

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
جامعة محمد بوضياف - المسيلة  
Université Mohamed Boudiaf - M'Sila

FACULTE SCIENCES  
DEPARTEMENT DES SCIENCES  
AGRONOMIQUES  
N° : 24/DSA/2022



DOMAINE : SCIENCES DE LA NATURE  
ET DE LA VIE  
FILIERE : SCIENCES AGRONOMIQUES  
OPTION : SCIENCE DU SOL

**Mémoire présenté pour l'obtention  
du diplôme de Master Académique**

**par: OUADAH Mouna**

**Intitulé**

Caractérisation du bilan hydrologique du barrage Sidi  
M'hamed Ben Taiba, Nord-Ouest d'Algérie (Wilaya d'Ain  
Defla).

Soutenu devant le jury composé de:

Mme. HOCEINI Faiza	MCB	Université Med BOUDIAF- M'SILA	Président
Mme BEDDAL Dalila	MCB	Université Med BOUDIAF - M'SILA	Rapporteur
M. CHERIEF Abdelkader	MAA	Université Med BOUDIAF- M'SILA	Examinateur

**Année universitaire : 2021 /2022**

## ***Remerciements***

***Avant tout. Je remercie Dieu le puissant, pour m'avoir donné la santé, le courage et la volonté d'étudier et pour m'avoir permis de réaliser ce modeste travail dans les meilleures conditions***

***Je remercie fortement ma promotrice : Dr BEDDAL Dalila pour le sujet qu'elle a proposé et leur aide, leur encouragement, qui nous a fait bénéficier de leur savoir, de leur expérience et de ses précieux conseils afin de perfectionner ce travail.***

***Mes remerciements s'adressent à Mme HOCEINI Faiza présidente jury d'avoir accepté de présider l'évaluation de notre travail***

***Mes remerciements s'adressent à Mr. CHERIEF Abdelkader d'avoir accepté d'examiner notre travail***

***Nos remerciements particuliers s'adressent au directeur régional de l'ANBT Mr MEKHANEG Laarbi pour l'acquisition des données nécessaires et les éclaircissements apportés pour achever ce travail***

## *Dédicaces*

*Je profite de cette honorable occasion pour dédier ce mémoire à mes parents, plus particulièrement à mon papa **ABD EL HAMID** et ma mère **HORIYA** de tendresse et d'amour, vous avez comblé ma vie de tendresse d'affection et de compréhension. Rien au monde ne pourrait compenser les efforts et les sacrifices que vous avez consentis pour mon bien être, et la poursuite de mes études dans de bonnes conditions.*

*Aucune dédicace, ne saurait exprimer à sa juste valeur le profond amour que je vous porte. Puisse Dieu, vous procure santé, bonheur et longue vie*

*A mes Frères*

*A mes Sœur*

*A mes amies*

*A toute **ma promotion 2ème année master science de sol 2021/2022** à qui je souhaite pleins de succès dans la vie professionnelle ainsi que pour tout le reste.*

*Mes dédicaces vont également à tous ce qui m'ont aidé du près ou du loin et à tous ceux qui me connaissent.*

**MOUNA**

<b>Remerciements</b>	
<b>Table des matières</b>	
<b>Liste des figures</b>	
<b>Liste des photos</b>	
<b>Liste des tableaux</b>	

## ***TABLE DES MATIÈRES***

<b>Introduction générale</b> .....	1
------------------------------------	---

### **Chapitre I : Aperçue bibliographique**

<b>I.1 Généralités sur le cycle de l'eau</b> .....	3
I.1.1 Définition du cycle l'eau .....	3
I.2.1 Composantes du cycle del'eau.....	4
<b>I.2 Généralités sur le bilan hydrologique</b> .....	4
I.2.1 Définition du bilan hydrologique .....	4
I.2.2 Equation du bilan hydrologique.....	5
I.2.3 Le bilan hydrologique à échelle mondial.....	5
I.2.4 Bilan hydrologique e Algérie.....	6
I.2.5 Bilan hydrologique à l'échelle d'un bassin versant.....	6
<b>I.3 Les Barrages</b> .....	7
I.3.1 Définition du barrage.....	7
I.3.2 Principaux éléments d'un barrage .....	8
I.3.3 Rôle du barrage.....	9
I.3.4 Critères du choix du site du barrage.....	11
I.3.5 Types de barrages.....	12
I.3.6 Billan hydrologique à l'echell dubarrage.....	13
I.3.7 Eléments du bilan hydologique à l'echelle barrage.....	14
I.3.7.1 Les entrées.....	14
I.3.7.1.1 Apports liquides.....	14
I.3.7.1.2 Précipitations.....	14
I.3.7.2 Les sorties.....	14
I.3.7.2.1 L'Evaporation.....	14
I.3.7.2.2 Fuites.....	15
I.3.7.2.3 Les lachées.....	15

I.3.7.2.4 Consommation de l'eau.....	15
--------------------------------------	----

## **Chapitre II : Présentation de la zone d'étude**

II.1 Localisation du barrage.....	16
II.2 Importance du barrage SMBT .....	17
II.3 Hydrologie.....	17
II.4 Relief.....	18
II.5 Géologie .....	18
II.6 Végétation.....	20
II.7 Climat .....	20
II.7.1 Précipitations.....	21
II.7.2 Température.....	21
II.7.3 Indices d'aridité annuel de DE MARTONNE.....	22
II.8 Descriptions de l'aménagement de SMBT.....	23
II.8.1 retenue d'eau .....	23
II.8.2 Digue.....	24
II.8.3 Évacuateur de crue.....	24
II.8.4 Prise d'eau.....	24
II.8.5 vidange de fond.....	25

## **Chapitre III : Calcul du bilan hydrologique de barrage SMBT**

III.1 Données d'étude.....	26
III.2. La collecte des données.....	26
III.3 Mesure des éléments du bilan hydrologiques au barrage SMBT.....	27
III.3.1 Mesure des pluies.....	27
III.3.2 Mesure des apports.....	27
III.3.3 Mesure de l'évaporation.....	27
III.3.4 Mesure des fuites.....	28
III.3.5 Irrigations et alimentation en eau potable.....	28
III.4 Constitution de la base de données.....	28
III.5 Etude de la variabilité des éléments du bilan hydrologique.....	31
III.5.1 Les pluies.....	32
III.5.1.1 Echelle annuelle et interannuelle.....	32
III.5.1.2 Echelle mensuelle.....	32

III.5.2 Apports liquides.....	33
III.5.2.1 Echelle annuelle et interannuelle.....	33
III.5.2.2 Echelle mensuelle.....	34
III.5.3 Evaporation.....	34
III.5.3.1 Echelle annuelle et interannuelle.....	34
III.5.3.2 Echelle mensuelle.....	35
III.5.4 Irrigation et alimentation en eau potable.....	36
III.5.4.1 Echelle annuelle et interannuelle.....	36
III.5.4.2 Echelle mensuelle.....	37
III.5.5 Fuites.....	37
III.5.5.1 Echelle annuelle et interannuelle.....	37
III.5.5.2 Variation mensuelle des fuites.....	38
III.5.6 Lâchées.....	38
III.5.6.1 Variation interannuelles et annuelle.....	38
III.5.6.2 Variation mensuelle.....	39
III.6 Etablissement du Bilan hydrologique.....	40
III.6.1 Les entrées et les sorties.....	40
III.6.2 Résultats du bilan hydrologique.....	42
<b>Conclusion générale .....</b>	<b>48</b>
<b>Références bibliographiques .....</b>	<b>50</b>
<b>Résumé</b>	

## LISTE DES FIGURES

Figure I.1. : Cycle d'eau dans la nature.....	3
Figure I.2. Schématisation du bassin versant.....	7
Figure I.3 : Types d'exutoire d'un bassin versant.....	7
Figure I.4 : Le barrage de Grand Coulée Colombie.....	8
Figure I.5 Exemple d'évacuateur du crues.....	9
Figure I.6 : Production de l'énergie hydroélectrique .....	10
Figure I.7 : différents types de barrages selon les matériaux de construction .....	12
Figure I.8 : Abaque de classification des barrages.....	13
Figure II.1 Situation géographique du barrage SMBT.....	16
Figure II.2. Situation du barrage SMBT dans le bassin versant Chleliff Zahrez.....	17
Figure II.3 : Géologie du sous-bassin versant d'Oued Ebda.....	19
Figure II.4 : Précipitation moyennes annuelles .....	21
Figure II.5 : Précipitation moyennes mensuelles.....	21
Figure II.6 : Température moyenne annuelle.....	22
Figure II.7 : Température moyenne mensuelle.....	22
Figure II.8 : vue en plan de l'aménagement de SMBT.....	23
Figure III.1 : Compte rendu mensuel d'exploitation du barrage SMBT.....	28
Figure III.2 : Pluies mensuelles et annuelles du barrage SMBT.....	29
Figure III.3 : Apport mensuels et annuels du barrage SMBT.....	29
Figure III.4 : Evaporations mensuelles et annuels du barrage SMBT.....	30
Figure III.5 : Irrigations mensuelles et annuels du barrage SMBT.....	30
Figure III.6 : Déversements mensuels et annuels du barrage SMBT.....	27
Figure III.7 : Vidanges mensuelles et annuelles du barrage SMBT.....	31
Figure III.8 : Fuites mensuelles et annuelles du barrage SMBT.....	31

Figure III.9 : Variation interannuelle de pluie au barrage SMBT.....	32
Figure III.10 : Variation mensuelle de pluie au barrage SMBT.....	33
Figure III.11 : Variation interannuelle des apports liquides au barrage SMBT.....	33
Figure III.12 : Variation mensuelle des apports liquides au barrage SMBT.....	34
Figure III.13 : Variation interannuelle de l'évaporation au barrage SMBT.....	35
Figure III.14. Variation mensuelle de l'évaporation au barrage SMBT.....	35
Figure III.15. Variation interannuelle du volume d'eau destiné à l'irrigation +AEP du barrage SMBT.....	36
Figure III.16 Variation mensuelle du volume d'eau destiné à l'irrigation et l'AEP du barrage SMBT.....	37
Figure III.17 Variation interannuelle des fuites à travers le barrage SMBT.....	37
Figure III.18 : Variation mensuelle des fuites à travers le barrage SMBT.....	38
Figure III.19 : Variation interannuelle des lâchées dans le barrage SMBT .....	39
Figure III.20 : Variation mensuelle des lâchées dans le barrage SMBT .....	39
Figure III.21 La répartition des volumes entrant et sortant dans le barrage SMBT.....	41
Figure III.22 : Variation du bilan hydrologique à l'échelle de la retenue SMBT.....	42
Figure III.23 : Variation mensuelle du bilan à l'échelle de la retenue SMBT.....	43
Figure III.24 : Variation mensuelle du à l'échelle de la retenue SMBT.....	43
Figure III.25 : Variation mensuelle du bilan à l'échelle de la retenue SMBT.....	44
Figure III.26 : Variation mensuelle du bilan à l'échelle de la retenue SMBT.....	44
Figure III.27 : Variation mensuelle du bilan à l'échelle de la retenue SMBT.....	45
Figure III.28 : Variation mensuelle du bilan à l'échelle de la retenue SMBT.....	45
Figure III.29 : Variation mensuelle du bilan à l'échelle de la retenue SMBT.....	46
Figure III.29 : Variation de la réserve en eau de la retenue du barrage SMBT.....	47

## Liste des photos

Photo II.1 : Schiste argileux.....	19
Photo II.2 : Calcaire jurassique.....	19
Photo II.3 : variation d'épaisseur de la brèche miocène.....	20
Photo II.4 : Retenue du barrage SMBT.....	23
Photo II.5 : Evacuateur de crue a) vue amont b) vue avale.....	24
Photo II.6 : prise d'eau .....	24
Photo II.7 : vidange de fond .....	25
Photo III.1 : Pluviomètre.....	27
Photo III.2 : l'échelle limnimétrique sur la digue du barrage.....	27
Photo III.3 : Bac d'évaporation classe A.....	27
Photo III.4 : Conduite d'irrigation.....	28

## Liste des Tableaux

Tableau I.1. Bilan annuel de l'eau sur le globe terrestre .....	3
Tableau I.2 : classification des barrages selon les matériaux de construction.....	10
Tableau II.1 Caractéristique hydrologique au bassin versant SMBT.....	16
Tableau II.2 : Caractéristique de la station météorologique.....	18
Tableau III.1. Les données annuelles des éléments du bilan hydrologique en [Hm <sup>3</sup> ].....	40
Tableau III.2: Bilan hydrologique annuels de la retenue du barrage SMBT [Hm <sup>3</sup> ].....	41

# INTRODUCTION GENERALE

# Introduction Générale

Les ressources en eau présentent un élément fondamental dans le développement économique des pays. Les régions méditerranéennes et semi-arides se caractérisent par des ressources en eau très inégalement réparties, ce qui constitue parfois un frein au développement et un véritable enjeu politique ([Servat et al., 2003](#)).

L'Algérie compte actuellement plus d'une centaine de réservoirs constitués par 72 barrages et plusieurs retenues collinaires. Ces réservoirs sont des ouvrages de régularisation conçus pour stocker l'eau et augmenter les potentialités hydriques d'une part. D'autre part réutiliser cette réserve dans l'alimentation en eau potable des populations et à des fins agricole pour répondre aux besoins du secteur agricole qui ne cesse de se développer.

Pour une gestion quantitative des potentialités hydriques, le calcul du bilan hydrologique à l'échelle du barrage est un moyen efficace pour suivre la variation de son réserve en eau et la possibilité de compenser un déficit hydrique sur une période à travers la connaissance des éléments entrant et ceux sortant. Les éléments du bilan hydrologique d'une retenue de barrage dépendent des facteurs climatologiques, hydrologiques, morphologiques et géologiques affectant le lac ainsi que la surface du bassin entourant la retenue ([Aidoudi, 2012](#)).

En général le suivi du bilan hydrologique à l'échelle du barrage sur une période donnée permet de déterminer l'optimum nécessaire à la satisfaction des divers besoins économiques de la région considérée. Cela par l'estimation quantitative des ressources potentiellement disponibles ([Aidoudi, 2012](#)).

Le barrage SMBT situé au nord ouest d'Algérie ; dans la wilaya d'Ain Defla a une importance locale et régionale, d'une part du fait de sa capacité de stockage de 76 Hm<sup>3</sup> et des apports liquides importants entrant dans sa cuvette produisant son remplissage total et un déversement des eaux excédentaires. D'autre part, l'irrigation des terres agricoles en aval (cultures maraichères) et par conséquent le développement du secteur agricole de la wilaya d'Ain Defla, reconnue par son excellente vocation agricole.

L'objectif de cette étude est d'étudier et d'analyser le bilan hydrologique du barrage de SMBT destiné à l'irrigation des terres agricoles en aval durant la période d'étude (2013/14-2020/21) à l'échelle annuelle et mensuelle.

