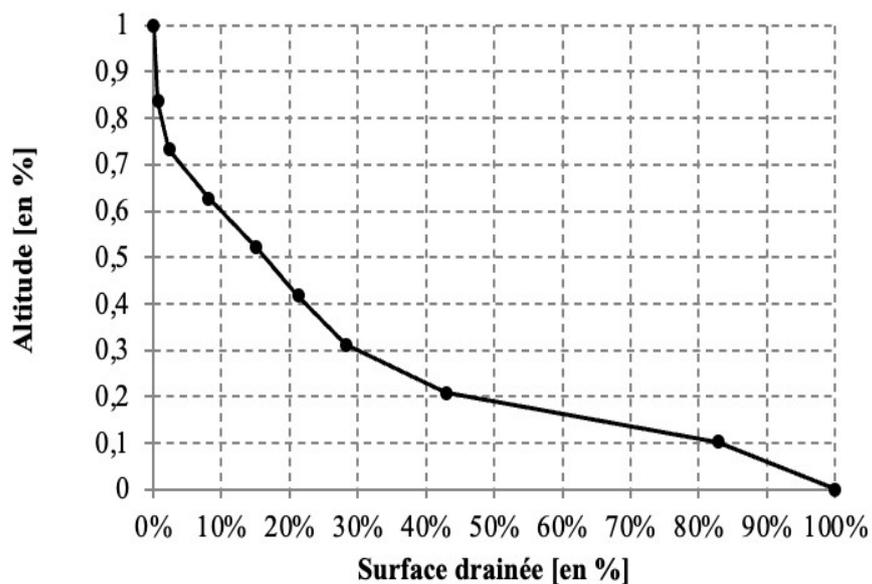
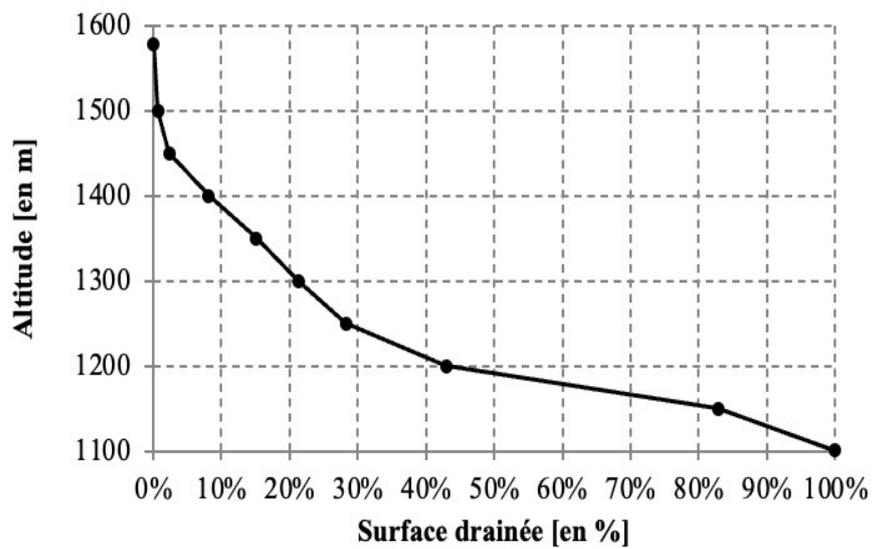


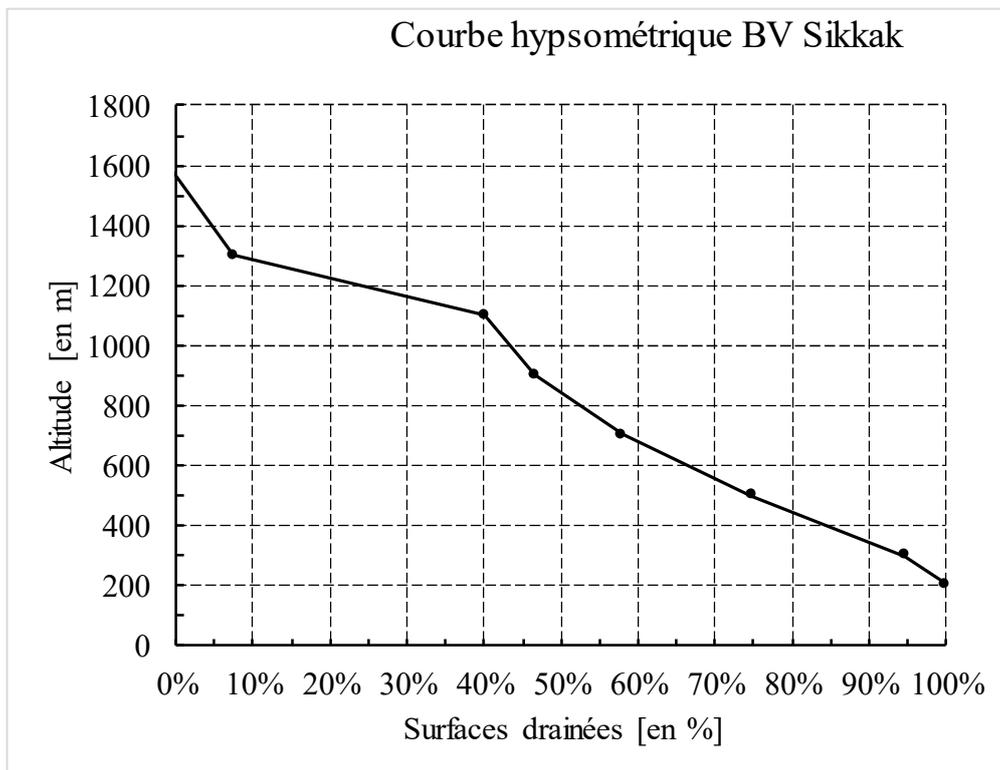
Fig. 3.7. Courbe hypsométrique du bassin versant de Meffrouche. En Haut la courbe hypsométrique représente les altitudes en [m] en fonction des surfaces drainées [en %]. Le graphe du bas représente les altitudes en [%] en fonction des surfaces en [%].

La courbe montre une faible variation de l'altitude à mesure que la surface drainée augmente. Les altitudes les plus élevées sont concentrées dans les premiers 10 % de la surface drainée, mais la diminution de l'altitude est relativement lente et modérée sur l'ensemble du bassin.

## Chapitre 3 Caractères Physiques et Morphologiques de Bassin versant

Cela suggère que le bassin versant de Meffrouche a un relief relativement homogène avec peu de variations altitudinales.

Le bassin versant de Meffrouche présente un relief uniforme avec peu de variations d'altitude, caractérisé par des pentes douces et un terrain relativement plat. Cette topographie pourrait influencer les processus hydrologiques en favorisant la rétention d'eau et en limitant l'écoulement rapide, ce qui est pertinent pour la gestion des ressources en eau et la prévention de l'érosion.



## Chapitre 3 Caractères Physiques et Morphologiques de Bassin versant

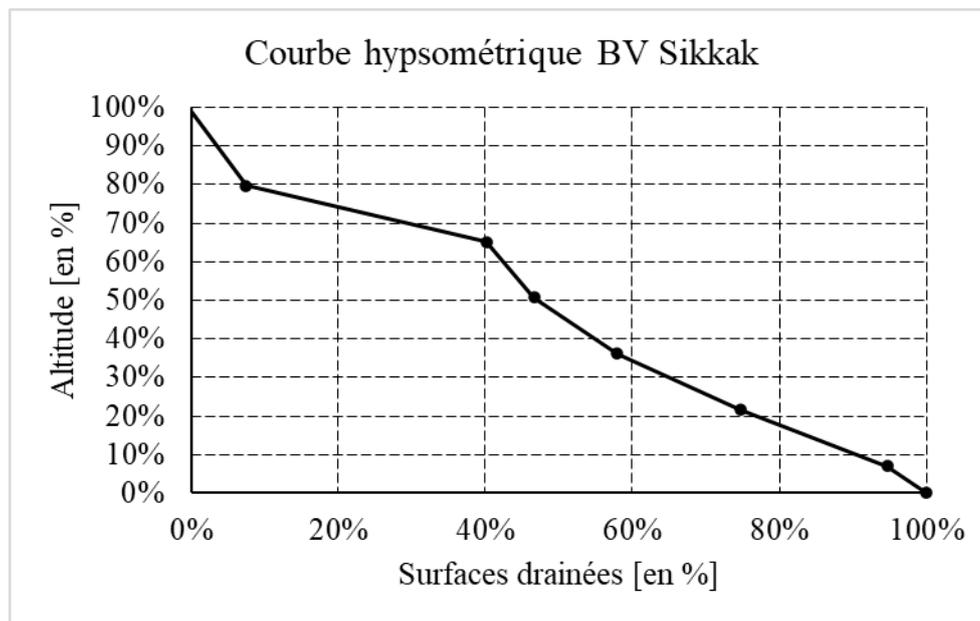


Figure. 3.8. Courbe hypsométrique du bassin versant Sikkak. En Haut la courbe hypsométrique représente les altitudes en [m] en fonction des surfaces drainées [en %]. Le graphique du bas représente les altitudes en [%] en fonction des surfaces en [%].

La distribution des altitudes montre que les altitudes les plus élevées se trouvent dans les premiers pourcentages de surface drainée (de 0 % à 7 %), indiquant que la majorité des zones les plus hautes sont très concentrées. Par exemple, 7 % de la surface drainée se situe à une altitude de 1300 m ou plus, tandis que 0 % est à 1578 m. Il y a une forte pente au début, de 1578 m à 1300 m pour seulement 7 % de la surface drainée, ce qui suggère que la partie supérieure du bassin versant est très escarpée. Ensuite, la pente devient plus modérée entre 1300 m et 300 m (de 7 % à 95 % de la surface drainée), montrant une diminution progressive de l'altitude.

Finalement, la pente est presque plate entre 300 m et 204 m pour les derniers 5 % du bassin versant. La majorité du bassin versant se trouve à des altitudes moyennes à basses (entre 204 m et 1100 m), avec une petite proportion de la superficie située à des altitudes plus élevées (au-dessus de 1100 m). Cela suggère que le bassin versant présente une zone supérieure restreinte mais élevée, et une vaste zone inférieure plus étendue et moins accidentée. La forte pente dans la partie supérieure du bassin pourrait entraîner un écoulement rapide des eaux, augmentant potentiellement le risque d'érosion dans cette zone. En revanche, la partie

## Chapitre 3 Caractères Physiques et Morphologiques de Bassin versant

inférieure du bassin, avec des pentes plus douces, pourrait favoriser la rétention d'eau et une infiltration plus lente, influençant ainsi le débit global du bassin versant.

