

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة محمد البشير الإبراهيمي برج بو عريريج

Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi - B.B.A.

كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الأرض والكون

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers

قسم العلوم الفلاحية

Département des Sciences Agronomiques



# Mémoire

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

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

**Vie Filière : Sciences Agronomiques**

**Spécialité : Aménagement hydro agricole**

## Intitulé

**Etude du Bilan hydrologique du barrage K'sob -M'sila-**

**Présenté par : - BELGOUMRI Hadjer  
- TIET Hadjer**

**Soutenu le : .....2020**

**Devant le jury :**

**Président :** SALAMANI Amel

MCB (Univ. Bordj. Bou. Arréridj)

**Encadrant :** BENAINI Mohamed

MCA (Univ. Bordj. Bou. Arréridj)

**Examineur :** CHOURGHAL Nacira

MAA (Univ. Bordj. Bou. Arréridj)

**Année universitaire : 2019/2020**

## ***Remerciements***

*Avant tout, nous remercions Dieu le tout puissant de nous avoir donné la chance, la capacité et la force de réaliser ce projet de fin d'études.*

*Nous tenons à remercier vivement Monsieur BENAINI Mohammed, notre encadreur pour sa disponibilité, son aide, ses encouragements et ses conseils, tout au long des différentes étapes de l'élaboration de ce mémoire.*

*Nous remercions tous les professeurs de la faculté des sciences de la nature et la vie et sciences de la terre qui nous ont accompagnés tout au long de notre parcours académique.*

## ***Dédicaces***

*A la lumière qui éclaire mon chemin et à la lampe dont la lumière ne s'éteint jamais. A celui qui a exercé l'effort des années afin de gravir les échelons du succès à l'homme qui a été inclus dans la terre pendant deux ans, mon cher père Belgoumri Rabah dédie mon diplôme à ton amé est pur.*

*A la personne la plus chère et la plus précieuse de ma vie, qui m'a donné la force et détermination de continuer le chemin, ma mère est précieuse, Nasri Douadia que Dieu prolonge sa vie.*

*A ceux qui ont surmonté de nombreuses pénalités et difficultés ; Abdelatif Belgoumri, Aouata Ibrahim.*

*J'adresse mes plus sincères remerciements à mes frères ; Kamel, Mourad, Farouk, Samir.*

*À tous mes amis qui toujours soutenue et encouragée au cours de la réalisation de ce mémoire.*

**HADJER BELGOUMRI**

## ***Dédicaces***

*Je dédie ce travail*

*A mes parents Lazhari et Rahima, les mots sont faibles pour exprimer la force de mes sentiments et la reconnaissance que je vous porte et je remercie Dieu de vous avoir protégé et de prolonger votre vie.*

*A mes frères : Abd El Arahmane et Ammar*

*A ma sœur : Lewiza*

*A mon mari : Abd El Ghani*

*A toute la promotion Aménagement Hydro-Agricole.*

*A tous mes amis.*

*A tous ceux qui m'ont aidé de loin ou de près.*

***HADJER TITE***

## Résumé

Les barrages sont considérés comme l'un des moyens d'aménagement hydroagricole, sont utilisés principalement comme des grands réservoirs d'eau pour satisfaire les besoins en agriculture (irrigation). Le volume d'un barrage réservoir destiné à l'irrigation varie avec le temps et en fonction de plusieurs paramètres (la précipitation, l'apport du cours d'eau, l'évaporation, l'irrigation..etc.). Donc, pour la bonne gestion d'un barrage, l'établissement d'un bilan hydrologique du barrage entre les entrées et les sorties est essentiel. Cette étude a été effectuée à partir des données CRM du barrage K'sob dans la willaya de M'sila pour une période allant de 1966-2020. Les résultats obtenus sur une période de 54 ans ont montré que le bilan du barrage K'sob est positif à l'exception de quelques années déficitaires, connu par leurs faibles précipitations et apport d'eau (citons à titre d'exemple les saisons : 1983/1984 et 1992/1993). La diminution de la capacité du stockage est due aussi à l'envasement considérable du barrage K'sob qui nécessitent une intervention immédiate.

**Mots clés :** barrage K'sob, CRM, Irrigation, bilan hydrologique.

## Abstract

Dams are considered as one of the means of hydroagricultural development, are used mainly as large water reservoirs to meet the needs in agriculture (irrigation). The volume of a reservoir dam for irrigation varies with time and according to several parameters (precipitation, stream input, evaporation, irrigation..etc.). Therefore, for the proper management of a dam, the establishment of a hydrological balance of the dam between inputs and outputs is essential. This study was carried out using CRM data from the K'sob dam in the wilaya of M'sila for a period from 1966-2020. The results obtained over a period of 54 years have shown that the balance of the K'sob dam is positive with the exception of a few deficit years, known by their low rainfall and water flow (for example the seasons: 1983/1984 and 1992/1993). The decrease in storage capacity is also due to the considerable siltation of the K'sob dam, which requires immediate action.

**Key words:** K'sob dam, CRM, Irrigation, hydrological assessment.

## ملخص

تعتبر السدود من وسائل تنمية الزراعة المائية، وتستخدم بشكل رئيسي كخزانات كبيرة للمياه لتلبية الاحتياجات الزراعية (الري). يختلف حجم الخزان المخصص للري بمرور الوقت ويعتمد على عدة عوامل (هطول الأمطار، ومدخلات المجرى المائي، التبخر، والري...الخ). لذلك، من أجل الإدارة السليمة للسد من الضروري إقامة توازن هيدرولوجي للسد بين المداخل والمنافذ. تم إجراء هذه الدراسة باستخدام بيانات CRM من سد القصب في ولاية المسيلة للفترة من 1966-2020. وقد أظهرت نتائج التقارير الشهرية التي تم الحصول عليها على مدى 54 سنة أن رصيد سد القصب إيجابي باستثناء بضع سنوات من العجز، وهي سنوات معروفة بانخفاض معدل هطول الأمطار ومدخلات المجرى المائي (على سبيل المثال، المواسم 84/1983 و 93/1992). كما يرجع الانخفاض في سعة التخزين إلى الطمي الشديد للسد الذي كان في منطقة القصب والذي يتطلب اتخاذ إجراءات فورية.

**الكلمات المفتاحية:** سد القصب، إدارة علاقات العملاء، الري، التوازن الهيدرولوجي، إدارة علاقات العملاء.

## TABLE DES MATIERES

Remerciements .....	I
Dédicaces .....	II
Résumé .....	III
Table des matières .....	V
Liste des Figues .....	IX
Liste des Tableaux .....	XI

## TABLE DES MATIERES

Introduction générale .....	01
-----------------------------	----

### Chapitre I

Introduction .....	03
I.1. Historique des Barrages .....	03
I.2. Définition du barrage .....	03
I.3. L'importance des barrages .....	04
I.4 Les différents types de barrage .....	05
I.4.1 Barrages rigides .....	05
I.4.1.1. Barrages poids .....	05
I.4.1.2. Barrages Voute .....	06
I.4.1.3. Barrages à contreforts .....	07
I.4.2. Barrage en remblai .....	09
I.4.2.1. Barrages en enrochement .....	10
I.4.2.2. Barrage homogène .....	11
I.4.2.3. Barrage zoné avec un noyau étanche .....	12
I.4.2.4. Barrage a masque amont .....	13
I.5. Les fonctions des barrages .....	13
I.5.1. Irrigation .....	14
I.5.2. Hydro-électricité .....	14
I.5.3. Distribution d'eau pour usages domestiques et industriels .....	14
I.5.4. Navigation fluviale .....	14
I.5.5. Contrôle des crues .....	14
I.6. Les critères de choix d'un barrage .....	15

I.6.1. La topographie .....	15
I.6.2. La morphologie de la vallée .....	16
I.6.3. Conditions géologiques et géotechniques .....	16
I.6.4. Matériaux disponibles .....	17
I.6.5. Conditions hydrologiques et les régimes des crues .....	17
I.6.6. Risque sismique .....	17
I.6.7. Critères économiques .....	17
I.6.8. Sécurité et environnement .....	18
I.7. Ressources en sols et évolution des superficies irriguées .....	18
I.7.1. Les grands périmètres d'irrigation (GPI) .....	19
I.7.2. Les périmètres de Petite et Moyenne Hydraulique (PMH) .....	20
I.8. Les différents problèmes des barrages .....	20
I.8.1. L'envasement des barrages .....	20
I.8.2. Les fuites des barrages .....	21
I.8.3. Perte par évaporation .....	21
Conclusions .....	22

## Chapitre II:

Introduction .....	23
II.1. Historique du barrage K'sob .....	23
II.2. Barrage K'sob .....	24
II.3. Monographie du barrage .....	24
II.4. Les matériaux de construction .....	26
II.4.1. L'étanchéité et le collage .....	26
II.5. Utilisation des ressources en eau apportées par l'aménagement .....	26
II.6. Les caractéristiques de bassin versant Oued K'sob .....	26
II.6.1. La situation géographique de bassin versant de l'oued K'sob .....	26
II.6.2. Caractéristiques physique du bassin versant d'Oued K'sob .....	27
II.7. Réseaux hydrographique .....	28
II.8. Topographie ou Morphologie du terrain .....	28
II.9. Géologie .....	29
II.10. Lithologie de bassin versant du K'sob .....	29
II.11. Pédologie .....	31
III.11.1 Première classe .....	31
III.11.2. Deuxième classe .....	31

II.12. Couvert végétal .....	32
II.13. Climat .....	33
II.13.1. Les données climatiques .....	33
II.13.2. Précipitation .....	33
II.13.2.1. Variation interannuelles .....	34
II.13.2.2. Réédime saisonnier des précipitation .....	35
II.13.3. La température .....	35
II.13.4. Vent .....	36
II.13.5. Humidité relative .....	37
II.13.6. Evaporation .....	38
II.14. La synthèse climatique .....	38
II.14.1. Diagramme Ombrothermique .....	38
II.14.2. Quotient pluviothermique d'Emberger .....	39
Conclusions .....	40

### Chapitre III

Introductions .....	41
III.1. Bilan hydrologique .....	41
III.2. Les éléments du bilan hydrologique d'un barrage .....	41
III. 2.1. Les entrées .....	41
III.2.1.1. Les apports d'eau .....	41
III.2.1.2. Les précipitations .....	41
III.2.2. Les sorties .....	42
III.2.2.1. L'irrigation .....	42
III.2.2.2. L'Evaporation .....	42
III.2.2.3. Le déversement du barrage .....	42
III.2.2.4. Les fuites .....	42
III.2.2.5. La Vidange de fond du barrage .....	42
III.2.2.6. L'infiltration .....	43
III.3. La collecte des données du bilan du barrage K'sob .....	43
III.4. Statistiques des CRM du barrage K'sob .....	43
III.5. Etude de la variabilité des éléments du bilan hydrologique .....	44
III.5.1. Les Apports .....	44
III.5.1.1. Apport moyenne mensuelle Interannuelle du barrage .....	44
III.5.2. L'Irrigation .....	45



III.5.2.1. L'irrigation moyenne mensuelle Interannuelle du barrage .....	45
III.5.3. Les Fuites .....	46
III.5.3.1. Les fuites moyenne mensuelle Interannuelle du barrage .....	47
III.5.4. L'Evaporation .....	47
III.5.4.1. L'Evaporation moyenne mensuelle Interannuelle du barrage .....	48
III.5.5 Variation saisonnière interannuelle de volume .....	49
III.6. Etude du bilan hydrologique .....	49
III.6.1. L'établissement du bilan hydrologique .....	50
III.6.2. La variation annuelle des éléments du bilan hydrologique .....	50
III.7. Résultats et Interprétation .....	51
Conclusions .....	52
<b>Conclusions générale</b> .....	53
<b>Référence Bibliographique</b>	

## List des Figure

Figure I.1. Les différents types des barrages rigides.....	05
Figure I.2. Coupe d'un barrage poids en coulée barrage en béton.....	06
Figure I.3. Le barrage de Grand Coulee Colombia (U.S.A).....	06
Figure I.4. Coupe du barrage-voûte.....	07
Figure I.5. Photo d'un barrage voûte.....	07
Figure I.6. Coupe du barrage Contrefort.....	07
Figure I.7. Barrage de Locendro.....	08
Figure I.8. Barrage plat galette.....	09
Figure I.9. Barrage à Multi-voûtes.....	09
Figure I.10. Barrage Creux de Pesanteur.....	09
Figure I.11. Les différents types de barrages en remblai.....	10
Figure I.12. Profil d'un barrage en enrochement.....	11
Figure I.13. Coupe d'un barrage homogène.....	12
Figure I.14. Barrage en terre à noyau étanche.....	12
Figure I.15. Profil d'un barrage en terre à masque amont.....	13
Figure I.16. Envasement annuel des barrages en Afrique du nord.....	21
Figure I.17. L'évaporation naturelle à la surface d'un lac.....	21
Figure II.1. Plan d'implantation du barrage K'sob.....	24
Figure II.2. Photo de la digue du barrage K'sob.....	25
Figure II.3. La situation géographique du bassin versant de l'oued K'sob.....	27
Figure II.4. Carte du réseau hydrographique du bassin versant Oued K'sob.....	28
Figure II.5. La carte topographique de bassin versant de l'oude K'sob.....	29
Figure II.6. Carte géologique du bassin versant de Oued K'sob.....	29
Figure II.7. Lithologie du bassin versant de l'Oued Ksob.....	31
Figure II.8. Couverture végétale dans bassin versant de l'oued K'sob.....	32
Figure II.9. Précipitations moyennes mensuelles de la station du barrage K'sob.....	34
Figure II.10. Précipitations moyennes annuelles de la station de barrage K'sob.....	34
Figure II.11. Régime saisonnier des précipitations de la station du barrage K'sob.....	35
Figure II.12. Températures moyennes mensuelles annuelles des minimales, moyennes et maximales de la température (°C) de la station de M'sila.....	36

Figure II.13. Variation des Moyennes mensuelles Annuelles de la vitesse du vent de la station de M'sila (m/s).....	37
Figure II.14. Variation des Moyennes mensuelles annuelles de l'humidité de la station de M'sila.....	37
Figure II.15. Evaporation moyenne mensuelle annuelle de station du barrage K'sob.....	38
Figure II.16. Diagramme Ombrothermique de station du M'sila.....	39
Figure II.17. Climagramme d'Emberger de la région du M'sila.....	40
Figure III.1. Variation Interannuelle des Apports au barrage K'sob (1966-2020).....	44
Figure III.2. Apport moyennes mensuelles interannuelles du barrage K'sob.....	45
Figure III.3. Variation Interannuelle de l'irrigation au barrage K'sob.....	45
Figure III.4. L'irrigation moyennes mensuelles interannuelles du barrage K'sob.....	46
Figure III.5. Variation Interannuelle des fuites au barrage K'sob.....	46
Figure III.6. Les fuites moyennes mensuelles interannuelles du barrage K'sob .....	47
Figure III.7. Variation Interannuelle d'évaporation au barrage K'sob.....	48
Figure III.8. Evaporation moyennes mensuelles interannuelles du barrage K'sob .....	48
Figure III.9. Variation saisonnière interannuelle des volumes entrés et sorties du barrage K'sob.....	49
Figure III.10. Variation annuelle des éléments du bilan hydraulique.....	50
Figure III.11. Variation Interannuelles du volume du barrage K'sob.....	51
Figure III.12. Résultats du bilan hydrologique.....	51

## Liste des tableaux

Tableau I.1. Quelques exemples de grands barrages dans le mode.....	04
Tableau I.2. Configurations des vallées pour le choix du type du barrage.....	16
Tableau I.3. Evaluation des superficies équipées pour l'irrigation depuis l'indépendance .....	19
Tableau II.1. Les principales caractéristiques du barrage .....	25
Tableau II.2. Répartition des cultures irrigués par barrage de K'sob.....	26
Tableau II.3. Les caractéristiques physiques du bassin versant d'Oued k'sob.....	27
Tableau II.4. Répartition spatiale de couverture végétale du bassin versant d'Oued K'sob.	33
Tableau II.5. Caractéristiques de la station météorologique de la région de M'sila.....	33
Tableau II.6. Les précipitations moyennes mensuelles et annuelles en (mm) de région de M'sila.....	34
Tableau II.7. Le régime saisonnier de la station de M'sila.....	35
Tableau II.8. Moyennes mensuelles et annuelles des températures de la station de M'sila..	36
Tableau II.9. Moyennes mensuelles annuelles de la vitesse du vent m/s.....	36
Tableau II.10. Moyenne mensuelles et annuelles de l'humidité en (%) de station de M'sila.	37
Tableau II.11. Moyennes mensuelles annuelles de l'évaporation de station de M'sila.....	38
Tableau II.12. Valeurs du quotient pluviométrique de la région de M'sila.....	39
Tableau III.1. Statistique des données CRM du barrage K'sob.....	43
Tableau III.2. Apport moyennes mensuelles interannuelles du barrage K'sob.....	44
Tableau III.3 L'irrigation moyenne mensuelle Interannuelle du barrage .....	46
Tableau III.4. Les fuites moyennes mensuelles interannuelles du barrage K'sob.....	47
Tableau III.5. Moyennes mensuelles annuelles de l'évaporation de station de M'sila.....	48
Tableau III.6. Variation saisonnière interannuelle du volume du barrage .....	49

## INRODUCTION GENERAL

Les ressources en eau représentent un élément fondamental dans le développement économique d'un pays. Les interférences du secteur de l'hydraulique avec les autres secteurs économiques ont fait de ces ressources un élément préalable pour la concrétisation des objectifs prioritaires pour le développement de l'agriculture (Aouata, 2014).

Dans les pays à pluviométrie insuffisante ou irrégulière, l'eau est le principal facteur limitant de tout développement agricole (Aouata, 2014). L'édification d'ouvrages à travers des cours d'eau, en vue d'y prélever une part plus ou moins importante du débit, compte parmi les activités les plus anciennes de l'humanité : les œuvres modernes, bénéficiant des progrès continus de la technique, ont vu leurs tailles s'accroître, leurs formes s'élaborer, leurs buts se diversifier, mais chacune d'elles peut se reconnaître en un ancêtre, même à l'état embryonnaire (Rolley, 1989).

Les barrages souvent appelés « pyramides utiles » font partie des plus grands ouvrages réalisés par l'homme depuis des milliers d'années ; l'homme s'en sert pour l'utilisation de l'eau et la protection contre l'eau. Il n'est donc pas exagéré d'affirmer que les barrages jouent et joueront toujours un rôle essentiel pour l'homme puisqu'il lui permettent d'assurer ses besoins vitaux en eau, en nourriture et en énergie, tout en respectant l'environnement et en garantissant la gestion durable des ressources. De tout temps, la construction de barrages a contribué au développement et à la prospérité économique (Scheiks et Pougatsch, 2011).

Le but primitif, et qui demeure toujours l'un des objectifs essentiels dans la plupart des régions du globe, est l'irrigation. La régularisation, réclamée par l'agriculture, des débits au cours de l'année conduit à créer des réservoirs saisonniers d'une capacité d'autant plus grande que l'on cherche à contrôler une fraction plus forte des apports annuels du cours d'eau : à cet effet, il faut bâtir des barrages de plus en plus importants, par leur hauteur ou leurs longueurs. De tels lacs artificiels permettent, de réduire, dans une certaine mesure les dégâts occasionnés par les crues dont les pointes les plus sévères peuvent être écrêtées (Madani, 2016).

Le XXème siècle a été marqué pour un taux très élevé de construction de barrages sur la planète, la plupart concentrés dans les pays les plus industrialisés selon le rythme de la croissance démographique et du développement économique, on a assisté à un accroissement de la construction des barrages dans le monde, A la fin du XXème siècle, le total de retenue a atteint les 45 000, distribuées sur plus de 140 pays. Actuellement, près de la moitié des grands fleuves du monde comptent au moins un grand barrage l'apogée de la construction de ces ouvrages remonte aux années 1960 et 1970, époque à laquelle ils étaient considérés comme un symbole du développement économique, de progrès technologique et de modernisation. C'est

à cette époque que la plus partie des barrages a été construite dans les pays d'Amérique du Nord, d'Asie et d'Europe, tandis que les pays d'Afrique, d'Amérique du Sud et d'Océanie présentaient un taux linéaire de croissance (Amara, 2018).

Après les pays du Nord de la Méditerranée, ceux d'Afrique du Nord et du Proche-Orient se sont lancés dans une politique de construction de petits barrages. Les objectifs de ces aménagements sont essentiellement la gestion et la conservation des eaux et des sols avec la protection des infrastructures en aval, en particulier en Afrique du Nord, celles des grands barrages contre une sédimentation trop rapide. Le développement des petits barrages a suivi des chemins et des objectifs différents. Le premier trait commun est une volonté politique de développer ce type d'aménagement dans les années à venir. L'évolution des capacités de stockage des petits barrages a été étudiée à travers un modèle d'estimation et de simulation des transports solides. Ces études ont permis de mieux comprendre les phénomènes d'envasement en relation avec l'érosion des sols sur les bassins versants (Alberge et al, 2004).

La réalisation de nouveaux barrages et retenues collinaires à travers le territoire de l'Algérie est retenue dans le cadre du programme du secteur de l'hydraulique au titre de la période quinquennale 2010-2014. Pour ce faire, des études sont prévues afin de déterminer la faisabilité de plus d'une quarantaine de petits barrages et retenues collinaires dans l'objectif évident de combler le déficit enregistré en ce qui concerne l'irrigation agricole et l'alimentation en eau potable des populations (Amara, 2018).

Cette étude s'intéresse au barrage d'El k'sob qui situe dans le grand bassin d'El Hodna au Nord de l'Algérie, qui destinés exclusivement à l'irrigation L'objectif de Etude de bilan hydrologique du barrage k'sob.

Le présent mémoire est scindé en trois chapitres :

**Le premier chapitre :** donne des notions générales sur le barrage, les différents types de barrages ainsi que les critères de choix des sites et des types de barrages.

**Le deuxième chapitre :** chapitre est consacré à une description de la zone d'étude « El k'sob » les caractéristiques générales du bassin versant, Réseau hydrographique et le climat.

**Troisième chapitre :** d'analyser la variation des différents paramètres du bilan hydrologique (précipitation, apport, volume, fuite... etc) du barrage K'sob



# CHAPITRE I

## Généralités sur les Barrages



**Introduction :**

Les barrages sont parmi les constructions humaines les plus importantes et les plus complexes, à la fois à leurs dimensions parfois exceptionnelles et à leur utilité sociale. Ils sont notamment indispensables à l'alimentation en eau et à l'irrigation, ils concourent, de façon importante, à la production d'énergie et ils protègent les populations et les paysages contre les effets destructeurs de l'eau (Le Delliou, 2004).

Les premiers barrages importants sont nés avec les premières civilisations de l'Antiquité, en particulier dans la vallée de Nil, en Mésopotamie, en Chine et en Asie du Sud (Le Delliou, 2003).

Au cours du temps, la technique des barrages s'est bien développée et des progrès sensibles ont été réalisés en ce qui concerne, entre autres, le mode d'exécution et la sécurité. Le nombre et la hauteur des ouvrages de retenue n'ont pas cessé de croître, et la maintenance et la surveillance de ces ouvrages constituent des majeurs pour la sécurité des populations (Le Delliou, 2004).

L'Algérie est l'un des pays caractérisés par une pluviométrie relativement faible et irrégulière, et pour répondre aux besoins en eau domestiques, agricoles et industrielles l'édification de barrages, petits barrages et retenues collinaires ont été une solution très largement utilisée pour résoudre les délicats problèmes de mobilisation des ressources en eau (Khelifi, 2016).

**I.1. Historique des Barrages**

La plupart des références historiques cite le barrage de Saad EL Kafara construit en Égypte, vers 2600ans avant J-C, comme étant le premier « vrai barrage » de 14m de hauteur, 113m de longueur et créant une retenue d'environ 500 000m<sup>3</sup> pour faire Dévier le Nil afin de créer un site pour la ville de Memphis. Sa structure était constituée d'une partie centrale en tout venant imperméable avec deux épaulements en enrochement. Il fût détruit au cours de sa construction par submersion à cause de l'absence d'un évacuateur de crues (Belhaddad, 2018).

De nombreux barrages ont été Bâtis durant l'antiquité notamment par les Babyloniens, pour former des systèmes d'irrigation élaborés, qui ont permis de rendre fertiles des régions étant improductives en eau (Le Delliou, 2003).

**I.2. Définition du barrage**

Les barrages sont par définition des ouvrages hydraulique construits en travers d'un cours d'eau pour créer une retenue ou exhausser le niveau en amont, ces types d'ouvrages barrent sur toute la largeur une section d'une vallée et créés ainsi une cuvette artificielle géologiquement étanche (Scheiks et Pougatsch, 2011).



Les deux termes **barrage** et **digue** ne sont pas sans confusion ; on emploie parfois le terme digue pour décrire un petit barrage réalisé en remblai. Les barrages des canaux ou cours d'eau canalisés peuvent également constituer des digues. Si les barrages sont généralement implantés sur des cours d'eau, il existe également des ouvrages construits pour stocker de l'eau de ruissellement d'un talweg en créant une « retenue collinaire » ainsi que des ouvrages situés hors d'un lit majeur, et se remplissant par pompage ou par dérivation d'un cours d'eau (Le Delliou, 2003).

### I.3. L'importance des barrages

La demande mondiale en eau ne cesse d'augmenter. Depuis presque 5000 ans, les barrages participent efficacement à l'alimentation en eau, car ils stockent les excédents en période d'abondance pour les relâcher néfastes des crues (Djemili, 2006).