Pour atteindre cet objectif, notre travail sera structuré comme suit :

- ✓ Le premier chapitre est une synthèse bibliographique des termes utilisés dans ce travail.
- ✓ Le deuxième chapitre est une présentation de la zone d'étude et leurs principales caractéristiques géographiques, géologiques, climatiques.
- ✓ Le troisième chapitre porte sur le calcul du bilan hydrologique de barrage SMBT par le calcul et l'analyse des paramètres entrants et ceux sortant à l'échelle annuelle et mensuelle.
- ✓ Conclusion générale des résultats trouvés et des recommandations proposées.

# CHAPITRE I:

## Aperçu bibliographique

## Introduction

Les eaux sont en circulation continue et subissent des changements d'état. L'ensemble de ces processus de transformation et de transfert de l'eau forme le cycle hydrologique. Dans ce chapitre, nous allons donner un aperçu sur le cycle de l'eau ainsi que le bilan hydrologique et leurs composantes. Nous allons aussi mettre le point sur les barrages qui représentent un lieu de contrôle et de régularisation du bilan hydrologique.

### I.1 Généralités sur le cycle de l'eau

#### I.1.1 Définition du cycle de l'eau

Le cycle de l'eau appelé aussi cycle hydrologique est un phénomène naturel qui représente les phénomènes du mouvement et du renouvellement des eaux sur la terre (océans, atmosphère, lacs, cours d'eau, les nappes d'eaux souterraines et les glaciers (Figure I.1) sous ces différentes formes (liquide, solide ou vapeur) (Métivier, 2010)

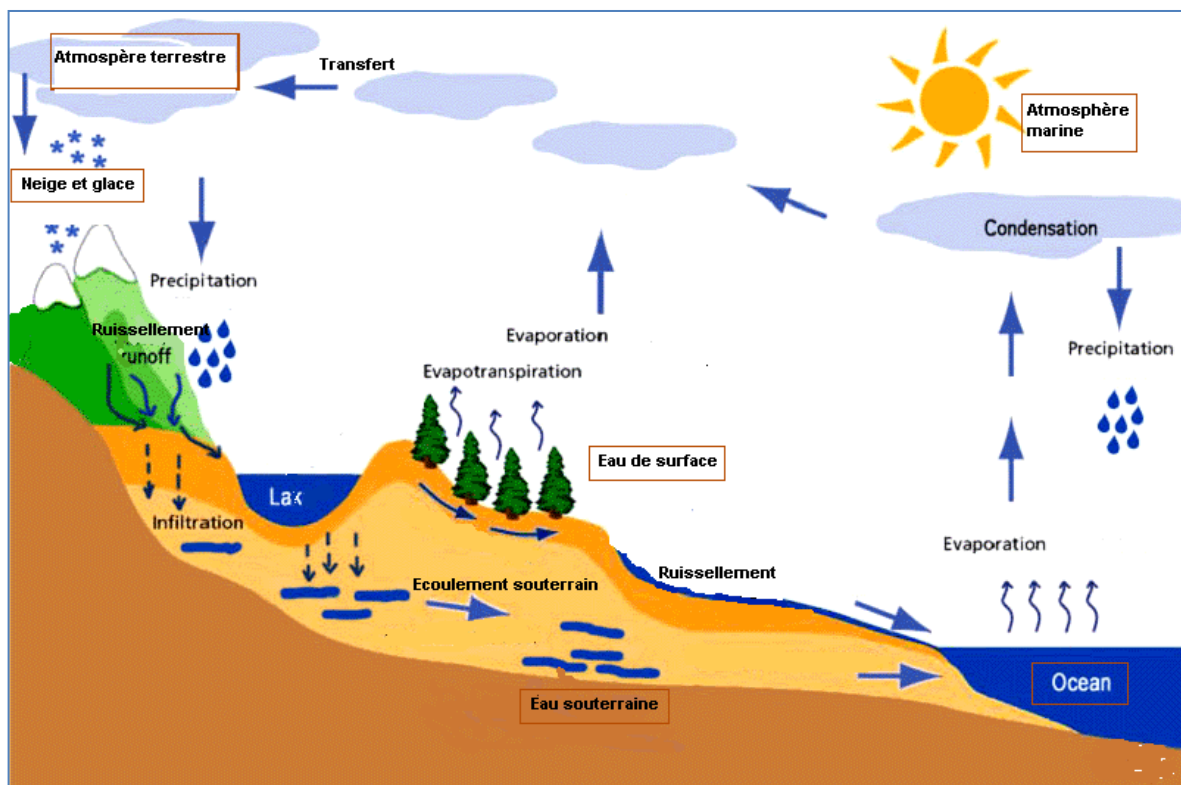


Figure I.1 : Cycle d'eau dans la nature ([http:// www .Google.com](http://www.Google.com))

Dans le domaine des ressources en eau, l'unité géographique sur la quelle se fait le cycle de l'eau est le bassin versant.

### I.1.2 Composantes du cycle de l'eau

Les éléments qui composent le cycle de l'eau sont :

- **Les précipitations** : ce sont les eaux météorologiques tombées et recueillies sur la surface de la terre. Les précipitations peuvent être liquide (bruine, pluie), solide (neige, grésil, grêle, pluie verglaçante) (Figure I.1) (Roche, 1963)
- **L'évaporation** : Est la transformation de l'eau de la phase liquide à la phase vapeur sous l'effet de la température.  
En général, le terme évapotranspiration est très utilisé qui combine le processus d'évaporation (à partir des surfaces d'eau libre et du sol) et la transpiration végétale (Figure I.1).
- **L'interception** : Est le processus selon lequel la pluie (ou dans certains cas la neige) est retenue par la végétation, puis redistribuée en une partie qui parvient au sol (Figure I.1) (Balin, 2011).
- **Le ruissellement ou écoulement de surface** : Est le mouvement de l'eau sur le sol ou dans les premiers horizons du sol (écoulement de subsurface), sous l'effet des précipitations consécutives (Figure I.1) (Musy et Higy, 1998)
- **L'infiltration** : mouvement de l'eau pénétrant dans les couches profondes du sol pour alimenter les nappes d'eau souterraines (Figure I.1) (Musy et Higy, 1998)
- **Le stockage dans les dépressions** : processus de rétention de l'eau dans les creux et les dépressions du sol pendant une averse. (Figure I.1)

Les mécanismes régissant le parcours de l'eau dans le globe terrestre ne surviennent pas seulement les uns à la suite des autres, mais sont aussi concomitants)

## I.2 Généralités sur le bilan hydrologique

### I.2.1 Définition du bilan hydrologique

Il exprime la différence entre les éléments du cycle de l'eau en termes d'entrée (apports) et de sortie (pertes) dans un système donné et une période de temps donnée (Aidoudi, 2012).

### I.2.2 Equation du bilan hydrologique

L'estimation des quantités d'eau passante par chacune des étapes du cycle hydrologique se fait par l'équation de bilan hydrologique. Cette dernière représente le bilan des quantités d'eau entrante et sortante d'un système défini dans l'espace et dans le temps qui est généralement l'année hydrologique ( [Leboukh et Saoudi, 2020](#))

L'équation de bilan hydrologique est basée sur la conservation de la masse, et est exprimée par l'équation I.1 suivante ([Aidoudi, 2012](#))

$$\Delta V = \text{Entrées} - \text{Sorties} \dots\dots\dots \text{(I.1)}$$

$$\Delta V = P - (E + R + I) \dots\dots\dots \text{(I.2)}$$

Avec:

$\Delta V$ : bilan hydrologique

$P$  : précipitation totales

$E$  : évaporation

$R$  : ruissellement de surface

$I$  : infiltration

Si

$\Delta V < 0$  donc le bilan hydrologique est déficitaire.

$\Delta V > 0$  donc le bilan hydrologique est excédentaire

### I.2.3 Le bilan hydrologique à échelle mondial

A l'échelle du globe, les bilans sont toujours loin d'être satisfaisants du fait de la qualité et du trop faible nombre de données disponibles. Néanmoins on retiendra les ordres de grandeurs suivants. Les précipitations moyennes annuelles ( $P$ ) sont de l'ordre de 0.8 m/an. L'évaporation ( $E$ ) est de l'ordre de 0.5 m/an soit entre 60 et 65% des précipitations. Dans des conditions stationnaires, c'est à dire pour de longues périodes de temps, le reste correspond à des écoulements de surface ( $R$ ) ([Sari, 2020](#)). Le tableau I.1 ci-dessous résume le bilan de l'eau à l'échelle annuelle sur le globe terrestre

**Tableau I.1:** Bilan annuel de l'eau sur le globe terrestre (d'après [Sari, 2020](#))

	OCEANS	CONTINENTS
<b>Superficies</b> (km <sup>2</sup> )	361 300 000	148 800 000
Précipitations (km <sup>3</sup> /an)	458 000	119 000
(mm/an)	1270	800
Evaporation (km <sup>3</sup> /an)	505 000	72 000
(mm/an)	1400	484
Écoulements vers la mer		
Rivières (km <sup>3</sup> /an)		44 800
Eaux souterraines (km <sup>3</sup> /an)		2 200
Total (km <sup>3</sup> /an)		47 000
(mm/an)		316

#### I.2.4 Bilan hydrologique en Algérie

Les ressources en eau de l'Algérie sont irrégulièrement réparties dans l'espace et dans le temps, ce qui engendre d'énormes difficultés pour leur mobilisation. Les pénuries en eau sont en train de devenir un problème majeur. Nombre de régions souffrent déjà du déficit hydrique, d'autres suivront sans doute. Face à cette situation, la construction de nouveaux barrages devient indispensable. À travers les études hydrologiques et l'exploitation des futurs barrages, l'évaluation des apports de ces ouvrages aux sites est indispensable. Actuellement, le calcul du ruissellement interannuel en absence de données de mesure pour les cours d'eau non jaugés est déterminé à partir des formules empiriques ne prenant pas en considération des éléments météorologiques contribuant à la formation du ruissellement tels que la température et l'humidité de l'air ([Mebarki, 2010](#))

#### I.2.5 Bilan hydrologique à l'échelle d'un bassin versant

Le bassin versant, appelé aussi bassin de drainage d'un cours d'eau, en un point donnée de son cours, est l'aire limitée par le contour appelé « ligne de crête » où l'eau se dirige vers l'exutoire (Figure I.2) ([Roche, 1963](#)).

L'exutoire d'un bassin est le point le plus en aval du réseau hydrologique par lequel passent toutes les eaux de ruissellement drainées par le bassin (Figure I.2).

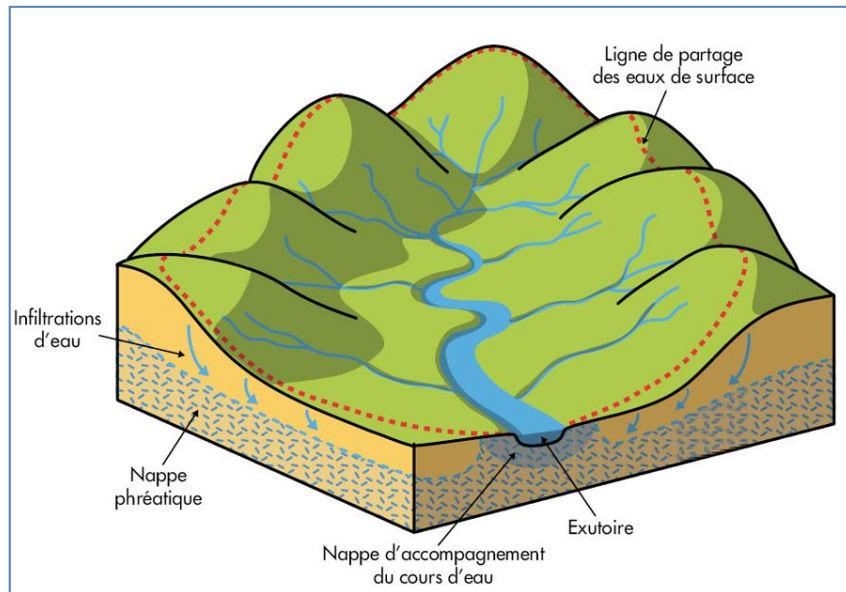


Figure I.2. Schématisation du bassin versant ([www. Google.com](http://www.Google.com))

L'exutoire du bassin versant peut être :

- ❖ Un cours d'eau au droit duquel est implanté une station hydrométrique contrôlant les débits liquide sortants (voir figure I.3).
- ❖ Un plan d'eau Naturel qui représente une étendue de dépression (lac, mer,...etc).
- ❖ Une retenue d'eau artificielle créée par la construction d'un ouvrage de stockage qui s'appelle (barrage).

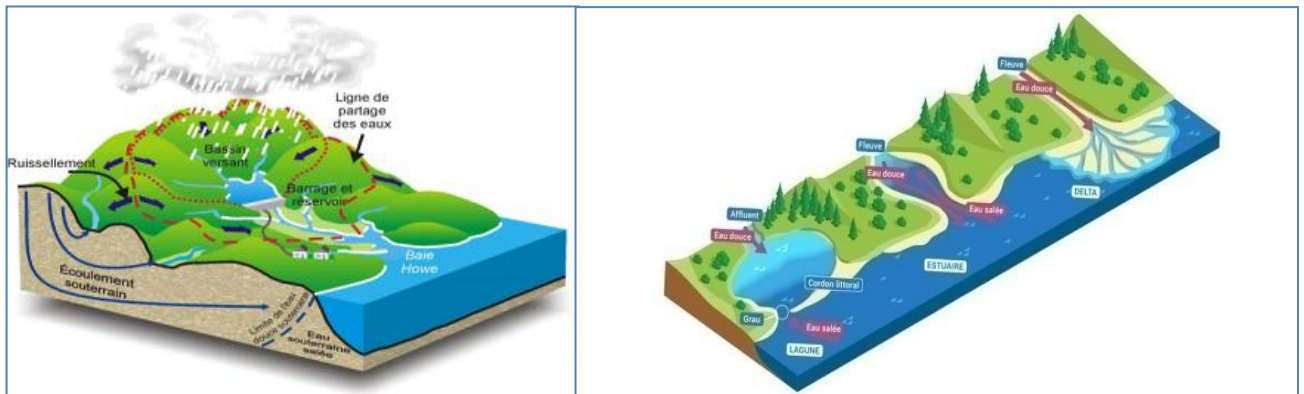
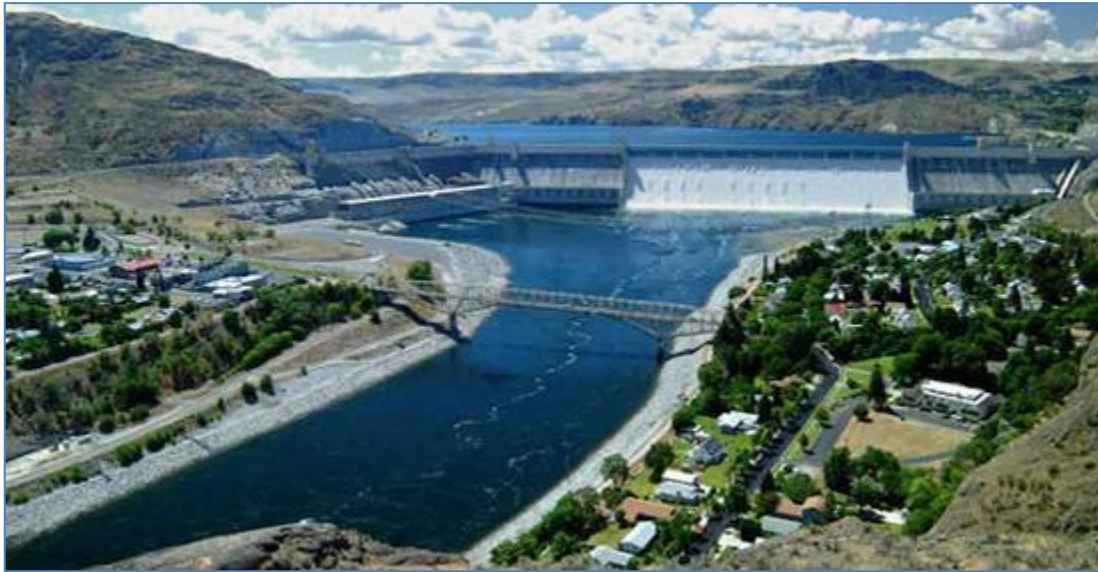


Figure I.3 : Types d'exutoire d'un bassin versant ([www. Google.com](http://www.Google.com))

## I.3 Les Barrages

### I.3.1 Définition du barrage

Est un ouvrage hydraulique artificiel, construit en un site naturellement approprié au droit d'un cours d'eau , et créés ainsi une cuvette artificielle géologiquement étanche pour recueillir de l'eau provenant du bassin en amont (Attou, 2020)



**Figure I.4** : Le barrage de Grand Coulée Colombie (U.S.A) ([Belgoumri et Tiet, 2020](#))

### **I.3.2 Principaux éléments d'un barrage**

#### **✓ Digue**

Appelé corps du barrage, est un ouvrage en élévation par rapport au niveau du terrain naturel ; construit dans le lit majeur de la rivière en vue de barrer et d'assurer le stock de l'eau en amont ([Begic, 2015](#)).