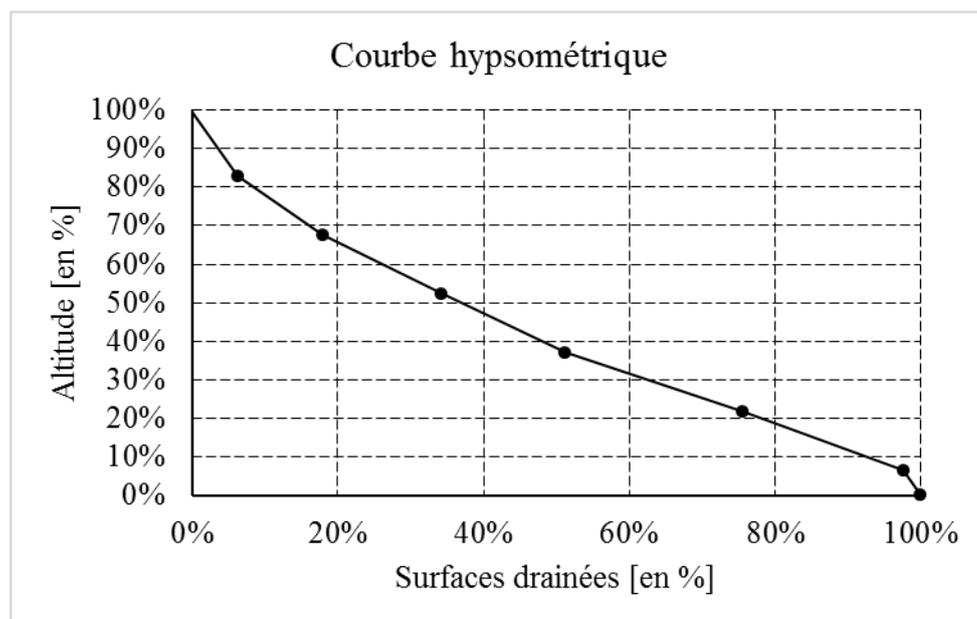
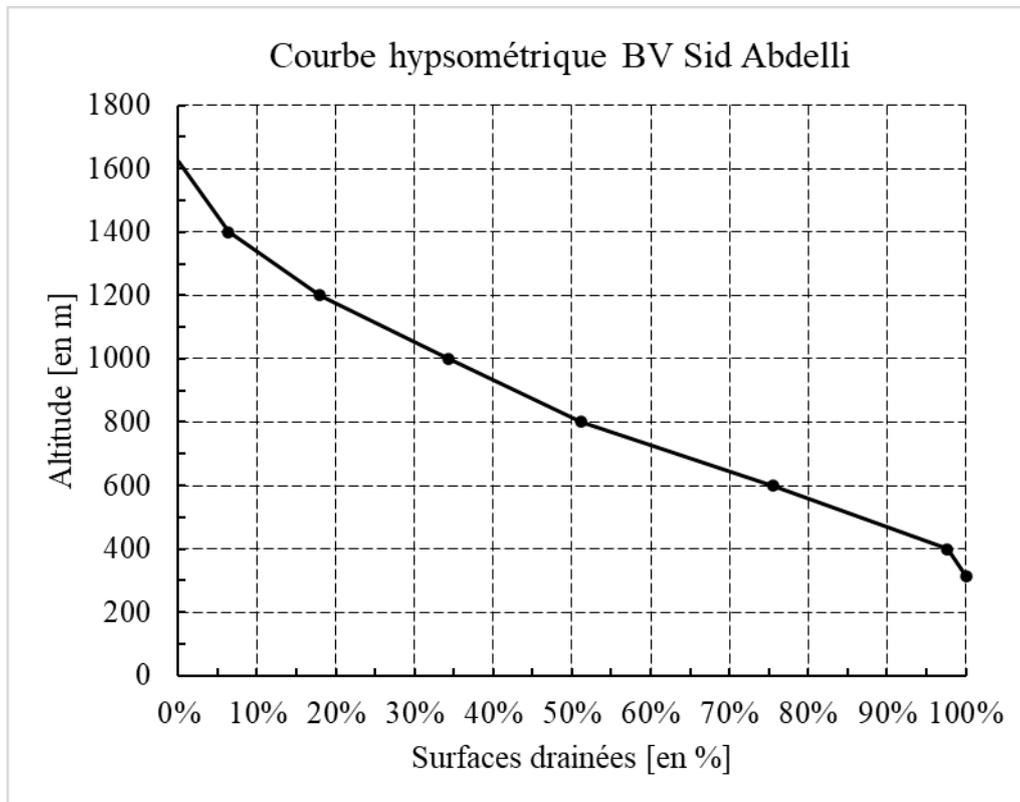


Fig. 3.9. Courbe hypsométrique du bassin versant Sid ABdelli. En Haut la courbe hypsométrique représente les altitudes en [m] en fonction des surfaces drainées [en %]. Le graphe du bas représente les altitudes en [%] en fonction des surfaces en [%].

## Chapitre 3 Caractères Physiques et Morphologiques de Bassin versant

---

La distribution des altitudes montre que les altitudes les plus élevées du bassin versant se trouvent dans les premiers pourcentages de surface drainée (de 0 % à 6,3 %), indiquant que la majorité des zones les plus hautes sont concentrées dans une petite partie du bassin. Par exemple, seulement 6,3 % de la surface drainée se situe à une altitude de 1400 m ou plus, et 0 % atteint 1624 m. Ensuite, une grande partie du bassin se trouve à des altitudes moyennes, avec 34,3 % des surfaces drainées à 1000 m ou plus, et 97,7 % des surfaces situées à 400 m ou plus. Les données montrent une forte pente au début, de 1624 m à 1400 m pour seulement 6,3 % de la surface drainée, ce qui suggère une partie supérieure du bassin versant très escarpée. Par la suite, la pente devient plus modérée entre 1400 m et 400 m (de 6,3 % à 97,7 % de la surface drainée), indiquant une diminution plus progressive de l'altitude à mesure que l'on descend dans le bassin. Vers la fin, la pente est relativement faible entre 400 m et 314 m pour les derniers 2,3 % du bassin versant, montrant une zone plus plate.

La majorité du bassin versant se situe à des altitudes moyennes (entre 400 m et 1000 m), avec une petite proportion de la superficie située à des altitudes plus élevées (au-dessus de 1000 m). Cela suggère que le bassin présente une zone supérieure restreinte mais élevée et une zone inférieure plus étendue et moins accidentée. La forte pente dans la partie supérieure du bassin pourrait entraîner un écoulement rapide des eaux, augmentant le risque d'érosion dans cette zone. En revanche, la partie inférieure du bassin, avec des pentes plus douces, pourrait favoriser la rétention d'eau et une infiltration plus lente, influençant ainsi le débit global du bassin et la dynamique sédimentaire.

### **3.5. Analyse hypsométrique : Indicateur du Vieillesse des Bassins Versants**

#### **3.5.1. ETAT DE VIEILLESSE D'UN BASSIN VERSANT**

La lecture de la courbe hypsométrique permet de déduire des informations sur la géodynamique et l'évolution du bassin versant, notamment le degré de vieillissement du bassin versant, souvent évalué en fonction de la configuration de sa courbe hypsométrique (voir Fig.3.5). Lorsque la courbe présente une concavité vers le bas, évoquant la forme d'un bol renversé, cela indique un état de jeunesse du bassin, caractérisé par des reliefs abrupts et

## Chapitre 3 Caractères Physiques et Morphologiques de Bassin versant

---

des processus d'érosion active et donc un potentiel élevé de production de sédiments et une susceptibilité accrue à l'érosion future. En revanche, une courbe concave vers le haut, évoquant un bol ouvert vers le haut, traduit un état de vieillissement du bassin versant. Dans ce cas, les reliefs sont souvent plus arrondis et moins sujets à l'érosion active. Les processus d'érosion ont évolué et le bassin a déjà généré une quantité significative de sédiments par le passé et qu'il est susceptible de produire moins de sédiments à l'avenir, donc moins d'érosion. Certains chercheurs vont plus loin dans l'analyse de la courbe hypsométrique en la divisant en segments distincts. Par exemple, si la partie inférieure du bassin présente une concavité tandis que la partie supérieure présente une convexité, cela suggère que la partie inférieure est la principale source de sédiments, et donc qu'elle est plus sujette à l'érosion.

### 3.5.2 Indice de potentiel érosif

L'appréciation de l'état de jeunesse d'un bassin versant est souvent visualisé à l'aide d'un carré unitaire, où chaque côté représente une unité de mesure, 1 ou 100%. La courbe polygone, qui représente la courbe hypsométrique, divise ce carré en deux surfaces distinctes. De chaque côté de cette courbe, la surface peut être calculée comme la somme de surface de trapèzes facilement mesurable.

#### **DEFINITION:**

Dans cette étude nous présentons un nouvel indice qui mesure l'état de vieillissement d'un bassin versant. En effet, l'état de vieillesse d'un bassin versant peut-être défini par un indice de morphométrie,  $I_{GM}$ , correspondant à la surface située au-dessus de la courbe hypsométrique. Plus l'indice,  $I_{GM}$ , est petit, proche de zéro et plus le bassin est jeune avec un fort potentiel d'érosion et de production de sédiments. A l'inverse, plus le  $I_{GM}$  est grand, c'est-à-dire proche de 1 est plus le bassin est vieux avec un faible potentiel à l'érosion et une faible production des sédiments. Cet indice offre une vue d'ensemble du vieillissement du bassin, et il est particulièrement utile pour comparer l'état de vieillissement entre différents bassins. De ce fait, il permet de comparer le potentiel d'érosion entre les bassins versants.

## Chapitre 3 Caractères Physiques et Morphologiques de Bassin versant

Le calcul de l'indice,  $I_{GM}$ , passe par le calcul des surfaces de trapèzes sous la courbe hypsométrique représentée dans un carré unité.

Voici un exemple de calcul de la surface d'un trapèze, en dessous de la courbe hypsométrique (Fig 1.4).

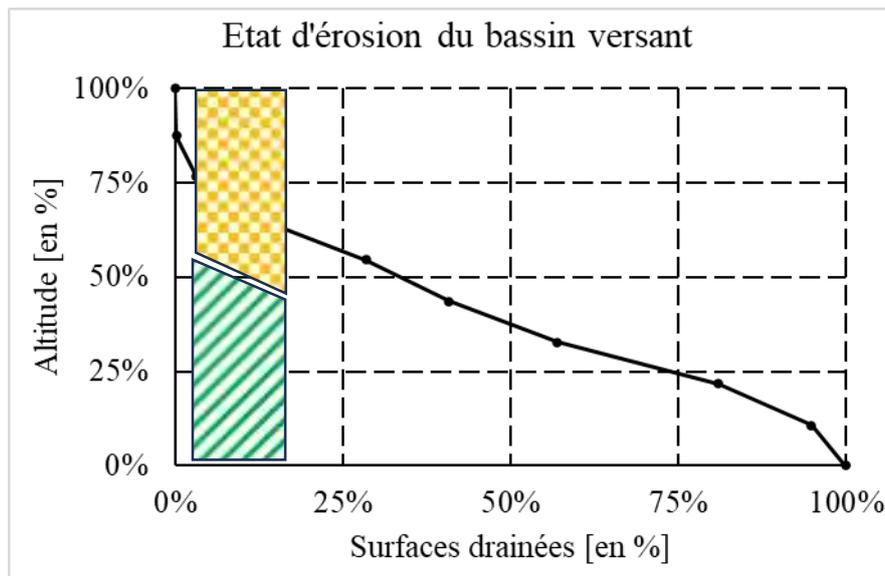


Figure 3.10 Calcul de l'indice  $I_{GM}$ .