Actuellement, les barrages dont les retenus représentent actuellement une capacité totale de stockage de près de 6 000 km<sup>3</sup>, contribuent efficacement à la gestion des ressources mondiales en eau qui sont limitées, mal réparties et peuvent présenter de grandes variations saisonnières (Derdous, 2016).

En Algérie, d'après l'Agence Nationale des Barrages et transferts (2017) il existe 95 barrages dont 67 barrages en exploitations, 13 barrages en construction et 15 barrages en projet.

**Tableau I.1.** Quelques exemples de grands barrages dans le monde.

Barrage	Pays	Type	Début des Travaux	Hauteurs	Capacité (Milliard m <sup>3</sup> )
Hoover	Etats Unis	Voûte	1931	221,4 m	36
Assouan	Egypte	Poids	1960	111 m	132
Itaipu	Brésil	Contrefort	1975	196 m	29
Robert Bourassa	Canada	Enrochement	1973	163,7 m	61,7
Trois Gorges	Chine	Poids	1994	184 m	39,3
Kariba	Zimbabwe	Voute	1955	128 m	185
Atatürk	Turquie	En remblai	1983	169 m	48
Daniel Johnson	Canada	Voute & Contreforts	1959	214 m	139,8
Krasnoïarsk	Russie	Poids	1956	124 m	73,3

## I.4 Les différents types de barrage

Les barrages peuvent être classés en deux grandes familles selon les matériaux qui le composent :

- Les barrages rigides, en béton ou en maçonnerie
- Les barrages souples, en enrochement ou en terre.

### I.4.1 Barrages rigides

Les barrages rigides en béton ou en maçonnerie se regroupent principalement en trois types :

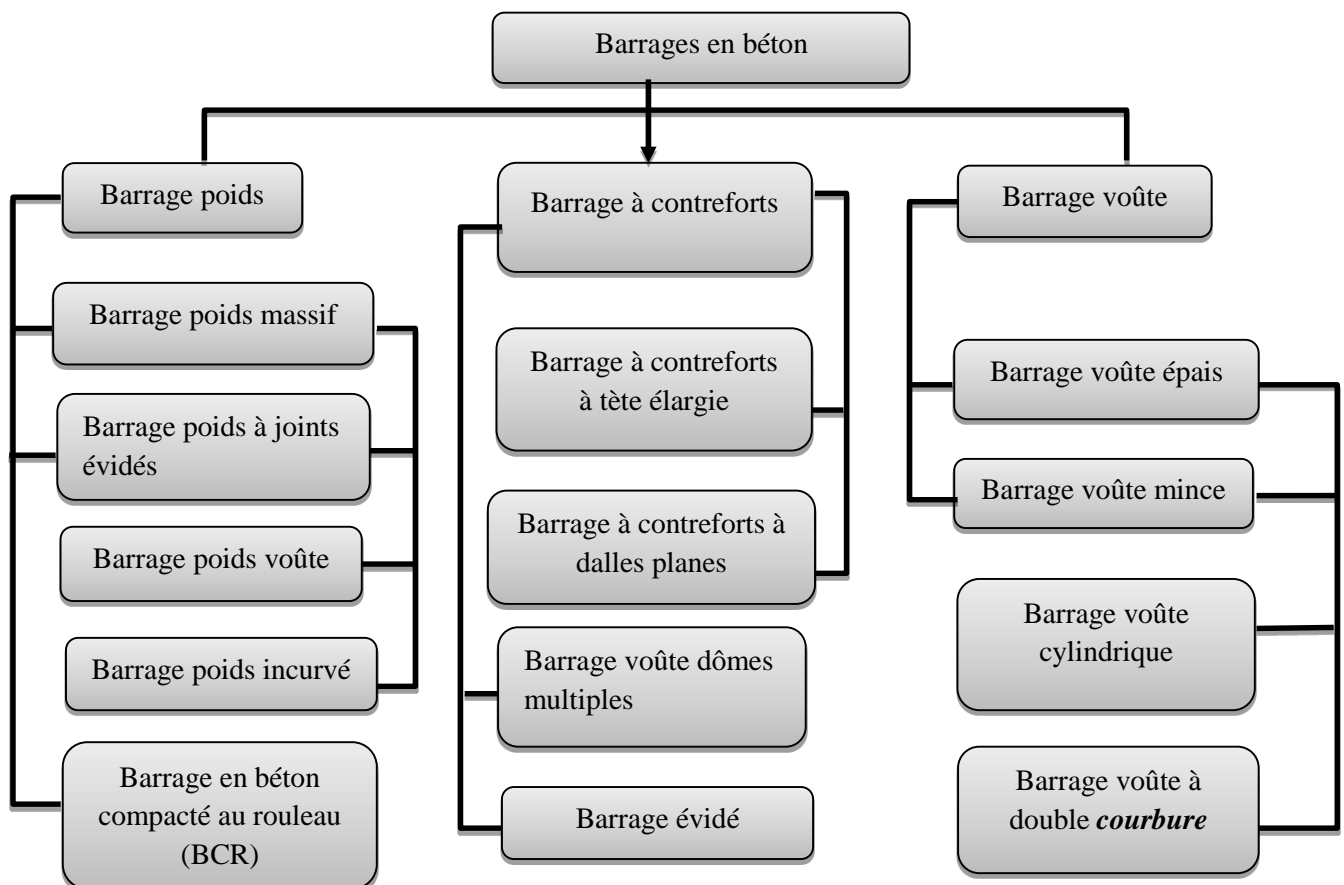
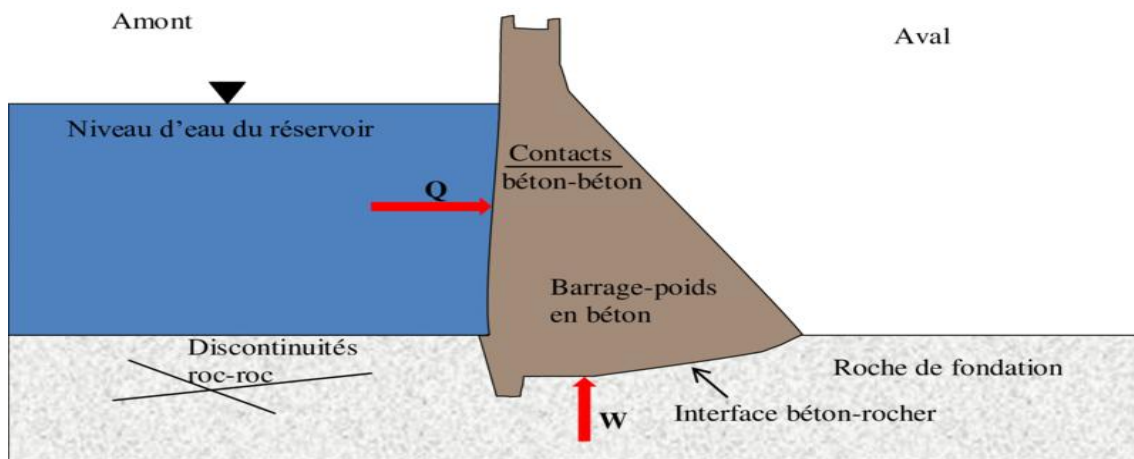


Figure I.1. Les différents types des barrages rigides.

#### I.4.1.1. Barrages poids

Les barrages poids sont parmi les types les plus anciens et il en existe un grand nombre dans les pays industrialisés, ces barrages résistent à la poussée de l'eau par leur propre poids et par leur forme trapézoïdale, ils ont connu une certaine désaffection en raison de leur volume et de leur coût relatif, jusqu'au développement récent de la technique du béton compacté au rouleau (BCR) qui leur a donné une nouvelle jeunesse depuis 1980 (Bouchehed, 2017).



**Figure I.2.** Coupe d'un barrage poids en coulée barrage en béton.



**Figure I.3.** Le barrage de Grand Coulee Columbia (U.S.A).

#### I.4.1.2. Barrages Voûte

Les barrages voûtes sont des ouvrages remarquables par leurs dimensions, leurs finesses. Ils tirent au maximum partie de la capacité de résistance des matériaux et du rocher de fondation, leur conception est aussi plus complexe que pour les autres types de barrages (Madani, 2016).

Comme son nom l'indique, un barrage voûte résiste à la pression de l'eau par l'effet voûte, c'est-à-dire en s'arc-boutant sur les flancs de la vallée. Son mode de résistance est donc très différent de celui d'un barrage poids et met en jeu, non plus l'équilibre statique de tranches verticales parallèles, mais l'équilibre élastique de l'ensemble de l'ouvrage. Par contre, il sollicite fortement ses appuis et exige donc un rocher de bonne qualité pour rester dans le domaine élastique. Ce type de barrage est particulièrement adapté aux vallées étroites et profondes et de forme assez régulière. Ils sont notamment utilisés lorsque la largeur de la gorge ne dépasse pas 5 à 6 fois la hauteur du barrage projeté. Pour des largeurs plus importantes des dispositions constructives particulières doivent être adoptées. C'est le type de barrage le plus achevé en ce sens que c'est celui qui utilise le mieux les matériaux employés (Moulay, 2014).

Ses progrès sont allés de pair avec l'amélioration de la qualité des ciments et la maîtrise de la fabrication et de la mise en place des bétons (Moulay, 2014).

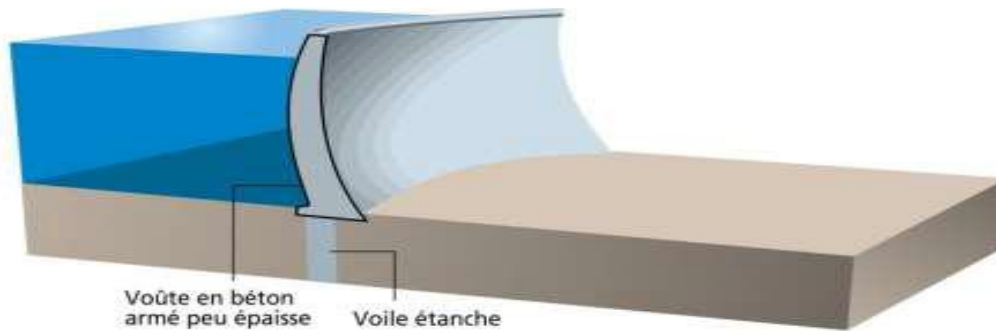


Figure I.4. Coupe du barrage-voûte.



Figure I.5. Photo d'un barrage voûte.

#### I.4.1.3. Barrages à contreforts

Barrages à contreforts sont constitués d'une face en amont continue divisée en sections verticales séparées par des joints de dilatation, dont chaque section étant supportée par un contrefort (Belhaddad, 2018).

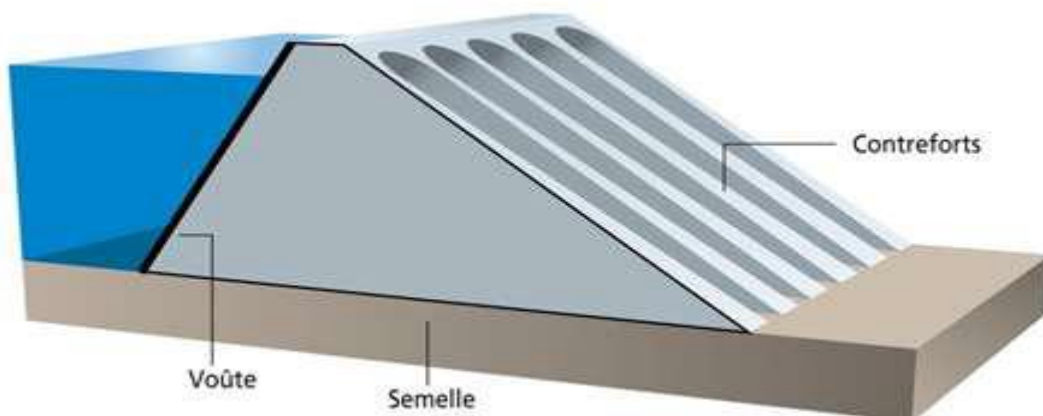


Figure I.6. Coupe du barrage Contrefort.





**Figure I.7.** Barrage de Locendro

Dans des climats froids, la face amont peut être sensible au gel, endommagent le béton. Pour cette raison les barrages à contrefort dans de telles régions sont souvent couverts à l'aval de manière à limiter les effets du climat (ESHA, 2005).

Les barrages à contreforts sont des barrages en béton constitués (Carrere, 2001):

- D'une série de murs parallèles, généralement de forme triangulaire, plus ou moins épais et plus ou moins espacés (les contreforts)
- Des bouchures entre les contreforts transmettant à ceux-ci la poussée de l'eau. Ils sont bien adoptés aux vallées larges avec une fondation rocheuse de bonne qualité.

Les bouchures elles-mêmes peuvent être de plusieurs types :

- D'une dalle plane en béton. Les voûtes sont en béton armé et de très faible épaisseur
- D'un élargissement du contrefort vers l'amont
- D'une voûte de faible portée

#### **Modèles de barrage à contreforts :**

Ce mode de construction se subdivise en sous catégories :

- Barrage plat de galette (Figure I.8)
- Barrage voutes Multiplies (Figure I.9)
- Barrage creux de pesanteur (Figure I.10)



**Figure I.8.** Barrage plat galette.



**Figure I.9.** Barrage à Multi-voûtes.



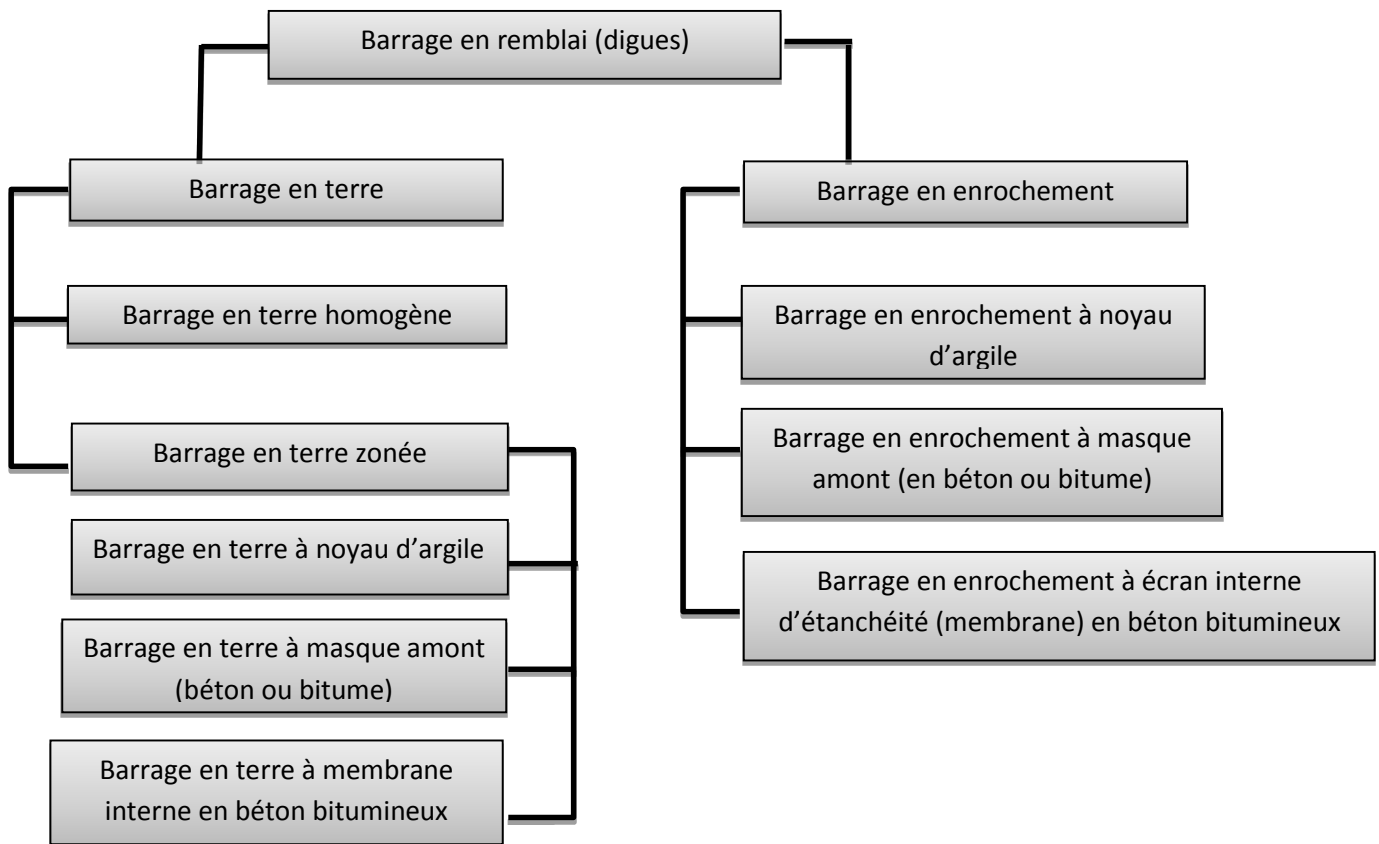
**Figure I.10.** Barrage Creux de Pesanteur.

#### **I.4.2. Barrage en remblai**

Les barrages en remblais, il en existe deux (02) types : les barrages en terre et les barrages en enrochement.

Les barrages en remblai sont souvent construits en fonction de la distribution granulométrique des sols de construction. Dans certains cas, il s'avère nécessaire d'utiliser les zones de transition pour séparer les différentes zonations de la structure.

Les barrages en terre résistent à la pression de l'eau par leur propre poids, c'est ce qui explique leur section de forme trapézoïdale (Djemili, 2006).



**Figure I.11.** Les différents types de barrages en remblai.

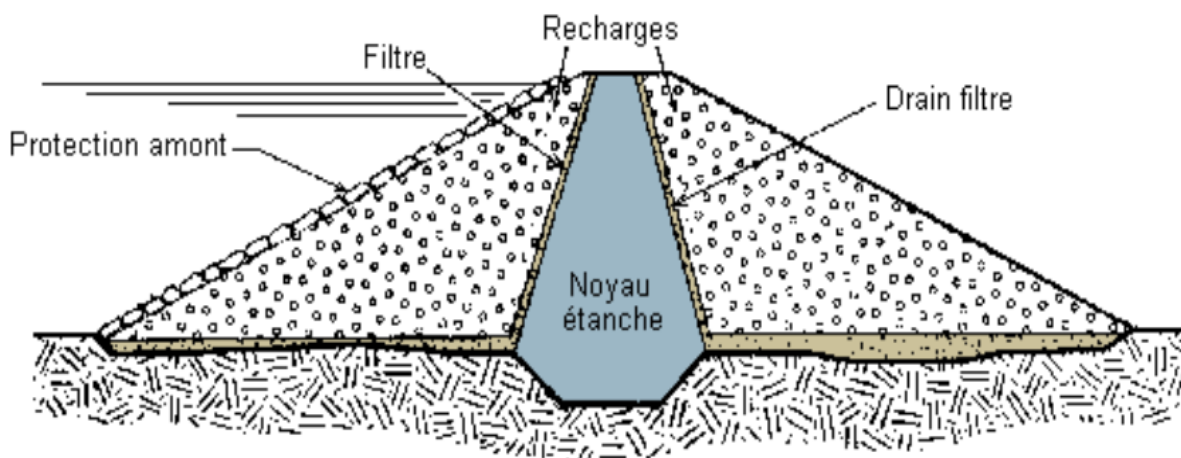
#### I.4.2.1. Barrages en enrochement

Il est constitué de plusieurs types des matériaux disposés de façon à assurer séparément les fonctions de stabilité du barrage et d'étanchéité. Le découpage du corps du barrage en matériaux différents est appelé zonage. Il permet de faire de grandes économies dans des volumes mis en œuvre et d'utiliser au mieux les matériaux disponibles sur site. Il existe autant de types de zonages que de barrages dans la mesure où chaque ouvrage est conçu en fonction des matériaux trouvés sur le site ou immédiatement à proximité qui s'adapte bien à la surface à couvrir et à un éventuel tassement du barrage. Le noyau peut s'étendre bien plus bas que le niveau de la fondation du barrage principal, dans le but de réduire le suintement (Difi, 2019).

Selon Kert en 2007, les barrages en enrochement comportent :

- Un noyau d'étanchéité constitué de terres argileuses, d'argile, des terres caillouteuses ou tout autre matériau terreux comportant une forte proportion de matériaux fins lui conférant une faible perméabilité. Lorsque ce matériau est introuvable sur site, on peut avoir recours à des matériaux de substitution tels qu'une paroi moulée ou bien une superposition de couches de béton bitumineux ou d'asphalte ;

- Une recharge amont en matériau drainant assurant la stabilité amont même après une vidange rapide ;
- Une recharge aval stabilisatrice en matériau peu déformable ;
- Une protection amont en enrochements, dalles ou autres dispositifs ;
- Un drain interposé entre le noyau et la recharge aval, si celle-ci n'est pas suffisamment perméable, pour évacuer sans pression les écoulements parvenus sur la face aval du noyau ;
- Des matériaux de transition (filtres) entre ces différents massifs lorsque leurs granulométries respectives le justifient de manière à éviter toute érosion interne par entrainement de particules d'un matériau vers le matériau adjacent.



**Figure I.12.** Profil d'un barrage en enrochement.

#### I.4.2.2. Barrage homogène

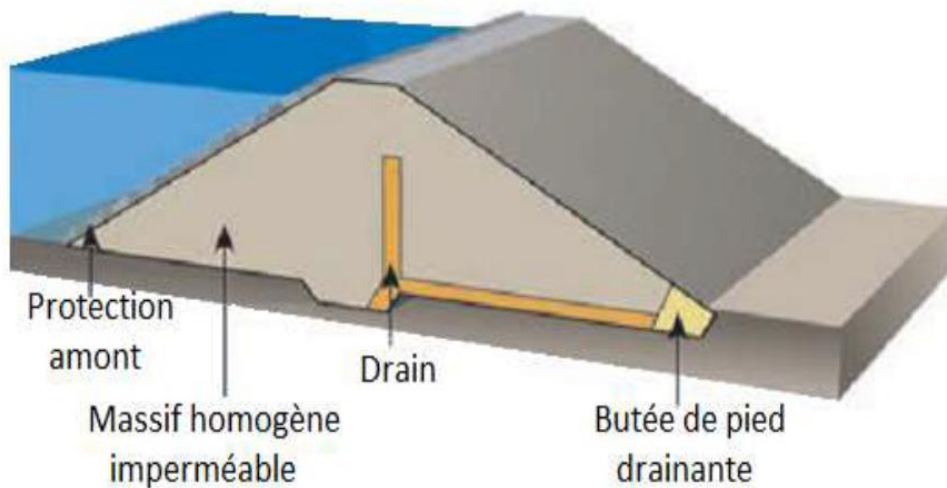
Les barrages en terre homogène sont des digues en remblai constituées d'un seul matériau meuble suffisamment imperméable pour assurer à la fois l'étanchéité et la résistance. La terre est généralement mise en place par compactage. La plupart des ouvrages Français très anciens, dont beaucoup servent à l'alimentation en eau des canaux, sont de ce type (Derdous, 2016).

La structure des barrages est souvent complétée par des dispositifs de drainage tels que :

- Une butée aval drainante
- Un tapis drainant sous le tiers ou la moitié aval
- Une cheminée drainante communiquant avec l'aval par un tapis ou des bretelles.

Ce type de barrages est bien adapté aux sites ayant une fondation déformable. De conception rustique, ils ont une grande emprise au sol, n'engendrent que de contraintes, s'accompagnent en fondation de faibles gradients d'écoulement et peuvent accepter des tassements de la fondation. Par contre, ils ne supportent pas bien les variations rapides du plan d'eau et ne supportent pas ou très peu la submersion par-dessus la crête (Ben Taleb, 2011).



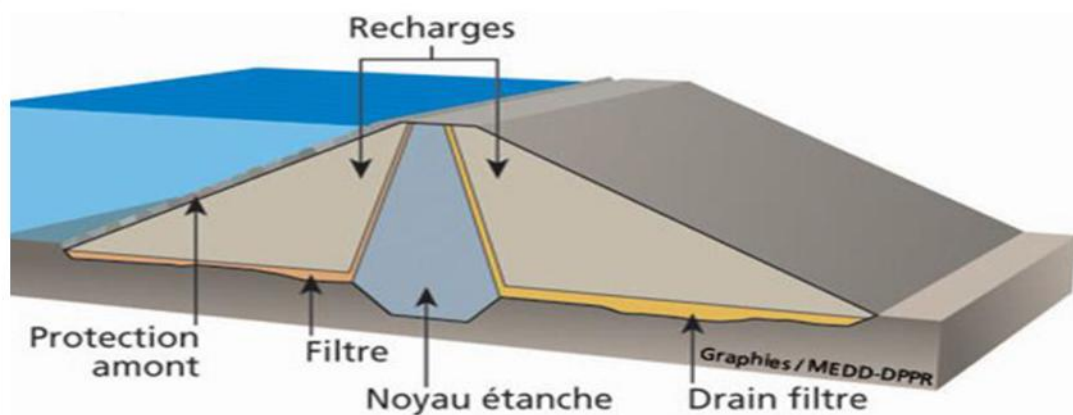


**Figure I.13.** Coupe d'un barrage homogène.

#### I.4.2.3. Barrage zoné avec un noyau étanche

Souvent l'hétérogénéité des matériaux disponibles sur place au leurs caractéristiques géotechniques ne permettent pas d'envisager une digue homogène étanche, Dans ce cas une solution couramment adoptée consiste à concevoir un massif en plusieurs zones, dont chacune est constituée d'un matériau différent suivant le rôle que doit jouer chaque zone. L'étanchéité est assurée par un noyau imperméable constitué de terres argileuses, d'argile, de terres caillouteuses ou tout autre matériau terreux comportant une forte proportion de matériaux fins lui conférant une faible perméabilité (Heragmi, 2009).