#### **✓ Evacuateur de crues**

Est un ouvrage en béton conçu pour déverser l'eau en excès de la capacité de stockage de la retenue d'eau. Il est composé généralement de trois éléments : ouvrage d'entrée, ouvrage de transport et sortie. ([Attou, 2020](#))

#### **✓ Ouvrages de prise**

La prise d'eau est verticale immergée dans la retenue du barrage, elle comporte des prises (fenêtres) au niveau différent gérées par des vannes. Les prises sont collectées par une conduite dont l'accès se fait par une galerie d'accès.

#### **✓ Un ouvrage de vidange**

Est un ouvrage souterrain sous forme de conduite ou bien galerie utilisé pour évacuer l'eau excédentaire et aider l'évacuateur de crue en cas de crue exceptionnelle. Il aussi a aussi un autre

rôle dans l'évacuation des sédiments déposés au fond de la retenue. La vidange de fond est implanté avec le niveau mort de la retenue.



Figure I.5 Exemple d'evacuateur du crues (<http://www.synad.fr.com>)

### I.3.3 Rôle du barrage

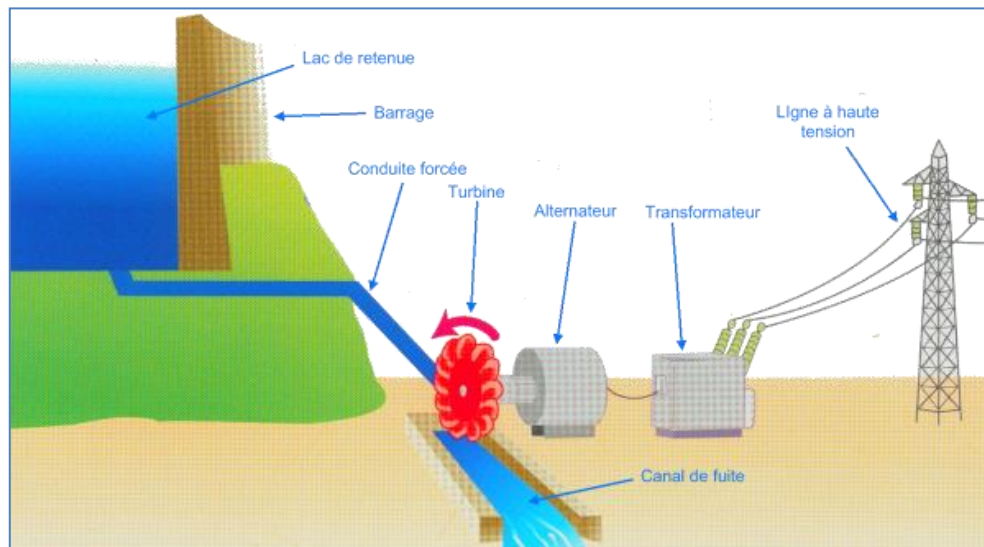
Les barrages ont été construits pour répondre à des besoins spécifiques :

#### ➤ Irrigation

L'irrigation est l'opération consistant à apporter artificiellement de l'eau à des végétaux cultivés pour en augmenter la production, et permettre leur développement normal en cas de déficit d'eau induit par un déficit pluviométrique, un drainage excessif ou une baisse de nappe, en particulier dans les zones aride.

#### ➤ Energie électrique

C'est la transformation de l'énergie de l'eau (hydraulique) en energie électrique par le biais des turbines (Fig I.6). La capacité mondiale combinée de ces usines est estimée à 675000 mégawatts, elles fournissent 2 ,3 trillions de kilowatts d'électricité par heure (



**Figure I.6 :** Production de l'énergie hydroélectrique (<http://www.bing.com>)

#### ➤ Alimentation en eau

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. (Katerji, 1984)

#### ➤ Navigation fluviale

#### ➤ Contrôle et la protection des crues

Les barrages peuvent être utilisés pour réguler le niveau d'eau rivières et réguler efficacement le débit déversé en stockant temporairement l'eau et en la relâchant plus tard par un système intégré de gestion de l'eau qui contrôle le stockage et les relâches des principaux barrages d'un bassin fluvial. Dans certains cas, les barrages sont conçus pour protéger une population en aval contre les crues dont chaque barrage est réglé selon un programme d'exploitation spécifique afin de contrôler les flux d'eau sans causer de dommage. (Azzouzi et Megrez, 2019).

En Algérie, de par sa position géographique et l'étage bioclimatique méditerranéen semi aride à aride ; tous les barrages existants ont été construits afin de satisfaire des besoins dans l'approvisionnement en eau potable et l'irrigation. Avec le développement des civilisations, les besoins furent plus importants et plus nombreux.

### I.3.4 Critères du choix du site du barrage

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

- **La topographie**

La réalisation de plans topographiques précis s'appuyant sur des levés de la zone d'implantation du barrage permet d'arrêter le site idéal en termes de présence d'un étranglement au site et d'un évasement en amont (Zenagui, 2016).

- **Hydrologie**

La connaissance des scénarios hydrométéorologique caractéristiques du bassin concerné tirés de l'étude climatologique des précipitations. Ainsi, la connaissance statistique du régime des crues, fondée sur l'analyse d'une longue chronique de mesure des débits sont intégrés dans l'analyse hydraulique sous forme de l'hydrogramme de référence (Becue et al, 2002).

- **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). un terrain de fondations imperméable dont le terrain argileux implique presque automatiquement le choix de barrage en remblai, avec des pentes de talus compatibles.

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).

- **Matériaux de construction 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). Les matériaux nécessaires sont : Sol utilisable en remblai, Enrochement pour remblai ou protection de talus , Agrégats à béton (matériaux alluvionnaires, ou concassés).

- **Critères économiques**

Dans plusieurs cas, les considérations précédentes auront permis de retenir plusieurs types de barrage. Il convient alors de poursuivre les études pour plusieurs variantes, en veillant à affiner les estimations de cout au fur et à mesure de la progression des études jusqu'à obtenir la variante la plus économique (Degoutte, 2002).

• **Sécurité et environnement**

Les études d'impacts environnementaux ignorent ou sous-estiment généralement les possibles modifications du régime fluvial: Sédimentation dans la retenue d'eau, dégradation des lits fluviaux à l'aval, modification de morphologie des lits des cours d'eau, influence de la modification du régime des crues et étiages sur les eaux souterraines ; la faune et la flore (Zenagui, 2016).

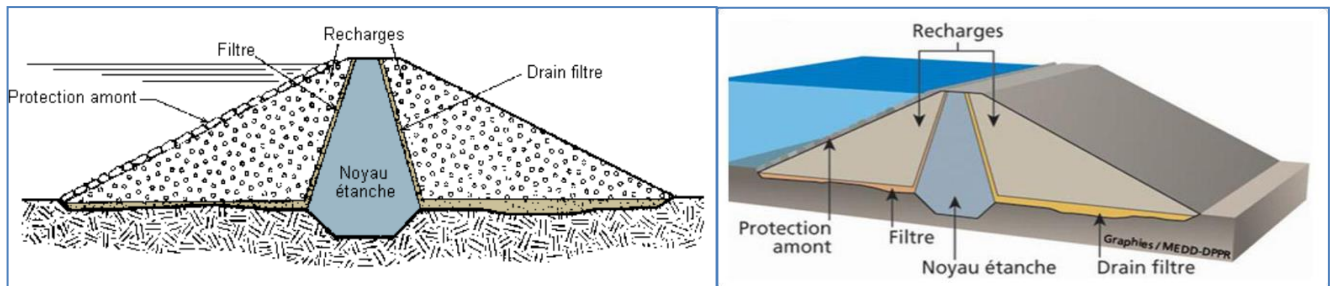
**I.3.5 Types de barrages**

Plusieurs critères permettent de classer les barrages :

- ❖ *Selon les matériaux de construction du corps du barrage (digue)* : Il existe deux grandes catégories de barrages ; rigides et en remblai illustrés dans la figure I.5

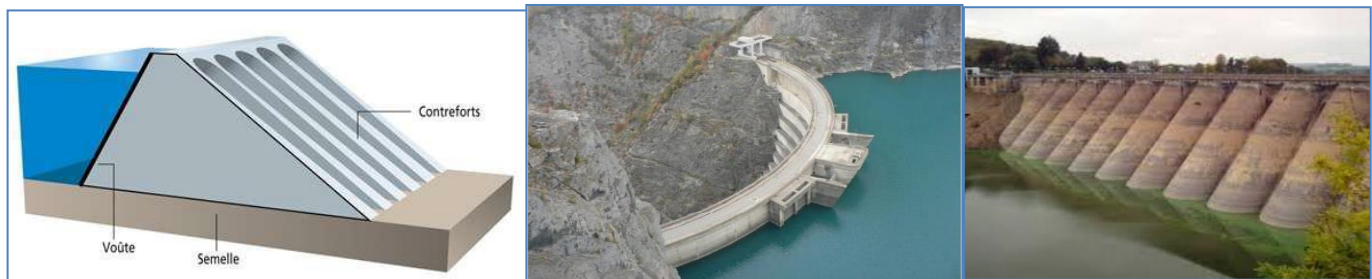
**Tableau I.2** : classification des barrages selon les matériaux de construction

Barrage rigides (en béton)	Barrage en remblai (digues)
-barrage à contreforts	-barrage en terre
-barrage voute	-barrage en enrochement



a) profil d'un barrage en enrochement

b) profil d'un barrage en terre



c) barrage à contreforts

d) barrage voute

e) barrage multi voutes

**Figure I.7** : différents types de barrages selon les matériaux de construction

❖ *Selon la capacité de stockage et la hauteur :*

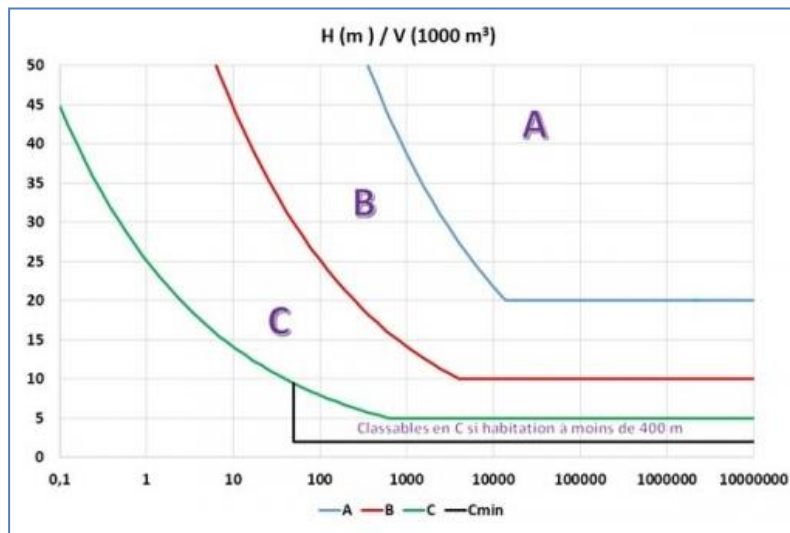
Les barrages sont répartis en trois classes, en fonction de deux paramètres géométriques H et V (Fig I.8). Ces deux paramètres permettent notamment de calculer un paramètre K.

$$K = H^2 \times (V)^{1/2} \dots \dots \dots (I.3)$$

H : hauteur du barrage au-dessus du terrain naturel (m)

V : volume d'eau dans le réservoir (en millions de mètres cube (hm<sup>3</sup>)).

- ✓ Les barrages de classes A, les plus importants, comprennent tous les barrages de hauteur supérieure ou égale à 20 m et qui respectent en outre la condition  $K \geq 1500$ .
- ✓ Les barrages de classe B, de hauteur supérieure ou égale à 10 m, respectent en outre la condition  $K \geq 200$ .
- ✓ Les barrages de classe C ont une hauteur d'au moins 5 mètres,  $K \geq 20$ .



**Figure I.8 :** Abaque de classification des barrages (source : <https://www.barrages-cfbr.eu/Classes-de-barrages.html>)

**I.3.6 Bilan hydrologique à l'échelle du barrage**

Lorsque l'exutoire du bassin versant est un barrage, le bilan hydrologique sur un intervalle de temps donné, est basé sur le principe de la conservation des volumes d'eau :

D'après Aidoudi (2012), l'équation s'écrit par :

$$\Delta V = (P + Q) - (V_E + V_F + V_{IR} + V_i + V_L) \dots \dots \dots (I.4)$$

Avec :

$\Delta V$  : bilan hydrologique (m<sup>3</sup>)

P : précipitation total (m<sup>3</sup>)

Q : apport liquide entrant dans la retenue de barrage (m<sup>3</sup>)

$V_E$ : volume évaporé ( $m^3$ )

$V_F$ : volume des fuites ( $m^3$ )

$V_{IR}$  : volume d'eau destinés a l'irrigation et/ou à l'alimentation en eau ( $m^3$ )

$V_i$ : volume des infiltration ( $m^3$ )

$V_L$  : volume des lachée provenant de l'évacuateur de crue et de la vidange du fond ainsi que le dévasement ( $m^3$ )

**Si :**  $\Delta V > 0$  donc le bilan hydrologique est excédentaire, C à d , il y a un surplus éventuel qui reste dans la cuvette

$\Delta V < 0$  donc le bilan hydrologique est déficitaire.