Les sommets du trapèze correspondent aux points déterminés dans le tableau hypsométrique (Tableau 1.3). Les coordonnées des points sont soulignées et écrits en gras et sont extraits dans le tableau suivant :

Tableau 3. 9 Explication du calcul de l'indice,  $I_{GM}$

Surfaces drainées en %	Altitude [en %]	Surface Trapèze sous la courbe
100,0%	0,0%	
94,9%	10,7%	0,3%
81,0%	21,7%	2,2%
57,0%	32,7%	6,5%
<b>40,9%</b>	<b>43,6%</b>	6,2%

## Chapitre 3 Caractères Physiques et Morphologiques de Bassin versant

---

<u>28,4%</u>	<u>54,6%</u>	<u>6,1%</u>
12,1%	65,6%	9,8%
3,1%	76,6%	6,4%
0,2%	87,5%	2,4%
0,0%	100,0%	0,2%
<b>Surface Totale sous la courbe</b>		<b>40,1%</b>

$$SurfaceTrapèze = \frac{(43,6\% + 54,6\%) * (40,9\% - 28,4\%)}{2} = 0.061$$

$$I_{GM} = 1 - 40,1\% = 59,9\%$$

Le bassin versant présente un indice de potentiel érosif modéré, légèrement au-dessus de 50%.

### 3.6. Paramètres morphométriques d'un bassin versant.

#### 3.6.1. Coefficient de compacité de Gravélius

Le coefficient  $K_G$  est le rapport entre la surface du bassin étudié par la surface d'un cercle ayant le même périmètre que le bassin versant.

$$K_G = \frac{P}{P_c} = \frac{P}{2\pi R} \text{ et } A = \pi \cdot R^2$$

Où :

- P est le périmètre du bassin d'étude

## Chapitre 3 Caractères Physiques et Morphologiques de Bassin versant

---

- $P_c$  est le périmètre du cercle ayant la superficie du bassin d'étude
- $R$  est le rayon du cercle
- $A$  est la superficie du bassin d'étude

On déduit que :

$$R = \sqrt{\frac{A}{\pi}} \text{ et } K_c = \frac{P}{2\pi\sqrt{\frac{A}{\pi}}} = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} \cong 0.282 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Le cercle étant la forme la plus compacte, le coefficient  $K_c \geq 1$ . Une valeur de  $K_c$  supérieure à 1 indique une forme plus étendue du bassin versant. Plus la valeur de  $K_c$  est grande, plus la forme du bassin est étendue ou irrégulière. Le coefficient  $K_c$  est utilisé pour évaluer la régularité de la forme des bassins versants et des unités géographiques, ce qui peut avoir des implications sur les processus hydrologiques et géomorphologiques. En effet, pour un bassin versant allongé le temps de concentration des écoulements est nécessairement plus grand que pour un bassin compact de même superficie.

Pour le bassin versant de la Tafna le coefficient de compacité est de :  $K_c = 1,81$ .

### 3.6.2. Rectangle équivalent

Le rectangle équivalent est un concept important en hydrologie et en géomorphologie pour caractériser la forme d'un bassin versant de manière simplifiée. Il permet de représenter la forme du bassin versant sous une forme géométrique plus simple, facilitant ainsi l'analyse et la modélisation des processus hydrologiques qui s'y déroulent. L'importance du rectangle équivalent réside dans sa capacité à synthétiser les caractéristiques géomorphologiques du bassin versant tout en conservant les propriétés importantes pour l'étude hydrologique. En effet, bien que la forme réelle d'un bassin versant puisse être complexe, le rectangle équivalent permet de décrire de manière adéquate son étendue et son allongement. Le rectangle équivalent d'un bassin versant peut être réalisé en ajustant les dimensions du rectangle (longueur et largeur) de manière à ce qu'il englobe au mieux la surface du bassin

## Chapitre 3 Caractères Physiques et Morphologiques de Bassin versant

---

tout en maintenant une proportionnalité acceptable par rapport à sa forme réelle. Les dimensions du rectangle sont solutions du système d'équations (Megnounif, 2021):

$$\begin{cases} 2(L + l) = P(1) \\ L.l = A(2) \end{cases}$$

Où :

- A et P sont connus et correspondent aux périmètre et surface du bassin étudié.
- **L** et **l** sont des inconnues et représentent la longueur et largeur du rectangle équivalent.

De l'équation (Eq. 2) on déduit la largeur en fonction de la longueur,  $l = \frac{A}{L}$ . On substitue la largeur par sa formule dans la première équation. On obtient un polynôme du second ordre où 'L' est l'inconnu.

$$2\left(L + \frac{A}{L}\right) = P$$

Soit :

$$L^2 - \frac{P}{2}L + A = 0$$

Le discriminant de cette équation est :  $\Delta = \left(\frac{P}{2}\right)^2 - 4A = \frac{P^2 - 16A}{4}$

Lorsque :  $\Delta = 0$ , la solution est double  $L = l = -\frac{P}{4}$ , ce qui représente un carré.

Lorsque :  $\Delta > 0$ , il existe deux solutions :

$$L = \frac{\frac{P}{2} \pm \sqrt{\Delta}}{2} = \frac{P \pm \sqrt{P^2 - 16A}}{4}$$

Le signe " $\pm$ " est un "+" pour la longueur du rectangle et un "-" pour la largeur du rectangle équivalent.

## Chapitre 3 Caractères Physiques et Morphologiques de Bassin versant

---

Soit :

$$L = \frac{P \pm \sqrt{P^2 - 16A}}{4} = \frac{P \left( 1 \pm \sqrt{1 - 16 \frac{A}{P^2}} \right)}{4} = \frac{P}{4} \left[ 1 \pm \sqrt{1 - 16 \frac{A}{P^2}} \right]$$

De la formule du coefficient de compacité de Gravélius,  $K_G = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}}$ , on déduit que :

$$\frac{P}{4} = \frac{2\sqrt{\pi AK_G}}{4} \cong \frac{K_G \sqrt{A}}{1.128} \text{ et } 16 \frac{A}{P^2} = \left( \frac{2}{\sqrt{\pi}} \right)^2 \left( \frac{2\sqrt{\pi} \sqrt{A}}{P} \right)^2 = \left( \frac{1.128}{K_G} \right)^2$$

$$\text{Avec : } \frac{\sqrt{\pi}}{2} \cong \frac{1}{1.128}$$

On a alors :

$$\text{La longueur du rectangle équivalent est : } L = \frac{K_G \sqrt{A}}{1.128} \left[ 1 + \sqrt{1 - \left( \frac{1.128}{K_G} \right)^2} \right]$$

$$\text{La largeur du rectangle équivalent est : } l = \frac{K_G \sqrt{A}}{1.128} \left[ 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{1.128}{K_G} \right)^2} \right]$$

Pour le bassin de la Tafna, les dimensions du rectangle équivalent sont :

$$K_G = 1.82 \text{ et } A = 7276.6 \text{ km}^2, \text{ soit : } L = 245.6 \text{ km et } l = 29.6 \text{ km}$$

### 3.6.3. Altitude Moyenne

Le calcul de l'altitude moyenne nécessite préalablement le calcul des centres de classes. L'altitude moyenne est obtenue en prenant la moyenne des centres de classes pondérée par les surfaces correspondantes à chaque classe d'altitude.

L'altitude moyenne est donnée par la formule :

$$\bar{H} = \frac{1}{A} \sum_i^k A_i \frac{(H_i + H_{i+1})}{2} = \frac{1}{A} \sum_i^k A_i c_i$$

## Chapitre 3 Caractères Physiques et Morphologiques de Bassin versant

---

Où :

- A : surface totale du bassin versant
- $A_i$ : surface par tranche d'altitude
- $H_i$  et  $H_{i+1}$ : Altitude basse et altitude haute qui délimite la surface  $S_i$
- $c_i$  : centre de classe d'intervalle  $[H_i, H_{i+1}]$
- K : nombre de classe d'altitude

Les calculs de l'altitude moyenne du bassin versant de la Tafna, sont illustrés dans le tableau

1.3. L'altitude moyenne est :  $\bar{H} = 735m$ .

### 3.6.4. Altitude Médiane

L'altitude médiane représente l'altitude qui divise la surface du bassin en deux surfaces égales. L'altitude médiane peut être déduite graphiquement à partir de la courbe hypsométrique (fig.1.x). L'abscisse de la projection de l'intersection de la ligne horizontale passant par 50% avec la courbe hypsométrique donne la Médiane.

Des altitudes particulières, comme le H95 et H5, sont déduites de la même manière. H95 délimite 5% de la surface du bassin ayant des altitudes supérieures à H95. H5 délimite 5% de la surface du bassin ayant des altitudes inférieures à H5.

Une lecture sur la courbe hypsométrique (Fig. 1.4) permet de déduire les altitudes :

$$H5 \cong 1350m; H50 \cong 690m \text{ et } H95 \cong 200m.$$

Une autre méthode pour calculer les altitudes particulières et de suppose que dans les intervalles d'altitude, l'altitude varie de manière linéaire en fonction des surfaces. Par interpolation linéaire on déduit alors les altitudes.

En effet, pour le bassin versant de la Tafna, H95, H50 et H5 peut être déterminé par interpolation linéaire, en utilisant le tableau hypsométrique.

## Chapitre 3 Caractères Physiques et Morphologiques de Bassin versant

- Calcul de H95

On commence par identifier la classe d'intervalle susceptible de contenir H95. Pour cela on identifie sur la colonne des surfaces relatives cumulées décroissantes (tableau 1.5) qui encadre 95%. On trouve que 95% est entre 100% et 94.9%. On déduit que H5 est dans la classe d'altitude correspondante, soit [5 , 200].

$$H5 \text{ est donc solution de l'équation : } \frac{H5-200}{5-200} = \frac{95\%-94.9\%}{94.9\%-100\%}$$

$$\text{soit : } H95 = 200 - (200 - 5) \frac{95\%-94.9\%}{94.9\%-100\%} = 203.8m$$

*demêmeontrouveque: H50 = 687.0metH5 = 1357m*

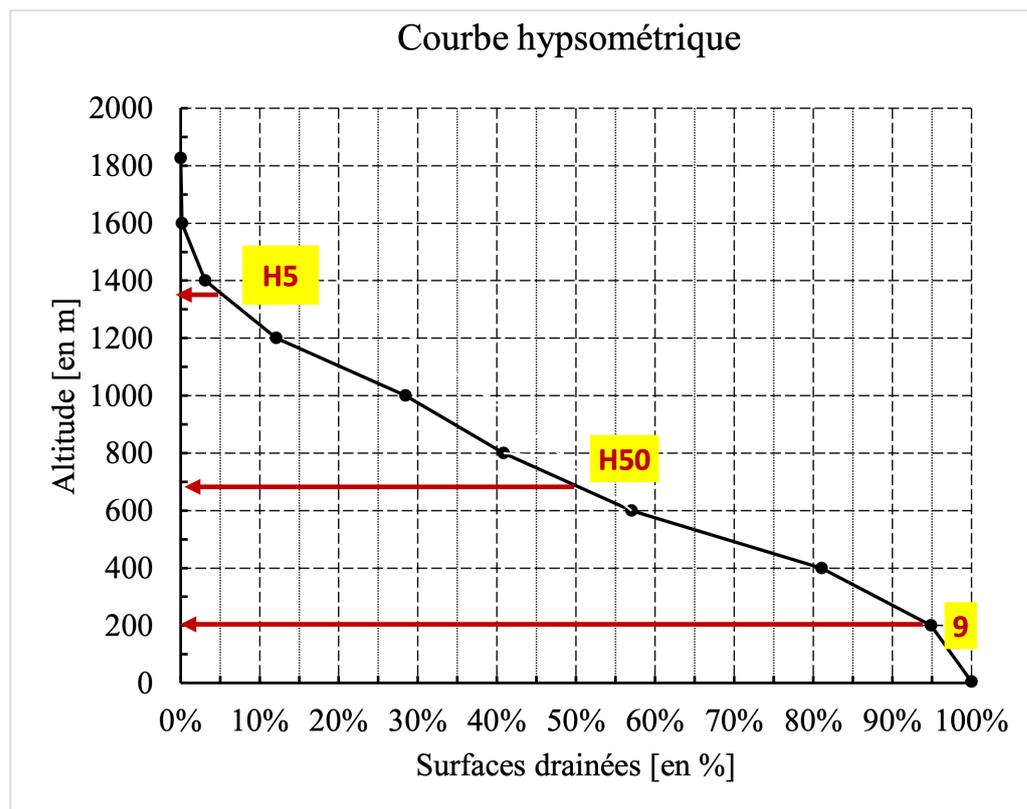


Figure 3. 5 Courbe hypsométrique de la tafna

## Chapitre 3 Caractères Physiques et Morphologiques de Bassin versant

---

### 3.7. Dénivelé du bassin versant

La dénivellation (D) est définie comme la différence entre l'altitude H5 (délimitant les 5% des surfaces les plus élevées) et l'altitude H95 (délimitant les 5% des surfaces les plus basses).

$$D = H5 - H95$$

### 3.8. INDICES DE PENTE

Les indices de pentes fournissent une compréhension détaillée de la géomorphologie et pour évaluer la raideur d'un terrain ou d'un bassin versant. De telles études sont essentielles pour la planification et la gestion des ressources naturelles.