Le découpage du corps du barrage en matériaux différents est appelé zonage. Il permet de faire de grandes économies dans les volumes mis en œuvre et d'utiliser au mieux les matériaux disponibles sur le site (Amali, 2016).



**Figure I.14.** Barrage en terre à noyau étanche.

#### I.4.2.4. Barrage a masque amont

Les barrages à masque sont constitués d'un remblai plus au moins perméable assurant la stabilité d'ensemble, un écran imperméable, appelé masque est mis en place sur le parement amont de façon à rendre le barrage étanche et lui permettre de retenir l'eau du réservoir (Amali, 2016).

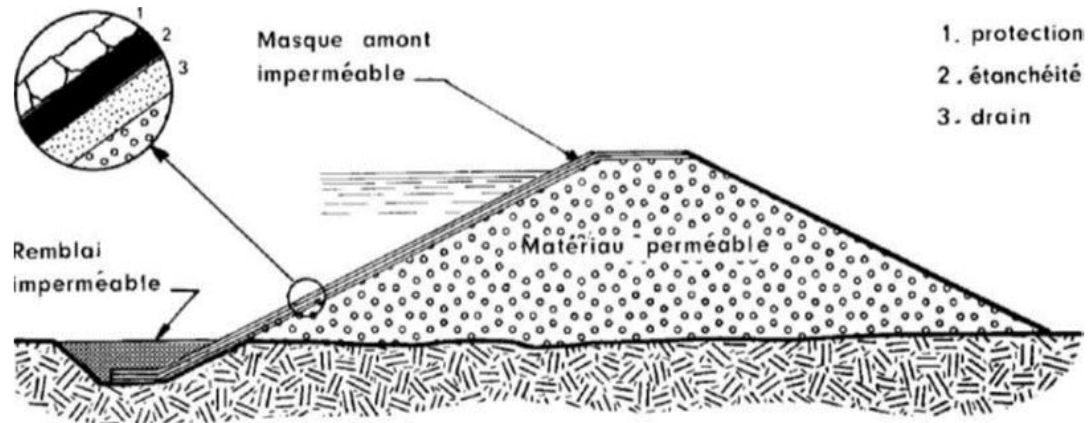


Figure I.15. Profil d'un barrage en terre à masque amont.

De nombreux barrages à masque sont réalisés en enrochement, la qualité des compactages lors de la mise en œuvre du matériau à une grande influence sur les déformations et tassements ultérieurs (Heragmi, 2009).

Il existe de nombreuses natures de masque étanche telles que le béton de ciment ou béton bitumineux ou encore au moyen d'une géomembrane, on les classe dans deux grandes catégories :

- Les polymères des synthés
- Les matériaux bitumineux

#### I.5. Les fonctions des barrages

A l'origine, les barrages furent construits afin de satisfaire des besoins assez précis : l'approvisionnement en eau et l'irrigation. Avec le développement des civilisations, les besoins furent plus importants et plus nombreux, ajoutant aux précédents la nécessité de contrôler les crues, la navigation, la qualité de l'eau, le contrôle des sédiments et la production de l'énergie. Par conséquent des barrages ont été construits pour répondre à ces besoins spécifiques (Derdous, 2016).

Les barrages sont conçus dans un objectif bien précis, mais certains ouvrages peuvent être polyvalents en combinant plusieurs usages. D'après les dernières publications du Registre mondial des Grands Barrages, l'irrigation est de loin la raison la plus courante pour construire un barrage. Parmi les barrages à but unique, 48% sont pour l'irrigation, 17% pour l'hydro-électricité, 13% l'approvisionnement en eau, 10% le contrôle des crues, 5% pour les loisirs et moins de 1% pour la navigation et la pisciculture (CIGB, 2007).

### **I.5.1. Irrigation**

Les terres irriguées couvrent aujourd'hui environ 277 millions d'hectares soit 18% des terres arables du monde, elles produisent 40% des récoltes et emploient 30% de la population dispersée dans les régions rurales. Du fait de l'importante croissance démographique pressentie pour les années à venir, l'irrigation doit être étendue afin d'augmenter la capacité de production. On estime que 80% de la production additionnelle de nourriture en 2025 viendra de terres irriguées. Même avec le développement qui ne cesse d'accroître des méthodes de conservation de l'eau et des techniques d'irrigation, la construction de réservoirs supplémentaires sera nécessaire (Achoui et Bensmain, 2014).

### **I.5.2. Hydro-électricité**

Les usines de production d'énergie hydro-électrique produisent en général entre plusieurs centaines de kilowatts et plusieurs centaines de mégawatts, certaines usines immenses peuvent produire jusqu'à 10 000 mégawatts afin d'approvisionner en électricité plusieurs millions de personnes. La capacité mondiale combinée de ces usines est estimée à 675 000 mégawatts, elles fournissent 2,3 trillions de kilowatts d'électricité par heure et couvrant 24% des besoins en électricité mondiaux (Achoui et Bensmain, 2014).

### **I.5.3. Distribution d'eau pour usages domestiques et industriels**

Il est important de signaler que la grande partie des précipitations retournent aux océans et qu'une grande proportion de celles qui tombe sur les terres s'écoule aussi jusqu'aux étendues salées. Au fait, seulement 2% des précipitations s'infiltrent et alimentent les nappes phréatiques.

Les barrages planifiés, conçus, construits et entretenus convenablement pour stocker l'eau contribuent amplement à satisfaire nos besoins d'approvisionnement en eau pour usages domestiques et industriels. Pour ajuster les variations des cycles hydrologiques, les barrages et réservoirs sont indispensables pour emmagasiner l'eau et approvisionner avec régularité lors de pénurie (CIGB, 2007).

### **I.5.4. Navigation fluviale**

Du fait des conditions naturelles, les rivières subissent des modifications de débit, de la cour dû l'érosion et la sédimentation, cela cause des problèmes et obstacles pour la navigation fluviale. Le développement de cette activité résulte de l'aménagement accompli de bassins, barrages et réservoir qui sont régulés afin de réaliser des bénéfices économiques. De plus, ce système et les activités de loisirs en découlant réduisent l'érosion et stabilise le niveau des nappes phréatiques (Achoui et Bensmain, 2014).

### **I.5.5. Contrôle des crues**

Les barrages peuvent être utilisés pour réguler le niveau d'eau dans les rivières et réguler efficacement le débit déversé en stockant temporairement l'eau et en la relâchant plus tard. La

méthode la plus efficace pour réguler le débit est la mise en œuvre d'un système intégré de gestion de l'eau qui contrôle le stockage et les relâches des principaux barrages d'un bassin fluvial. Chaque barrage est réglé selon un programme d'exploitation spécifique afin de contrôler les flux d'eau sans causer de dommage. A' titre d'exemple, lors des saisons pluvieuses il faut baisser le niveau de la retenue pour faire plus de capacité d'accumulation ([Azzouzi et Megrez, 2019](#)).

### **I.6. Les critères de choix d'un barrage**

Le choix du type de barrage est une tâche complexe qui nécessite la prise en compte d'un nombre particulièrement important de paramètres et d'informations comme la forme de la vallée (morphologie), la géologie, la disponibilité de matériaux de construction, la sismicité, les conditions climatiques ainsi la maîtrise des crues. L'objectif est de proposer la solution la plus économique tout en garantissant le plus haut degré de sécurité. Il faut relever que la problématique de la crue à maîtriser et de l'intégration des ouvrages annexes constitue un critère particulier du choix du type de barrage. Les ouvrages annexes sont donc des éléments importants pour la conception et finalement la sécurité structurale du barrage ([Schleiss, 2017](#)).

Les ouvrages annexes, telle la dérivation provisoire, la vidange de fond, la prise d'eau et l'évacuateur de crue sont le plus souvent des constructions en béton, qui sont, à cause de leur rigidité, sensibles aux tassements différentiels. En règle générale, ces ouvrages en béton sont placés de préférence en dehors des remblais et fondés directement sur une fondation rocheuse. Les ouvrages annexes se laissent plus facilement combiner et intégrer dans les barrages en béton selon les types. Leur possibilité d'implantation influence de manière prépondérante le choix du site d'un barrage ([Schleiss et Pougatsch, 2011](#)).

La sécurité des barrages pendant la construction dépend avant tout du bon fonctionnement de la dérivation provisoire et pendant l'exploitation celle de l'évacuateur de crues ainsi de la vidange de fond. Le bon fonctionnement de la prise d'eau est également important pour la sécurité mais influence surtout l'exploitation économique du barrage ([Becue et al, 2002](#)).

Les principaux paramètres à prendre en compte dans le choix du site et du type barrage sont résumés dans les éléments suivants :

#### **I.6.1. La topographie**





On peut distinguer la topographie simplifiée au nivellement des premiers sondages réalisés sans attendre les levés détaillés. Et aussi la topographie régulière qui nécessite la réalisation de plans topographiques précis s'appuyant sur des levés de la zone d'implantation du barrage ([Zenagui, 2016](#)).

### I.6.2. La morphologie de la vallée

En fonction de la morphologie de la vallée, différentes conceptions peuvent être adoptées (Zenagui, 2016) :

- Vallée encaissée avec des flancs verticaux
- Vallée étroite en V
- Vallée étroite en U
- Vallée large

**Tableau I.2.** Configurations des vallées pour le choix du type du barrage.

Type de vallée	Configuration
Vallée encaissée avec des flancs verticaux	
Vallée étroite en V	
Vallée étroite en U	
Vallée large	

### I.6.3. Conditions géologiques et géotechniques

La nature, la résistance, l'épaisseur, le pendage, la fracturation et la perméabilité des formations rencontrées au droit du site constituent un ensemble de facteurs souvent déterminants dans la sélection du type de barrage (Degoutte, 2002).

- Fondations rocheuses se prêtent à l'édification de tous types de barrages, moyennant des dispositions adéquates concernant la purge des matériaux très altérés et le traitement éventuel par injection.

- Fondations graveleuses sous réserve qu'elles soient suffisamment compactes, ces fondations conviennent en général pour des barrages en terre ou en enrochements, du moins au plan mécanique. Des barrages en béton de très petite hauteur peuvent également être édifiés moyennant des précautions concernant les fuites et les percolations (risque de renard) et les tassements différentiels

- Fondations sablo-saleuses (silt ou de sable fin) peuvent convenir à l'édification de barrages en terre, voire exceptionnellement à de très petits barrages poids en béton moyennant de sérieuses précautions.

- Fondations argileuses impliquent presque automatiquement le choix de barrage en remblai, avec des pentes de talus compatibles.

#### I.6.4. Matériaux disponibles

La disponibilité sur le site ou à proximité de matériaux utilisables pour la construction d'un barrage à une incidence prépondérante sur le choix du type de barrage (Zenagui, 2016).

- Sol utilisable en remblai.
- Enrochement pour remblai ou protection de talus.
- Agrégats à béton (matériaux alluvionnaires, ou concassés).
- Liant (ciment, cendres volantes).

#### I.6.5. Conditions hydrologiques et les régimes des crues

Le volet hydrologique a pour objectif la définition d'événement de référence, y compris les événements extrêmes qui sont intégrés dans l'analyse hydraulique sous forme de l'hydrogramme de référence. Cette définition doit s'appuyer sur deux types d'information et d'analyses conjointes.

D'une part, sur la connaissance événementielle des scénarios hydrométéorologique caractéristiques des bassins concernés ; tirés de l'étude climatologique des précipitations. D'autre part, sur la connaissance statistique du régime des crues, fondée sur l'analyse d'une longue chronique de mesure des débits. L'étude hydrologique doit présenter les valeurs des intervalles de confiance, ou des incertitudes associées aux résultats fournis (Becue et al, 2002).

#### I.6.6. Risque sismique

Les séismes imposent des charges additionnelles aux barrages en terre. Le chargement sismique est de courte durée et cyclique, il provoque un mouvement dans les directions horizontales et verticales (Bouaicha, 2013).

On classe les fondations selon la qualité du rocher en :

**Rocher de bonne qualité** : Module d'élasticité  $ER > 8000$  MPa : tous les types de barrages sont possibles.

**Rocher de moyenne qualité** : Module d'élasticité  $ER$  compris entre 4000 et 8000 MPa : tous les barrages sauf les barrages voûtes.

*Rocher de mauvaise qualité* : Module d'élasticité  $ER < 4000$  MPa : barrage en remblai.

#### I.6.7. Critères économiques

Dans plusieurs cas, les considérations précédentes auront permis de retenir plusieurs types de barrage. Par exemple, des fondations rocheuses, la présence de matériaux meubles proches du



site, un débit de crue important, conduiront à mettre en balance un barrage en BCR et un barrage en terre équipé d'un évacuateur de crue couteux. Il convient alors de poursuivre les études pour les deux types d'ouvrages, en veillant à affiner les estimations de cout au fur et à mesure de la progression des études. Dès que l'un des types de barrages paraît significativement plus économique, il est préférable de ne pas s'entêter sur l'autre option (Degoutte, 2002).

#### **I.6.8. Sécurité et environnement**

Les études d'impacts environnementaux ignorent ou sous-estiment généralement les possibles modifications du régime fluvial (Zenagui, 2016) :

- Sédimentation dans les réservoirs
- Dégradation des lits fluviaux à l'aval
- Modification de morphologie des lits des cours d'eau
- Sous-estimation de l'influence de la modification du régime des crues et étiages sur les eaux souterraines ; la faune et la flore.

#### **I.7. Ressources en sols et évolution des superficies irriguées.**

L'irrigation en Algérie est très ancienne et date des berbères à l'époque préromaine, du moins dans les oasis avec des cultures de décrues et de l'irrigation par submersion. Elle s'est développée dans le reste du pays grâce aux techniques romaines de citernes, aqueducs, et petits barrages et plus encore à partir du VII<sup>ème</sup> siècle grâce à des techniques arabes spécifiques à l'irrigation (chadouf, noria, sequia, foggaras...etc.). Les 7 premiers grands barrages apparaissent avec la politique hydraulique agricole coloniale (2<sup>ème</sup> moitié du 19<sup>ème</sup> siècle) et en 1900, 200 000 ha environ sont irrigués en Algérie dont 20 000 ha seulement à partir barrages (ancêtres des grands périmètres d'irrigation, GPI), le reste étant donc une irrigation traditionnelle, équivalent de la petite et moyenne hydraulique (PMH) actuelle. Une 2<sup>ème</sup> vague de construction de 23 barrages débuta à partir de 1920, toujours à l'instigation de la politique coloniale qui ne s'intéressait que très peu à la PMH, puis à nouveau à partir de 1945 avec 5 grands barrages additionnels. A l'indépendance en 1962, 105 5000 ha sont équipés en 8 GPI : Hamiz, Habra, Sig, Haut-Cheliff, Moyen Cheliff, Bas Cheliff, Mina, K'sob. Mais seuls 44 000 ha sont réellement irrigués. Il faut également compter en 1962 environ 120 000 ha réellement irrigués en PMH. Il faut attendre les années 1980 pour qu'une véritable politique d'hydraulique agricole relance la création de nouveaux paramètres irrigués, à la fois en GPI et PMH, car les superficies n'avaient que peu augmentées depuis l'indépendance avec 282 000 ha irrigués en 1986, dont 145 120 ha équipés en GPI mais seulement 66 170 ha irrigués 1987 et 36 180 ha en 1989, et 290 000 ha en PMH. Une partie des PMH est irriguée à partir des épandages de crues, estimée à environ 110 000 ha en 1984 et 1992, 56 000 en 2001 et 53 000 en 2008 (FAO, 2015).

Depuis les années 2000, la mise en œuvre du « plan d'action de l'économie de l'eau » et les investissements engagés par l'état ont permis une forte augmentation non seulement des superficies équipées, mais également des superficies réellement irriguées. Elles passent de 350 000 en 2000 à 816 898 ha en 2008 (dont 53 000 ha équipés pour l'irrigation par épandage de crue en PMH) et 1 228 111 ha en 2014 ce qui représente 15% de la SAU à l'échelle nationale (FAO, 2015). Malgré cela, l'agriculture irriguée, joue un rôle économique important dans la mesure où elle contribue à près de 50% de la valeur ajoutée agricole du pays (Oulmane, 2018).

Les superficies irriguées se répartissent en deux ensembles nettement différenciés à la fois par la taille des aménagements et par le mode de gestion : les grands périmètres d'irrigation (GPI) gérés par l'Office Nationale de l'irrigation et de Drainage (ONID) et les irrigations de petite et moyenne hydraulique (PMH) gérées directement par les agriculteurs et utilisant en grande partie des ressources en eau souterraines (Oulmane, 2018).

### I.7.1. Les grands périmètres d'irrigation (GPI)

En Algérie les périmètres d'irrigation dépassent en général 500 ha d'un seul tenant. Ils sont alimentés en eau à partir de barrages ou de forages profonds avec d'importants investissements collectifs totalement réalisés par l'Etat. Les GPI comprennent, en plus des 8 anciens périmètres de la pré-indépendance, 22 périmètres récents additionnels d'environ 109 402 ha pour une superficie équipée totale de 229 907 ha en 2012. En 2014, 5 nouveaux périmètres ont été construits pour atteindre une superficie totale en GPI de 260 600 ha ce qui représente 20% de la superficie équipée en maîtrise totale. En 2013, le volume d'eau alloué aux GPI était de 663 millions m<sup>3</sup> provenant des eaux superficielles stockées dans les grands barrages et seuls 86 000 ha ont été réellement irrigués, soit 37% de la superficie équipée (FAO, 2015).

**Tableau I.3.** Evaluation des superficies équipées pour l'irrigation depuis l'indépendance.

Périmètres	Superficie	1962	1986	1999	2008	2012	2013	2014
GPI	Équipé	105 500	146 120	156 000	213 378	229 907	231 737	260 600
	Irrigué	44 000	66 170	50 500	39 923	97 310	86 000	
PHM	Equipé		290 000	350 000		1 000 000	1 118 070	1 155 033
	Irrigué	120 000	216 000	300 000	776 975	967 268	1 033 259	
TOTAL	Equipé			506 000		1 229 907		
	Irrigué	164 000	282 000	350 000	816 898	1 064 578	1 119 259	1 226 000

Cette différence provient d'une part de la dégradation des réseaux et/ou des sols (salinisation, déclassement de certaines superficies). En 2008, environ 57 000 ha nécessitaient en effet une réhabilitation, alors qu'environ 24 270 ha étaient considérés comme « perdus », c'est-à-dire, que même une réhabilitation ne suffisait pas (Sofreco, 2012). D'autre part, la priorité



accordée à l'alimentation en eau potable au détriment de l'irrigation, et aux problèmes de gestion /exploitation / maintenance.

### **I.7.2. Les périmètres de Petite et Moyenne Hydraulique (PMH).**

Les périmètres de PMH sont caractérisés par des surfaces éparses et ont en majorité une superficie inférieure à 500 ha. Une partie ou la totalité des investissements est y réalisée par les agriculteurs. L'eau d'irrigation provient en grande partie des sources sous-terraines. En effet, en 2013, les ressources souterraines (forages et puits) destinées à l'irrigation ont contribuées à irriguer 8 956 000 ha, soit 86,7% du volume total, contre seulement 117 800 ha de surface irriguées par les autres ressources superficielles (petits barrages, retenues collinaires) soit 11,4% sur un total de 1 033 000 ha (Oulmane, 2018).

### **I.8. Les différents problèmes des barrages**

Les retenues de barrages sont exposées aux différents problèmes hydrauliques tels que l'évaporation intense, les fuites d'eau, et envasement. Ces problèmes menacent la quantité d'eau emmagasinée dans la cuvette du barrage d'une part et d'autre part la stabilité de la digue. Mais le phénomène d'envasement est le plus désastreux de tous les problèmes hydrauliques qui touchent les retenues de barrage en Algérie ou à travers le monde (Toumi et Remini, 2018).

Aujourd'hui, L'Algérie dispose actuellement de 84 grands barrages d'une capacité dépassant 9 milliards de m<sup>3</sup>, annuellement c'est barrages perd une capacité estimée à 20 millions de m<sup>3</sup> par le dépôt des sédiments dans les retenues (ANBT, 2019).

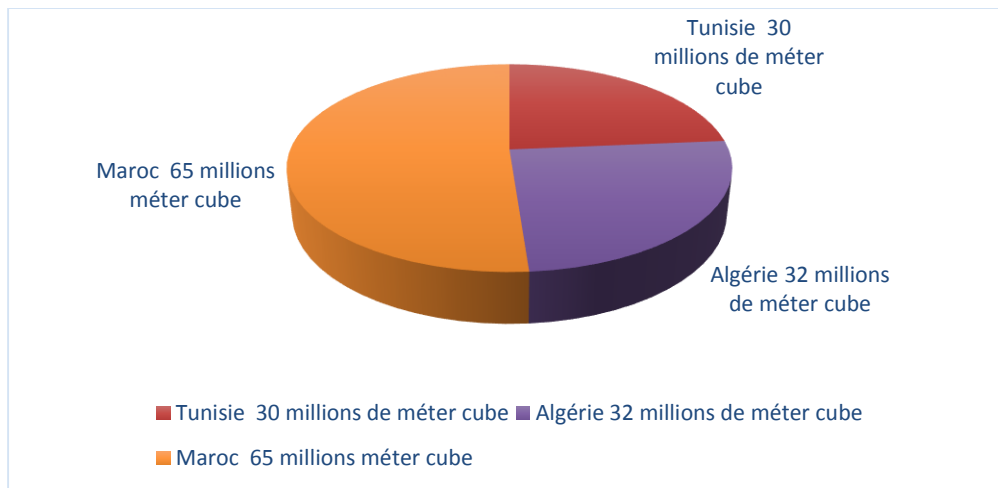
#### **I.8.1. L'envasement des barrages**

L'envasement des barrages est l'un des grands problèmes hydrauliques qui menace l'existence de l'infrastructure hydrotechnique en Algérie.

En Algérie, 20 barrages sont menacés par l'envasement rapide du réservoir cependant plus de 30 barrages enregistrent un faible taux d'envasement (Remini et Benfatta, 2015).

Suite à la forte érosion hydrique dans les bassins versants, des quantités considérables, des sédiments sont drainées directement dans les retenues de barrages. Ces dépôts posent des problèmes aux barrages, tel que la déstabilisation de la digue, la diminution du volume utile d'eau, l'obturation des pertuis de vidange et le colmatage des canaux d'irrigation (Dammak, 1982).

Les pays de l'Afrique d Nord comme l'Algérie, le Maroc, et la Tunisie détiennent plus de 230 barrages d'une capacité totale de 23 Km<sup>3</sup>. Environ 125hm<sup>3</sup> de sédiments se déposent annuellement au fond de ces barrages, par ordre d'importance décroissante, le Maroc avec 65hm<sup>3</sup>, l'Algérie avec 32hm<sup>3</sup>, et la Tunisie avec 30hm<sup>3</sup> (Remini, 1997).



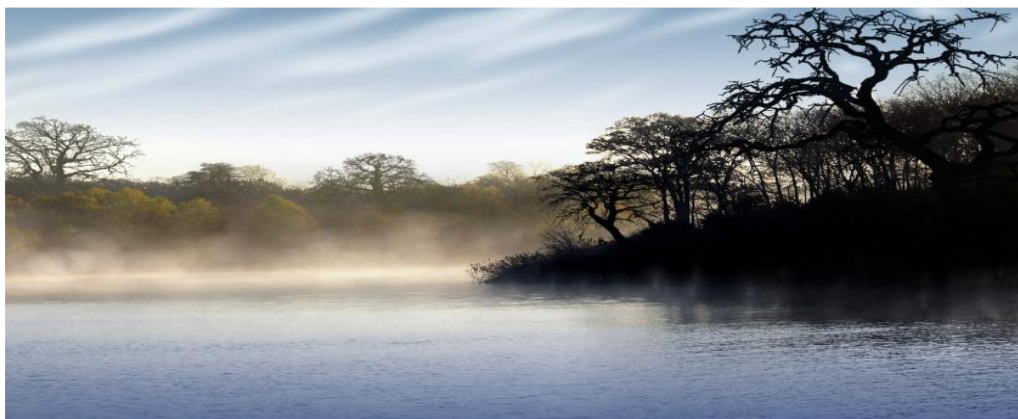
**Figure I.16.** Envasement annuel des barrages en Afrique du nord (ANBT, 2003).

### I.8.2. Les fuites des barrages

Le problème de fuites revêt une grande importance, surtout pour les pays comme l'Algérie où le développement économique est lié aux quantités d'eau emmagasinées au sein des retenues de barrages (Toumi et Remini, 2004). Le problème des fuites d'eau très sérieux surtout pour les pays à climat sec puisqu'il menace les volumes d'eau stockés dans les barrages à travers le monde et peuvent engendrer une déstabilisation de ces ouvrages, si ce problème atteint un certain stade d'évolution (risque de rupture des barrages) (Benfetta et al, 2017).

### I.8.3. Perte par évaporation

En Algérie, le phénomène de l'évaporation de l'eau des lacs des barrages est considérable et en enregistrant annuellement des pertes de volume très élevées. En général, les mesures de l'évaporation au niveau des barrages algériens se font à l'aide d'un bac COLORADO ou d'un bac de type CLASSE A comme celui installé à proximité de la retenue du barrage de Beni Haroun sis au Nord Est de la willaya de Mila. L'intérêt primordial des valeurs, des différentes mesures obtenues, de l'évaporation pour le cas d'un problème d'envasement d'un barrage est d'évaluer les quantités perdues par évaporation et faire une étude comparative avec les pertes par envasement et par fuites (Toumi et Remini, 2018).