### **I.3.7 Eléments du bilan hydologique à l'échelle du barrage**

Ils sont divisés en éléments d'entrées et ceux de sortie. Chacun des termes du bilan hydrologique est naturellement pondéré par divers paramètre climatique (température par exemple) et géographiques (le relief, couverture végétale).

#### **I.3.7.1 Entrées**

##### **I.3.7.1.1 Apports liquides**

L'apport d'eau se définit comme la quantité d'eau qui s'écoule dans le cours d'eau et transférée en alimentant la retenue d'eau du barrage (Musy, 2003) il est généralement mesuré à par une station de jaugeage implantée sur différent endroits du cours d'eau.

##### **I.3.7.1.2 Précipitations**

Les précipitations constituent un élément climatique qui décrit le transfert de l'eau , dans une phase liquide (pluie) ou solide (neige , grele ) , entre l'atmosphère et le sol. Les précipitations représentent l'élément le plus important du cycle hydrologique ( Llamas, 1993)

#### **I.3.7.2 Sorties**

Le calcul du bilan hydrologique nécessite la prise en compte de l'eau perdue . cette perte est de différent origines :

##### **I.3.7.2.1 L'Evaporation**

L'évaporation est un processus physique de transfert d'eau de l'état liquide à l'état gazeux Sous l'effet de la température (Anctil, 2005). Le taux d'évaporation s'exprime généralement en mm/jour , mm/mois ou mm/an

### **I.3.7.2.2 Fuites**

Les fuites se produisent dans le corps de barrage et travers sa fondation et même dans la retenue selon la géologie des terrains traversés.

### **I.3.7.2.3 Lâchées**

C'est une eau perdue de différentes origines : l'eau excédentaire de la capacité de stockage de barrage évacuée par l'ouvrage d'évacuateur de crue de surface ou souterrainement par la vidange de fond . la chasse de vases accumulée au fond du plan d'eau du barrage par l'ouvrage de vidange est considérée aussi avec les lâchées.

### **I.3.7.2.4 Consommation de l'eau**

Selon l'usage des eaux des barrage ; elles peuvent être destinées à la consommation en eau potable ,à l'irrigation , à l'industrie ou encore à la production d'énergie électrique. En algérie , les barrages sont construits à des fins agricoles ou pour la consommation domestique.

## **Conclusion**

La compréhension du bilan hydrologique et ses éléments sont très utiles dans l'analyse de la thématique étudiée.

# CHAPITRE II:

## Présentation de la zone d'étude

## Introduction

Dans ce présent chapitre, nous présenterons les différentes caractéristiques hydrologiques, géologiques qui définissent le sous bassin versant de barrage SMBT, ainsi qu'une description des ouvrages composant l'aménagement de Sidi M' Hamed Ben Taïba (SMBT).

### II.1 Localisation du barrage

L'aménagement de SMBT est situé dans la wilaya de Ain Defla à 8km au Nord-est du chef lieu de la wilaya; dans la daïra d'El-Amra commune d'Arrib (Fig II.1). Le site du barrage est accessible par la RN4 (Beddal, 2007).

Le site du barrage est repéré par les coordonnées géographiques suivantes:

Latitude : 36°19'32.5"N

Longitude 2°01'26.4"E

Z= 270 m

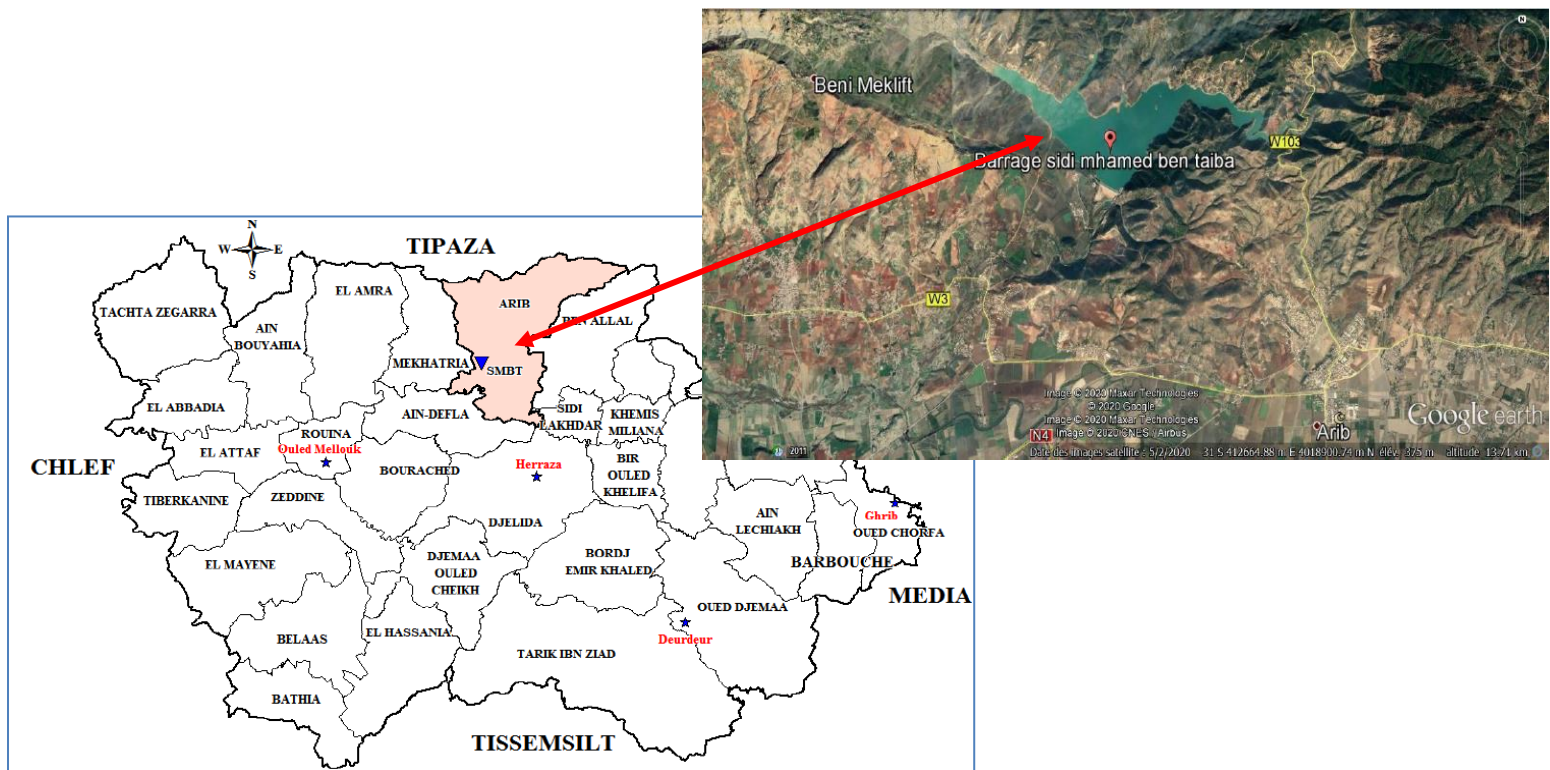


Figure II.1 : Situation géographique du barrage SMBT (Beddal, 2007)

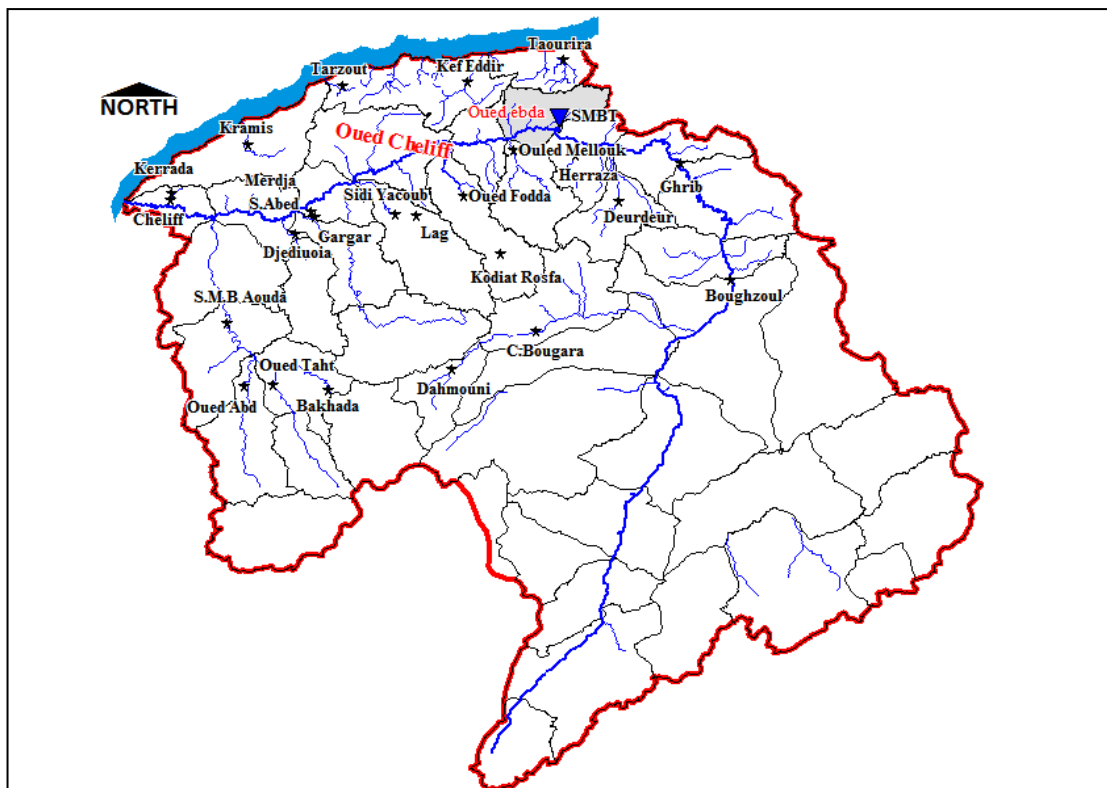
## II.2 Importance du barrage SMBT

Les travaux du barrage SMBT ont été achevés en 2006 dont sa mise en eau est en 2007. Il a été conçu pour répondre à plusieurs utilités, à savoir :

- ✓ Satisfaire les besoins agricoles des périmètres d'El Amra et d'El Abadia d'une superficie nette de 8 500 ha (41 Mm<sup>3</sup>) (Attou, 2020)
- ✓ Assurer un complément d'eau potable de l'agglomération d'Ain Defla et des villes d'Arib, Khemis Miliana et Mekhatria (15 Mm<sup>3</sup>) (Attou, 2020)
- ✓ Produire annuellement plus de 100 000 arbustes pour les barrages de la région centre afin d'assurer des campagnes de reboisement des bassins versants des cuvettes des barrages d'objet de lutter le phénomène d'érosion (Attou, 2020).

## II.3 Hydrologie

Le barrage SMBT est situé dans le grand bassin versant Chélif Zahrez (Fig II.2) dans la zone du haut Cheliff. Il est implanté sur l'Oued Ebda, affluent rive droite de l'Oued Chélif. L'Oued Ebda est la confluence de deux oueds situés au nord: Oued Ferhat et Oued El-Wad qui partent dans le bassin versant et s'étendent jusqu'aux montagnes de Djebel Boumaâd et Djebel Zaccar Gharbi (Brahimi, 2016).



**Figure II.2 :** Situation du barrage SMBT dans le bassin versant Cheliff Zahrez (Beddal, 2007)

Les caractéristiques hydrologiques du bassin versant de SMBT est mentionnées au tableau II.1 ci après.

**Tableau II.1** Caractéristique hydrologique au bassin versant SMBT ( [Attou, 2020](#))

S (Km2)	P (mm)	A (Hm3)	Vs (m3)
273	938	76	330 000

Avec :

S : Superficie du Bassin Versant

P : Précipitation moyenne annuelle

A : Apport moyen annuel

Vs : Volume annuel des Apports solides

Le réseau orographique du bassin est constitué par une multitude de cours d'eau saisonniers ou pérennes (Oued El Had), dont on peut citer parmi les plus importants :

- ✓ Oued Ferhat et Oued Belhassene qui drainent la partie Nord-Ouest du bassin,
- ✓ Oued Zeboudj qui draine la partie Nord,
- ✓ Oued El Had qui draine la partie Nord-Est.

#### II.4 Relief

Le bassin versant d'Oued Ebda est situé en rive droite de l'Oued Chélif dans les Monts du Zaccar. L'altitude varie de 270 m au droit du site à 1507 m à Djebel Zaccar El Gharbi, point culminant du bassin, avec plusieurs sommets dépassant 1000 m. Le sous bassin versant de l'oued Ebda est contenu entre la latitude 36°13' et 36°27' Nord et entre la longitude 1°45' et 2°16' Est ([Attou, 2020](#)).

#### II.5 Géologie

A l'échelle géologique, les terrains dominant au bassin d'oued Ebda est le crétacé (Fig II.3) où les inclusions marneuses dans les bancs calcaires provoquent de grands glissements de terrains, ainsi que des ravins le long des versants, marquant ainsi une forte sensibilité à l'érosion du bassin versant de l'oued Ebda ([Meddi, 2012](#)). Le nord du bassin versant est constitué exclusivement des bancs calcaires à joints siliceux et de calcschistes marneux imperméables qui occupent 50 % de la surface du bassin avec une pente assez forte et un pendage tourné vers le sud ([Meddi, 2012](#)). Au djebel Zeccar, on trouve des bancs calcaires alors que le centre du bassin est formé par du flysch du Crétacé formant des collines molles ([Beddal, 2007](#)).

Le site du Barrage est situé dans une position où les strates du miocène recouvrent partiellement les schistes (Photo II.1). Les calcaires schisteux de l'âge jurassique (photo II.2) constituent de couleur grise à beige avec une schistosité faible parallèle à la stratification, forment une colline abrupte sur la rive gauche (est) de l'axe du Barrage et se trouvent également en aval de l'axe sur la rive droite. Des strates du miocène (Photo II.3) avec une brèche rugueuse à la base forment la plupart de la rive droite (ouest) de l'oued Ebda sur le site du Barrage (Beddal, 2007).