- Indice de pente globale

L'indice de pente globale est calculé en rapportant la dénivellation à la longueur du rectangle équivalent, offrant ainsi un indicateur de la raideur du relief du bassin versant.

$$I_g = \frac{H5 - H95}{L} = \frac{D}{L}$$

- Indice de pente de Roche

L'indice de pente de Roche, également connu sous le nom d'indice de relief de Roche, est une mesure qui prend en compte la variation de l'altitude le long d'une pente de terrain.

L'indice de pente de Roche est déduit du rectangle équivalent (fig. 1.6). Où chaque bande de surface  $S_j$  est représentée par deux distances  $x_j$  et  $D_j$ .

Où,  $x_j$  est la distance qui sépare deux courbes sur le rectangle, soit  $x_j = \frac{S_j}{l}$ ,  $l$  est la largeur du rectangle équivalent. La quantité  $D_j$  est la distance entre deux altitudes consécutives,  $h_j$  et  $h_{j+1}$  délimitant la surface  $S_j$ .

## Chapitre 3 Caractères Physiques et Morphologiques de Bassin versant

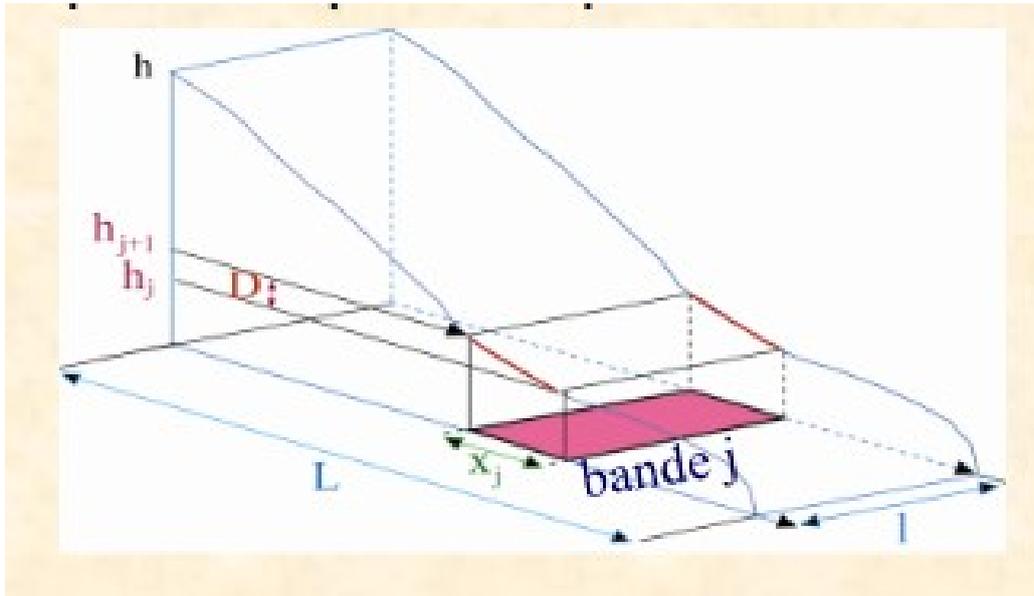


Figure3. 1 Schématisation pour visualiser la pente sur le rectangle équivalent

La pente d'un élément de surface  $S_j$  est  $e_j = \frac{D_j}{x_j}$

L'indice de pente de Roche est :  $I_{Roche} = \frac{1}{\sqrt{L}} \sum_{j=1}^k x_j \sqrt{S_j} = \frac{1}{\sqrt{L}} \sum_{j=1}^k \sqrt{x_j D_j}$

Le résultat de ce calcul donne un indice sans dimension, exprimé en pourcentage. Pour le bassin de la Tafna le calcul est donné par le tableau 1.6. On trouve  $I_{Roche} = 1,24\%$

## Chapitre 3 Caractères Physiques et Morphologiques de Bassin versant

Tableau 3. 10 Calculs préalables pour l'estimation des paramètres morphométriques du bassin versant de la Tafna

Classe d'altitude	Surface	Centre de classe	$S_i * C_i$	$x_i = S_i / \text{largeur}$	$D_i = H_i + 1 - H_i$	$(x_i * d_i)^{0,5}$
5						
	372,1	103	38144	12,4	195	49,25647
200						
	1007,7	300	302312	33,7	200	82,08719
400						
	1746,0	500	872997	58,4	200	108,0511
600						
	1177,0	700	823897	39,4	200	88,71467
800						
	904,8	900	814288	30,2	200	77,78139
1000						
	1189,1	1100	1307957	39,8	200	89,16786
1200						
	652,7	1300	848523	21,8	200	66,06449
1400						
	214,2	1500	321344	7,2	200	37,84842
1600						
	13,1	1714	22447	0,4	227	9,971066
1827						
Surface totale	7276,7		5351909,6	243		2,502974

## Chapitre 3 Caractères Physiques et Morphologiques de Bassin versant

---

Tableau 3. 11 Caractéristiques Altimétriques des sous Bassin de la Tafan

	H min	H5	H médiane	H moy	H95	H max	Dénivelée
<b>Beni Bahdel</b>	605	1490	1351	1142	795	1816	695
<b>Meffrouche</b>	1101	1422	763	1225	1115	1578	307
<b>Hammam Boughrara</b>	278	1237	708	775	416	1828	821
<b>Sid Abdelli</b>	314	1446	815	868	424	1614	1022
<b>Sekkak</b>	204	1398	844	851	294	1578	1104
<b>Tafna</b>	5	1358	687	735	196	1827	1162

En général, les altitudes moyennes et médianes sont relativement proches, ce qui suggère une distribution relativement équilibrée des altitudes dans chaque bassin, bien que Beni Bahdel et Meffrouche aient des valeurs de Hmédiane et Hmoy qui diffèrent plus largement.

Les différences de dénivelé et d'altitude maximale et minimale influencent fortement la conception et la gestion des barrages dans chaque bassin. Par exemple, des variations importantes d'altitude peuvent nécessiter des infrastructures différentes pour gérer efficacement l'eau de surface et les risques d'inondation.

## Chapitre 3 Caractères Physiques et Morphologiques de Bassin versant

### 3.9. Caractéristiques Morphométriques et Hydrologiques des Bassins de la Tafna.

Les caractéristiques des sous bassins de la Tafna en relation avec l'hydrologie sont résumées dans le tableau 3.12.

Tableau 3. 12 Caractéristiques Morphométriques et Hydrologiques.

Bassin Versant	S [ $km^2$ ] surface	P [km] Périmètre	Kc	L [km] longueur	l [km] largeur
Beni-Bahdel	991,5	205,3	1,84	91,84	10,80
Meffrouche	68,7	46,3	1,58	19,651	3,495
Sid Abdelli	1098,4	219,9	1,87	98,83	11,11
Hammam Boughrara	2655,1	347,1	1,90	156,61	16,95
Sekkak	<b>252,8</b>	<b>117,4</b>	<b>2,08</b>	<b>54,04</b>	<b>4,68</b>
Tafna	7250	546,4	1,81	243,41	29,78

\* Kc: coefficient de compacité de Gravellius

Le bassin versant de l'Oued Sekkak, sous-bassin de la Tafna, couvre une superficie de 253  $km^2$  avec un périmètre de 117 km. Ses dimensions, avec une longueur de 54 km et une largeur de 5 km, ainsi qu'un coefficient de compacité ( $Kc = 2,08$ ), révèlent une forme allongée et une accumulation lente des écoulements, car certaines zones sont éloignées de l'exutoire. Le bassin versant drainé vers Beni Bahdel, également sous-bassin de la Tafna, s'étend sur 991,5  $km^2$  avec un périmètre de 205 km. Il présente un coefficient de compacité de 1,84, montrant une forme légèrement plus régulière. La longueur du rectangle équivalent est de 91,8 km et la largeur de 10,8 km. Le bassin versant de Sid Abdelli, avec une surface de 1098,5  $km^2$  et un périmètre de 219,9 km, a un coefficient de compacité de 1,87, similaire à celui de Beni

## Chapitre 3 Caractères Physiques et Morphologiques de Bassin versant

---

Bahdel. Ses dimensions (98,83 km de longueur et 11,11 km de largeur) suggèrent également un bassin allongé. Le bassin versant de Hammam Boughrara, le plus vaste parmi ces sous-bassins, s'étend sur 2655 km<sup>2</sup> avec un périmètre de 347,1 km et un coefficient de compacité de 1,90, indiquant une forme irrégulière, mais proche de celle des autres bassins. Sa longueur de 156,6 km et sa largeur de 16,95 km confirment son étendue. Le bassin versant de Meffrouche, plus petit, couvre 68,675 km<sup>2</sup> avec un périmètre de 46,29 km et possède le coefficient de compacité le plus bas ( $K_c = 1,58$ ), indiquant une forme plus compacte en comparaison des autres sous bassins. Sa longueur de 19,651 km et sa largeur de 3,495 km en font un bassin relativement étroit. Enfin, le bassin versant de la Tafna, qui englobe ces sous-bassins, s'étend sur une vaste surface de 7250 km<sup>2</sup> avec un périmètre de 546,4 km. Il présente un coefficient de compacité de 1,81, révélant une forme relativement ramassée. Ses dimensions 243,4 km de longueur et 29,8 km de largeur, indiquent un très grand bassin à la forme allongée.

### 3.10. Implications Hydrologiques

Les bassins avec un coefficient de compacité plus élevé (comme Sekkak) pourraient avoir une concentration plus lente des écoulements de surface, diminuant le potentiel de crue rapide. Alors que les bassins avec un coefficient de compacité plus faible (comme Meffrouche) ont probablement des écoulements plus rapides augmentant le risque d'inondations soudaines.