**Figure I.17.** L'évaporation naturelle à la surface d'un lac

**Conclusion**

Les barrages, et les réservoirs y associés, offrent la possibilité de stocker l'eau pour une utilisation ultérieure, de fournir de l'hydroélectricité et de fournir un certain niveau de protection contre les phénomènes de précipitations extrêmes. S'ils sont conçus correctement, les barrages permettent que l'eau soit disponible à des moments où en cas de leur absence l'eau ne serait pas disponible par conséquent augmentant la quantité des ressources en eaux renouvelables exploitables.

Cela est particulièrement important pour les pays où l'eau disponible pendant les saisons sèches et humides varie de façon significative. Les barrages peuvent aussi permettre que l'excès de l'eau qui découlerait normalement dans l'océan devienne disponible pour utilisation.

Toutefois, les barrages réservoirs, notamment ceux qui sont grands peuvent également avoir des impacts négatifs sur les sociétés humaines, nécessitant la réinstallation des personnes ailleurs ce qui conduit à des perturbations sociales. Les barrages également modifient le réseau hydrographique et la régulation du flux est considérée comme l'une des principales conséquences écologiques négatives des barrages et des réservoirs. En outre, eau stockée peut s'évaporer à un rythme plus élevé que l'eau à écoulement libre.

En bref les barrages ont des avantages et des inconvénients, et c'est pour cela que leurs caractéristiques de conception doivent être évaluées avec soin.



# CHAPITRE II

## Description de la Zone d'Etude

« K'sob »



## Introduction

Le barrage « K'sob » est l'un des plus anciens barrages d'Algérie, situé dans le village de Boukhmisia dans la wilaya de M'sila et est actuellement utilisé pour l'irrigation, ce barrage a été construit par une entreprise française en 1934 (ANBT, 2016).

Le bassin versant de K'sob fonctionne donc comme un collecteur chargé de recueillir les précipitations et de les transporter par écoulement vers le point le plus bas appelé exutoire K'sob (ANBT, 2016).

Ce chapitre est consacré à une description générale de bassin versant K'sob, afin de déterminer les caractéristiques générale, Réseau hydrographique, le climat et le type du couvert végétale.

### II.1. Historique du barrage K'sob

**1920** : L'édification d'un barrage de dérivation des eaux de crue de l'oued K'sob inférieur fut inscrite au programme de travaux publics de novembre 1920.

**1927** : La possibilité de construire sur l'oued K'sob, non pas un barrage de dérivation mais un barrage réservoir fut examinée par les ingénieurs de la circonscription de bougie (Bejaia).

**1930** : La réalisation du barrage fut mise au concours le 25 novembre 1929. Six entreprises soumissionnaires. Par jugement du 2 décembre 1930 les travaux furent confiés à la société THEG.

Il s'agissait alors d'un barrage type « poids évidé » arasé à la cote (610m) d'une hauteur de 50 m et d'une capacité de 50 hm<sup>3</sup>. L'ouvrage ainsi conçu pouvait assurer la régularisation interannuelle de débit de l'oued K'sob.

**1933** : Les travaux préparatoires étaient achevés lorsque des compressions budgétaires imposèrent une limitation des dépenses entraînant une modification du projet.

Le marché passé avec la société THEG fut approuvé le 23 octobre 1933.

**1934** : Les fondations furent terminées en 1934.

**1935** : Une crue de 680 m<sup>3</sup> survint le 5 octobre endommageant les rives en aval du barrage.

**1939** : Le corps du barrage fut achevé dans le courant de l'année.

**1940** : Les évacuateurs étant terminés à la fin du premier semestre la mise en eau débuta en juillet 1940.

**1947** : Le câble de la vanne de garde de vidange se rompit provoquant l'interruption des validations. Il fallut vidanger le barrage par les vannes de prise.

**1954** : L'aménagement d'un deuxième pertuis de vidange fut terminé en Mai 1954.

**1955-1960** : Construction du tronc commun et du réseau d'irrigation en béton remplaçant les anciennes seguias (ANBT, 2008).

## II.2. Barrage K'sob

Le barrage K'sob est situé au lieu-dit HAMMAN entre les monts de kef El Ouerad et Djebel El Groun à 15 km au nord-est de la ville de M'sila sur la route nationale numéro 45. En direction vers la Wilaya de Bordj Bou Arreridj fut construit à cet endroit sur l'oued K'sob entre les années 1934 et 1940 dans le but d'irriguer les périmètres agricoles de la commune d'M'sila. Par suite de l'envasement progressif de la retenue, sa capacité initiale de 12 hm<sup>3</sup> est tombée à 3 hm<sup>3</sup> (en raison de l'envasement) en 1970 dont la hauteur initiale construite est de 31m (Mimeche, 2014).

Pour remédier à cette situation, la surélévation du barrage K'sob a été prévue dans le cadre du premier plan quadriennal. Cette surélévation du barrage sur une hauteur de 15m a porté la capacité utile de la retenue à 29,5 hm<sup>3</sup> et a assuré une régularisation à l'irrigation de 13 000 ha dont 4 250 ha pour la culture intensive (culture maraichère, arbres fruitiers est fourrage etc ...) et 2 000 ha pour la culture des céréales (Kheiri, 2016).

## II.3. Monographie du barrage

Le barrage K'sob est de type contreforts à voûtes multiples, posé sur deux culées en rive droite et rive gauche. Le barrage actuel présente une hauteur maximale sur sa fondation de 46 mètres, pour une longueur de crête de 280 mètres, la capacité initiale de la retenue est de 29,5 hm<sup>3</sup> sous le niveau de retenue normale. Il est classé en catégorie « M » inscrit au registre mondial des grands barrages (ANBT, 2008).

La partie principale est constituée de trente-huit voûtes reposant sur trente-sept contreforts intermédiaires et aux extrémités, sur deux culées formant barrage Poids.

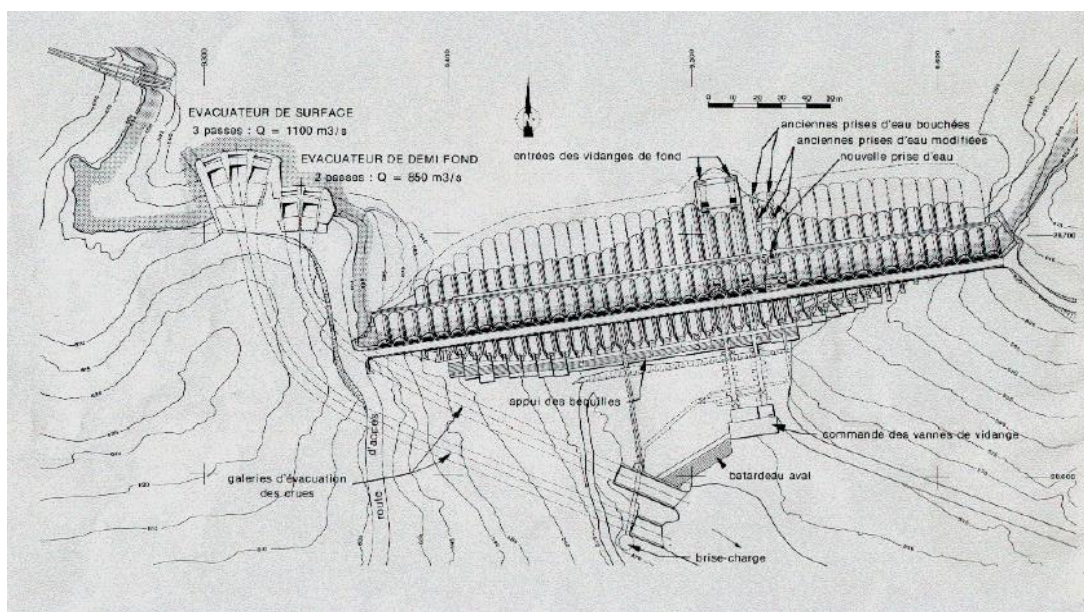


Figure II.1. Plan d'implantation du barrage K'sob.





**Figure II.2.** Photo de la digue du barrage K'sob.

**Tableau II.1.** Les principales caractéristiques du barrage (ANBT, 2008)

Caractéristique générales	Données		
-Superficie du bassin versant	1460Km <sup>2</sup>		
-Périmètre du bassin versant	180Km		
-Altitude moyen	1070m		
-Apport annuel moyen	51,5Hm <sup>3</sup>		
-Précipitation moyenne annuelle	220,0mm		
-Déversoir	Evacuateurs de crue en rive droite		
Caractéristique du barrage	Barrage initial	Après surélévation	Récent
-Début et fin des travaux	1934 à 1940	1972 à 1976	-
-Année tenue en eau	1940	1977	-
-Surface du plan d'eau	121ha	252,5ha	-
-Altitude maximal de la retenue	591m	605,5	-
-Hauteur de surélévation	-	15	-
-Hauteur maximal	31m	46	-
-Longueur crête	254,5m	280m	-
-Base de la digue	5,5m	3m	-
-Pente des parements amont	48m	56m	-
-Pente des parements aval	0,9	-	-
-Cote de la retenue maximal	0,4	-	-
-Cote de la retenue normale	591	605,5	-
-Capacité à la retenue normale	11,5hm <sup>3</sup> (590)	29,5hm <sup>3</sup> (604)	11,8hm <sup>3</sup>
-Taux d'envasement	69% Levé1968	60%Levé2008	Levé 2008
-Périmètre irrigué	13000ha	6250ha	4840ha

#### II.4. Les matériaux de construction (ANBT, 2008)

- Les fondations des contreforts et les culées du barrage ont été exécutées en béton à 200 Kg de ciment.
- Les contreforts, les nervures et les entretoises en béton à 300 kg.
- Les voûtes et toutes les parties baignées par l'eau en béton à 400 Kg.

##### II.4.1. L'étanchéité et le collage

Le dispositif destiné à assurer l'étanchéité d'ensemble comprend :

- Un radier au pied amont des voutes.
- Une para-fouille implantée sous la partie amont du radier d'étanchéité.
- Un rideau d'injection.

#### II.5. Utilisation des ressources en eau apportées par l'aménagement

L'objectif de cet ouvrage était d'irriguer la plaine de M'sila, a superficie totale de 13.000 ha environ, il comprend principalement deux zones :

- Une zone rive droite de 3.000 ha, c'est l'ancien périmètre de colonisation.
- Une zone rive gauche de 10.000 ha, comprenant également les jardins qui ceignent M'sila.

Les eaux accumulées dans le barrage K'sob ne permettant pas l'irrigation continue des 13.000 ha (ANBT, 2015).

**Tableau II.2.** Répartition des cultures irrigués par le barrage de K'sob.

Cultures	Superficie	Consommation	Observations
-Vergers mixtes (abricotiers, grenadiers figuiers)	120 ha	10.000 m <sup>3</sup> /ha	-Irrigués en priorité lorsque la réserve est inférieure à 3000.000 m <sup>3</sup>
-Cultures maraichères (tomates, poivrons, fèves)	100 ha		-Irriguées en priorité lorsque la réserve est inférieure à 300.000m <sup>3</sup>
-Céréales (orge, blé dur, blé tendre)	12.300 ha	4 à 5.000 m <sup>3</sup> /ha en 5 à 6 irrigations espacées de 20 jours à 1 mois	-Antérieurement à 1963 1/3 de cette superficie cultivée chaque année depuis 1964 la moitié chaque année

#### II.6. Les caractéristiques de bassin versant Oued K'sob

##### II.6.1. La situation géographique de bassin versant de l'oued K'sob

Le bassin versant de l'oued K'sob est situé dans le grand bassin d'El Hoddna au Nord de l'Algérie. Il est limité au Nord-Ouest par la chaîne montagneuse des Bibans : au Sud et au Sud-



Ouest par le haut plateau d'El Hoddna et à l'Est par les hautes plaines de Sétif. Il se suite aussi entre les méridiens de longitudes 4°28' Ouest et 5° 10' Est et les parallèles de latitude 35°48' Sud 36°9'Nord. Il s'étend sur la totalité de la wilaya de Bordj Bou Arreridj dont son exutoire est à la limite Nord de la wilaya de M'sila (Benkadja et al, 2013).

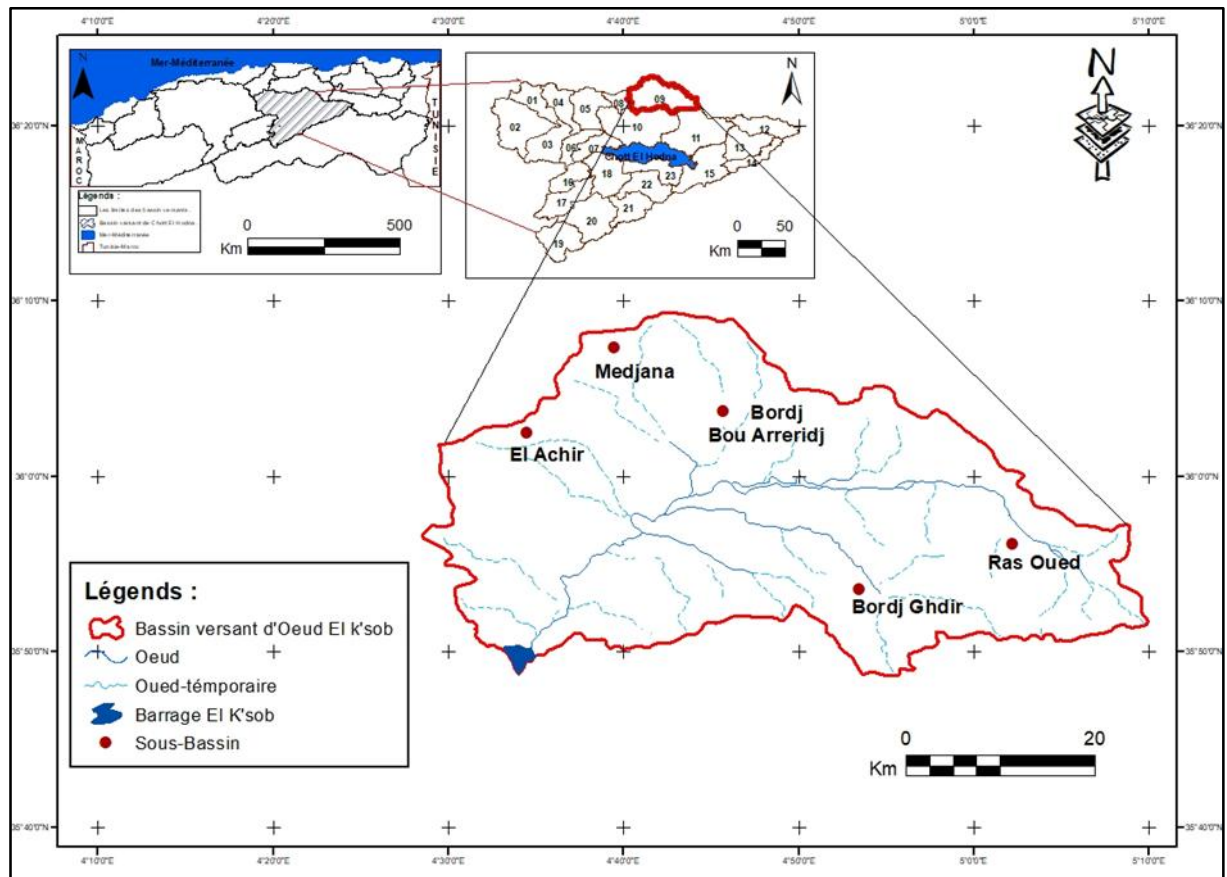


Figure II.3. La situation géographique du bassin versant de l'oued K'sob.

### II.6.2. Caractéristiques physique du bassin versant d'Oued K'sob

Les caractéristiques physiques du bassin versant sont tirées de la monographie des grands barrages.

Tableau II.3. Les caractéristiques physiques du bassin versant d'Oued K'sob

Caractéristiques	Valeur donnée
Surface de BV	1 460 Km <sup>2</sup>
Périmètre BV	180 Km
Longueur de Talweg principal	83 Km
Coefficient de compacité de graveleuse	1,3
Altitude maximale	1585 m
Altitude minimale	590 m
Altitude moyenne	1070 m
L'altitude de sommet principal ; Djebel Nechar	1885 m
L'altitude sommet principal ; Safiet El Hamra	1789 m

Source : (Benkadja et al, 2012)

## II.7. Réseaux hydrographique

Oued K'sob résulte de la jonction de deux cours d'eau qui sont Oued Soulite et Oued Beyata, il prend d'abord une direction Nord-Est/ Sud-Ouest jusqu'au barrage K'sob.

Le lit d'Oued est large de 15m en moyenne et le régime d'écoulement d'Oued K'sob est endoréique. Les principaux affluents sont :

- Oued Toubou venant de la partie Nord-Ouest.
- Oued Rabta venant de la partie Sud-Est.
- Oued Rhafistane du Sud-Est.
- Oued Mezroug du Nord-Ouest.

Oued K'sob avant l'entrée dans le barrage à une abondance annuelle moyenne de 60 millions de m<sup>3</sup> soit un débit spécifique de 1,51/s/km<sup>2</sup>, soit un coefficient d'écoulement moyen de 11%. La densité moyenne du réseau hydrographique y est extrêmement forte (5,45 km//km<sup>2</sup>), cette zone est située surtout près de barrage (Tatar, 1985).

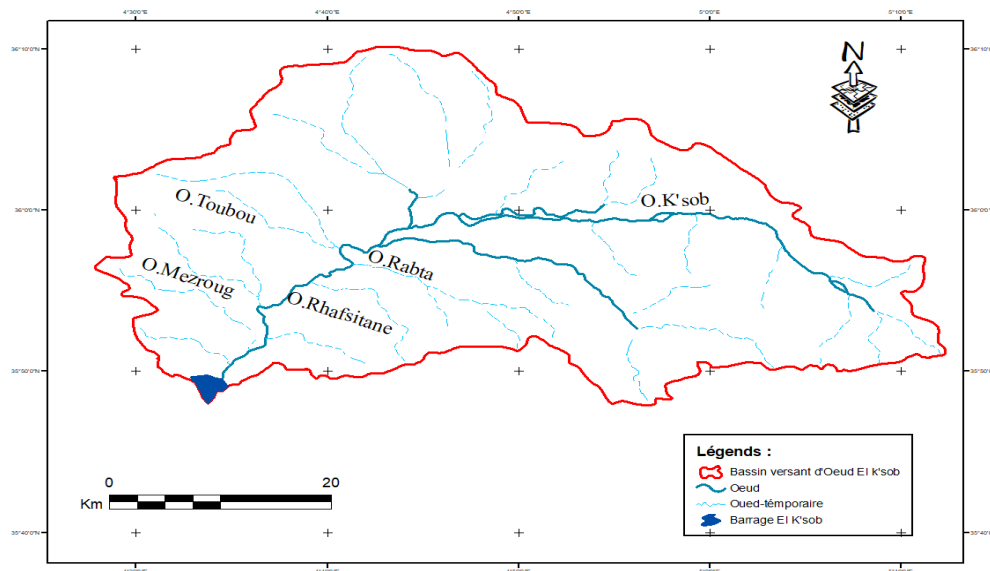
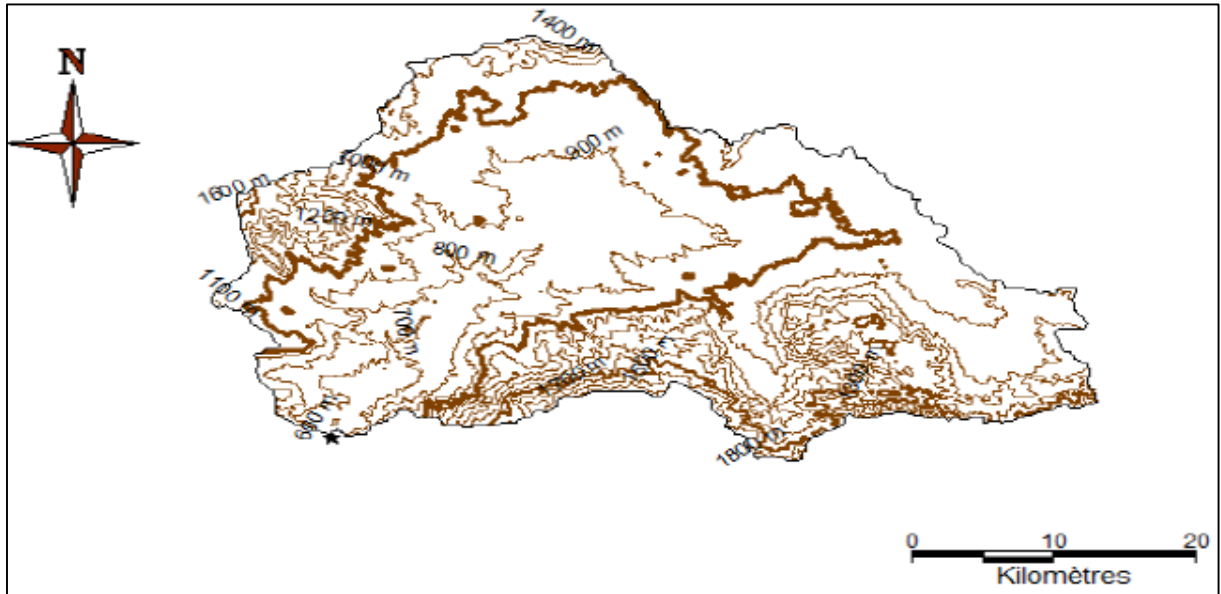


Figure II.4. Carte du réseau hydrographique du bassin versant Oued K'sob.

## II.8. Topographie ou Morphologie du terrain

Les bordures sont formées au sud par les monts de Hoddna d'orientation Est-Ouest dont les altitudes sont relativement élevées (Djebel. Maadid 1819 m, el Mzaita 1545 m et Djebel Kender 1640 m) avec un point culminant de l'ordre 1875 m à Djebel. Chelendj ; Cette bordure est découpée en deux compartiments par de l'Oued K'sob et au nord par la chaîne de Bibane (Djebel. Mouténe) d'orientation SW-NE. Les bordures montagneuses se caractérisent par une structure complexe et charriée ; très écaillée, formées dans des formations secondaires très variées ; comme les calcaires, les grés les schistes, les marnes, les marno-calcaires, les dolomies, et les formations triasique (Zeroual, 2016).

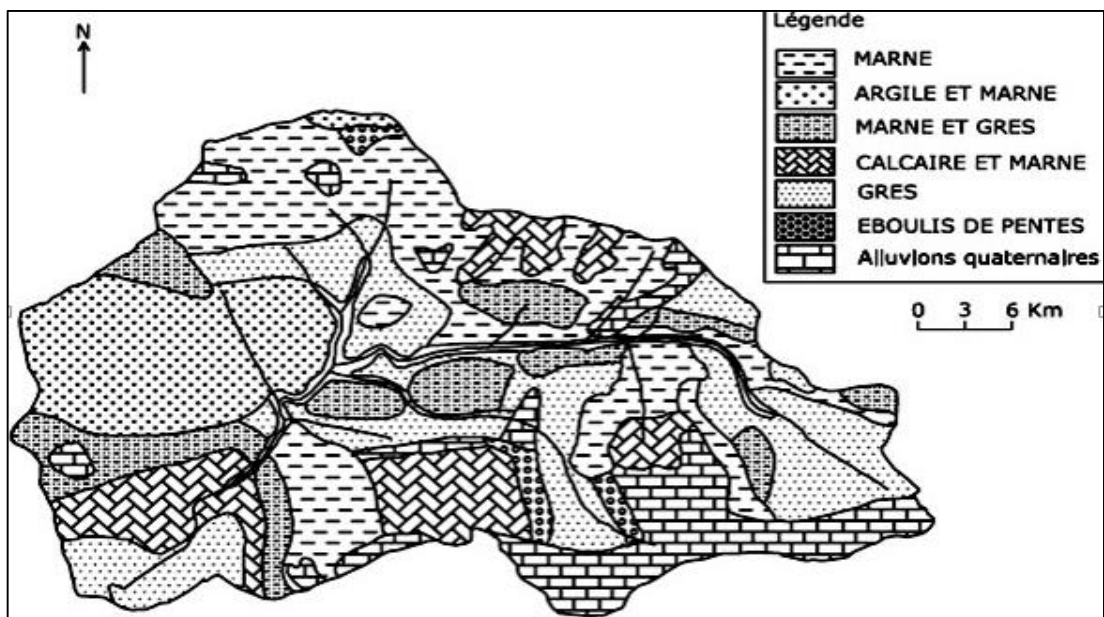


**Figure II.5.** La carte topographique de bassin versant de l'oude K'sob.

## II.9. Géologie

L'analyse de la distribution géologique présente deux zones (Benkadja et al, 2012) :

- La zone 1 est formée par des formations lithologiques, qui sont continué soumis à l'érosion mécanique. Cette zone est localisée au Nord et au centre du bassin (alluvions quaternaires et terrasses, les argiles, marnes et de grès du Miocène).
- La zone 2 est une zone formée par les formations dures (calcaire et dolomie) et est situé dans la partie sud bassin.