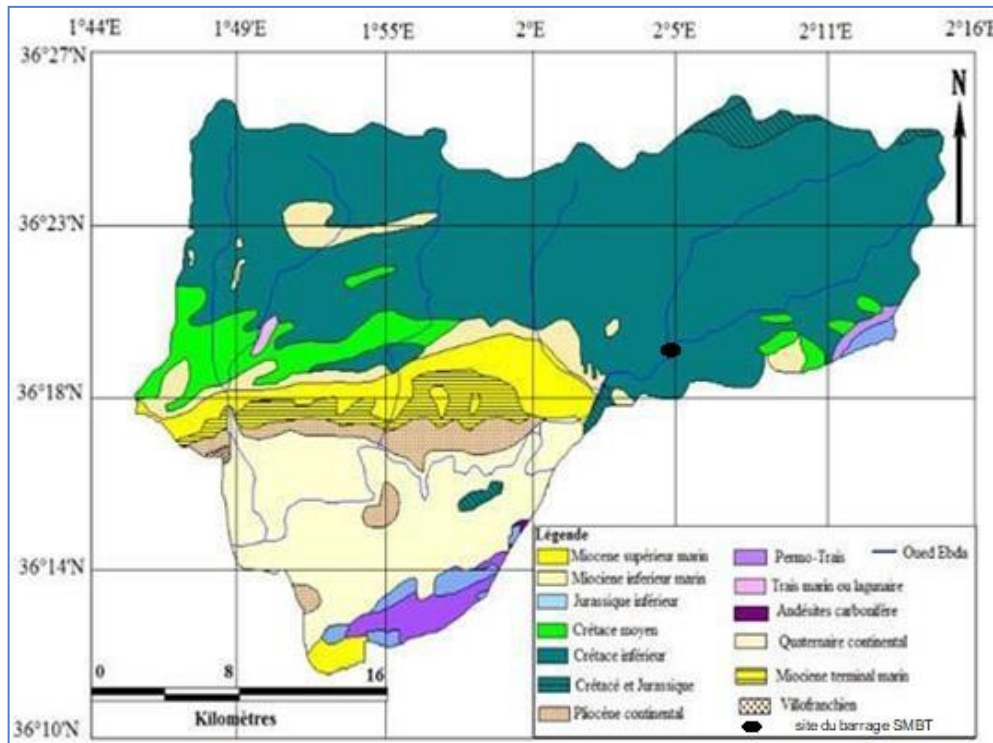
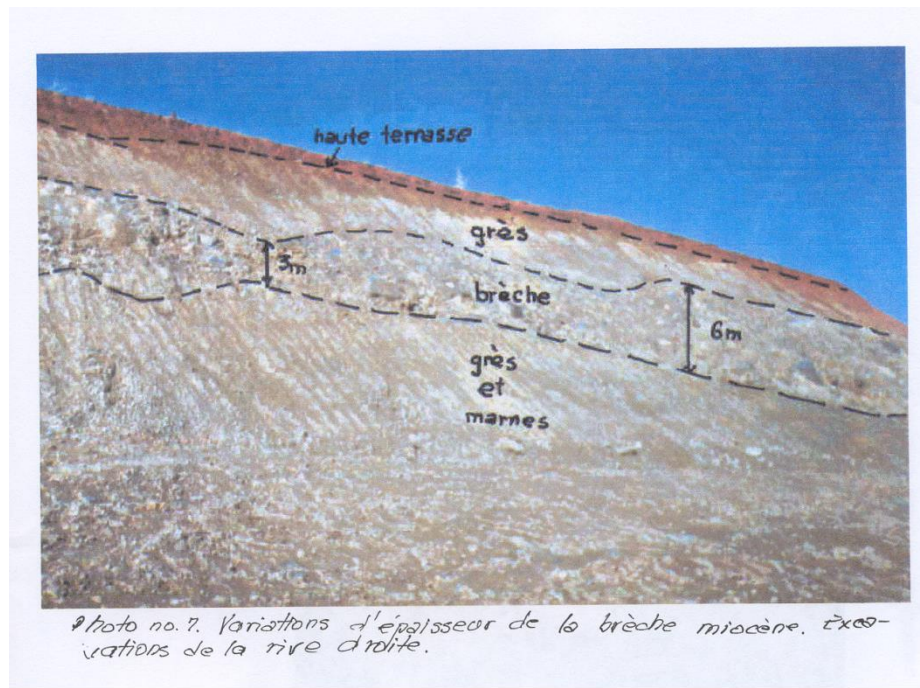


Figure II.3 : Géologie du sous-bassin versant d'Oued Ebda (Brahimi, 2016)



Photo II.1 : Schiste argileux (Beddal, 2007) Photo II.2 : Calcaire jurassique (Beddal, 2007)



**Photo II.3** : variation d'épaisseur de la brèche miocène (Beddal, 2007)

## II.6 Végétation

Les formations forestières (forêts, maquis et reboisement), occupent plus de la moitié de l'espace du sous bassin versant de l'oued Ebda 60,73%, suivie par l'agriculture 21,8%, (Brahimi, 2016). Les fonds de vallées et les terrasses sont utilisés pour l'agriculture, tandis que les pentes des terrains à basse altitude sont occupées par des arbustes. La forêt recouvre les terrains plus montagneux. (Attou, 2020)

## II.7 Climat

Le climat correspond à la distribution statistique des conditions atmosphériques dans une région donnée pendant une période de temps donnée. Il se distingue de la météorologie qui désigne l'étude du temps à court terme et dans des zones ponctuelles (Hufty, 2001).

Pour identifier le climat du sous bassin d'oued Ebda au site du barrage SMBT, les données climatiques ont été téléchargées du site ([www.nasa.com](http://www.nasa.com)).

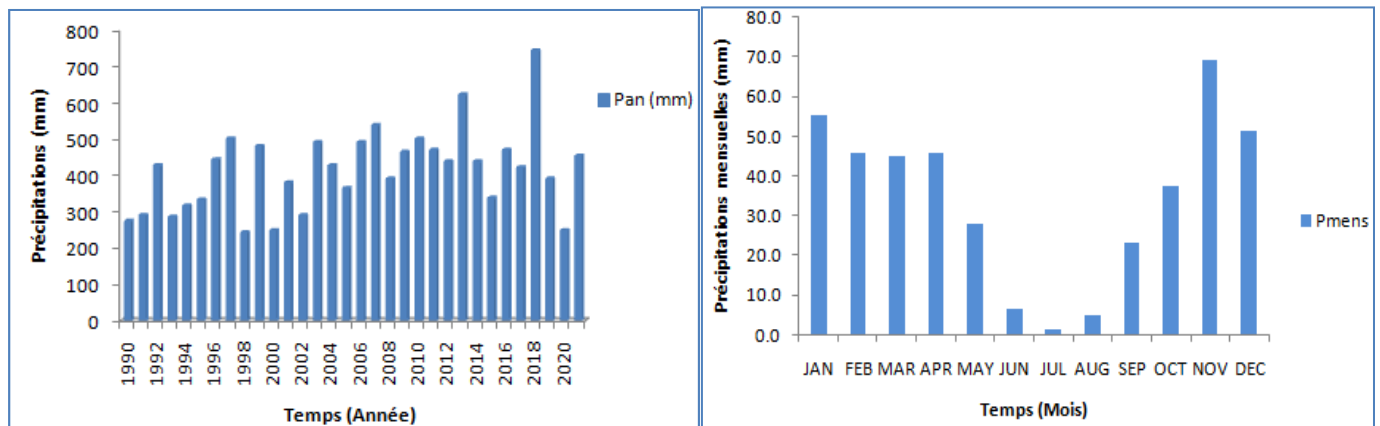
Les coordonnées géographiques du point satellitaire de la zone d'étude sont mentionnées au Tableau II.2 suivant :

**Tableau II.2 :** Caractéristique de la station météorologique

Longitude	Latitude	Élévation (m)	Période
2°,02 E	36°,32N	275	1990-2021

### II.7.1 Précipitations

Les précipitations constituent un facteur principal dans l'étude du climat. Les précipitations annuelles de chaque année de la période d'étude sont illustrées dans la figure II.4 ci-après.

**Figure II.4 :** Précipitation moyennes annuelles**Figure II.5 :** Précipitation moyennes mensuelles

Les résultats des figures II.4 et II.5 montrent que les précipitations moyennes annuelle dans la région du barrage SMBT est de **412.7 mm** ce qui reflète le climat sub-humide de la région d'étude. L'année la plus pluvieuse est observé en 2018 dont le pic a dépassé les 700 mm. Néanmoins, durant la même période d'étude un minimum de 260 mm est enregistré en l'an 2020. A l'échelle mensuelle, le maximum de précipitations est observé en saison d'automne et d'hiver (Nov, Déc, Janv) alors que la saison d'été est la plus faible en précipitations.

### II.7.2 Température

La température représente un facteur incontournable ayant un grand impact sur le climat. Les figures II.6 et II.7 indiquent la distribution mensuelle de la température moyenne, maximale et minimale enregistrées.

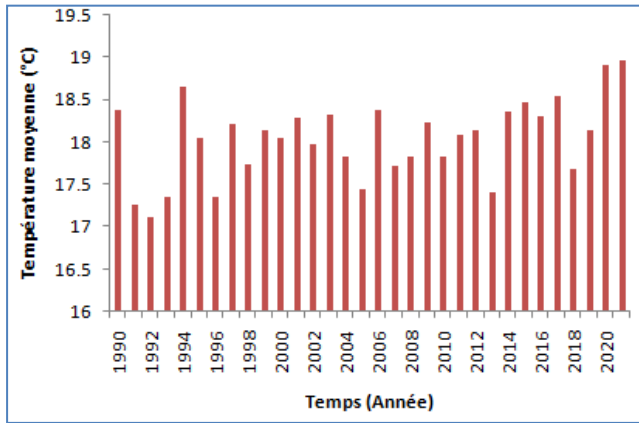


Figure II.6 : Température moyenne annuelle

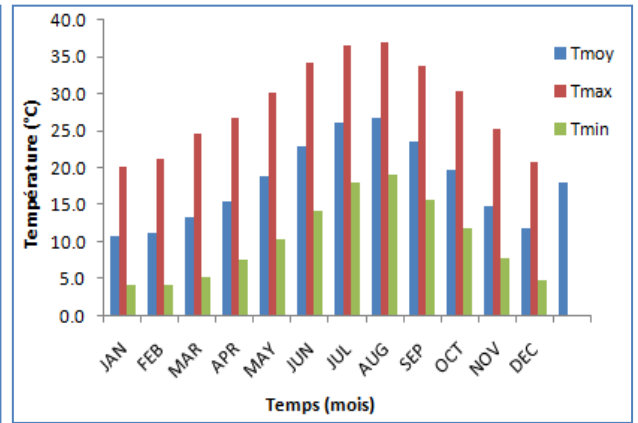


Figure II.7 : Température moyenne mensuelle

La température moyenne annuelle dans la zone du barrage de SMBT est d'environ 20°C avec un maximum de 37°C observé en Aout est minimum de 5°C à Décembre.

### II.7.3 Indices d'aridité annuel de DE MARTONNE

Pour savoir l'étage climatique de notre zone d'étude, l'indice d'aridité de De Martonne, noté I, permet de déterminer le degré d'aridité d'une région.

$$I = \frac{P}{T+10} \dots \dots \dots (II.1)$$

Où :

P : précipitations annuelles totales ( mm )

T : la température moyenne annuelle (°C).

**I= 32,9** , 30 < I < 40 , donc le climat du sous bassin versant d'oued Ebda est humide.

La zone d'étude présente un climat méditerranéen subhumide à humide avec un caractère de Continentalité très marqué et un écart de température entre les mois froids et chauds. Il est caractérisé par des hivers froids et pluvieux et des étés secs et chauds. La pluviométrie reste variable et atteint 412,7 mm en moyenne par an. L'étage climatique varie du subhumide au fond de la vallée à humide sur les Reliefs. Cette situation est liée à l'orographie : plus l'altitude est élevée plus l'étage est Humide. Il est à noter que le sous bassin versant de l'oued Ebda est le plus humide dans la zone du haut et moyen Cheliff (Benkaci et al., 2018).

## II.8 Descriptions de l'aménagement de SMBT

L'aménagement du barrage de Sidi M'Hamed Ben Taïba est un ensemble d'ouvrages ; une digue et des ouvrages annexes dont chacun a sa conception. La figure II.4 montre les différents ouvrages constituant l'aménagement

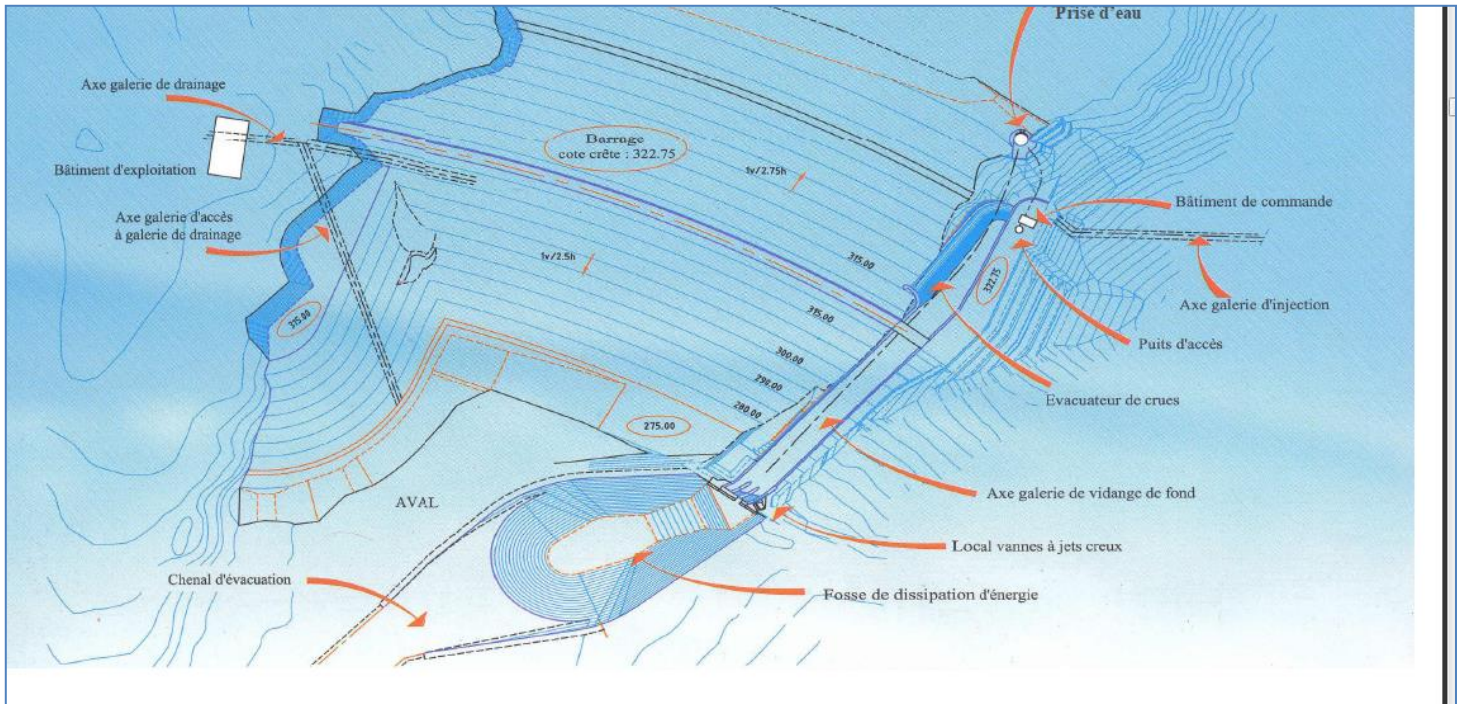


Figure II.4 vue en plan de l'aménagement de SMBT (Beddal, 2007)

### II.8.1 Retenue d'eau

C'est un réservoir destiné à stocker de l'eau, d'une capacité de  $75\text{Hm}^3$  et une superficie de  $4.2\text{km}^2$ . L'apport moyen annuel estimé est de  $76\text{Hm}^3$  dont  $400.000\text{m}^3$  est un apport solide avec une crue probable de  $2647\text{m}^3/\text{s}$  (voir photo II.4) le point le plus bas du cours d'eau représente la côte du fond de lit (CFL).