## Chapitre 3 Caractères Physiques et Morphologiques de Bassin versant

Tableau 3. 13 Indices de pente et d'érosion des bassins versants de la région Tafna

		Indice de pente global	Indice de pente de roche	Indice d'érosion
Sekkak		2,0 %	1,12 %	52,8%
Beni Bahdel		0,8%	0,97%	59,9%
Sid Abdelli		1,0%	1,11%	57,7%
Hammam Boughrara		0,5%	1,06%	68,8%
Meffrouche		1,6%	0,5%	73,9%
Tafna		0,5%	1,24 %	59,9%

Un coefficient de compacité élevé, révèle une forme allongée. Combiné avec un coefficient de pente faible suggèrent une faible ligne d'énergie d'écoulement avec un temps de concentration d'écoulement assez faible générant une capacité d'érosion et de transport de sédiment de modérée à faible. C'est le cas pratiquement de tous les bassins qui montrent une pente relativement faible entre 0,5% et 2% pour l'indice de pente globale et entre 0,5% et 1,12% pour l'indice de pente de Roche. Les coefficients de compacité sont relativement élevés confirmant une forme allongée pour l'ensemble des bassins étudié entre 1,58 et 2,08. L'analyse du l'indice d'érosion va dans le même sens, montrant que les bassins étudiés sont dans un état équilibré de veilles modérée, à l'exception du bassin Meffrouche qui montre le bassin à un stade avancé et un potentiel érosif faible.

- ✓ Beni Bahdel: Avec un indice de pente global faible et un indice de pente de roche relativement faible, la zone est peu inclinée, ce qui pourrait limiter la vitesse de l'eau et donc l'érosion. Cependant, l'indice d'érosion élevé indique que l'érosion est encore un problème significatif, peut-être dû à d'autres facteurs comme la composition du sol ou la couverture végétale.

## Chapitre 3 Caractères Physiques et Morphologiques de Bassin versant

---

- ✓ Sid Abdelli: Les indices de pente sont modérée, ce qui indique une 'érosion modérée.
- ✓ Hammam Bouhrara. Les faibles indices de pentes suggèrent relief relativement doux. Cependant, l'indice d'érosion élevé indique un bassin relativement vieux générant une production de sédiment modérée.
- ✓ Meffrouche présente les plus faibles pentes. L'indice d'érosion élevé suggère une érosion faible. ce qui est confirmé par l'indice d'érosion fort.

---

# **Chapitre 4**

## **Les barrages en Algérie**

### Chapitre 4. Les barrages en Algérie

Actuellement, l'Algérie dispose de plus de 81 barrages en exploitation. Le nombre projeté en 2025 sera porté à 84 unités avec d'une capacité globale de plus de 8 milliards de m<sup>3</sup>. Ces nouvelles structures viendront en appoint des 14 barrages hérités de l'époque coloniale.

#### 4.1. Barrages construits au 19<sup>ème</sup> siècle

Durant l'époque colonial du 19<sup>ème</sup> siècle, plusieurs petits barrages ont été construit. Les barrages de Meured et de Sig sont les plus anciens, suivi par le barrage de Tlelat et Fergoug et Hamiz et Cheurfa. Un berf apercus est présenté sur ces 6 barrages. Le cumul des capcités de stockage des 6 bassins a atteint 65,6 millions de m<sup>3</sup>.

##### 4.1.1. Barrage Meured

Sur l'Oued Boudjabroun, le barrage Meured est l'un des plus anciens barrages construits en Afrique du Nord. Le bassin versant couvre 18 km<sup>2</sup> situés sur le versant Nord de l'Atlas dans la Wilaya de Tipaza. Les coordonnées de la prise d'eau sont obtenus par GooglePro: 36°26'47", 2°24'47", élévation 356m. L'apport annuel moyen de l'Oued Boudjabroun est de 6 millions de m<sup>3</sup>. La réalisation du barrage fut exécutée entre 1852 et 1859. La mise en eau fut en 1860 avec une capacité de stockage de 1 million de m<sup>3</sup> destinée à l'irrigation des vergers de Hadjout. Enfin en 1867, la digue fut munie d'un déversoir de crues capable d'évacuer 25 à 30 m<sup>3</sup>/s.



Figure 4. 1 . Photo google Earth montrant la position du barrage Meurad

### 4.1.2. Barrage de Sig

Construit en 1846, la hauteur de la digue fut surélevé en 1858 pour passer de 10 à 16,5 m permettant d'augmenter la capacité de stockage à 3,4 millions m<sup>3</sup>. Après sa mise en service et jusqu'en 1871, plusieurs interventions ont été mené pour remédier aux problèmes d'étanchéité. Mais l'envasement total de la cuvette a rendu le barrage non opérationnel.

### 4.1.3. Barrage de Tlelat

Le projet de construction sur l'Oued Tlelat a eu l'approbation de l'Administration de l'époque en mars 1859. Le projet fut réalisé entre 1860 et 1861 et mis en eau en 1861. C'est le deuxième barrage en terre réalisé en Algérie (après Meurad) avec une capacité de 0.8 million de m<sup>3</sup> et une hauteur de 27 m. Le Barrage de Oued Tlelat draine un bassin de 123 km<sup>2</sup>. Le barrage s'est rompu en 1862 juste après sa mise en eau pour des raisons d'étanchéité. En 1870, le barrage a été reconstruit en maçonnerie, puis conforté en 1904. Le barrage est actuellement en exploitation et est utilisé pour l'alimentation de la cimenterie de ZAHANA.

### 4.1.4. Barrage de Fergoug :

Le barrage Fergoud est construit en maçonnerie entre 1865 et 1871, avec une digue de 35 m de hauteur permettant une retenue d'eau de 30 millions de m<sup>3</sup>. Juste après son achèvement en 1872, le déversoir a été emporté par une crue de 700 m<sup>3</sup>/s. Après la reconstruction du déversoir, une brèche fut occasionnée dans le corps du barrage par une crue de 850 m<sup>3</sup>/s survenue en 1881. La réparation de la brèche entre 1883 et 1885 n'a pas empêché le barrage d'être encore une fois emporté par une crue de 5000 m<sup>3</sup>/s. Après un envasement total, le barrage a été totalement reconstruit en 1970.

### 4.1.5. Barrage Hamiz

Le barrage du Hamiz est construit à 35 km au SE d'Alger dans la Wilaya de Boumerdes, dans la Plaine de la Mitidja de l'Oued Arbatache qui par la suite prend le nom d'Oued Hamiz. Le barrage de Hamiz est le plus ancien des grands barrages algériens. Il fut en effet construit de 1869 à 1879 pour permettre l'irrigation des plaines de la Mitidja. Le bassin drainé vers le barrage à une superficie de 139 km<sup>2</sup>.



Figure 4. 2 : Photo google Earth montrant la position du barrage Hamiz

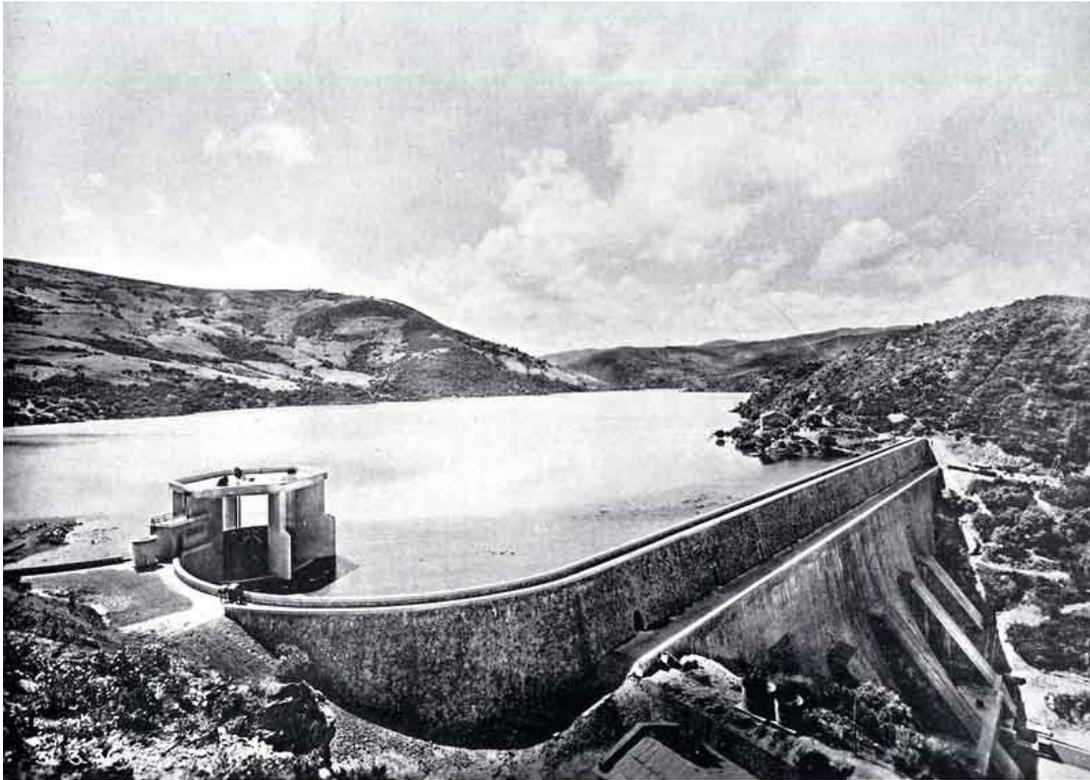


Figure 4. 3 Photo montrant le barrage du Hamiz [1]

Des pertes très importantes occasionnées par des pathologies liées à étanchéité ont pu être progressivement réduites. Si bien que l'on décide de surélever la digue en 1933. L'ensemble constitue un barrage-poids de 45 m de hauteur, de 41 m à la base, muni d'un déversoir souterrain d'une capacité de 750 m<sup>3</sup>/seconde (Durozoy 1952). La capacité de stockage atteinte est de 27 millions de m<sup>3</sup>

### 4.1.6 Barrage Cheurfa

Le barrage des Cheurfas est situé sur l'Oued Mekerra, à 20 km en amont de Sig, dans la Wilaya d'Oran. Le barrage a été construit en 1880-1882 pour assurer les irrigations de la plaine du Sig. C'est un barrage-poids, de 30 m de hauteur. La capacité initiale est de 14,4 millions de m<sup>3</sup>. En 1885, une partie de l'ouvrage a été emporté par une forte crue. L'ouvrage réparé a été remis en service en 1892. Les crues de l'hiver 1927-1928 entraînèrent la rupture du barrage de Fergoug et attirèrent l'attention sur le barrage des Cheurfas pour remédier aux insuffisances de son profil qui furent exécutées au début des années 1930.



Figure 4. 4 Barrage Cheurfa [2]

### 4.2. Barrages construits au 20 ième siècle période coloniale

En 2021 où la campagne bathymétrique a été effectuée, La moyenne d'âge (de fonctionnement) des barrages construits durant la période coloniale est de 83 ans.

Les plus importants barrages construits et mis en service durant la période coloniale du 20<sup>ème</sup> siècle (1830-1900) sont au nombre de 14 barrages qui totalisent 1,25 milliards de m<sup>3</sup> drainant une superficie totale de 11797 km<sup>2</sup>. Le volume de vase accumulé est estimé à 516 millions de m<sup>3</sup>, soit un taux d'envasement total de 43,1%. Le plus important barrage construit durant la période coloniale est le barrage de Grib sur l'Oued Chelif, Wilaya Ain Defla. La mise en service fut en 1939 avec une capacité de stockage de 280 millions de m<sup>3</sup>. Dans ce qui suit nous présentons quelques barrages construits durant cette période comme le barrage de Zerdzas (Fig.4.5) et barrage de l'Oued Fodda (Fig. 4.7).