**Figure II.6.** Carte géologique du bassin versant de Oued K'sob.

## II.10. Lithologie de bassin versant du K'sob

Le bassin versant d'Oued K'sob et ses affluents, comprend la grande dépression de la Madjana au Nord de Bordj Bou Arreridj et la bordure Nord du massif du Maàdid (cuvettes de Bordj Ghdir et de Ras el Oued). Il est constitué par les formations géologiques suivantes :

**Quaternaire (qt)** : il est représenté, en général, par des alluvions plus anciennes. On le trouve surtout dans le bassin de Ras el Oued et de Bordj Ghdir.

**Miocène inférieur (mi)** : il occupe une grande surface dans le bassin versant du K'sob ; de large bandes dans le Nord et quelques points isolés, près du Gourine. Dans le Nord, cet étage est nettement transgressif sur le crétacé (du Maestrichtien au Cénomanién). La base du miocène (Burdigalien) est représentée dans la majorité du bassin versant par des microbrèches et des conglomérats calcaires. Son épaisseur est de 200m environ et occupe le Sud.

**Eocène moyen et inférieur (em, ei)** : C'est une série puissante d'environ 200m. Il se compose de calcaires gris et dolomitiques et des dolomies ; et de marnes grises, verdâtre ou brunâtres, parfois légèrement gypsifères.

**Crétacé supérieur, moyen et inférieur (Cm, Ci, Cs)** : formant plusieurs escarpement sur le bassin versant et le flanc occidental du Maàdid, ils affleurent en quelques points isolés à l'exutoire (gorge du K'sob) et le Sud-Ouest (Kef El Assal, Bir Mizane). Ils sont représentés par des calcaires gris, sublithographiques ou un peu spathiques et des dolomies cristallines, claires en bancs bien réglés (épaisseur de 50cm jusqu'à 2m).

**Jurassique supérieur (Js)** : puissante série homogène d'épaisseur totale : 400 à 500m comprenant des calcaires compacts, à grains très fins, en bancs peu épais, bien stratifiés, de couleur beige ou gris claire à gris foncé, avec de minces intercalations marneuses.

Les formations lithologiques, sont aussi très variées mais avec une prédominance des formations calcaires. Les séries exclusivement calcaires de l'Aptien inférieur constituent un ensemble homogène qui s'étend au Sud sur les monts du Honddna et le Djebel Mzaita ; cependant quelques affleurements notés au Nord et au Nord-Est. Les formations à alternance de calcaire et de marne apparaissent en plusieurs unités de taille variable, cependant elles trouvent leur plus grande extension au Nord, sur le plateau de Mzaita et les monts de Maàdid. Le calcaire marneux affleure largement au Sud du bassin notamment sur le Djebel Maàdid sur le plateau de Lestah à l'Ouest et Mzaita à l'Est ([Guiraud, 1973](#)).

Les formations gréseuses occupent 1/3 du bassin versant, la série exclusivement gréseuse occupe une surface très réduite se limitant à un affleurement au sud du djebel Morissane. Les séries à alternance de grès et d'argile, de grès et de marne s'étendent sur des surfaces relativement importantes, la première occupe le Nord-est du bassin en un ensemble continu elle présente à sa base une assise argileuse surmontée de grès grossier alternant avec des argiles noires. La seconde affleure en plusieurs endroits discontinus au Sud-Ouest ([Guersas, 2016](#)).

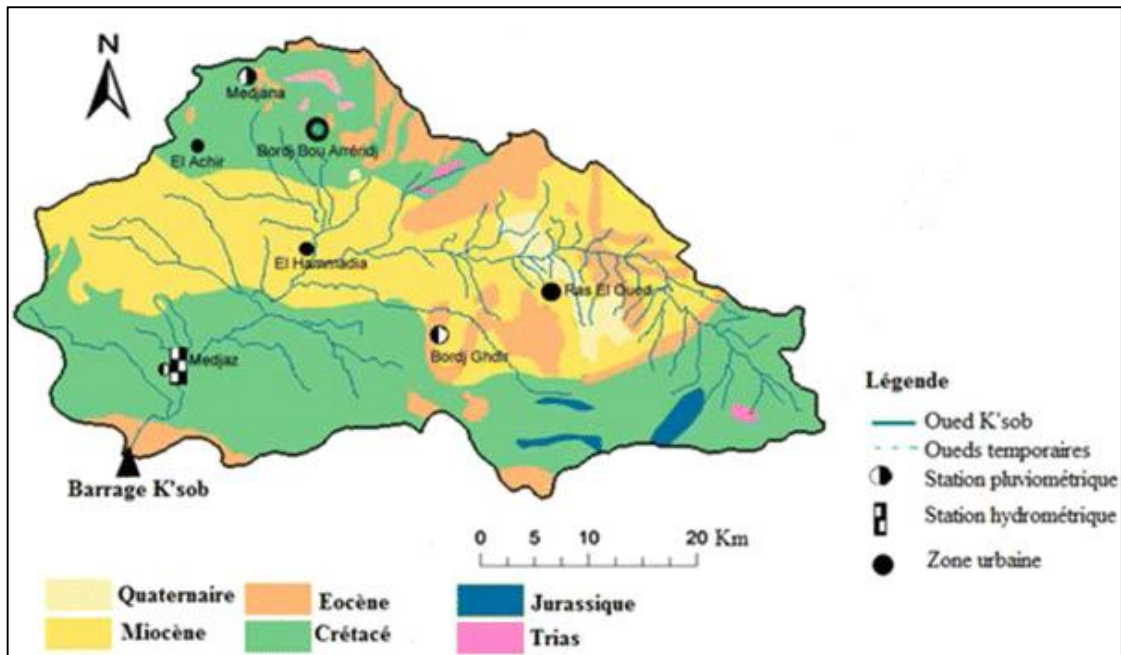


Figure II.7. Lithologie du bassin versant de l'Oued K'sob.

## II.11. Pédologie

Suivant la classification des sols fournie par l'agence nationale des ressources hydrauliques (A.N.R.H), les sols de notre région d'étude ont été divisés en deux classes fondamentales (Tatar, 1985) :

### III.11.1 Première classe

Ce sont des sols peu évoluée, sous-classe des sols d'origine climatique, groupe des sols gris subdésertique. Ces sols sont caractérisés par :

- Un profil du type AC
- Une teneur en matière organique très légère
- Une structure granuleuse ou polyédrique
- Une conductivité inférieure à  $4\mu s/cm$  dans l'ensemble du profil
- Abondance de carbone et de calcium le long du profil

### III.11.2. Deuxième classe

Ce sont halomorphes, sous-classe des sols à structure non dégradée. Ces sols sont caractérisés par :

- Un profil peu évoluée, du type AC
- Une structure généralement polyédrique
- Une conductivité supérieure à  $4\mu s/cm$
- Une quantité de carbone de calcium
- Un pH autour de 8 et souvent plus élevée

Ces sols généralement de grand intérêt agricole jouent un rôle économique important. Leur régime hydraulique très particulier à leurs confère des propriétés spéciales. La composition du



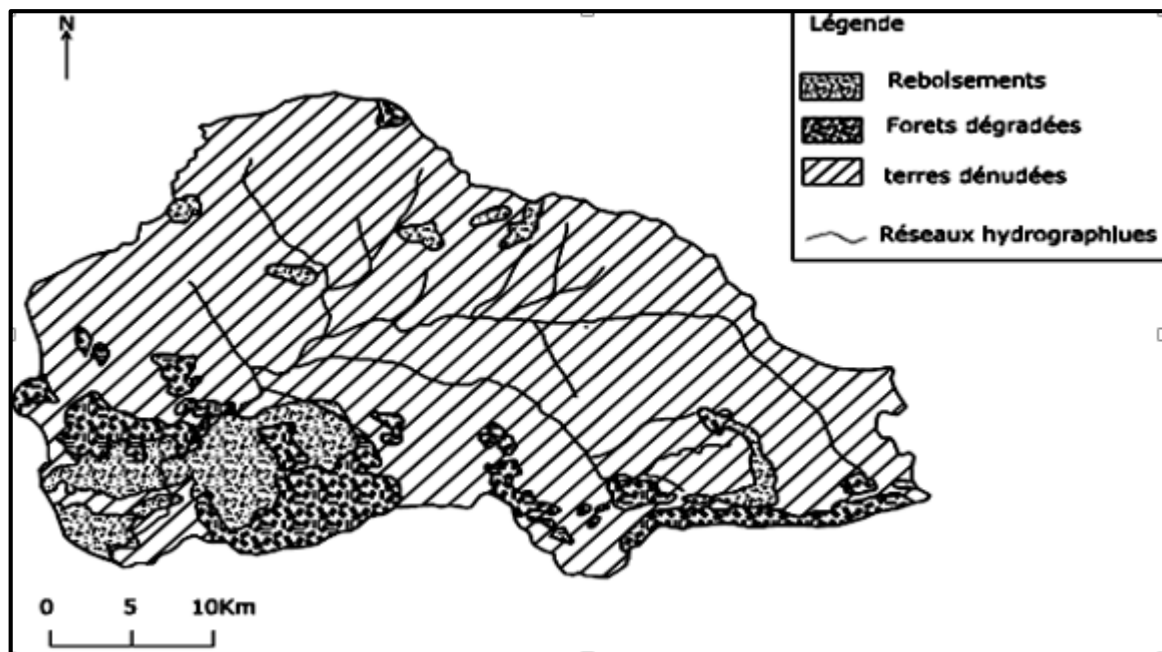
matériau transporté est extrêmement variable, suivant les conditions géomorphologiques et géologique des régions transverses.

Ces sols sont formés au dépend d'un matériau apporté par l'eau. Il présente en général une nappe phréatique à forte oxydation. Ils sont caractérisés par une structure massive, une texture hétérogène, une grande porosité, une bonne aération superficielle et d'importante quantité de matière organique. Les sols alluviaux sur un niveau plus élevé, nous avons, le long du réseau hydrique des terrasses plus ou moins encroûtées, leur étendue de l'activité passé et actuelle des Oueds (Tatar, 1985).

## II.12. Couvert végétal

La répartition du couvert végétal et la part de chaque type de couvert dans le bassin versant dépend des caractéristiques physico-géologiques et des caractéristiques climatiques du bassin.

Le bassin versant d'oued K'sob, présente une couverture végétale forestière plus important : 25% de la surface totale du bassin. Cette prédominance s'explique par la présence de reliefs montagneux importants (Dejebel Maadid), qui s'accaparent une proportion importante de la surface de bassin versant, et par la réalisation de plusieurs programmes de reboisement sur ces reliefs qui entrent dans le cadre, soit de la défense et de la restauration des sols, soit de la protection du périmètre du barrage du K'sob (Bourahla, 2016).



**Figure II.8.** Couverture végétale dans bassin versant de l'oued K'sob.

Les terres de culture représentent 55%, et s'étendent essentiellement sur les plaines de Ras El Oued, Bordj Ghdid, Bordj Bou Arreridj, s'adonnant à la céréaliculture avec jachère. Les surfaces mal protégées ou nues ne représentent que 20%, car les terrains de parcours sont très limités et les conditions pédoclimatiques (pente et épaisseur des sols, précipitation et

températures) sont encore favorables aux pratiques de la céréaliculture traditionnelle (Bourahla, 2016).

**Tableau II.4.** Répartition spatiale de couverture végétale du bassin versant d'Oued K'sob

Type de végétation	Superficies Km <sup>2</sup>	%
Surfaces incomplètement protégées (Céréales, Arboriculture).	724	55
Surfaces bien protégées (Forêts).	340	25
Surfaces mal protégées (terrains nus).	250	20

### II.13. Climat

Le climat en région méditerranéenne est un facteur déterminant en raison de son importance dans l'établissement, l'organisation et le maintien des écosystèmes. Il joue un rôle fondamental dans la distribution et la vie des êtres vivant. Il dépend de nombreux facteurs tels que la température, les précipitations, l'humidité et le vent. La température et les précipitations représentent les factures les plus importantes du climat (Blissag et charabi, 2011).

#### II.13.1. Les données climatiques

Les données climatiques proviennent de la station météorologique de M'sila et couvrent une période de 1991-2013.

Les données recueillies concernent les températures maximales M (°C), les minimales m (°C), et les précipitations P (mm), car c'est la plus proche au barrage K'sob.

**Tableau II.5.** Caractéristiques de la station météorologique de la station de M'sila.

Station	Cordonnées		Altitude	Données disponibles	Période
	Latitude	Longitude			
M'sila	35°40' N	4°30' E	441m	P et T	1991-2013

Source : Station météorologique de M'sila

La station météorologique de M'sila d'une latitude de 35° 45' N, et une longitude de 04° 30' E, se localise dans le nord de la région de M'sila avec une altitude de 441m, située à 20 km au sud de barrage K'sob qui est caractérisée par une latitude de 35° 29' N, et une longitude de 04°31'E, et avec une altitude moyenne de 391 m.

Les paramètres climatiques retenus sont précipitations, les températures, l'évaporation et le vent.

#### II.13.2. Précipitation

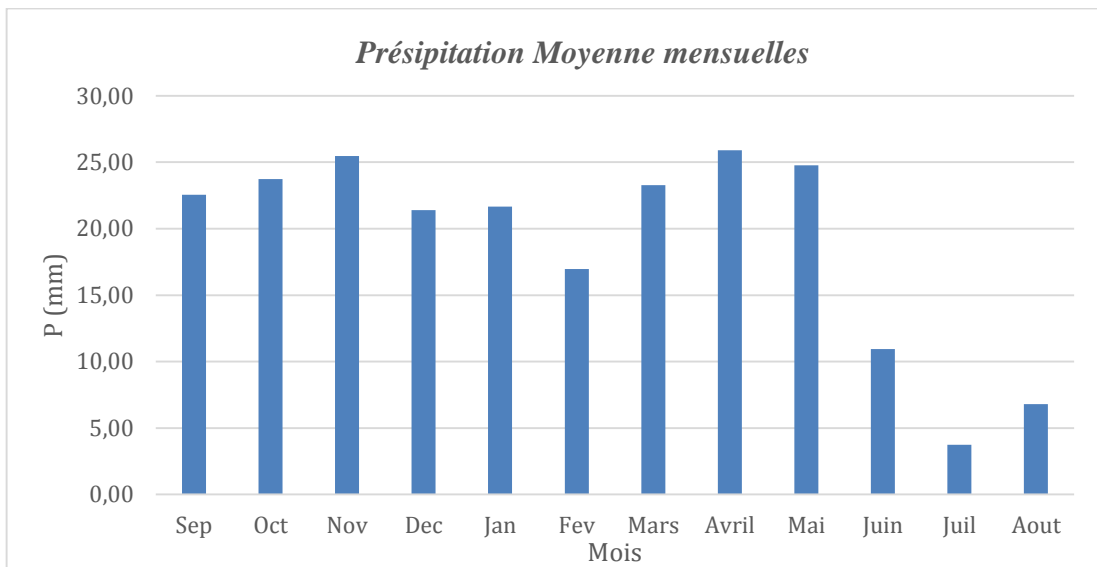
La précipitation constitue un facteur écologique d'importance fondamentale pour le fonctionnement et la répartition des écosystèmes limniques. Selon ce même auteur, les précipitations jouent un rôle important dans l'apparition du tapis végétal (Blissag et charabi, 2011).

**Tableau II.6.** Les précipitations moyennes mensuelles (mm) de la station du barrage K'sob.

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Année
<b>P (mm)</b>	22,5	23,73	25,48	21,40	21,67	16,96	23,28	25,90	24,77	10,95	3,74	6,80	227,23

Source : station de barrage K'sob

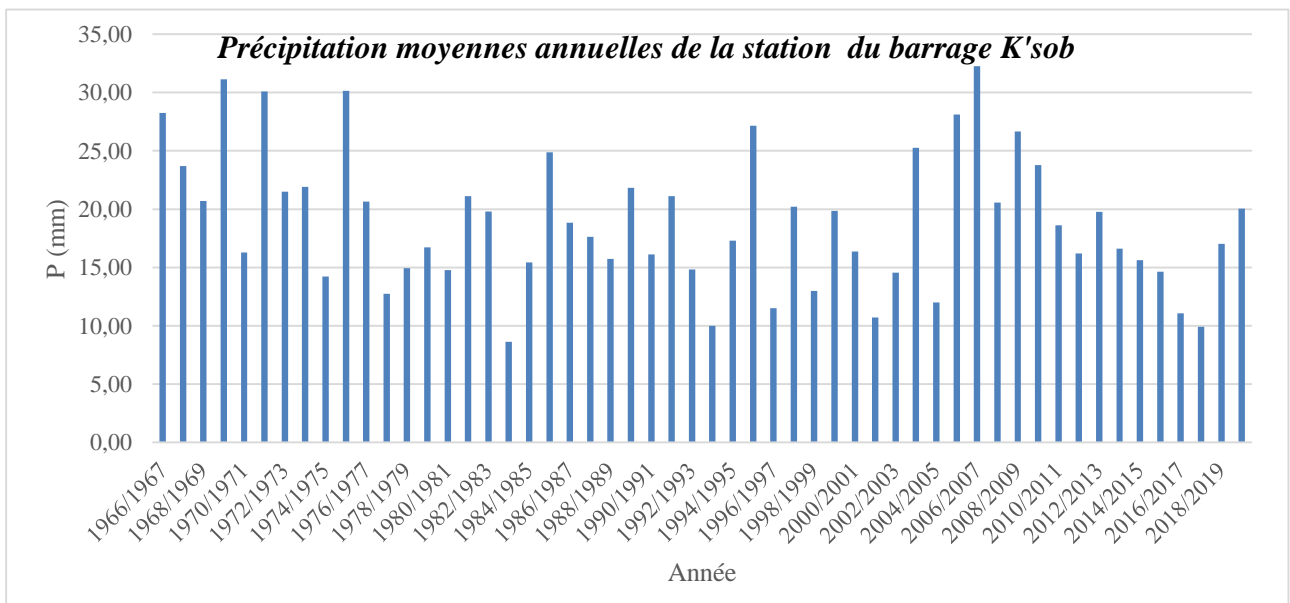
D'après le tableau le mois le plus pluvieux au barrage K'sob est le mois d'Avril 25,90 mm, alors que le mois le plus sec est Juillet 3,74 mm. La moyenne des précipitations annuelles enregistrées est 227,23 mm.



**Figure II.9.** Précipitations moyennes mensuelles de la station du barrage K'sob.

**II.13.2.1. Variation interannuelles**

La précipitation annuelle de la station de M'sila varient de 32,26 mm en 2006-2007 à 8,63 en 1983-1984 cette dernière reçoit en moyenne près de 18,93 mm.



**Figure II.10.** Précipitations moyennes annuelles de la station de barrage K'sob.



**II.13.2.2. Régime saisonnier des précipitations**

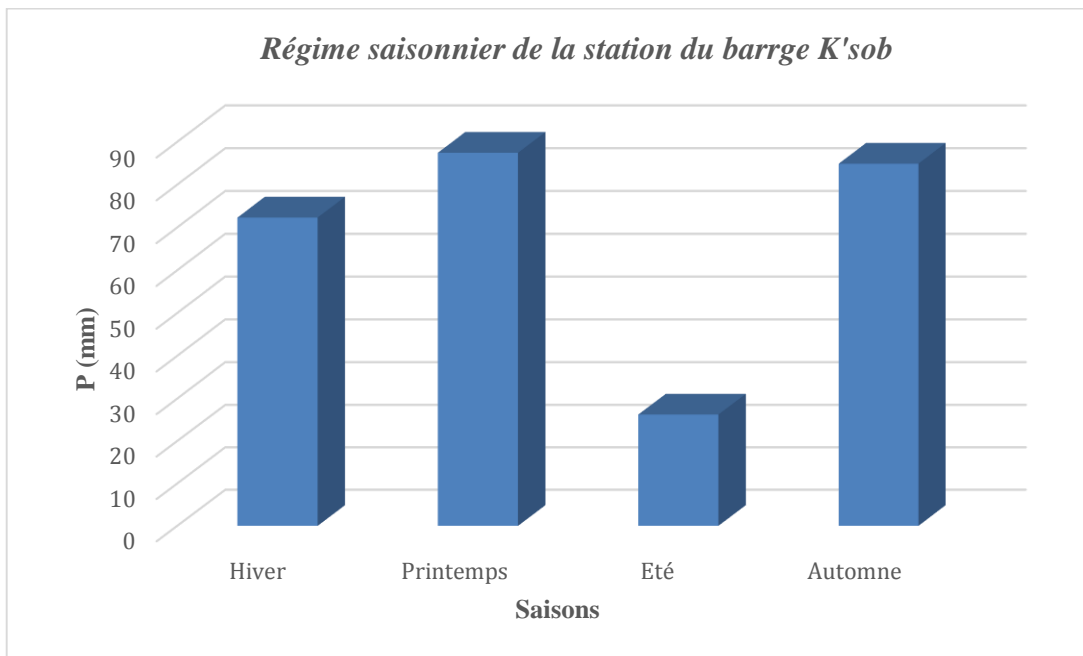
Le tableau ci-dessous représente le totale des précipitations dans chaque saison à la station météorologique de la région de M'sila.

**Tableau II.8.** Le régime saisonnier des précipitations de la station du barrage K'sob

Saison	Hiver	Printemps	Eté	Automne	Type saisonnier
P (mm)	60,03	73,95	21,49	71,76	PAHE
P (%)	26,41%	32,54%	9,45%	31,58%	

Source : station de barrage K'sob

Le tableau permet de caractériser le régime pluviométrique en fonction des saisons. Le régime saisonnier est de type PAHE ceci signifie que le Printemps est la saison la plus arrosée avec 87.43 (42.06%) alors que l'été est la saison la plus sèche avec 26.23 (12.62%).



**Figure II.11.** Régime saisonnier des précipitations de la station du barrage K'sob.

**II.13.2. La température**

La caractéristique de la température en un lieu donné se fait généralement à partir de la connaissance d'au moins cinq variables importantes qui sont les moyennes des minimums et des maximums, la moyenne mensuelle, le minimum absolu et le maximum absolu ainsi l'amplitude thermique (Djebaili, 1984).

**Tableau II.9.** Moyennes mensuelles et annuelles des températures de la station de M'sila.

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Année
m (°C)	19,2	14,5	8,3	4,6	3,6	4,3	7,6	10,4	16,0	20,9	24,5	24,2	13,2
M (°C)	32,1	25,7	18,9	14,3	14,0	16,2	20,2	23,0	28,0	34,8	38,8	38,1	25,3
Tmoy (°C)	25,7	20,1	13,6	9,5	8,9	10,3	13,9	16,7	22,0	27,9	31,7	31,2	19,3

Source : station météorologique de M'sila

La température moyenne annuelle dans la zone d'étude est évaluée à 19.3°C. La variation des températures moyennes mensuelles montre que le mois de Janvier est le mois le plus froid (8.9 °C) bien que le mois de Juillet est le mois le plus chaud (31.7 °C).

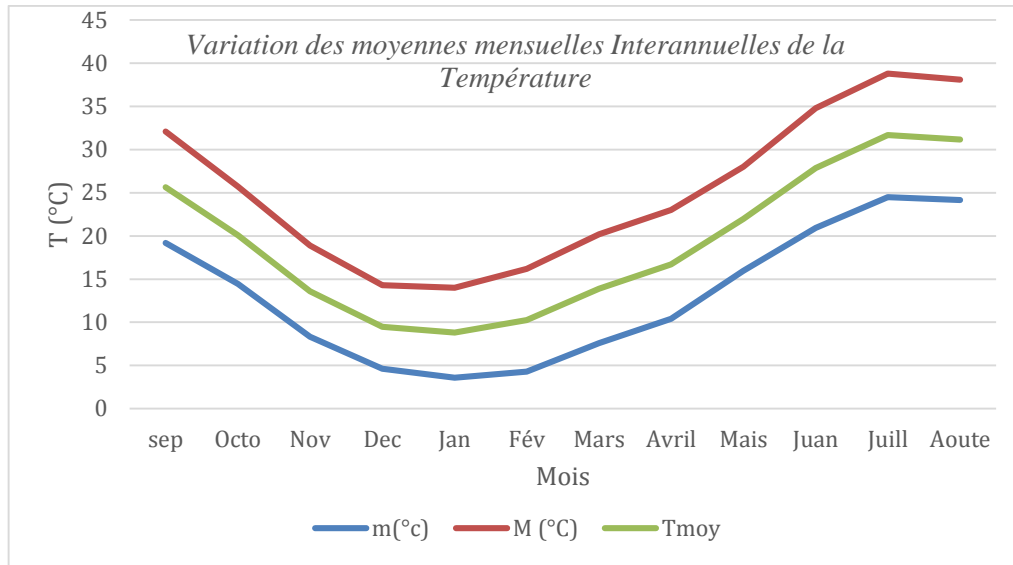


Figure II.12. Températures moyennes mensuelles annuelles des minimales, moyennes et maximales de la température (°C) de la station de M'sila.

II.13.3. Vent

Le vent est déplacement de l'air au sein de l'atmosphère. Il est nait sous l'effet des différences de températures et de pressions. Ainsi, lorsqu'il existe une différence de pression entre deux points, l'air circule de l'endroit où la pression est la plus élevée (où l'air est froid) vers l'endroit où elle est la moins élevée (où l'air est chaud), en d'autres termes, l'air se déplace de la haute pression vers la basse pression. Le grand responsable de ce phénomène est le soleil (Lazaar, 2009).

Tableau II.10. Moyennes mensuelles annuelles de la vitesse du vent m/s.

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Année
Vent (m/s)	4	3,6	3,6	3,8	3,6	4	4,3	5,1	4,6	4,6	4,3	3,9	4,10

Source : Station météorologique de M'sila

Quelles que soient leurs directions, les vents qui soufflent sur M'sila, ont des vitesses relativement faibles qui vont de 3,6 m/s enregistré en mois de Juin, Octobre et Novembre et la vitesse maximale peuvent atteindre 5.1 m/s en Avril.