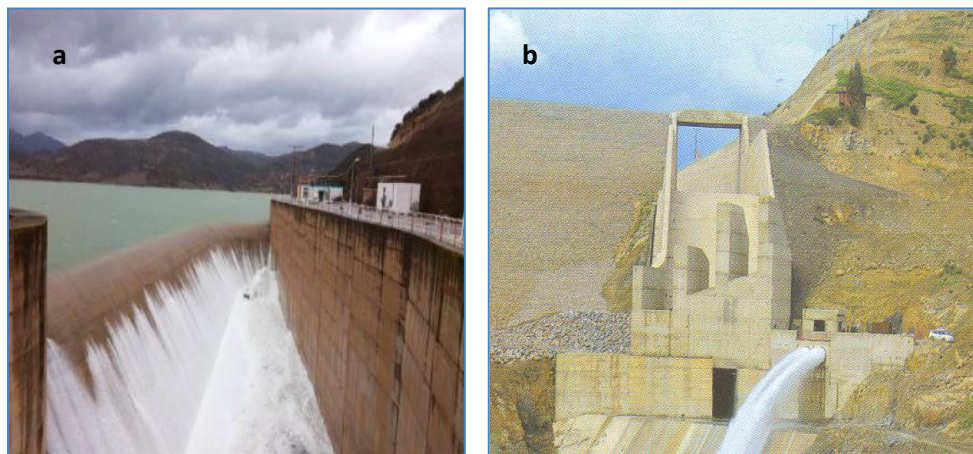
Photo II.4 : Retenue du barrage SMBT (Beddal, 2007)

### II.8.2 Digue

La digue du barrage de SMBT est un remblai en terre avec un noyau centrale d'argile (Photo II.4). La digue est caractérisée par une hauteur hors sol de 52m, une largeur en crête de 10m une longueur en crête de 370m. La digue a une forme de voute qui se prolonge en extrémité de la rive droite pour la soutenir contre le glissement du terrain.

### II.8.3 Évacuateur de crue

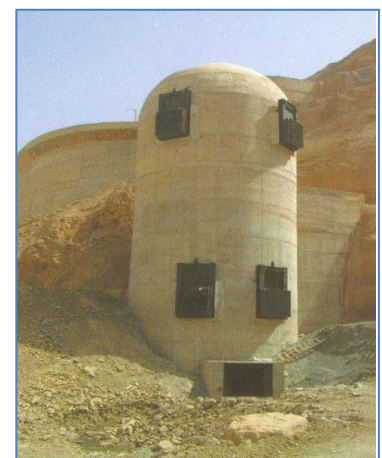
L'évacuateur est de type frontal à entonnement latéral implanté dans la rive gauche, il est constitué d'un déversoir, un chenal d'écoulement de 90m de longueur suivi d'un convergent courbé de 15m de longueur. Le coursier est de 180m de longueur et de 20m de largeur avec une pente variable de 0.01 % à 0.02%. La hauteur des murs bajoyers est variable de 10m à 25m. Le coursier se termine par une cuillère de dissipation de type saut de ski séparé par deux piles de fractionnement du jet en béton armé (Photo II.5).



**Photo II.5 :** Evacuateur de crue a) vue amont b) vue aval

### II.8.4 Prise d'eau

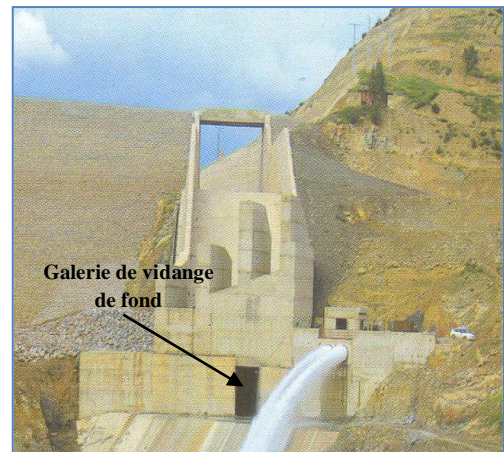
La prise d'eau est verticale et immergée de 32.9m de hauteur est implantée dans la rive gauche (Photo II.6) ; elle comporte quatre prises gérées par des vannes papillons de diamètre 650mm. Chaque 02 prises ont un niveau différent et qui sont collectées dans une conduite de diamètre 650mm ; chaque prise évacue un débit de 4.5m<sup>3</sup>/s



**Photo II.6 :** Prise d'eau

### II.8.5 vidange de fond

Est une galerie souterraine de 322m de longueur et un diamètre de 2,9 m. La vidange est équipé de deux vannes, une vanne de garde et une vanne de service .Le débit à évacuer par la vidange est de  $52 \text{ m}^3 / \text{s}$  et l'évacuation se fait dans la fosse de dissipation sous l'évacuateur de crue (photo II.7).



**Photo II.7 :** Vidange de fond

Une galerie souterraine d'injection est creusée dans la rive gauche (côte 323m) a pour contrôler les infiltrations dans cette rive et de faire des injections s'il y aura des anomalies dans le future ; elle est caractérisée par un diamètre de 4m, une longueur de 253m.

### Conclusion

Le barrage SMBT est situé au Nord du grand bassin de Chleliff Zahrez, est implanté sur l'oued Ebda, en rive droite de l'Oued Chélif dans les Monts du Zaccar. L'Oued Ebda est la confluence de deux oueds situés au nord: Oued Ferhat et Oued El-Wad qui partent dans le bassin versant et s'étendent jusqu'aux montagnes de Djebel Boumaâd et Djebel Zaccar Gharbi. L'altitude varie de 270 m au droit du site à 1507 m à Djebel Zaccar El Gharbi. A l'échelle géologique, les terrains dominant au bassin d'oued Ebda est le crétacé où les inclusions marneuses dans les bancs calcaires provoquent une forte sensibilité à l'érosion. Alors que le site du Barrage est situé dans une position où les strates du miocène recouvrent partiellement les schistes. Les calcaires schisteux de l'âge jurassique de couleur grise à beige avec une schistosité faible parallèle à la stratification, forment une colline abrupte sur la rive gauche (est) de l'axe du Barrage. Le climat de la zone d'étude méditerranéen humide avec un caractère de continentalité dont la pluviométrie reste variable et atteint 412,7 mm en moyenne par an. Les formations forestières (forêts, maquis et reboisement), occupent plus de la moitié de l'espace du sous bassin versant de l'oued Ebda 60,73%, suivie par l'agriculture 21,8%. Le grand barrage SMBT de capacité  $75 \text{ Hm}^3$  est construit pour assuré l'alimentation en eau potable de la population et l'irrigation des terres agricoles en aval du barrage.

## **CHAPITRE III:**

# **Calcul du bilan hydrologique du barrage SMT**

## Introduction

L'objectif de ce chapitre est d'analyser la variation des différents paramètres d'exploitation du barrage Sidi M'hamed Ben Taiba (SMBT). Cette analyse servira ensuite pour établir le bilan hydrologique du barrage.

### III.1 Données d'étude

Les données nécessaires pour l'étude du bilan hydrologique du barrage SMBT sont :

- ✓ les précipitations représentatives de la zone d'étude.
- ✓ L'apport liquide entrant dans la retenue du barrage.
- ✓ L'évaporation enregistrée au barrage.
- ✓ Les infiltrations à travers le corps et la fondation du barrage
- ✓ Les lâchées occasionnelles des eaux du barrage à travers les ouvrages de l'évacuateur de crue et de la vidange de fond.
- ✓ La consommation en eau potable et agricole.

Ces données sont considérées comme les paramètres de l'équation de bilan hydrologique du barrage.

### III.2. La collecte des données

Les données ont été collectées auprès direction de barrage SMBT (W. Ain Defla), qui nous a fourni un fichier de donnée journalières appelé Compte Rendu Mensuel du barrage SMBT « CRM ». La période d'étude est de 2013/14 à 2021/22, soit 10 années. Ces données sont considérées comme les paramètres de l'équation de bilan hydrologique du barrage, qui sont.

- Pluies
- Apports
- Evaporations
- Irrigations
- Déversements
- Vidanges
- Fuites

Ces données sont mesurées au droit de la retenue du barrage SMBT.

### III.3 Mesure des éléments du bilan hydrologiques au barrage SMBT

#### III.3.1 Mesure des pluies

La mesure des pluies sur l'ensemble de l'aménagement du barrage SMBT, est basée sur les relevés pluviométriques effectués au niveau d'un pluviomètre installé à proximité du barrage (voir photo III.1). La pluie tombée à cette station est représentative de celle tombée sur l'étendue de la cuvette du barrage. Ces mesures sont effectuées chaque jour.



Photo III.1 : Pluviomètre

#### III.3.2 Mesure des apports

Le levé bathymétrique qui a été effectué sur le barrage dans l'étude hydrologique a permis de construire une courbe reliant la Hauteur-Surface-Capacité du barrage. Pour estimer les mesures des apports du barrage SMBT on se base sur la méthode de la courbe de tarage (Hauteur-Surface-Capacité). Le volume journalier obtenu de la courbe est retranché de celui du jour précédant. On peut finalement ressortir le volume des apports entrant au barrage.



Photo III.2 : l'échelle limnimétrique sur la digue du barrage

#### III.3.3 Mesure de l'évaporation

La station de mesure au niveau du barrage SMBT est doté d'un bac d'évaporation classe A (Photo III.3) pour mesurer la lame d'eau évaporé quotidiennement. Ce bac est circulaire de 1.20 m de diamètre et de 0.25 m de profondeur, en tôle galvanisée, et posé sur un socle laissant circuler l'air librement. Les petits volumes d'eau des bacs réagissent beaucoup plus rapidement au rayonnement et aux fluctuations saisonnières de la température de l'air que les grands volumes des lacs ou des réservoirs.



Photo III.3 : Bac d'évaporation classe A



Ces données journalières ont été transformées en totaux mensuels pour chaque mois et elles sont structurées suivant l'année hydrologique définie entre le 1<sup>er</sup> septembre et le 31 août de l'année suivante. Les résultats de cette transformation sont résumés dans les figures des formats Excel suivants :

Année	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Ann
2013	21.3	2.0	58.0	88.9	81.9	49.0	79.3	9.6	21.6	22.3	0.0	2.5	436.4
2014	4.3	29.0	65.7	140.6	52.8	189.0	30.6	0.0	4.3	1.7	0.0	0.0	518.0
2015	0.0	28.2	26.8	0.0	46.5	102.7	182.4	33.2	25.6	2.8	0.0	0.0	448.2
2016	7.0	1.0	71.8	103.1	239.5	3.4	36.2	0.4	0.0	15.2	0.0	13.2	491.4
2017	11.4	38.0	57.5	103.7	38.5	77.9	170.2	127.1	51.0	0.0	0.0	0.0	675.9
2018	36.7	54.7	104.4	67.5	121.3	0.0	35.9	63.3	9.0	0.0	0.0	8.2	501.0
2019	58.5	13.9	100.7	23.0	28.0	0.0	57.1	101.8	3.1	0.0	0.0	7.101	393.2
2020	7.1	18.7	18.0	83.1	54.6	21.9	40.6	21.5	15.5	5.6	0.0	1.779	288.4
2021	12.7	4.0	227.6	46.8	6.4	14.9	58.2	151.9	18.2	0.0	0.0		541.3

Figure III.2 : Pluies mensuelles et annuelles du barrage SMBT (2013/14 à 2021/22)

Année	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Ann
2013	1.212	1.367	2.189	4.250	6.962	4.939	24.632	4.389	1.023	2.232	0.978	0.801	
2014	0.450	0.966	1.577	3.795	7.196	29.429	12.569	3.551	0.948	0.533	0.605	0.317	
2015	0.446	0.752	0.604	1.194	1.755	2.762	27.040	16.658	2.518	0.529	0.528	0.504	
2016	0.411	0.526	1.088	15.333	44.759	8.370	3.037	1.017	0.738	0.613	0.428	0.608	
2017	0.220	0.533	1.211	6.418	3.683	9.997	22.204	31.096	7.877	3.784	0.768	0.430	
2018	0.602	0.503	3.108	13.413	17.922	7.804	5.822	3.372	1.355	0.501	0.715	0.645	
2019	0.960	0.402	2.574	1.469	0.809	0.651	3.002	5.852	1.395	0.837	0.869	0.446	
2020	0.575	0.925	0.528	0.915	2.525	0.555	1.499	0.848	0.499	0.132	0.053	0.095	
2021	0.111	0.017	15.958	10.662	1.973	1.034	1.977	25.565	5.328	0.030	0.031		

Figure III.3 : Apport mensuels et annuels du barrage SMBT (2013/14 à 2021/22)