### 4.2.1. Barrage Zerdzas

Le barrage des Zardezas est situé sur l'Oued Saf-Saf à 350 km à l'Est d'Alger et à 30km au sud de la ville côtière de Skikda. Suite à l'envasement total de l'ancien barrage construit de 1926-1945 et de capacité initiale de 15 millions de m<sup>3</sup>, la digue a été surélevée durant la période allant de 1971 à 1974 (ANBT, 2021) pour augmenter sa capacité de stockage à environ 32 Hm<sup>3</sup>. Le barrage a subi plusieurs opérations de dévasement en 1992 à 2006, la plus importante, effectuée en 1992, a permis d'enlever 10 millions de m<sup>3</sup> de vase [4]. En plus du dragage plusieurs lâchés de fonds ont été effectué pour réduire le volume de vase (ANBT 20023)



Figure 4. 5 . Barrage Zerdzas [3]

### 4.2.1. Barrage Oued Fodda

Barrage Oued Fodda est le premier grand barrage réservoir mis en service dans le cadre du programme général établi en 1925 à l'époque coloniale. Le barrage est construit sur l'Oued-Fodda, à 20 km de son confluent avec le Chélif. La capacité de stockage de la retenue est de 225 millions de m<sup>3</sup> [1]. C'est un barrage poids en béton, mesurant 100 m de hauteur, 65 m d'épaisse à la base et 182 m de longueur en crête. Le barrage de l'Oued Fodda est situé dans la commune de Bani Bouatab, Wilaya de Chlef (Fig. 1). La mise en eau fut en 1932 [1].

La superficie du bassin versant drainée vers le barrage est de 800 km<sup>2</sup> (Remini et Kettab, 2006).

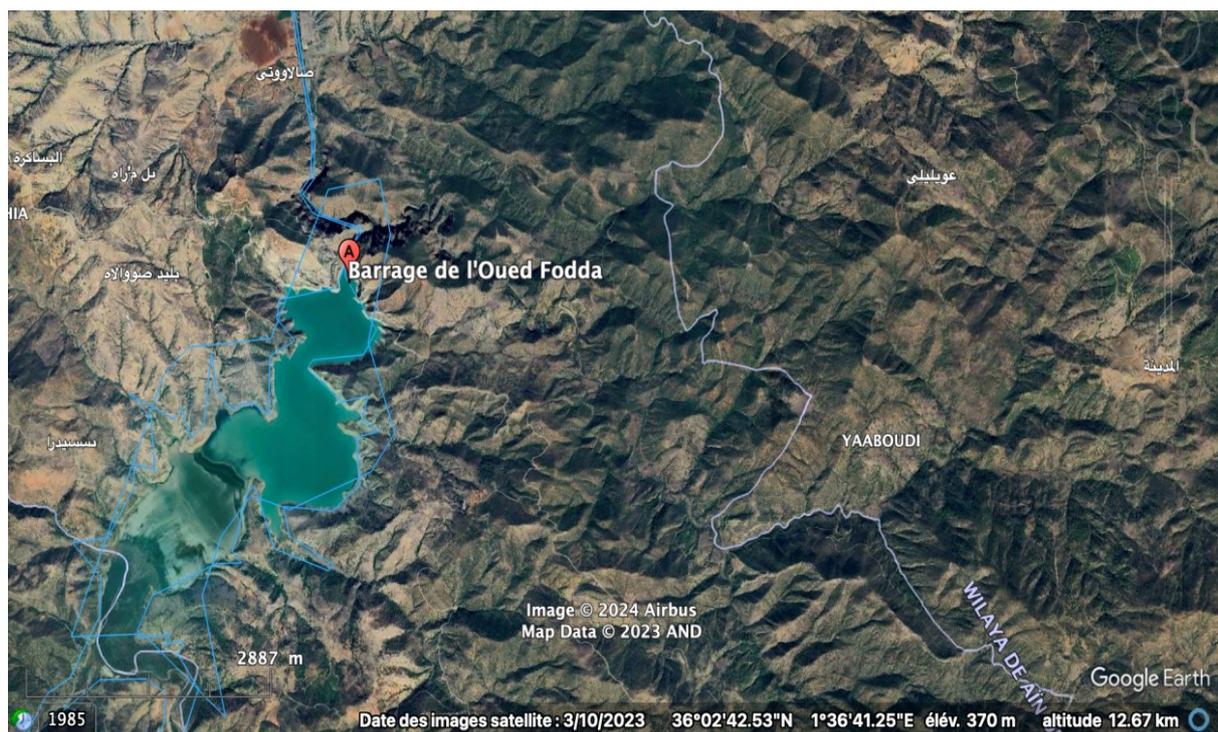


Figure 4. 6 Photo Earth Google montrant le barrage de Oued Fodda



Figure 4. 7 Barrage de Oued Fodda (Remini et Kettab, 2006)

### 4.2.2. Barrages construits au 21<sup>ème</sup> siècle

Le nombre de barrages construits entre 2000 et 2021 est de 20. Nous n'avons retenu que les barrages où le volume de vase a été mesuré en 2021. La durée de fonctionnement moyenne des barrages est de 14,5 ans. La capacité de stockage initiale des barrages est de 3,326 Milliards de m<sup>3</sup>. Le taux de vase accumulé dans les barrages est de 10,5% soit un volume d'eau perdu estimé à 348 millions de m<sup>3</sup>. Le plus important barrage en Algérie, est le Béni-Haroun ayant la plus grande capacité de stockage de 960 millions de m<sup>3</sup> suivi par le barrage de Koudiat Acérdoune avec une capacité de 640 millions de m<sup>3</sup>.

Le barrage de Béni Haroun est situé à environ de 40 kilomètres au nord de la ville de Constantine et à 350 km à l'Est d'Alger dans le nord-est de l'Algérie sur l'Oued Kébir. Le barrage se trouve à l'extrémité amont de la gorge de Béni Haroun, à environ 4 km du confluent de l'oued Rhumel et de l'oued Endja. Le volume total de la retenue est de 997 millions de m<sup>3</sup>, permet la régularisation d'environ 435 millions de m<sup>3</sup> par an. Le barrage de Beni-Haroun est destiné à l'alimentation en eau potable de la ville de Mila et de Constantine, ainsi que l'irrigation d'environ 30.000 hectares dans les plaines de Teleghma, Chemoura et Tafouna à raison de 228 millions de m<sup>3</sup>.

## Chapitre 4 : Les barrages en Algérie

---

La construction de ce barrage a débuté en 1996 et achevée en 2002. La hauteur du barrage est de 118 m sur fondation et sa longueur en crête est de 710 m (Fig.4.8).



Figure 4. 8 Photo du barrage de Beni- Haroun (ANBT, 2021)

Le barrage de Beni Haroune est drainé par les affluents Oued Endja et Oued Rhumel drainant chacun une superficie de 2169 km<sup>2</sup> et 5490 km<sup>2</sup> respectivement. Les deux cours d'eau, l'Endja et le Rhumel, confluent près de l'extrémité amont de la gorge de Béni-Haroun pour former l'Oued Kebir. Le bassin versant total au site du barrage de Béni- Haroun a une superficie de 7725 km<sup>2</sup>.

### **4.3. Synthèse sur la capacité de stockage et envasement des barrages en Algérie**

Depuis le début de l'époque coloniale, plus de 80 grands barrages ont été construits. Dans cette étude on s'est limité aux barrages ayant une grande capacité de stockage (plus de 1 million de m<sup>3</sup>) et où on a une estimation du volume de vase déposé effectuée lors de la campagne de 2021. Le nombre de barrages retenus est de 64 barrages totalisant une capacité de stockage initiale de l'ordre de 7,8 milliards de m<sup>3</sup>. Le taux d'envasement accumulé en 2021 est de

## Chapitre 4 : Les barrages en Algérie

19,0% soit un volume de vase estimé à 1499 millions de m<sup>3</sup>. Sachant que la moyenne d'âge de fonctionnement des barrages construits après 2021 est de 14,5 ans.

Dans le tableau qui suit (Tableau 4.1) nous présentons l'évolution du nombre de barrages par décennie couvrant la période 1860 à 2021. Parmi les 80 barrages existants, ne sont retenus que les barrages de grande capacité (supérieure à 1 million de m<sup>3</sup>) et où on a une estimation de la vase en 2021. Le nombre total des barrages étudiés est de 65. Ils drainent une superficie de 54492 km<sup>2</sup>. La capacité initiale de stockage de ces barrages est estimée à 7.8 Milliards de m<sup>3</sup>. La campagne bathymétrique menée en 2021 a permis d'estimer le cumul des sédiments déposés dans les cuvettes de barrages à 1,5 milliards de m<sup>3</sup>, soit un taux d'envasement de 19.3%. Il est à noter que ce taux sous-estime le volume réel des dépôts de sédiments qui entrent aux barrages puisque les différentes opérations de dragage effectués pour enlever la vase ainsi que les lâchés par les vannes de fonds pour évacuer les sédiments ne sont pas pris en considération. Ces données ne sont pas intégrées dans cette étude, car nous ne disposant pas de l'information pour l'ensemble des barrages. Quelques informations parcellaires se trouvent dans la littérature. A titre d'exemple le barrage de Fergoug a connu une opération de dragage entre 1984 et 1986 qui a permis la récupération de 10 millions de m<sup>3</sup>. Le dragage mené au barrage de Bouhnia à permis d'enlever 6 millions de m<sup>3</sup>.

- **Donnée de mesure**

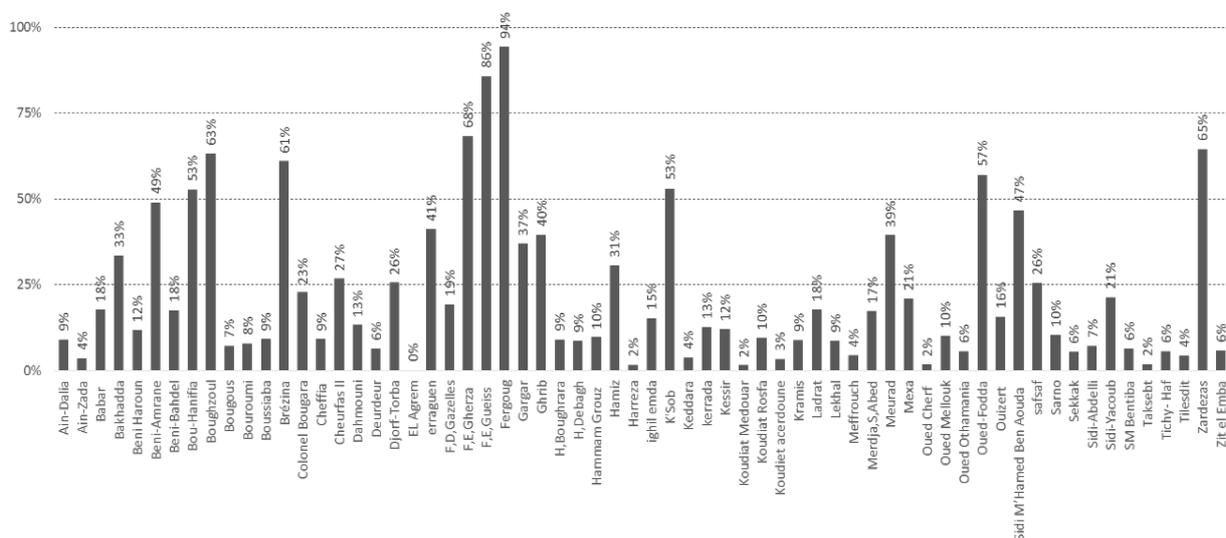


Figure 4.9 Taux d'envasements

## Chapitre 4 : Les barrages en Algérie

---

Dans le cadre de cette étude, nous disposons des mesures bathymétriques réalisées en 2021 afin d'évaluer le taux de vase, exprimé en pourcentage, dans les cuvettes de barrages. Ces résultats, présentés sous forme d'histogramme (Figure 4.9), ont été fournis par les services de l'Agence Nationale des Barrages et Transferts (ANBT) et concernent les barrages actuellement en exploitation, qui desservent et alimentent les populations du nord de l'Algérie.