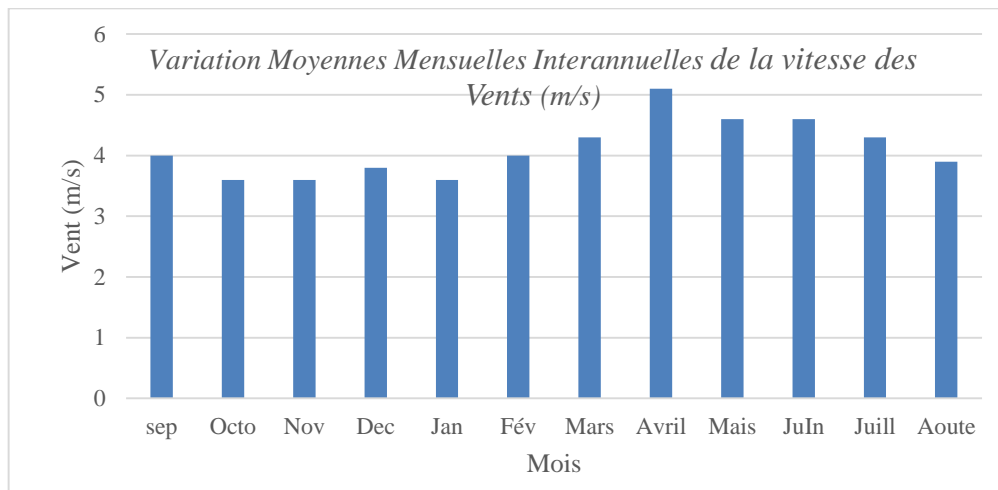


Figure II.13. Variation des Moyennes mensuelles Annuelles de la vitesse du vent de la station de M'sila (m/s)

II.13.4. Humidité relative

L'humidité relative indique que l'état de l'atmosphère est plus ou moins proche de la condensation, c'est-à-dire la valeur de l'humidité relative à laquelle correspondent les sensations d'humidité ou sécheresse de l'air (Seltzer, 1864).

Tableau II.11. Moyenne mensuelles et annuelles de l'humidité en (%) de station de M'sila

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Année
H (%)	54,2	61,0	69,3	75,0	74,1	66,7	60,7	56,7	50	42,5	36,8	39,2	57,2

Source : station météorologique de M'sila

D'après le tableau nous constatons que le mois de décembre présente l'humidité la plus élevée (75.0%), par contre la plus faible moyenne mensuelle est enregistrée pendant le mois de juillet avec (36.8%) la moyenne annuelle sur la zone d'étude 57.18%.

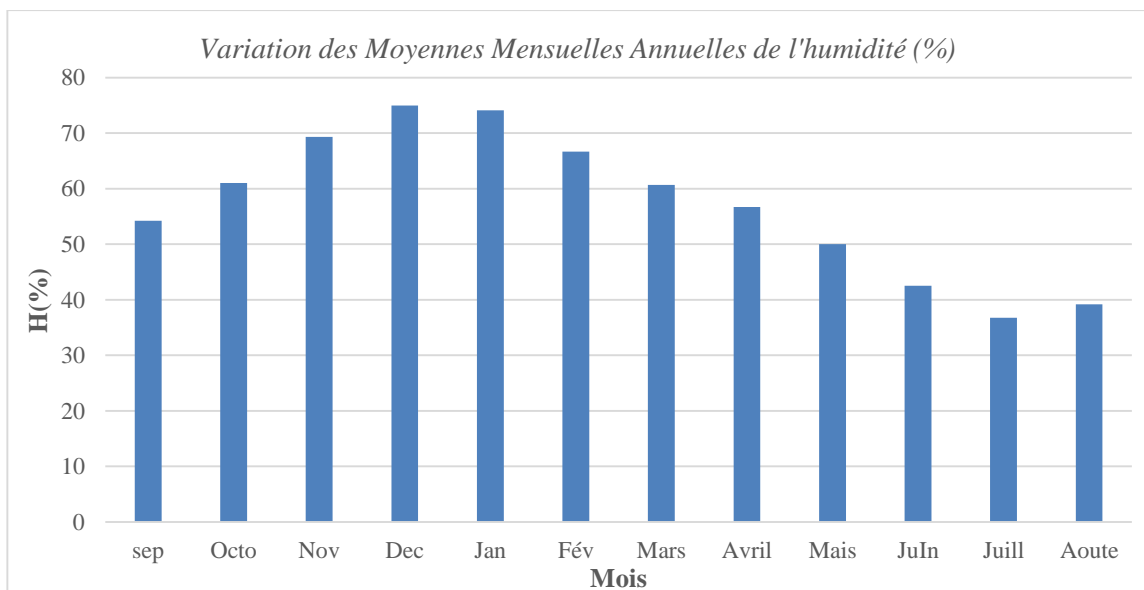


Figure II.14. Variation des Moyennes mensuelles annuelles de l'humidité de la station de M'sila.

### II.13.5. Evaporation

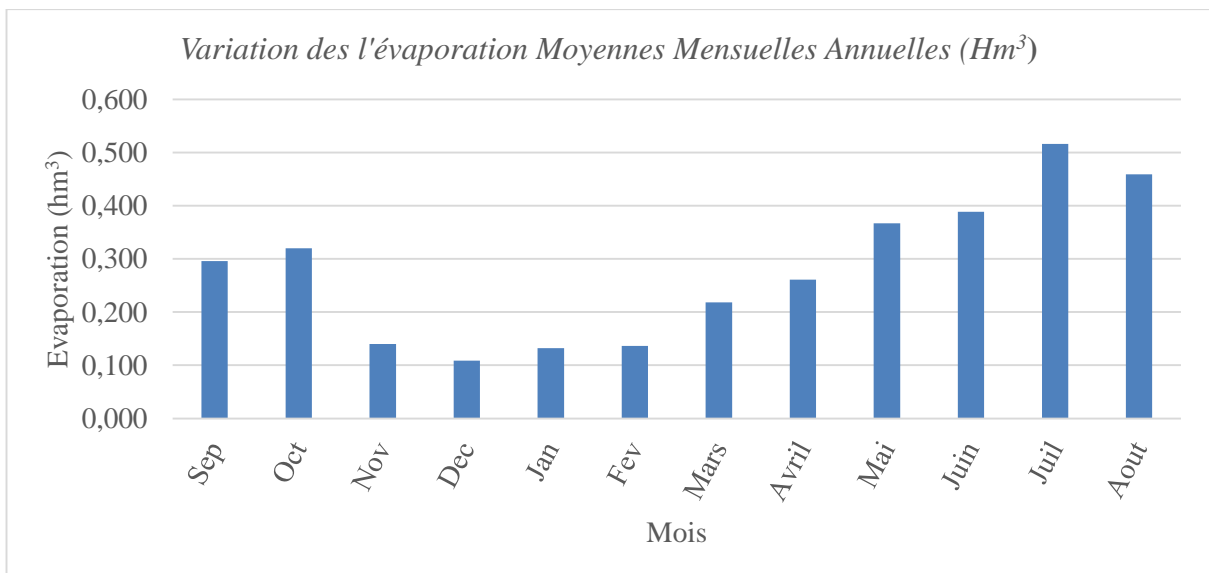
L'évaporation est définie, comme étant une restitution de l'eau sous forme de vapeur de la surface terrestre à l'atmosphère. Elle est donc un élément très important pour l'établissement du bilan hydrique, et dépend de plusieurs paramètres : la température, les précipitations, l'humidité de l'air, ..... etc. (Remini, 2010).

**Tableau II.12.** Moyennes mensuelles annuelles de l'évaporation de station de M'sila.

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Année
EV (Hm <sup>3</sup> )	0,29	0,32	0,14	0,10	0,13	0,13	0,21	0,26	0,36	0,38	0,51	0,45	3,28

Source : Station du barrage K'sob

Le tableau suivant montre que le mois qui représente une quantité d'évaporation plus élevée est le mois de juillet, avec une humidité de 0,51 hm<sup>3</sup>. Bien que le mois de Décembre présente la valeur la plus faible de l'évaporation 0,10 hm<sup>3</sup>. La moyenne de l'évaporation annuelle enregistrée est 3,28 hm<sup>3</sup>.



**Figure II.15.** Evaporation moyenne mensuelle annuelle de station du barrage K'sob.

## II.14. La synthèse climatique

### II.14.1. Diagramme Ombrothermique

Cet indice tient compte des moyennes mensuelles des précipitations (P en mm) et de la température (T en C°) et donne une expression relative de la sécheresse estivale en durée et intensité. Celle-ci est appréciée à travers un indice de sécheresse (S= Indice Ombrothermique) calculé en faisant la différence entre les courbes P et T pour le et les mois le plus secs (P=2T).

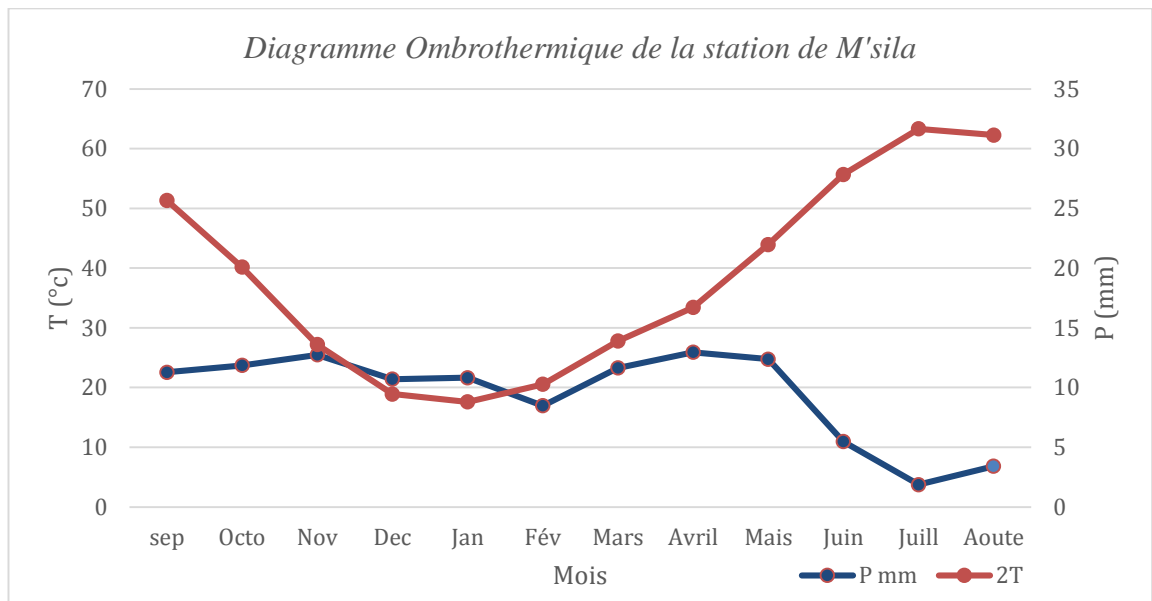


Figure II.16. Diagramme Ombrothermique de station du M'sila.

Selon le diagramme Ombrothermique, la période de sécheresse pour la région de M'sila est débuté au mois de Janvier jusqu'au mois de Novembre. La période humide pour la région de M'sila est débuté au mois de décembre jusqu'au mois de janvier.

**II.14.2. Quotient pluviothermique d'Emberger**

Emberger a défini les étages bioclimatiques en se basant sur deux facteurs ; la détermination des saines sèches et humides qui est représentée par le quotient pluviothermique Q<sub>2</sub> (Ozenda, 1982).

La formule est la suivante :

$$Q_2 = \frac{1000 P}{\left(\frac{M+m}{2}\right)(M-m)}$$

$$\frac{M+m}{2} : \text{Température Moyenne}$$

P : Précipitation moyenne annuelle en mm

(M-m) : Amplitude thermique extrême en °K

M : Moyenne des maxima du mois le plus chaud °K (°K : kelvin).

Tableau II.13. Valeurs du quotient pluviométrique de la région de M'sila.

Station	P (mm)	m (k)	M (k)	Q <sub>2</sub>	Etage bioclimatique
M'sila	227,23	276,60	311,82	21,92	Aride

Les valeurs du quotient correspondant les étages bioclimatiques et à celle des températures minimales du mois le plus froids. Selon la projection de la température minimale (m) sur l'axe des abscisses et le Quotient d'Emberger (Q<sub>2</sub>) sur l'axe des ordonnées, on trouve que l'étage bioclimatique de la région de M'sila est « Aride ».

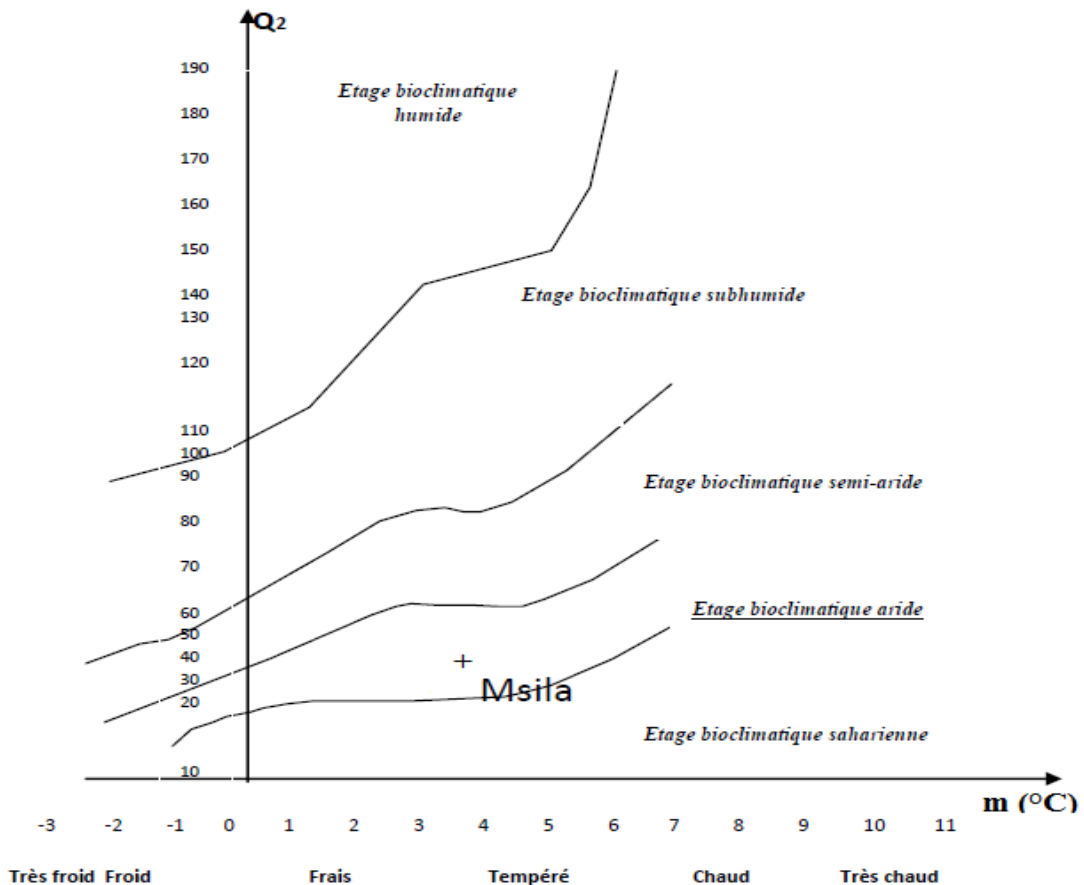


Figure II.17. Climagramme d'Emberger de la région du M'sila.

## Conclusions

Le bassin versant de l'oued K'sob est un sous bassin du grand bassin de Chott El Hoddna, il est situé dans sa partie Nord. Le K'sob est constitué de deux ensembles physiques distincts, il s'agit bordures montagneuses, entre lesquelles s'étend une vaste plaine, appelée hautes plaines de Bordj Bou Arreridj. Il se caractérise par une structure complexe et charriée ; très écalée et très varié dans des formations secondaires ; comme les calcaires, les grés, les schistes, les marnes, et les formations triasiques.

La couverture végétale est pauvre, en exception de quelques régions limitées, les zones d'irrigation au niveau de la plaine de M'sila et au niveau des monts de Messaad, Maadhid, Hourane.



# CHAPITRE III

## Bilan Hydrologique





## Introductions

Le calcul des termes du bilan hydrologique (précipitations, apport, évaporation) relatif à la période pluriannuelle considérée, permet d'établir des comparaisons spatiales entre les années observées. Les fortes nuances spatiales des bilans trouvent leur explication dans la variété des contextes hydrologiques et l'influence relative de chacun des facteurs conditionnels (Aidoudi, 2012).

L'objectif de ce chapitre est d'analyser la variation des différents paramètres hydrologique (précipitation, apport, volume, fuit) du barrage K'sob, cette analyse préliminaire servira ensuite pour établir le bilan hydrologique du barrage.

### III.1. Bilan hydrologique

Etablir le bilan en eau d'une région sur une période donnée c'est chiffrer les quantités d'eau qui entrent et sortent des différents bassins versants qui la composent (le bassin versant d'une rivière est la zone à l'intérieur de laquelle l'eau précipitée s'écoule et converge vers la rivière) (Aidoudi, 2012).

### III.2. Les éléments du bilan hydrologique d'un barrage

Afin d'étudier le bilan hydrologique d'un barrage il est important de connaître les volumes d'eau qui entrent en jeu et qui ressortent. Ceux-ci sont la base d'un bilan hydrologique, sur une année par exemple, qui caractérisera le fonctionnement d'un réseau hydrographique.

En peut utiliser une autre présentation de l'équation du bilan hydrologique sous forme de :

$$\Delta V = \text{Entrées} - \text{Sorties}$$

#### III.2.1. Les entrées

##### III.2.1.1. Les apports d'eau

L'apport en eau se définit comme la quantité d'eau dérivée des mesures de volume non régularisés dans une zone géographique donnée transféré vers l'exutoire du bassin versant. Le volume d'eau est la quantité d'eau de ruissellement en surface provenant de l'eau des précipitations ou de l'accumulation annuelle de neige. Le débit englobe les processus hydrologiques (interception, infiltration et évapotranspiration), l'état du stockage d'eau (lacs, aquifères, accumulation annuelle de neige) dans un bassin hydrographique et dépend de variables climatiques (comme la température) et physiographique (la topographie) (Musy, 2003).

##### III.2.1.2. Les précipitations

Les précipitations constituent un phénomène qui décrit le transfert de l'eau, dans une phase liquide (pluie) ou solide (neige, grêle), entre l'atmosphère et le sol. Au-dessus des continents, les précipitations représentent l'élément le plus important du cycle hydrologique,

leur volume étant supérieur à celui des autres composantes. D'après le principe de conservation de la masse et en considérant l'échelle de la planète pendant une période de temps suffisamment longue, les précipitations sont égales à l'évaporation (Llamas, 1993).

### III.2.2. Les sorties

#### III.2.2.1. L'irrigation

Généralement on parle d'arrosage pour les petites surfaces (jardinage) réservant le terme d'irrigation pour les surfaces plus importantes (agriculture de plein champ, horticulture), mais il n'y a pas de norme en la matière. Selon le glossaire international d'hydrologie, l'irrigation c'est un apport artificiel d'eau sur des terres à des fins agricoles (Ratsizafy, 2018).

Pour estimer l'impact de ces prélèvements d'irrigation dans un barrage, nous procédons de la même manière que pour le bilan hydrologique, à deux différences près :

- Les apports sont diminués de prélèvements
- L'inconnue est la variation de volume de lac ou si l'on préfère, la variation de niveau

#### III.2.2.2. L'Evaporation

L'évaporation est la transformation d'eau en vapeur d'eau, et un processus physique de transfert d'eau vers l'atmosphère qui affecte toutes les masses d'eau présentes sur terre. Considérons le cas spécifique de la surface libre d'un lac ou d'un réservoir. Le taux d'évaporation s'exprime généralement en mm/mois ou mm/an (Baudouin, 2009).

#### III.2.2.3. Le déversement du barrage

La majorité des ouvrages hydrauliques sont équipés de seuil évacuateur de crues ou déversoirs qui permettent d'évacuer des débits importants lorsque le niveau de la retenue est élevé. Le dimensionnement de ces seuils est fondamental pour la sécurité des ouvrages, car il permet d'éviter que le niveau n'atteigne des cotes pour lesquelles la sécurité de l'ouvrage ne serait plus assurée. La réglementation définit les périodes de retour de crue face auxquelles doivent résister les ouvrages selon leur taille et leur utilisation (Labion, 2015).

#### III.2.2.4. Les fuites

Les fuites d'eau sont inévitables quel que soit l'emplacement d'un barrage. Elles ont lieu non pas à travers le corps de l'ouvrage, mais à travers les rives et les fondations. En raison de la forte poussée hydrostatique exercée par l'eau de la retenue sur le fond et les berges de l'ouvrage, un volume d'eau s'infiltré et s'évacue. En effet, le volume moyen perdu annuellement a été évalué à 40 millions de m<sup>3</sup> d'eau (Remini, 2005).

#### III.2.2.5. La Vidange de fond du barrage

Pour des questions de sécurité les barrages sont vidés tous les 10 ans : ainsi le mur, les vannes et les infrastructures pourront être contrôlés. Mais lors de cette opération, une partie de

la matière accumulée au droit du barrage et dans la retenue, sera transférée à l'aval. Elle ira polluer et colmater la rivière entrainante, d'une part, la mort des êtres vivants, d'autre part la pollution des prises d'eau potable. Lors de la vidange des barrages ou simplement lors de simples lâchers d'eau liées à l'exploitation des ouvrages hydroélectriques, le niveau de l'eau à l'aval des barrages monte rapidement, pouvant mettre de danger les personnes qui s'y trouveraient (Aidoudi, 2012).

### III.2.2.6. L'infiltration

L'infiltration qualifie le transfert de l'eau à travers les couches superficielles du sol, lorsque celui-ci reçoit une averse ou s'il est exposé à une submersion. L'eau d'infiltration remplit en premier lieu les interstices du sol en surface et pénètre par la suite dans le sol sous l'action de la gravité et des forces de succion (Llamas, 1993).

### III.3. La collecte des données du bilan du barrage K'sob

Les données ont été collectées auprès direction de barrage K'sob M'sila, qui nous a fourni un fichier de donnée journalières allant de 1966 à 2020, soit 54 années appelé Compte Rendu Mensuel du barrage K'sob « CRM ». Ces données sont considérées comme les paramètres de l'équation de bilan hydrologique du barrage.

### III.4. Statistiques des CRM du barrage K'sob

Tableau III.1. Statistique des données CRM du barrage K'sob.

Statistiques	Apport (Hm3)	Inflow	IRRRI (Hm3)	FUITES (Hm3)	V.FOND (Hm3)	DEMIF. EVAC. (Hm3)	SUREA (Hm3)	V. DEVAS (Hm3)	DRAGAGE (Hm3)	EV	Outflow	VOLUME (Hm3)	REPLI (%)
Moyenne (mm)	3,64	3,64	1,13	0,17	0,52	0,03	0,59	0,09	0,01	0,28	2,83	14,6	62,06
Max (mm)	15	15	2,1	1,37	3,22	0,86	3,94	1,73	0,19	0,49	7,3	219	97,6
Min (mm)	0,61	0,61	0,04	0,06	0	0	0	0	0	0,04	0,25	0,8	12,96
Ecart-Type (mm)	2,7	2,7	0,45	0,22	0,81	0,14	1,1	0,3	0,03	0,1	1,68	29,3	24,25
Coef. d'Asymétrie	1,78	1,78	-0,2	3,93	2,03	5,14	2,1	4,69	3,71	-0,7	1	6,65	-0,41
Coef. De Variation	1,35	1,35	2,52	0,77	0,64	0,25	0,54	0,3	0,39	2,8	1,68	0,5	2,55
Etendu	14,4	14,4	2,06	1,32	3,22	0,86	3,94	1,73	0,19	0,45	7,05	218	84,64

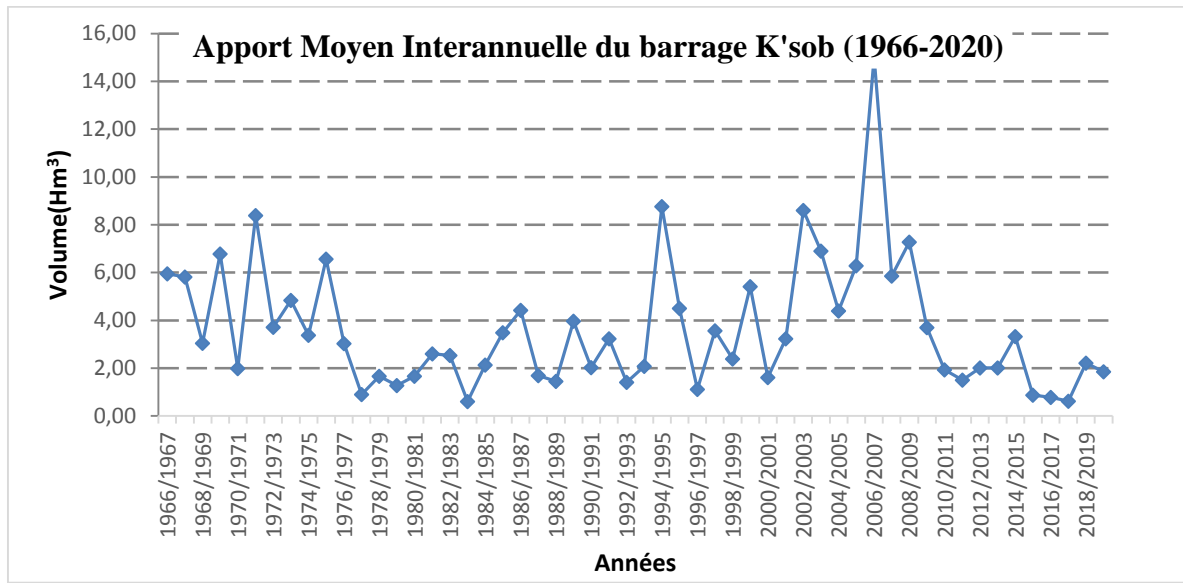
A travers le tableau, il est possible de comparer les deux principaux éléments du barrage K'sob, car nous notons que le Volume des Apports représente la plus grande partie des entrées (3,64 mm), tandis que le volume d'irrigation (1,3hm<sup>3</sup>) représente la plus grande partie des sorties du barrage K'sob.