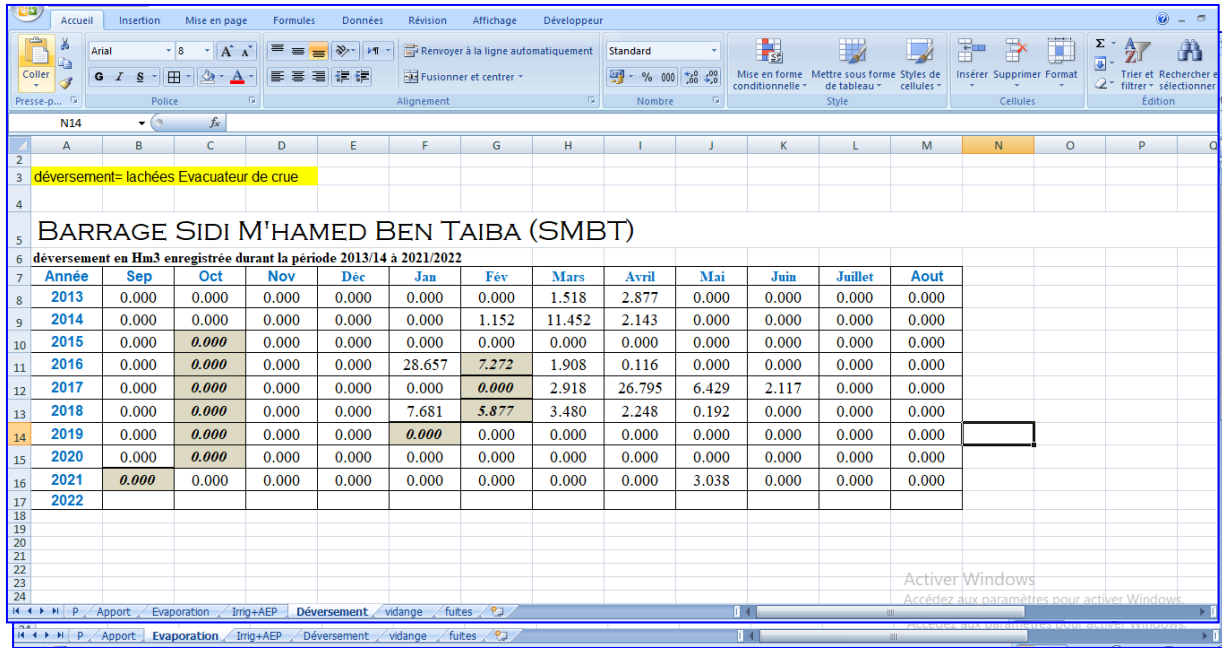


Figure III.4 : Evaporations mensuelles et annuels du barrage SMBT (2013/14 à 2021/22)

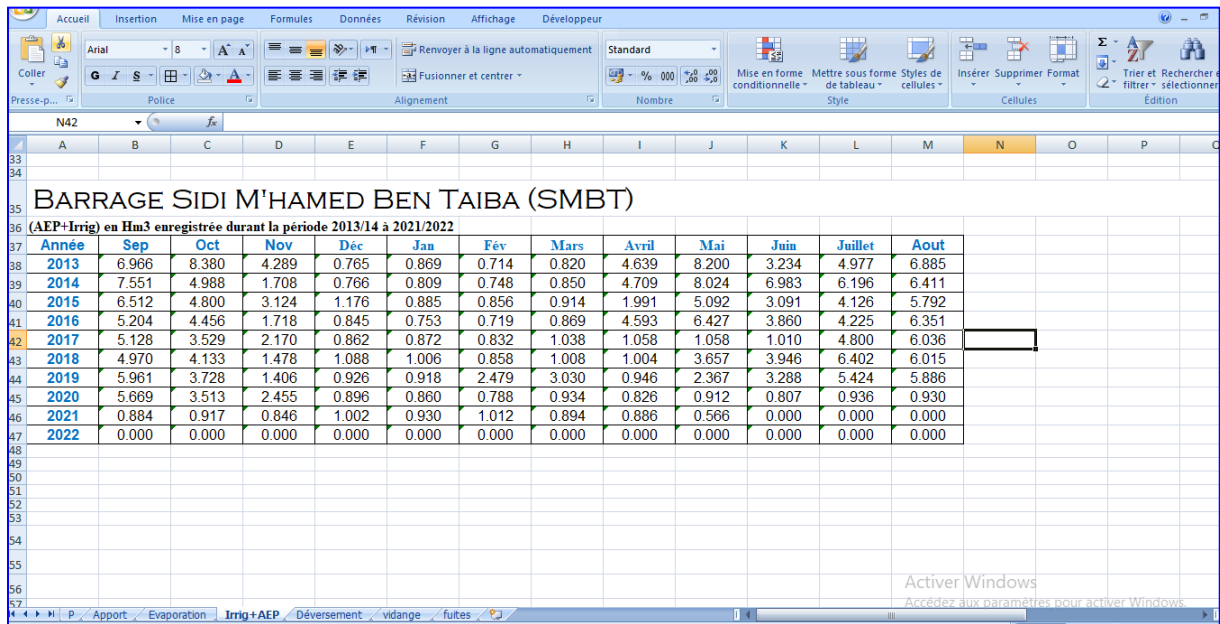


Figure III.5 : Irrigations mensuelles et annuels du barrage SMBT (2013/14 à 2021/22)

Figure III.6 : Déversements mensuels et annuels du barrage SMBT (2013/14 à 2021/22)

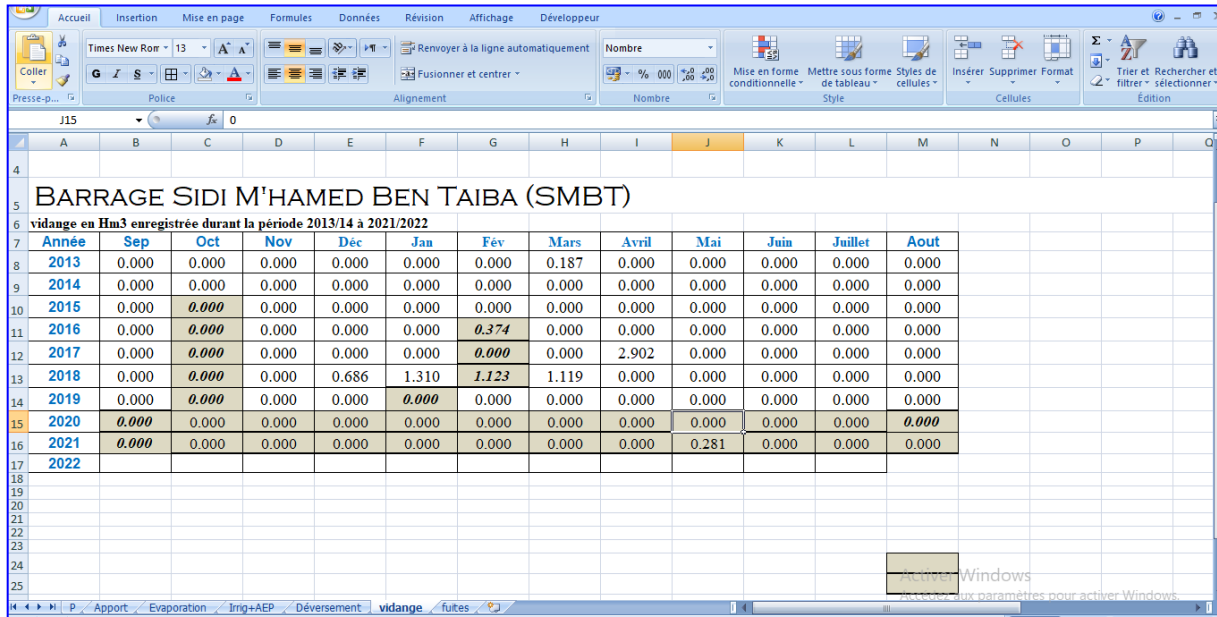


Figure III.7 : Vidanges mensuelles et annuelles du barrage SMBT (2013/14 à 2021/22)

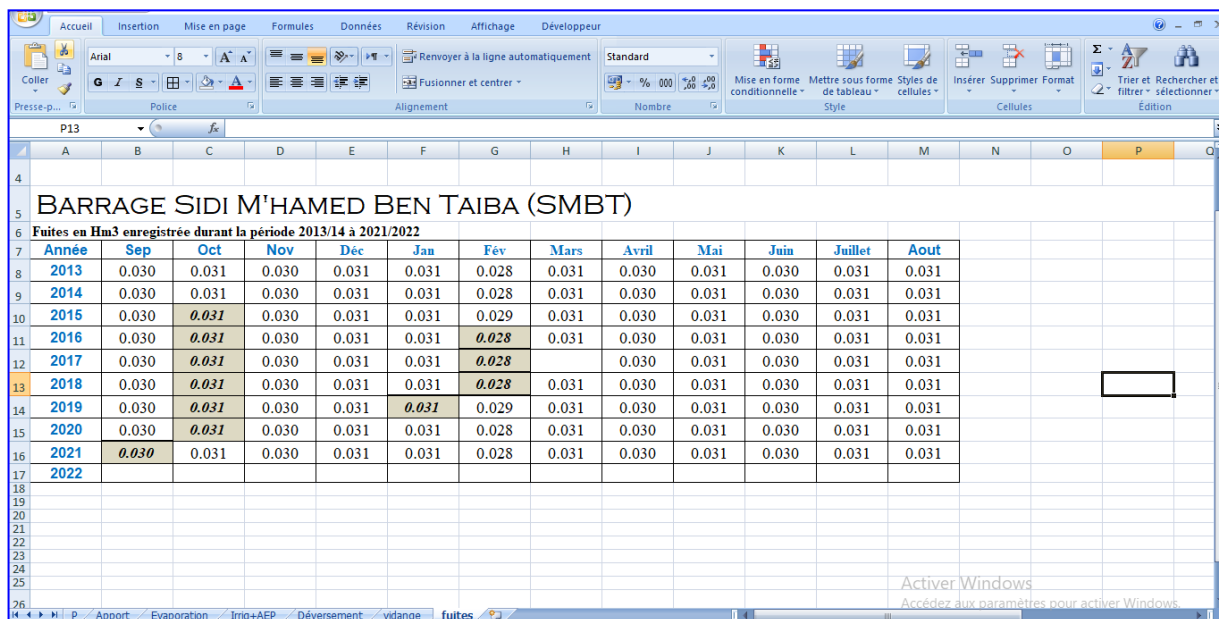


Figure III.8 : Fuites mensuelles et annuelles du barrage SMBT (2013/14 à 2021/22)

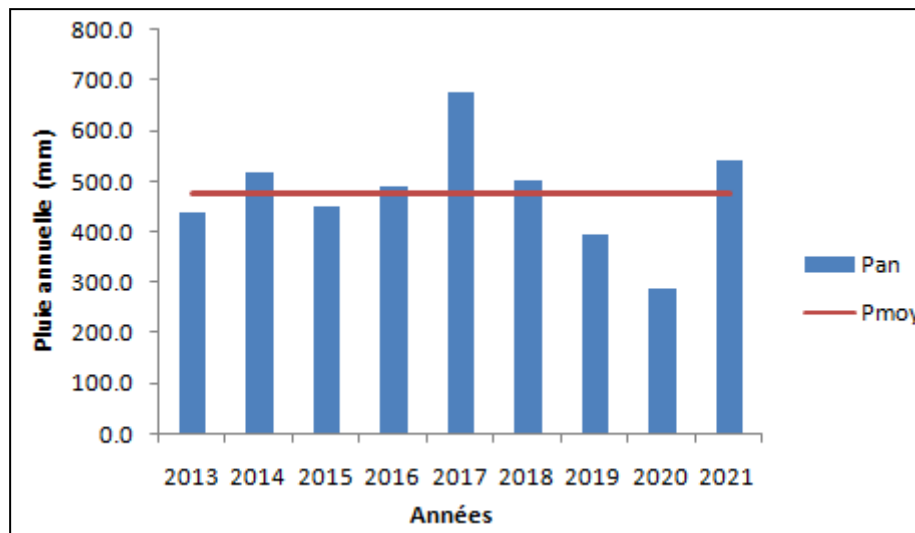
### III.5 Etude de la variabilité des éléments du bilan hydrologique

A travers l'information extraite des fiches d'exploitation de la retenue du barrage SMBT, il y a possibilité d'acquérir des données sur les différents paramètres observés (apport, pluie, évaporation, irrigation, ...) mensuels et annuels aux barrages.

### III.5.1 Les pluies

#### III.5.1.1 Echelle annuelle et interannuelle

La présentation graphique de la pluie du barrage SMBT est faite sous forme des histogrammes pour une série d'étude de 09 années (2013/14- 2021/22) (figure III.9).

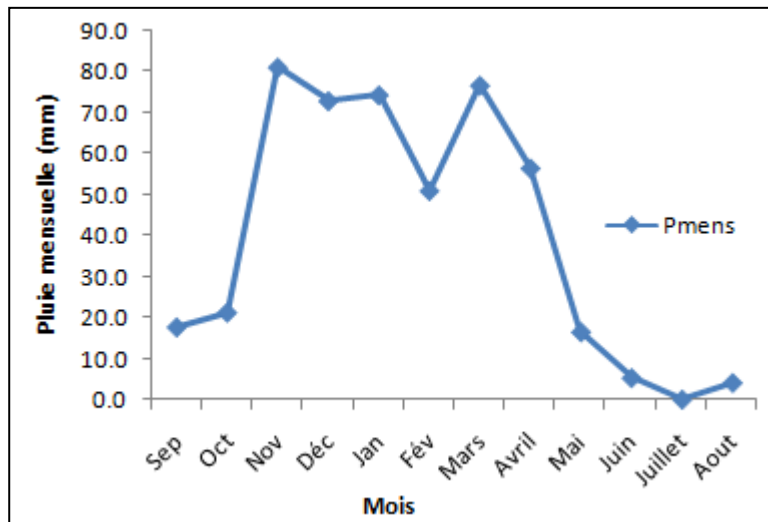


**Figure III.9 :** Variation interannuelle de pluie au barrage SMBT (2013/14-2021/22)

La comparaison entre les précipitations annuelles d'une série d'étude a permis de constater une variabilité des totaux annuels des précipitations à la station de SMBT. La variation interannuelle des précipitations du barrage SMBT permet de noter que la majorité des valeurs sont supérieures à la moyenne des pluies qui égale à 477.1 mm. L'année hydrologique 2017/2018 est particulièrement très pluvieuse où le total annuel est égal à 676 mm, presque 1.4 fois la moyenne enregistrée durant la même période d'étude suivie d'une période de diminution de la pluie jusqu'à 288.4 mm en 2020. Cependant, on remarque que pendant seulement 4 ans (2017-2020) ; il a été remarqué un maximum de précipitations en 2017 et un minimum de 288.4 mm en 2020 qui est relatif à la variabilité climatique vécue et continue en cette période.

#### III.5.1.2 Echelle mensuelle

La variation de distribution des précipitations à l'échelle mensuelle durant la période (2013/2014-2021/2022) est indiquée en figure III.10 suivante.



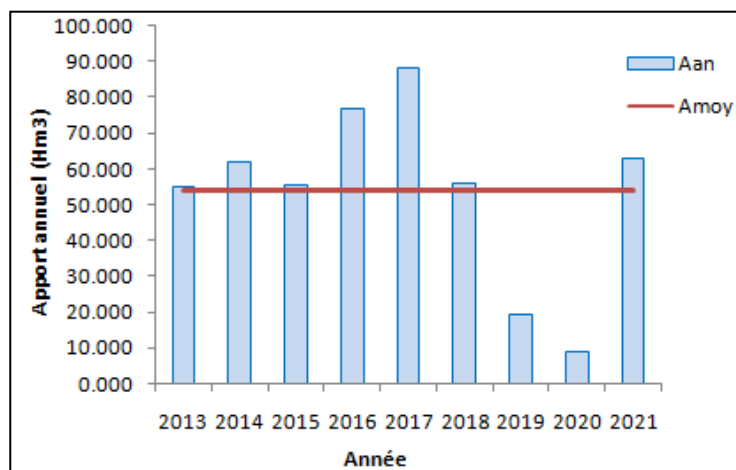
**Figure III.10** : Variation mensuelle de pluie au barrage SMBT (2013/14-2021/22)

L'analyse de la figure III.10 montre que la période d'arrivée des pluies est à partir du mois de septembre avec un maximum durant les mois de novembre jusqu' avril. Le maximum mensuel est enregistré au mois de novembre avec 81 mm.