Une recherche bibliographique approfondie a permis de rassembler les principales caractéristiques de ces barrages, inclus dans la campagne de mesure bathymétrique de 2021. Pour chaque barrage, plusieurs informations clés ont été collectées : la capacité initiale de stockage, la date de mise en eau, la superficie du bassin versant et le volume de vase déposé dans la cuvette. De plus, les coordonnées géographiques (longitude et latitude) ont été déterminées à partir des sources bibliographiques disponibles, ou, à défaut, en utilisant Google Earth pour définir un point approximatif au centre du barrage.

Cette étude couvre un total de 65 barrages, tous ayant une capacité de stockage initiale supérieure à 1 million de m<sup>3</sup>. Le plus ancien barrage encore en activité est celui de Hamid, mis en eau en 1846. Le plus grand barrage est celui de Beni Haroun, mis en eau en 2003, avec une capacité de stockage initiale proche d'un milliard de m<sup>3</sup>.

## Chapitre 4 : Les barrages en Algérie

*Tableau 4. 1 Barrages en Algérie : Date de mise ne eau, Capacité Initiale, et Taux de vase accumulée couvrant la 1860 à 2021*

Barrage	Mise en eau	Ci	Vase [%] 2021	Barrage	Mise en eau	Ci	Vase [%] 2021
Meurad	1860	1	39,4%	Hammam Grouz	1987	45	9,7%
Hamiz	1879	21	30,6%	Keddara	1987	142,4	3,8%
Cheurfas II	1882	82	26,8%	kerrada	1987	37	12,7%
Oued-Fodda	1932	228	57,0%	Sidi-Abdelli	1988	110	7,3%
bakhada	1936	51	33,5%	Colonel Bougara	1989	13	22,8%
Boughzoul	1939	55	63,1%	Gargar	1989	450	37,0%
F,E,Gueiss	1939	5	85,7%	Ladrat	1989	10	17,8%
Ghrib	1939	280	39,5%	Beni-Amrane	1990	16	49,0%
K'Sob	1940	30	53,0%	SM Bentiba	1992	35	6,4%
Bou-Hanifia	1948	70	52,7%	Oued Cherf	1995	230	1,8%
F,E,Gherza	1950	47	68,3%	Mexa	1998	47	21,0%
Beni-Bahdel	1952	63	17,6%	H,Boughrara	1999	175	9,0%
ighil emda	1953	155	15,3%	Brézina	2000	122	61,0%
Sarno	1954	22	10,4%	F,D,Gazelles	2000	122	19,4%
erraguene	1962	220	41,1%	Zit el Emba	2001	117	5,8%
Meffrouch	1963	15	4,5%	EL Agrem	2002	34	0,2%
Cheffia	1965	171	9,2%	Beni Haroun	2004	997	11,8%
Fergoug	1970	18	94,3%	Koudiat Rosfa	2004	75	9,5%
Djorf-Torba	1973	365	25,6%	O. Mellouk	2004	127	10,2%
Oued Othamania	1974	33	5,7%	Tilesdit	2005	167	4,4%
Zardezas	1977	32	66,0%	Koudiat Medouar	2005	69	1,6%
Sidi M'Hamed Ben Aouda	1978	241	46,7%	Kramis	2006	37	8,8%
Deurdeur	1984	70	6,5%	Taksebt	2007	180	1,9%

## Chapitre 4 : Les barrages en Algérie

---

Guenitra	1984	125	0,0%	Tichy- Haf	2007	80	5,6%
Harreza	1984	70	1,7%	Sekkak	2008	25	5,5%
Lekhal	1985	30	8,7%	Boussiaba	2009	121	9,2%
Sidi-Yacoub	1985	280	21,4%	Koudiet acerdoune	2009	640	3,4%
Ain-Dalia	1986	84	9,0%	Bougous	2010	60	7,1%
Ain-Zada	1986	125	3,6%	safsaf	2011	68	25,6%
Ouizert	1986	100	15,7%	Kessir	2011	68	12,1%
Dahmouni	1987	41	13,4%	Babar	2012	41	17,7%
H,Debagh	1987	200	8,7%	Bouroumi	2015	176	8,0%

### 4.3.1. Caractéristiques de barrages par décennies

Le cumul de la vase dans les barrages au fil du temps est présenté par décennie dans (Tableau 4.2.), avec d'autres caractéristiques la fréquence de construction des barrages, les capacités de stockage, les surfaces drainées et les volumes de vase accumulés en 2021.

**Remarque :** Les barrages qui ont subi des opérations de surélévation de la digue, sont mentionnés durant la décennie de la modification de l'infrastructure, comme le barrage de Hamiz, Cheufa et Tlelat), le barrage de Sig a été complètement abandonné après son envasement total. Le barrage de Fergoug qui a connu le même sort que celui de Sig a été reconstruit en 1970.

## Chapitre 4 : Les barrages en Algérie

Tableau 4. 2 Evolution temporelle par décennie des barrages construits en Algérie et les capacités de mobilisation de l'eau.

Décennie	Nombre	Capacité Stockage [million m3]	Volume Sédiments [million m3]	Surface drainée [km <sup>2</sup> ]	Taux de vase [%]
1860-1870	1,0	1,0	0,4	18,0	39%
1870-1880	1,0	21,0	6,4	139,0	31%
1880-1890	1,0	82,0	22,0	478,0	27%
1890-1900					
1900-1910					
1910-1920					
1920-1930					
1930-1940	6,0	619,0	312,5	2076,4	50%
1940-1950	2,0	100,0	52,8	7020,0	53%
1950-1960	4,0	287,0	69,2	3024,0	24%
1960-1970	3,0	406,0	106,9	233,0	26%
1970-1980	5,0	689,0	246,1	3098,5	36%
1980-1980	17,0	1932,4	312,6	20400,1	16%
1990-2000	5,0	328,0	24,0	1786,3	7%
2000-2010	15,0	2913,0	296,5	15150,8	10%
2010-2021	5,0	413,0	51,2	1067,1	12%
<b>Total</b>	<b>65,0</b>	<b>7791,4</b>	<b>1500,5</b>	<b>54491,2</b>	<b>19,3%</b>

### 4.3.2. Evolution de la capacité de mobilisation de l'eau

La figure (Fig 4.9), montre le nombre de barrages construits par décennie entre 1860 et 2021. La construction a connu des phases d'expansion et de consolidation, reflétant les priorités évolutives du pays en matière de gestion de l'eau. Un rythme de construction ralenti est observé jusqu'au années 1970. La période après les années 1980 a marqué un essor notable en construction de barrages. La décennie 1980-1990 est marquée par la construction de 17 barrages, le nombre le plus élevé de toutes les décennies, soulignant une stratégie nationale axée sur le développement de l'infrastructure hydraulique. Cette évolution témoigne de l'engagement continu de l'Algérie à améliorer et sécuriser son approvisionnement en eau pour répondre aux besoins socio-économiques changeants du pays.

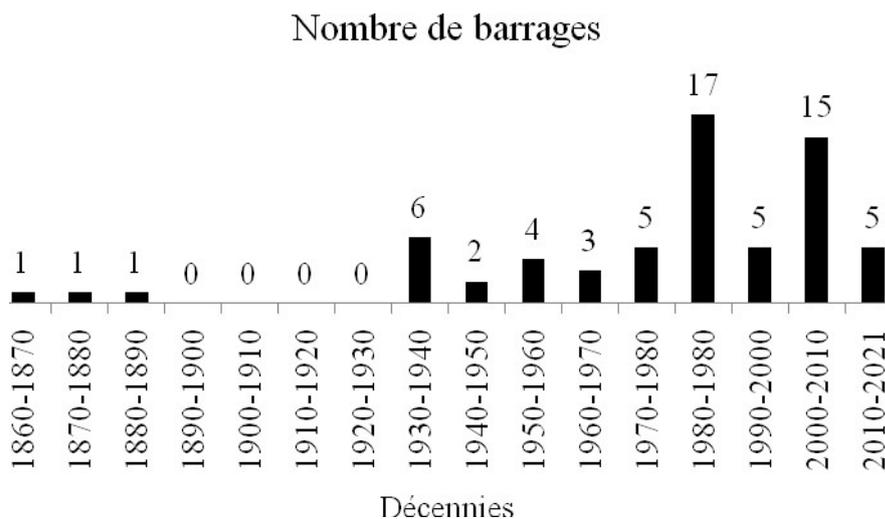


Figure 4. 9. Les barrages construisent en Algérie pour décennie.

### 4.3.3. Evolution de la capacité de mobilisation de l'eau

La capacité cumulée des barrages en Algérie par rapport aux années de mise en eau est présentée par décennie dans (Fig. 4.10)

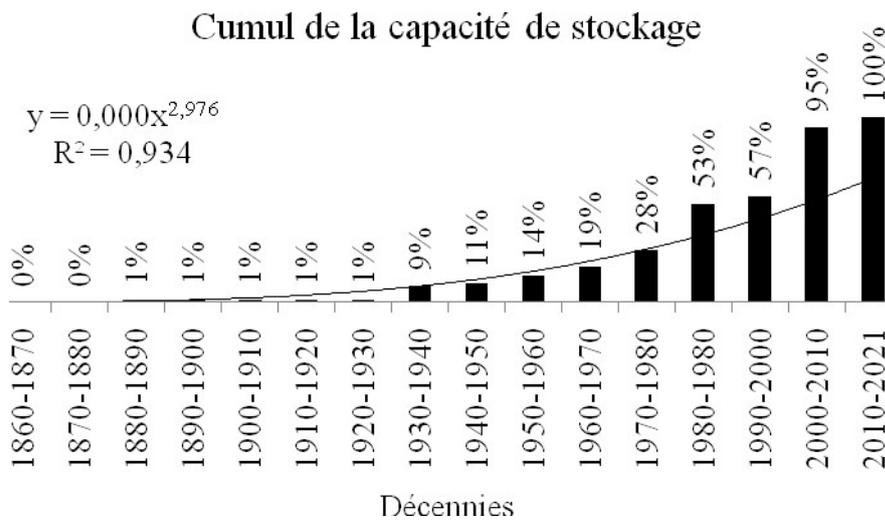


Figure 4. 10: Capacité cumulée des barrages en Algérie par décennie par rapport aux années de mise en eau.

Au cours du 20ème siècle, la capacité des barrages en Algérie a connu une expansion rapide des infrastructures hydrauliques atteignant une capacité de 7.8 millions de m<sup>3</sup>. La plus grande hausse est observée durant la décennie 1980-1990, avec une augmentation spectaculaire de l'ordre de 35%. La tendance du cumul de la capacité de stockage croit de manière plausible, justifié par le modèle en puissance avec un coefficient de détermination supérieure à 0.93. Cette tendance reflète l'augmentation significative du nombre de barrages et de leur capacité de stockage au fil du temps ce qui témoigne d'un investissement soutenu dans les infrastructures.