**III.5. Etude de la variabilité des éléments du bilan hydrologique**

**III.5.1. Les Apports**

L'étude des apports d'eau entrants au barrage K'sob sera basée sur les données acquises de la direction du barrage K'sob de M'sila. Les données CRM dispose une série d'observations de 54 années.

Grâce aux observations des apports du barrage K'sob, nous avons enregistré le volume des apports interannuelle.



**Figure III.1.** Variation Interannuelle des Apports du barrage K'sob (1966-2020).

L'évolution des apports au barrage K'sob durant la période d'étude montre bien une irrégularité soulignée, on constate que le débit le plus élevé a été enregistré au cours de la période (2006-2007) pour atteindre 15 hm<sup>3</sup>.

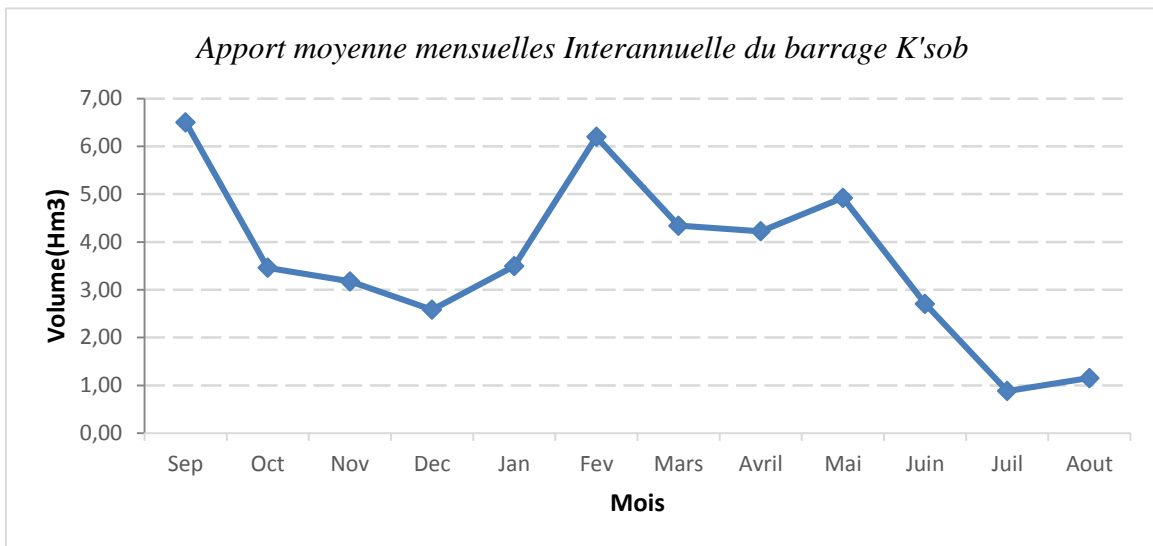
A l'opposé, on remarque sur le même graphique des années où l'apport est assez faible, comme c'est le cas de l'année 1977-1978, 1983-1984, 2017-2018 avec les apports successives suivant 0,90 hm<sup>3</sup>, 0,61 hm<sup>3</sup>, 0,62 hm<sup>3</sup>.

En général par la comparaison des apports des différentes années, la variation de l'apport étant due au climat de la région (précipitations).

**III.5.1.1. Apport moyenne mensuelle Interannuelle du barrage**

**Tableau II.2.** Apports moyens mensuelles interannuelles du barrage K'sob.

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Total
Apport (Hm <sup>3</sup> )	6,54	3,46	3,18	2,58	3,49	6,20	4,34	4,23	4,92	2,71	0,88	1,15	43,69

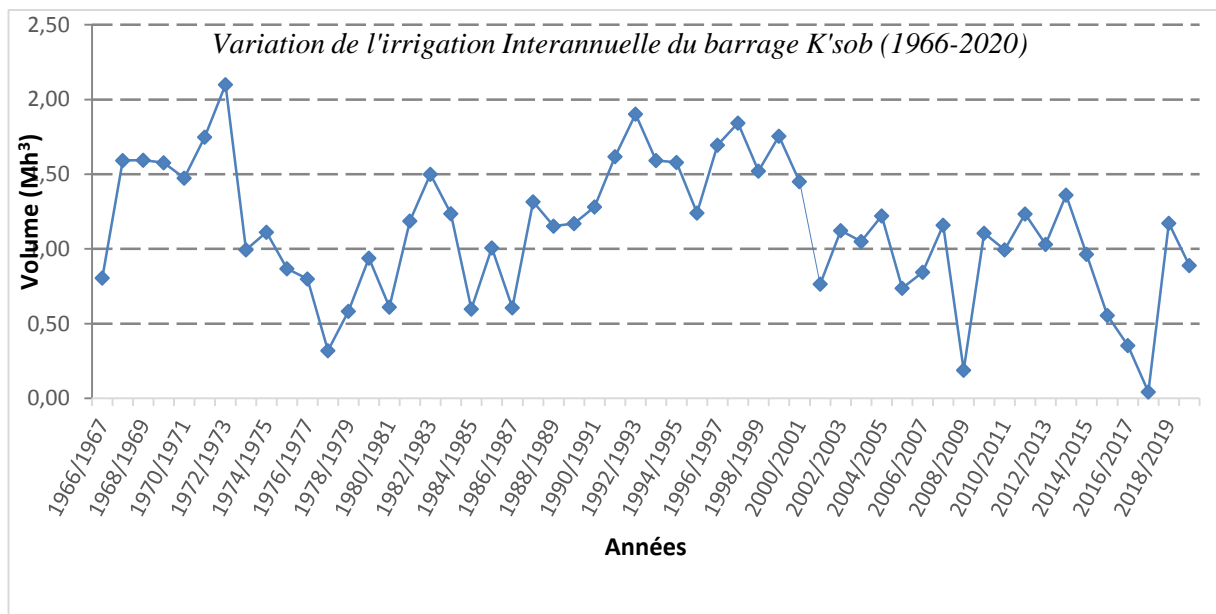


**Figure III.2.** Apports moyens mensuelles interannuelles du barrage K'sob.

D'après le graphique nous notons que le mois de septembre présente l'Apport le plus élevée (6,50 hm<sup>3</sup>), par contre la moyenne mensuelle interannuelle la plus faible est enregistrée pendant le mois de juillet (0,88 hm<sup>3</sup>).

### III.5.2. L'Irrigation

Le barrage K'sob est considéré comme une source importante pour l'irrigation des périmètres de M'sila avec une capacité estimé à 29,5 Hm<sup>3</sup>.



**Figure III.3.** Variation Interannuelle de l'irrigation au barrage K'sob.

Le graphe de la Figure III.3 présente la variation du volume d'irrigation annuelle du barrage K'sob au cours de la période d'étude. On constate que le volume le plus élevé est de 2,10 hm<sup>3</sup> enregistré pendant l'année 1972-1976, en raison de la surélévation du barrage alors que nous avons enregistré 0,4 hm<sup>3</sup> en 2018 comme volume d'irrigation le plus bas.

#### III.5.2.1. L'irrigation moyenne mensuelle Interannuelle du barrage

Tableau II.3. L'irrigation moyennes mensuelles interannuelles du barrage K'sob.

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Total
L'Irrigation (Hm3)	0,74	0,8	1,05	1,11	0,87	1,43	1,89	1,70	1,09	0,91	1,09	0,98	13,66

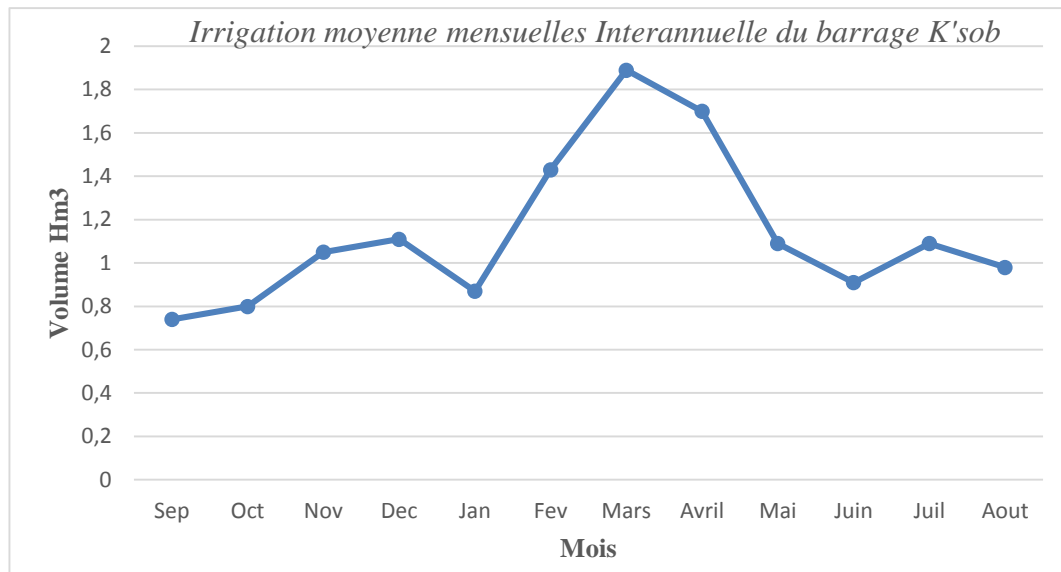


Figure III.4. Irrigation moyennes mensuelles interannuelles du barrage K'sob.

D'après le graphique de l'irrigation moyennes mensuelles interannuelles du barrage K'sob, nous notons que le mois de Mars présente le volume d'irrigation le plus élevée (1,89 hm<sup>3</sup>), par contre la moyenne mensuelle interannuelle la plus faible est enregistrée pendant le mois de septembre (0,70 hm<sup>3</sup>).

### III.5.3. Les Fuites

Les fuites du barrage K'sob au cours d'une série d'études sur une période de 54 ans était une approximation constante jusqu'à 1972-1976.

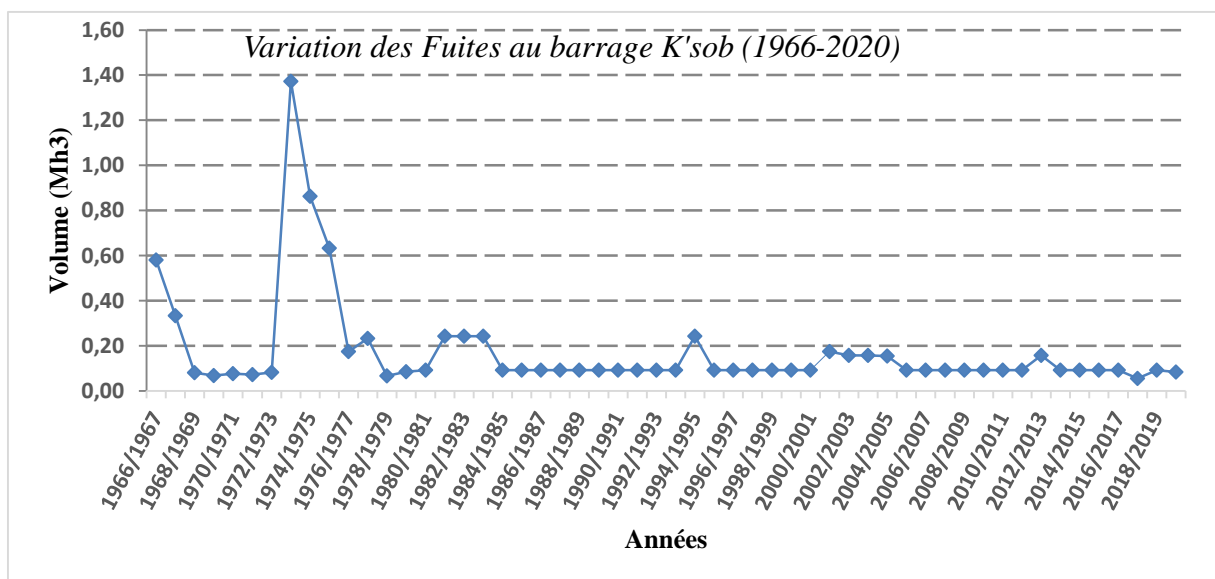


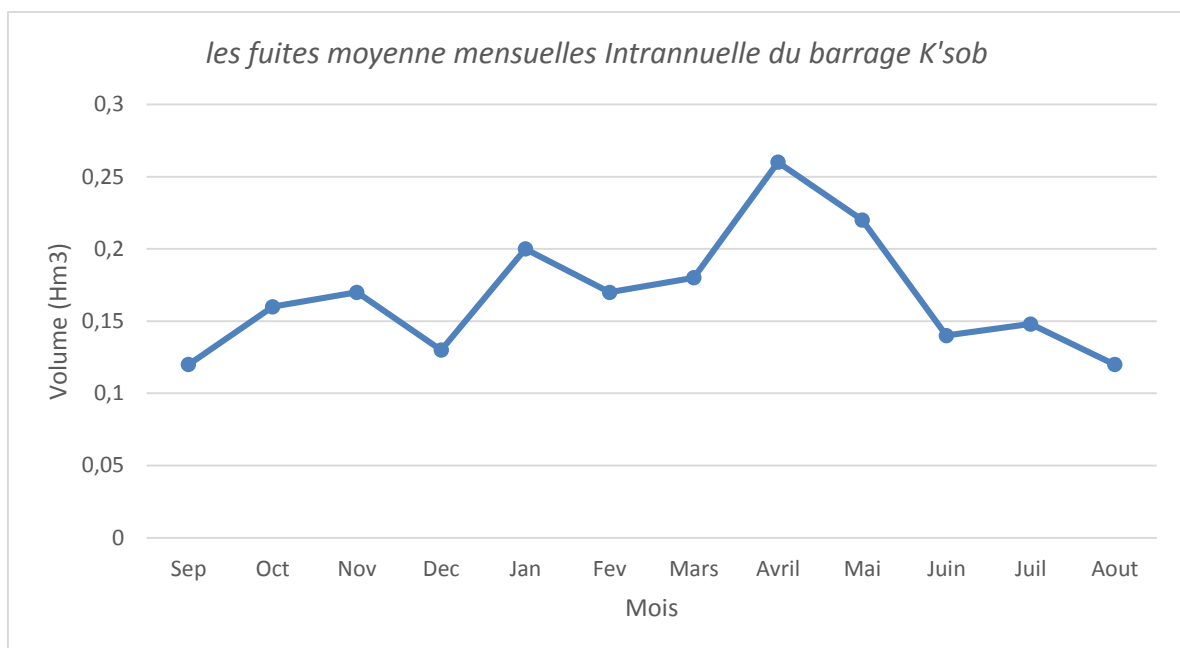
Figure III.5. Variation Interannuelle des fuites au barrage K'sob.

En observant les volumes des fuites du barrage K'sob on constate qu'ils ont presque constants et avec des très faibles valeurs, à part les fuites de la première mise en eau pendant les deux premières années, l'autre période de qui ont connu des grands volumes des fuites sont entre 1972-1976, C'est pendant cette période que la surélévation du barrage est établie et le remplissage à nouveau en 1976.

### III.5.3.1. Les fuites moyenne mensuelle Interannuelle du barrage

**Tableau II.4.** Les fuites moyennes mensuelles interannuelles du barrage K'sob

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Total
Fuites(Hm <sup>3</sup> )	0,12	0,16	0,17	0,13	0,20	0,17	0,18	0,26	0,22	0,14	0,14	0,12	2,06



**Figure III.6.** Les fuites moyennes mensuelles interannuelles du barrage K'sob

D'après le graphique nous notons que le mois d'Avril présente le volume des fuites le plus élevé (0,26 Hm<sup>3</sup>), et les deux mois de septembre et Août présentent le volume la plus faible (0,12 Hm<sup>3</sup>). Donc l'augmentation de l'apport d'eau entrée augmente le risque des fuites à l'échelle annuel.

### III.5.4 Evaporation

Evaporation du barrage K'sob sur la période d'observation 1966-2020 est présentée sur le graphique suivant :



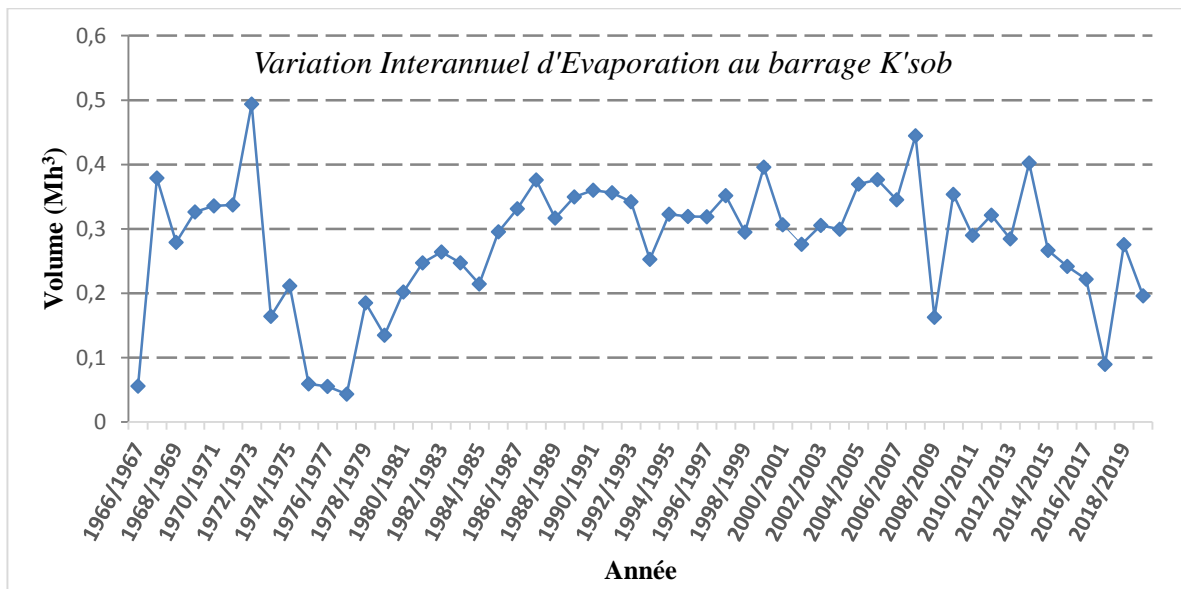


Figure III.7. Variation Interannuelle d'évaporation au barrage K'sob.

Le graphique de la variation Interannuelle d'évaporation pendant la période de 54 ans, montre que le barrage K'sob a connu la plus grande évaporation pendant l'année 1972-1973, avec un volume évaporé de 0,49 hm<sup>3</sup> enregistré pendant l'année 1972-1973, par contre le volume le plus faible enregistré est 0,04 hm<sup>3</sup>, pendant l'année 1999-2000.

L'évolution de l'évaporation annuelle suit en général le rythme saisonnier, il est lié à la température, plus la température est élevée, plus l'évaporation est importante.

III.5.4.1. L'Evaporation moyenne mensuelle Interannuelle du barrage

Tableau II.5. Moyennes mensuelles annuelles de l'évaporation de station de M'sila.

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Année
EV (Hm <sup>3</sup> )	0,29	0,32	0,14	0,10	0,13	0,13	0,21	0,26	0,36	0,38	0,51	0,45	3,28

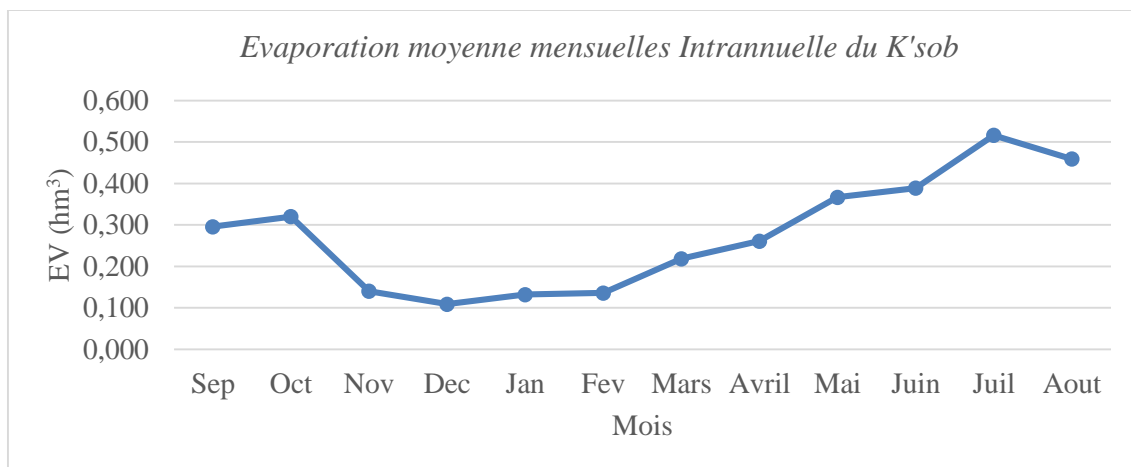


Figure III.8. Evaporation moyennes mensuelles interannuelles du barrage K'sob.

Le graphe montre que le mois qui représente une quantité d'évaporation est le mois de juillet avec plus  $0,51\text{hm}^3$ . Bien que le mois de décembre présente la valeur la plus faible de l'évaporation avec  $0,10\text{hm}^3$ . La moyenne de l'évaporation annuelle est  $3,28\text{hm}^3$

### III.5.5. Variation saisonnière interannuelle de volume

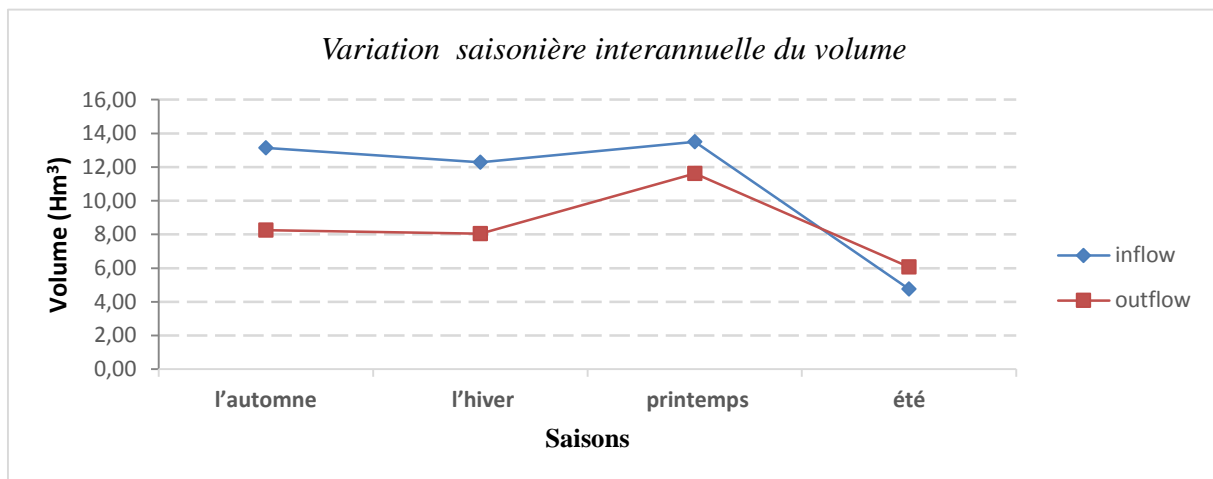
Variation saisonnière = Inflow - Outflow

Inflow : les entrées du barrage (pluie+ Apport)

Outflow : les sorties du barrage (irrigation+ fuit+ V-fond+ Dévasement+ Evac.Demi. F + Evacuation Surface + Dévasement + dragage + évaporation)

**Tableau III.6.** Variation saisonnière interannuelle du volume du barrage

Saison	Inflow	Outflow
Automne	13,14	8,26
Hiver	12,28	8,04
Printemps	13,49	11,61
Été	4,75	6,07



**Figure III.9.** Variation saisonnière interannuelle des volumes entrés et sorties du barrage K'sob.

On remarque à travers le graphique de la variation saisonnière du volume des entrées que les valeurs des trois saisons sont très proches (automne, hiver et le printemps) avec une valeur moyenne de  $13\text{hm}^3$ . Par contre la diminution est significativement marquée pendant la saison estivale ( $6,07\text{hm}^3$ ) et devient inférieure au volume des sorties avec  $6,07\text{hm}^3$ . Quant au outflow augmente en printemps et atteints  $11,61\text{hm}^3$ .

### III.6. Etude du bilan hydrologique

Tout bilan hydrologique se trouve-t-il directement influencé par les nuances du climat, plus spécialement en sa qualité de l'eau pose la question de l'efficacité. La capacité maximale du réservoir est estimée actuellement a moins de  $25\text{hm}^3$  du volume d'eau. (Benkadja et al, 2012).

### III.6.1. L'établissement du bilan hydrologique

Pour rappel le modèle est défini par l'équation fondamentale qui décrit l'équilibre entre les apports et les pertes en eau. Il s'écrit comme suit :

$$\Delta V = \text{Entrées} - \text{Sorties}$$

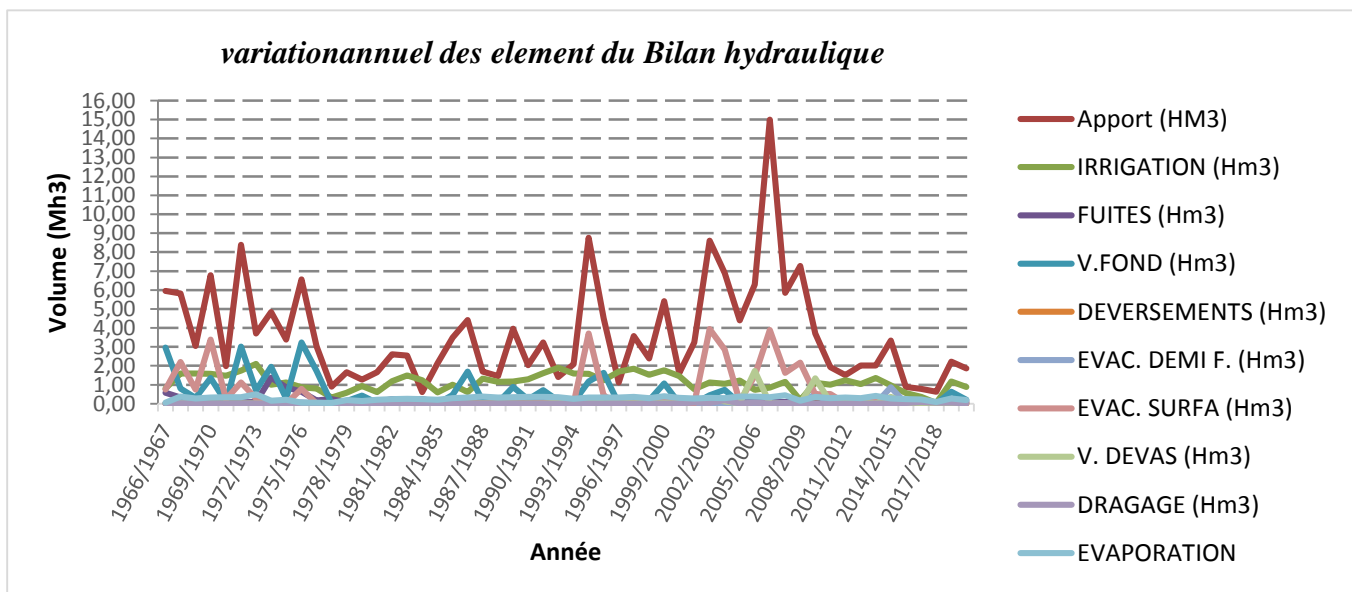
En d'autre termes le volume des « Entrées » est réparti entre le volume des apports  $V_A$ , et le volume des pluies  $V_p$ , qui entrent dans la retenue du barrage, et les autres éléments représentant les « Sorties » sont le volume d'évaporation  $V_E$  volume des irrigations  $V_{IR}$ , volume des eaux de vidange  $V_v$ , volume des eaux de déversement  $V_D$ , et le volume des fuites  $V_F$ .

$$\Delta V = (V_A + V_p) - (V_E + V_{IR} + V_v + V_D + V_F)$$

### III.6.2. La variation annuelle des éléments du bilan hydrologique

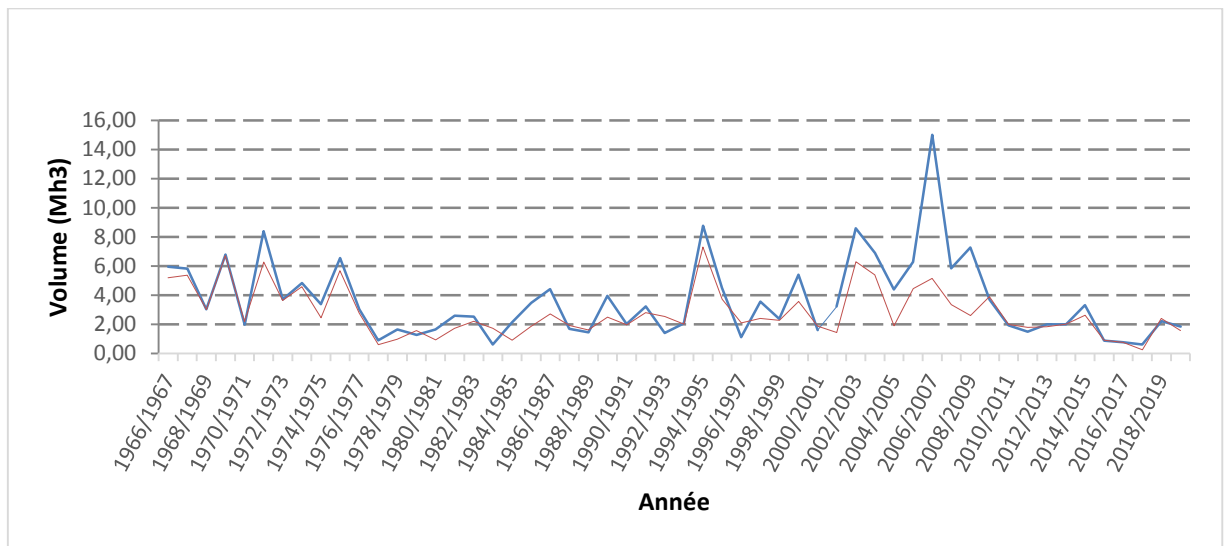
Partant de la connaissance des entrées et des sorties du barrage, la méthode du bilan hydrologique du barrage El k'sob est adoptée, afin de quantifier annuellement les différentes composantes du bilan.

Cette zone est caractérisée par un flux constant de pluie tout au long de l'année, en plus de plusieurs problèmes dont souffre le barrage notamment l'envasement



**Figure III.10.** Variation Interannuelle des éléments du bilan hydraulique.

Le graphe présente les différents éléments du bilan hydrologique avec leur variation annuelle durant une série d'étude de 54 années, l'élément le plus remarquable est l'apport des entrées du barrage El k'sob. Ces apports viennent par l'accumulation des eaux des pluies sur le bassin versant du K'sob.

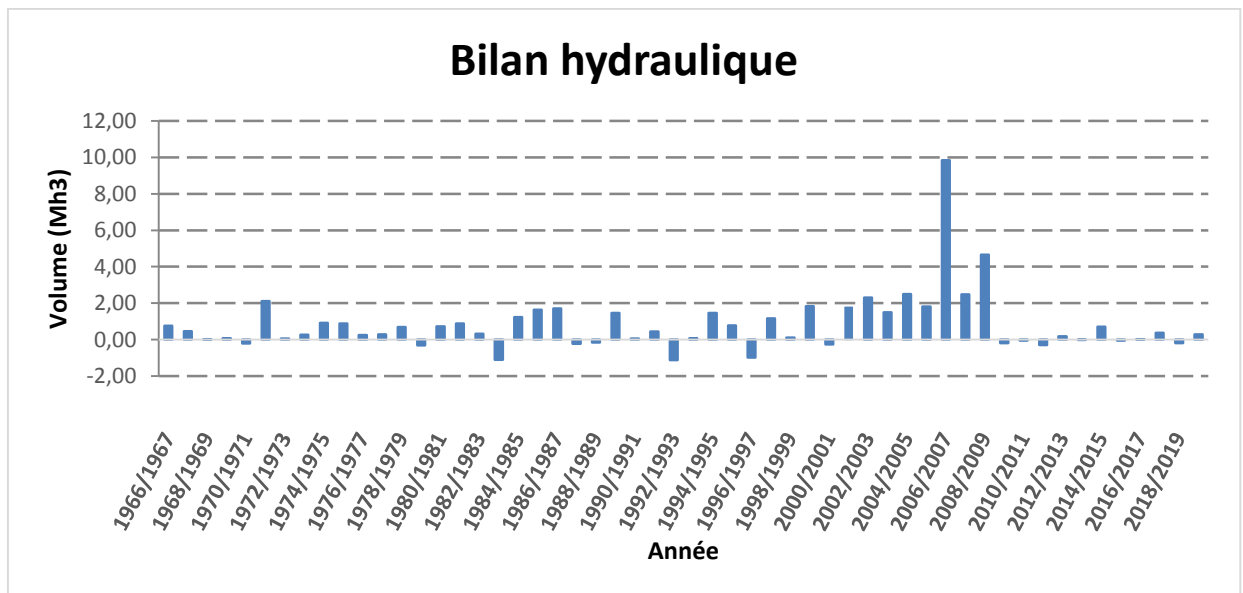


**Figure III.11.** Variation Interannuelles du volume du barrage K'sob.

D'après la Figure III.11 qui représente la variation Interannuelle du volume du barrage K'sob pendant 54 ans, On remarque que le volume des entrées sont supérieurs au volume des sorties. Cette variation est liée au climat de la région (quantité des précipitations) et volume des apports en plus de la perte d'une quantité importante d'eau par évaporation et par fuite.

**III.7. Résultats et Interprétation**

Les résultats obtenus sur les 54 années du barrage k'sob sont reportés sur la figure III.12.



**Figure III.12.** Résultats du bilan hydrologique.

D'après le graphe on constate que le bilan est important pendant les années 1971-1972, 2002-2003, 2004-2005, 2007-2008, 2008-2009 avec les valeurs successives suivantes : 2,12 hm<sup>3</sup>, 2,31hm<sup>3</sup>, 2,49 hm<sup>3</sup>, 2,49 hm<sup>3</sup>, 4,67 hm<sup>3</sup>, alors que le volume le plus élevé pendant la période d'étude a été enregistré en 2006-2007 (9,83 hm<sup>3</sup>).

Et le bilan est faible au cours des années suivantes : 1968-1969, 1969-1970, 1972-1973, 1990-1991, 1993-1994, avec les valeurs successives suivantes :  $0,02 \text{ hm}^3$ ,  $0,08 \text{ hm}^3$ ,  $0,06 \text{ hm}^3$ ,  $0,06 \text{ hm}^3$ ,  $0,08 \text{ hm}^3$ . Le volume le plus faible a été enregistré au cours de la saison 2016-2017 ( $0,01 \text{ hm}^3$ ).

Parmi les années déficitaires les plus fortes pendant la période d'étude (1966-2020) on a :

- L'année 1983-1984 avec une valeur de  $-1,11 \text{ hm}^3$ .
- L'année 1992-1993 avec la plus forte valeur :  $-1,13 \text{ hm}^3$ .
- L'année 1996-1997 avec une valeur de  $-0,99 \text{ hm}^3$ .

Le déficit hydrologique enregistré pendant la période d'étude du barrage K'sob, conduit à revoir que la diminution des quantités des précipitations et des apports du barrage K'sob a causé le déficit du bilan hydrologique de ce dernier.

### **Conclusion**

L'étude du bilan hydrologique du barrage K'sob sur la période 1966-2020 montre un bilan positif à l'exception de quelques années déficitaires. La diminution de la précipitation provoque la diminution de l'apport entré au barrage, et vu le climat de la région connu par la température élevée, cela provoque une grande évaporation (pertes) et aussi le besoin d'irrigation augmente.



# CONCLUSION GENERALE



## CONCLUSION GENERAL

---

La compréhension et l'analyse du cycle de l'eau et l'étude de bilan hydrologique sont la base de toute étude et réflexion au sujet de la gestion des eaux de surface et des barrages pour une bonne utilisation de la ressource d'eau. Dans ce contexte, nous avons présenté notre étude sur le barrage du El k'sob a pour objectif d'étudier le bilan hydrologique.

Le bilan hydrologique du barrage El k'sob est basé sur l'application de l'équation de conservation de la masse, qui consiste une simple opération de calcul du bilan hydrologique entre la variation des éléments d'entrés et de sortis au niveau du barrage, dans laquelle on a présenté les apports et les pluies du barrage comme les éléments d'entrer, et en revanche les autres éléments tels que l'évaporation, les besoins en eau les fuites, les vidanges et les dévasements sont les sortis du barrage.

Les différents termes du bilan hydrologique ont été déterminés tel que l'apport, la pluie, l'évaporation, l'irrigation, fuite, et ont été analysés annuellement dans le chapitre III.

A travers l'étude du bilan hydrologique du barrage K'sob sur une période de 54 ans, les résultats obtenus ont montré que le bilan du barrage K'sob est positif à l'exception de quelques années déficitaires, ce déficit est lié aux diminutions des précipitations et aussi des apports du barrage.

Aujourd'hui ce barrage dans un état d'envasement très avancé, ce qui a réduit considérablement sa capacité d'emmagasinement.

Pour cela nous proposons plusieurs solutions pour lutter contre l'envasement du barrage K'sob par la mise en œuvre des bassins de décantation, l'objectif de notre contribution est de protection le barrage de K'sob contre l'envasement par l'emplacement des bassins de décantation à l'amont de barrage en exploitation pour les causes suivent :

- Son cout est très raisonnable si l'on compare avec le cout de dragage
- Son entretien est très facile par des moyens simples
- Facile à construire et pratique
- L'implantation des bassins de décantation de différentes dimensions selon la largeur de cours d'eau et le débit qui le traverse.

Le dévasement de barrage par le dragage est une technique sur, mais la récupération d'une capacité de stockage par ce procédé est une opération très couteuse et n'est pas économique pour les grandes retenues.



Le barrage K'sob a connu une surélévation du barrage cette technique a été réalisée permet d'augmenter la capacité de la retenue et donc de compenser le volume envasé. Pour ce problème, on propose les solutions suivantes :

- Les chasses et l'utilisation des courants de densité constituent un moyen souvent efficace pour l'évacuation des sédiments.
- Le reboisement pour lutter contre le phénomène de l'envasement, les chercheurs ont pensé à utiliser au mieux l'effet de la végétation pour et retenir ces sédiments à l'amont des cours d'eau. Des études ont donc été menées sur des placettes sur des ravines pour connaître l'efficacité des barrières végétales naturelles. Elles ont mis en évidence que si 20% de la zone érodée étaient recouvertes de végétaux et si ces végétaux sont situés à l'aval de cette zone, les sédiments étaient efficacement piégés.
- Aménagement du bassin versant est la meilleure technique de lutte contre l'envasement est située au niveau de la source de production des particules, c'est-à-dire au niveau du bassin versant.

Le barrage K'sob est considéré comme l'une des ressources en eau importantes dans la wilaya de M'sila, car il dépend fortement de l'irrigation des terres agricoles, et donc le maintien de cette source est très nécessaire.

## Référence Bibliographique

**Achoui M., Bensmain. (2014).** Management des risques dans les projets de barrages par la méthode MADS-MOSAR : « cas de barrage voûte mince d'oued Taht wilaya de Mascara ». Mémoire Master, Université Aboubakr Belkaid-Tlemcen, p 10-12.

**Aidoudi I. (2012).** Etude du bilan hydrologique de la retenue du barrage de Foug El Gherza (wilaya de Biskra). Mémoire Magister, Université Mohamed Khider-Biskra, p29.

**Alberge J., Nasri S., Boufaroua M., Droubi A., Merzouk A. (2004).** Petits barrages et lacs collinaires, Aménagements originaux de conservation des eaux et de protection des infrastructures avalées : exemples des petits barrages en Afrique du nord et au Proche-Orient. Sécheresse n°1 vol. 15, P 78.

**Amali A. (2016).** Contribution à l'étude numérique de la stabilité des barrages en remblai renforcés par des géosynthétiques ces barrages Ouled Abdelouahab-Sidi Aissa-M'sila. Mémoire Master, Université Mohamed Boudiaf- M'sila, p 5.

**Amara F. (2018).** Optimisation de la largeur en crête des petits barrages et retenues collinaires. Mémoire Master. Ecole Nationale Supérieure d'Hydraulique Arbaoui Aabdellah, p 2-3.

**ANBT (2019).** L'Agence Nationale des Barrages et transferts.

**ANBT. (2008).** Agence Nationale des Barrage et Transferts.

**ANBT. (2008).** monographie 01 et monographie 02 (document k'sob).

**ANBT. (2016).** le dévasement (document barrage k'sob).

**Anctil F., Rousselle J., Lauzon N. (2005).** Hydrologie (cheminements de l'eau). Presses internationales polytechnique, Canada, p317.

**Aouata I. (2014).** Etude de Permettre d'irrigation d'ain kercha partie Ouest Wilaya d'oum Bouagi. Mémoire pour l'obtention du diplôme d'Ingénieurs d'Etat en Hydraulique, Ecole Nationale Supérieure d'Hydraulique Arbaoui Aabdellah, p1.

**Azouzi A., Megrez M. (2019).** Modélisation du comportement Hydromécanique du barrage boughrara. Mémoire Master, Université Abou Bakr Belkaid-Tlemcen, p4\_5.

**Baudouin L. (2009).** Hydrologie des crues application aux cuves de sassenage (Isère), (week-end scientifique de la ligue spéléologique de Bourgogne), Spéléo club de Chablis, 14 et 15 novembre 2009.

**Becue J-P, DegoutteG, Lautrin D. (2002).** Choix du site et du type de barrage, p18

**Belhaddad H. (2018).** Modélisation des écoulements à travers la digue du barrage Ain Zada. Thèse Doctorat, Université Mohamed Boudiaf- M'sila, p4.

**Ben Taleb W. (2011).** Modélisations du comportement des barrages en terre sous chargements sismiques. Mémoire de Magister, Université de Guelma, p20.

**Benfetta H., Achour B., Ouadja. (2018).** Les fuite d'eau dans les barrages dans les monde : quelques exemples al geriens. Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 31, Sept 2017, pp. 195-218.

**Benkadja R., Hattab A., Mahdaoui N., Zehar C. (2012).** Assessment of soil losses and siltation of the k'sob hydrological system (semi-aride area-East Algérie). Arabian J. of Geoscience.doi 10.1007/s12517-012-0653-z.

**Bouaicha A. (2013).** Simulation numérique de l'effet de tremblement de terre sur les barrages en terre. Mémoire de Master, Université de Biskra, p18.

**Bouchehed A. (2017).** Evaluation des risques d'inondations Associes a la rupture du barrage a l'aide du modelé telemag-2D et système d'information géographique : cas du barrage keddara a Boumerdese. Mémoire de Master, Université Badji Mokhtar- Annaba, p 5.

**Bourahla L. (2016).** Impact du changement climatique sur le régime hydrologique du bassin versant de l'Oued k'sob. Mémoire Master, Université Mohamed Boudiaf M'sila, p 6-7.

**Carrere A. (2001).** Conception des barrages-voûtes. Colloque Technique de mai 2001 du CFGB, p 25.

**Chahira C. (2019).** L'importance écologique du Barrage K'sob pour l'hivernage des oiseaux d'eau : cas des laro-limicoles. Mémoire Master, Université Mohamed Boudiaf M'sila, p 14.

**Charabi. A., Blissag B. (2011).** Etude critique des apportes liquides et solides cas de sous bassin versant du k'sob dans le bassin du hodna. Mémoire de Master, Université Mohamed Boudiaf M'sila, p 110.

**Dammak A. (1982).** Etude sur L'érosion et le transport solide. Thèse de Doctorat, p 323.

**Degoutte G. (2002).** Petite barrages recommandation pour la conception, la réalisation et le suivi. Comité des français des grands barrages, p173

**Derdous O. (2016).** Conditions d'écoulement à l'aval d'un barrage en cas de rupture de la digue Application aux cas Algériens. Thèse de Doctorat, Université Badji Mokhtar- Annaba, p 7.

**Difi S. (2019).** Modélisation de la stabilité des barrages en remblai. Barrage Zayzoun « SYRIE ». Mémoire Master, Université Badji Mokhtar- Annaba, p 5.

**Djebaili S. (1984).** Steppe algérienne phytosociologie et écologie, Ed. O.P.U., p 177.

**Djemili L. (2006).** Critères de choix de projet des barrages en terre « étanchéité par le masque en béton bitumineux ». Thèse de Doctorat.

**ESHA. (2005).** Petite hydroélectricité. Guide technique pour la réalisation de projet

**FAO (1997).** Irrigation potential in Africa. A basin approach. FAO Land and Water Bullentin 4. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

**FAO (2015).** Indicateurs sensibles au genre pour l'agriculture et l'eau en Algérie. Rapport interne. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

**Guersas I. (2016).** Etude de la distribution statique des pluies du bassin versant k'sob. Mémoire Master, université Mohamed Boudiaf M'sila, p22-23.

**Guiraud R. (1973).** Evolution post-triasique de l'avant-pays de la chaine alpine d'après l'étude du bassin du Hodan et des régions voisines, thèse doctorat ès-sciences, Univ de Nice.

**Heragmi A. (2009).** Choix et conception de l'organe de l'étanchéité des barrages en terre barrage El-agrem Jijel. Mémoire Magister, Université Badji Mokhtar- Annaba, P1-15.

**Kert C. (2007).** Sur l'amélioration de la sécurité des barrages et ouvrages hydrauliques. Rapport, Office parlement d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, p23.

**Khehifi A. (2016).** Etude d'une retenue colonnaire sur Oude EL Magroune commune de M'rahna (W.Souk Ahras). Mémoire de Master, Université Larbi Ben M'hidi Oum EL Bouaghi, p1-11.

**Kheiri M. (2016).** Analyse et étude du système de dragage du barrage l'k'sob : aspects théorique et spécification technique. Mémoire Master, université Mohamed Boudiaf M'sila, p4.

**La commission Internationale des Grands Barrages CIGB. (2007).** Les barrages et l'eau dans le monde, p68.

**Labion H. (2015).** Srelevation du plan d'eau du barrage Lzdihar A Sidi Abdelli etude de faisabilité. Mémoire Master, Université Abou Bakr Belkaid, p4

**Lamas J. (1993).** Hydrologie générale (Principe et application). Éditeur Gaëtan morin, Canada, p527.

**Le Delliou P. (2003).** Les barrages conception et maintenance, 159- 193.

**Le Delliou P. (2004).** Les barrages. Conception et maintenance. Collection ENTPE.

Madani I. (2016). Etude de la stabilité à long terme d'un barrage rigide, cas barrage El'Ksob, M'sila

**Mineche F. (2014).** Ecologie du bardeau de l'Algérie. (Valenciennes, 1842) (Pisces : cyprinidae) dans le barrage d'El k'sob (M'sila). Thèse doctorot, 180p.

**Moulay A. (2014).** ETUDE PARAMETREE LA STABILITE DES BARRAGES POIDS. Mémoire de Master, Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen, p 4-7.

**Musy A., Higy C. (2003).** Hydrologie (une science de la nature), collection gérer l'environnement, presses polytechnique et universitaires Romandes, p314.

**Oulmane A. (2018).** Gestion de l'eau d'irrigation en Algérie : d'une politique de l'offre vers une politique de gestion de la demande. Thèse doctorat, Ecole Nationale Supérieure Agronomique – Alger, p 70-72.

**Ozanda P. (1982).** Les végétaux dans la biosphère, p 431.

**Rankadja R., Benhadougua M., Benkadja A. (2013).** Quantification des matières en suspension et valorisation des sédiments de dragage à l'échelle d'un bassin semi-aride : cas du barrage du k'sob (Algérie). Bull Eng Geol Environ 72 (3-4) :523-531, Dio : 10.1007/s10064-013-0516-1.

**Ratsizafy I. (2018).** Conception d'une serre contrôlable à distance. Mémoire Magister, Ecole supérieure polytechnique d'Antananarivo, p15

**Remini B. (1997).** Envasement des retenues de barrage en Algérie : importance, mécanismes et moyen de lutte par la technique de soutirage. Thèse de Doctorat d'état, p 342.

**Remini B. (2005).** La problématique de l'eau en Algérie. Edition OPU, p160.

**Remini B. (2010).** La problématique de l'eau en Algérie. Larhyss Journal, p49.

**Remini B., Beenfatta H. (2015).** Le barrage réservoir de Gargar est-il menacé par l'envasement. Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°24, Décembre 2015, p175-192.

**Schleiss A.-J., Pougatsh. H. (2011).** Les barrages. Projet à la mise en service. PPUR Presses polytechnique, p 714.

**Schleiss J. (2017).** Les ouvrages hydrauliques annexes comme des éléments de conception et de sécurité des barrages. Colloque CFBR-SHF : « Hydraulique des barrages et des digues, Chambéry, 29-30 novembre 2017 », p 126.

**Schricke V. (1982).** Les méthodes de dénombrements hivernaux d'anatidés et foulques, théorie à la pratique, Ed la sauvagine et la chasse, p235.

**SOFRECO (2012).** Evaluation de la demande en eau agricole et ses besoins estimatifs.

**Tatar H. (1985).** Les Milieux et l'Occupation du sol dans le bassin versant du k'sob. Thèse doctorat, Université de Caen, p106.

**Toumi A., Remini B. (2004).** Barrage de Foug EL Gherza face au problème de fuite d'eau, LARHYSS/Journal, n°3,25-38

**Toumi A., Remini B. (2018).** Pert de la capacité de stockage d'eau au barrage de Beni Haroun, Algérie Loss of water Storage capacity at the Beni Haroun dans, Algeria. SAGREN Vol 02, No 1, p 80-97, Janvier 2018.

**Zenagui S. (2016).** L'utilisation du barrage BCR pour conception des petits barrages. Mémoire Master, Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen, p26-29.