### 4.3.4. Le volume de vase des barrages par décennie

Le volume de vase dans les barrages en Algérie a présenté des variations notables au fil des décennies. Mais dans l'ensemble, il suit l'évolution de la capacité de stockage des barrages (Fig ; 4.11). Le cumul des volumes de vase déposée dans les barrages suit un modèle en puissance avec un coefficient de détermination  $R^2=0.90$ .

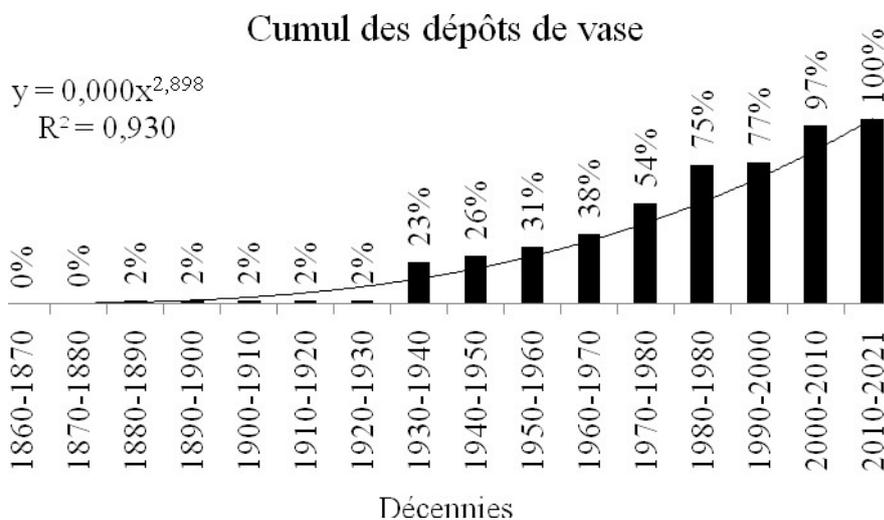


Figure 4. 11 Volume de vase des barrages par décennies durant la période allant de 1860 à 2020

### 4.3.5. Evolution de la vase en fonction de la capacité de stockage

Le volume de vase déposé dans les cuvettes de barrage montre une relation étroite avec la capacité de stockage des barrages, alors que ces deux phénomènes sont en réalité indépendants sans aucune causalité. De ce fait, cette relation semble plutôt une caractéristique de la production et transport des sédiments du nord de l'Algérie.

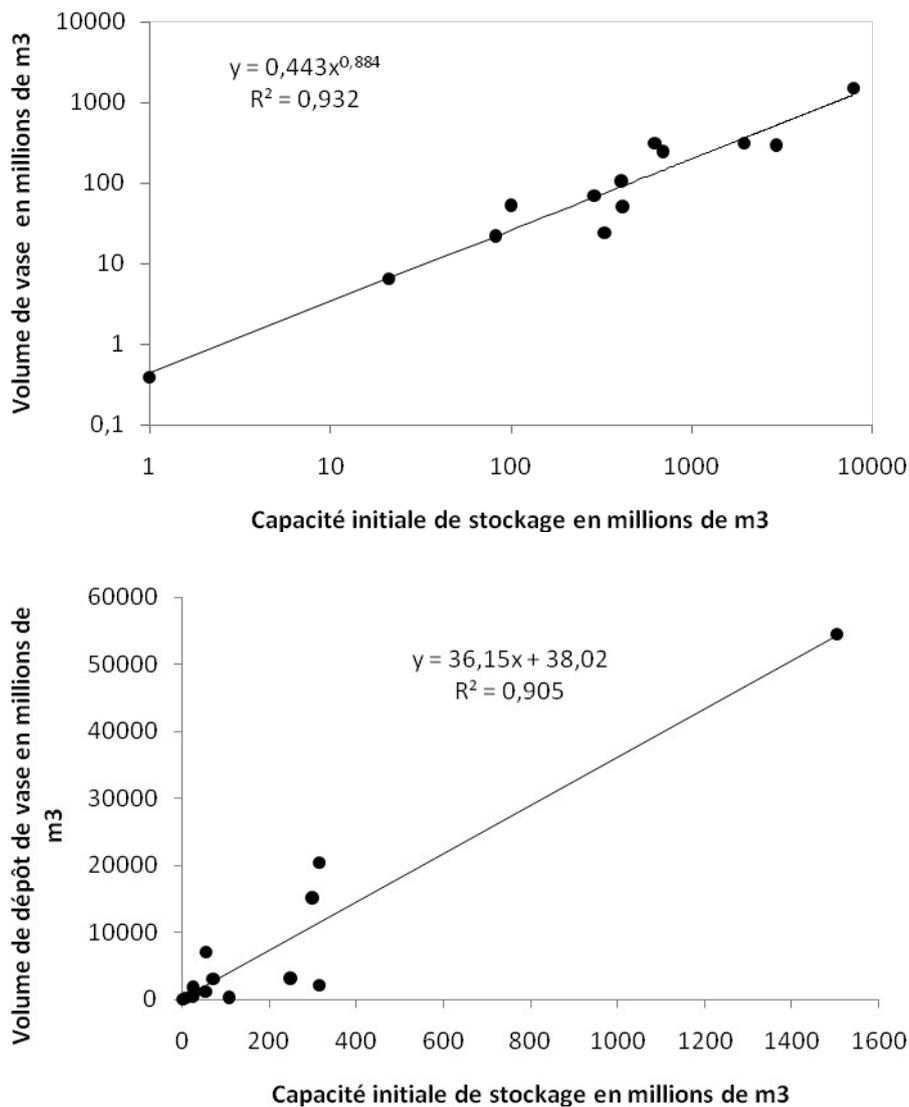


Figure 4. 12 Relation entre le volume de vase et la capacité de stockage. Dans la figure du haut la relation est présentée par un modèle en puissance et celle d'en bas par un modèle linéaire.

### 4.3.6. Evolution de la vase en fonction de la surface drainée aux barrages

Le volume de vase déposé dans les cuvettes de barrages est en bonne relation avec la surface drainée aux barrages. La relation est en modèle en puissance avec un coefficient de corrélation  $R=0.87$ . Ce qui montre que la surface drainée est parmi les paramètres qui influence le plus la production et transport des sédiments vers les barrages.

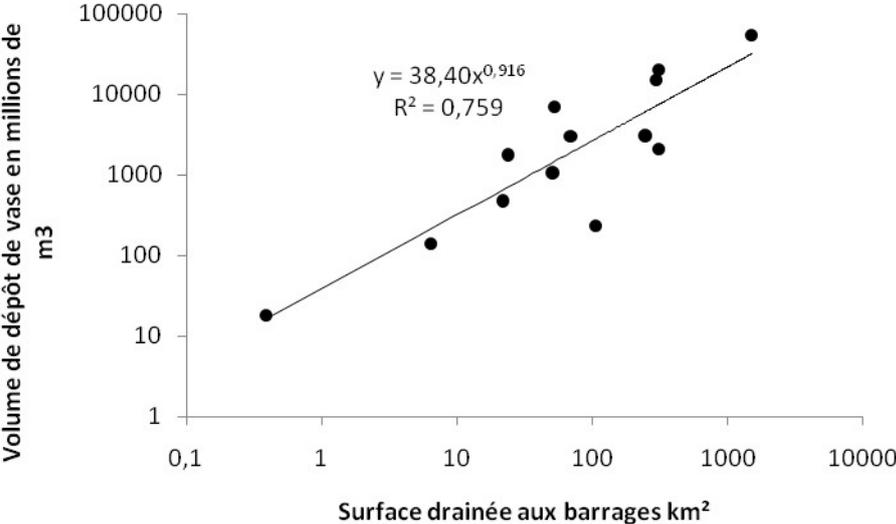


Figure 4. 13 Relation entre le volume de vase et la surface drainée aux barrages. La relation est présentée par un modèle en puissance.

### **Conclusion Générale**

L'envasement des barrages en Algérie, particulièrement dans les régions semi-arides, constitue une problématique cruciale pour la gestion des ressources en eau. Ce mémoire a mis en lumière les causes, les impacts et les solutions potentielles à ce phénomène, en se focalisant sur le bassin versant de la Tafna. L'analyse des cinq barrages de cette région révèle que l'accumulation des sédiments, principalement due à l'érosion et aux pratiques humaines non durables, a des répercussions négatives sur la capacité de stockage, la qualité de l'eau, et la durabilité des infrastructures hydrauliques.

Les principaux facteurs aggravants identifiés incluent l'érosion hydrique, exacerbée par les précipitations irrégulières et violentes, ainsi que les activités humaines telles que la déforestation, le surpâturage, et les pratiques agricoles inadaptées. À cela s'ajoute l'impact croissant du changement climatique, qui accélère le processus de désertification et rend les terres plus vulnérables à l'érosion.

Le taux d'envasement de Meffrouche est de 4,5% il est équivalent à celui de Sekkak de 5,5%.

Ce pendant le barrage de Sekkak a fonctionné 13ans, alors que Meffrouche 58 ans. Cela veut dire que le volume de sédiments produit par le bassin de Sekkak est 4 fois plus important que le volume produit par le bassin drainé à Meffrouche.

L'envasement des barrages en Algérie nécessite une approche intégrée et proactive, combinant des solutions techniques de gestion des sédiments avec des stratégies de gestion durable des bassins versants. Cette étude souligne l'importance d'une coopération entre les décideurs, les ingénieurs, et les communautés locales pour atténuer les effets de l'envasement et préserver les ressources en eau du pays. Il est impératif d'adopter des politiques de gestion des terres adaptées aux conditions climatiques locales afin de limiter les impacts de ce phénomène et d'assurer la durabilité des infrastructures hydrauliques pour les générations futures.

## Références bibliographiques

ANBT 2022 : Agence Nationale des Barrages et Transfert. Rapport interne.

DUBREUIL P., 1966. Les caractères physiques et morphologiques des bassins versants, Cah. OR.S.T.O.M. série. Hydrologie, n° 5.

Durozoy G. 1952, La Géologie et les Problème de l'Eau en AlgérieXIX° Congrès géologique International, Alger 1952

Remini B. & Kettab A., 2006: Envasement des barrages, cas du barrage de l'Oued Fodda. Algérie Equipement, section Hydraulique.

Megnounif A., 2021. cours hydro-informatique, 3ième année licence hydraulique. Faculté de Technologie, université de Tlemcen.

Strahler A N. 1957. Quantitative analysis of watershed geomorphology. Trans. Am. Geophys. Union., (38): 913-920.

Strahler A N., 1964. Quantitative Geomorphology of Drainage Basins and Channel Networks, VT Chow (ed), Handbook of Applied Hydrology", McGraw Hill Book Company, New York, 4–11.

### Webographie

[1] <http://popodoran.canalblog.com/archives/2013/03/15/26658303.html>

[2]: [https://encyclopedie-afn.org/Barrage\\_-\\_Cheurfas](https://encyclopedie-afn.org/Barrage_-_Cheurfas)

[3] [https://dspace.univ-ouargla.dz/jspui/bitstream/123456789/14273/1/TOUMI Abdelouaheb.pdf](https://dspace.univ-ouargla.dz/jspui/bitstream/123456789/14273/1/TOUMI%20Abdelouaheb.pdf)

[4][http://tenes.info/galerieBARRAGEOUEDBARRAGE\\_DE\\_OUED\\_FODDA\\_1](http://tenes.info/galerieBARRAGEOUEDBARRAGE_DE_OUED_FODDA_1)

[5] <https://www.algerie360.com/relizane-les-barrages-font-le-pl>