### III.5.2 Apports liquides

#### III.5.2.1 Echelle annuelle et interannuelle

La variation de l'apport liquide entrant dans la retenue du barrage SMBT durant la période 2013/14-2021/22 est indiqué en figure III.11 ci-dessous.



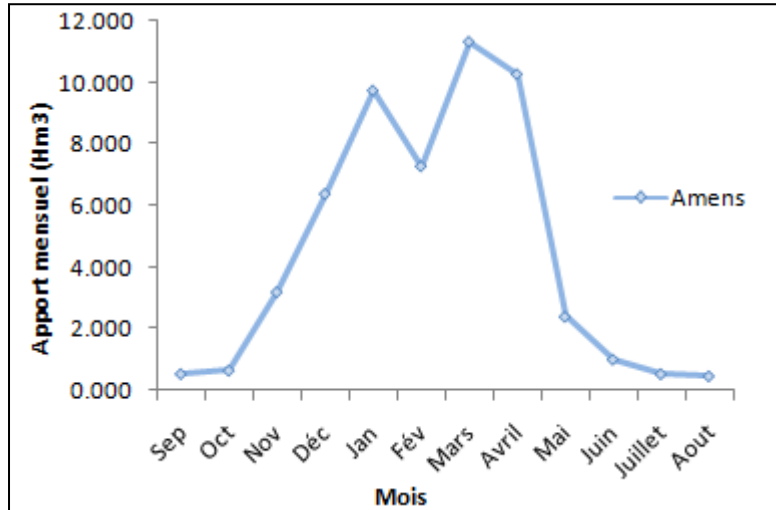
**Figure III.11** : Variation interannuelle des apports liquides au barrage SMBT (2013/14-2021/22)

L'évolution des apports au barrage SMBT durant la période d'étude montre bien une irrégularité avec une moyenne de 53.8 Hm<sup>3</sup>. L'apport le plus élevé a été enregistré au cours de la période (2017/18) pour atteindre 88 Hm<sup>3</sup>. Alors que la valeur la plus faible (de l'ordre de 9

Hm<sup>3</sup>) a été enregistrée au cours de l'année 2020/21. Il y a une concordance entre les pluies et les apports liquides entrants dans la retenue du barrage SMBT.

### III.5.2.2 Echelle mensuelle

La variation de distribution des apports liquides à l'échelle mensuelle est indiquée en figure III.12.



**Figure III.12** : Variation mensuelle des apports liquides au barrage SMBT (2013/14-2021/22)

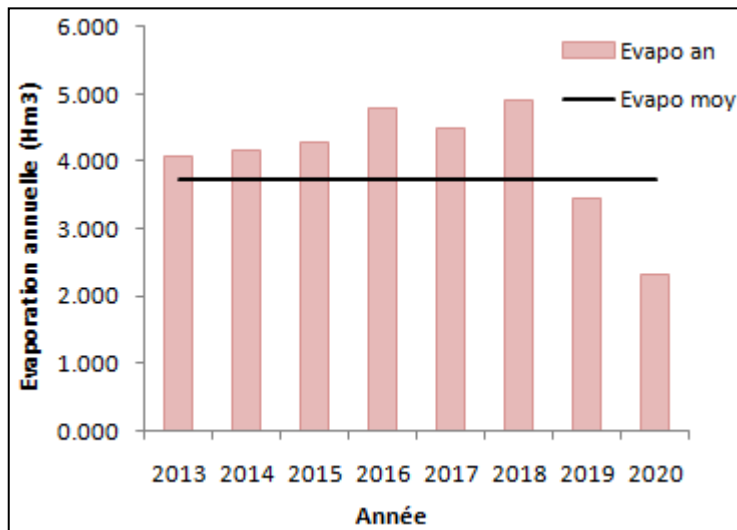
L'analyse de la figure III.12 montre que la période d'hiver produit des apports liquides les plus élevés (9 Hm<sup>3</sup> au moyenne). Par contre en saison estivale et plus précisément, le mois de juillet enregistre les apports liquides les plus faibles (0,48 Hm<sup>3</sup>).

### III.5.3 Evaporation

#### III.5.3.1 Echelle annuelle et interannuelle

La variation de l'évaporation à l'échelle interannuelle durant la période 2013/14-2020/21 est indiquée en figure III.13 ci-dessous.

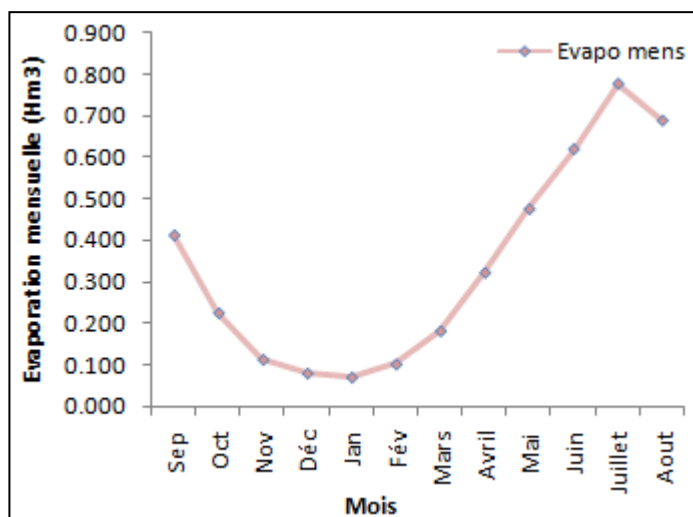
L'analyse du graphique de la variation interannuelle de l'évaporation durant la période d'étude montre que l'évaporation moyenne au niveau du barrage est de 3.7 Hm<sup>3</sup> avec un maximum enregistré en 2016 (4.7 Hm<sup>3</sup>) et en 2018 (4.9 Hm<sup>3</sup>). La quantité d'évaporation la plus faible est enregistrée est 2.3 Hm<sup>3</sup> enregistré en 2020. L'évolution de l'évaporation annuelle est liée principalement à la température.



**Figure III.13.** Variation interannuelle de l'évaporation au barrage SMBT (2013/14-2020/21)

### III.5.3.2 Echelle mensuelle

A l'échelle mensuelle, La variation de l'évaporation est indiquée en figure III.14 .



**Figure III.14.** Variation mensuelle de l'évaporation au barrage SMBT (2013/14-2021/22)

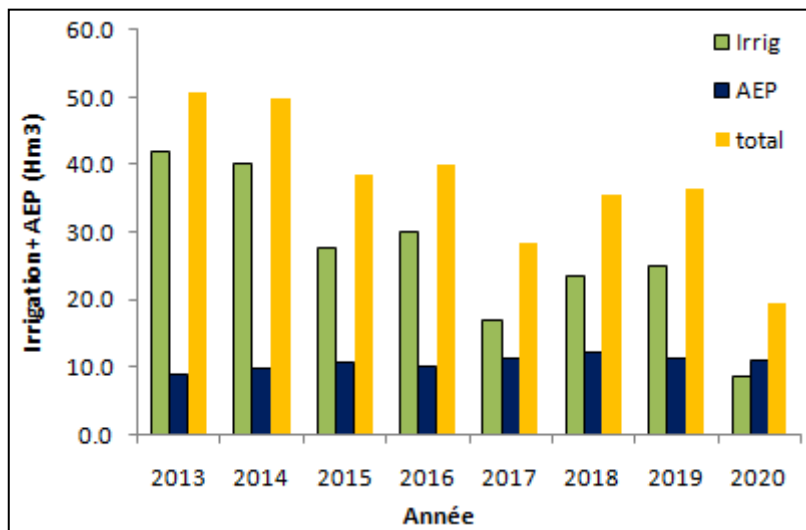
L'allure du graphe de la figure III.14 montre que l'évaporation au mois de juillet est la plus importante ( $0.77\text{Hm}^3$ ) qui coïncide avec la période de haute température. Puis elle diminue progressivement jusqu'à atteindre des valeurs minimale en décembre et janvier (inférieure à  $0.1\text{ Hm}^3$ ).

### III.5.4 Irrigation et alimentation en eau potable

Les eaux du barrage SMBT sont utilisées dans l'irrigation des terres agricoles situées à l'aval du barrage et à l'approvisionnement en eau potable (AEP) de la population des daïras limitrophes.

#### III.5.4.1 Echelle annuelle et interannuelle

Le graphe de la Figure III.15 présente la variation du volume destiné à l'irrigation et l'alimentation en eau potable annuelle au cours de la période d'étude (2013/14-2020-21).

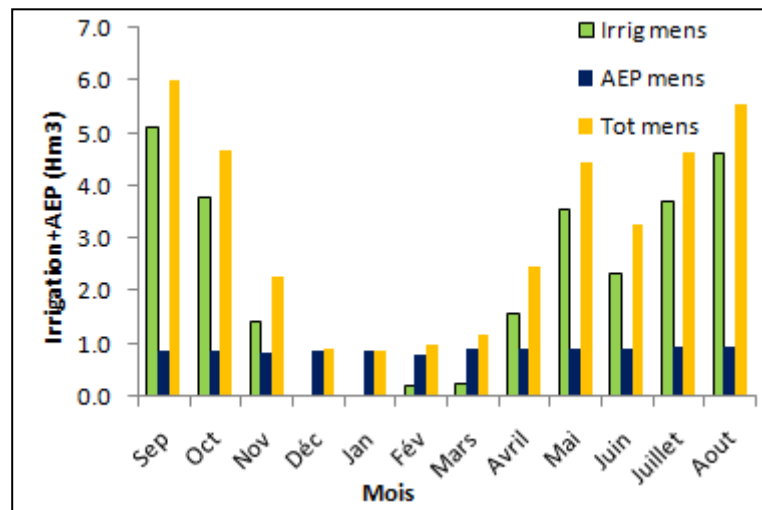


**Figure III.15.** Variation interannuelle du volume d'eau destiné à l'irrigation +AEP du barrage SMBT (2013/14-2020/21)

On constate que les volumes destinés à l'irrigation sont plus importants que ceux utilisés à l'approvisionnement en eau potable ce qui explique la vocation agricole par excellence de la région de Ain Defla. Le volume alloué à l'AEP est d'environ 10 Hm<sup>3</sup> sur toute la période d'étude. On observe que le volume alloué à l'irrigation en 2013 et 2014 sont les plus importants avec 40 Hm<sup>3</sup> d'environ. Les années 2017 et 2020 connaissent des faibles volumes d'eau destinés à l'irrigation. Ceci est dû d'une part de la pluviosité de l'année 2017 qui n'a pas favorisé l'irrigation complémentaire et d'autre part de la sécheresse recensée en 2020 dont les apports liquides et la réserve en eau dans le barrage n'ont pas permis d'allouer un volume d'eau supplémentaire à l'irrigation.

### III.5.4.2 Echelle mensuelle

La distribution des volumes destinés à l'irrigation et à l'AEP sont donnés par la figure III.16 suivant



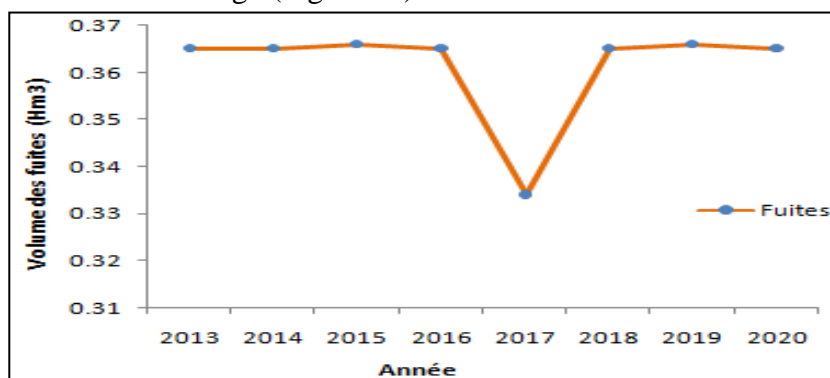
**Figure III.16** Variation mensuelle du volume d'eau destiné à l'irrigation et l'AEP du barrage SMBT (2013/14-2020/21)

D'après le graphique de l'irrigation moyennes mensuelles interannuelles du barrage K'sob, nous notons que la période d'irrigation commence au mois de Février. La période allant de Mai jusqu'au Octobre sont les mois les plus demandeurs d'eau avec un maximum au mois d'Aout et de Septembre (5Hm<sup>3</sup> d'environ mensuellement). Ces résultats reflète le caractère agricole de la région de Ain Defla durant presque toute l'année ainsi que le rôle du barrage de SMBT dans le développement du secteur agricole de la wilaya.

### III.5.5 Fuites

#### III.5.5.1 Echelle annuelle et interannuelle

Elles représentent les infiltrations à travers la fondation du barrage SMBT et même par les terrains de la cuvette du barrage (Fig III.17).

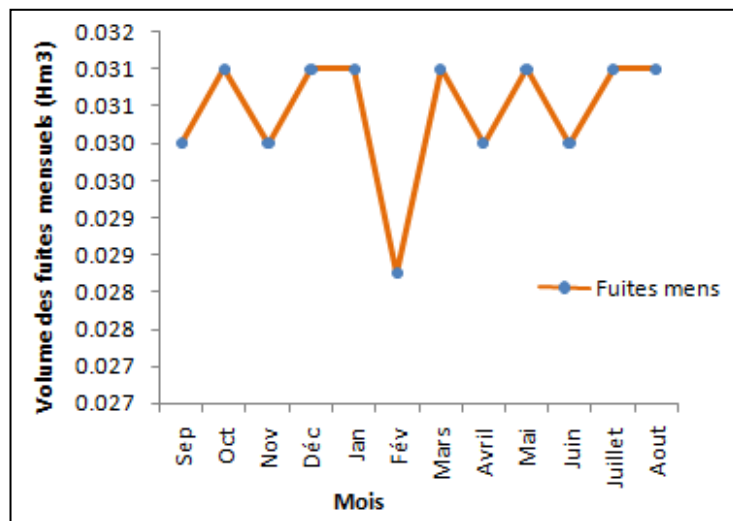


**Figure III.17** Variation interannuelle des fuites à travers le barrage SMBT (2013/14-2020/21)

Le graphe de la figure montre que les fuites sont quasi stables ( $0.365 \text{ Hm}^3$ ) durant toute la période. Néanmoins l'année 2017/18 a enregistré un volume de fuite inférieure qui est de  $0,335 \text{ Hm}^3$ .

### III.5.5.2 Variation mensuelle des fuites

La variation des fuites à l'échelle mensuelle indiquée en figure III.18 en dessous montre une stabilité quasi-totale des fuites à travers la fondation et le corps du barrage SMBT ( $0.0315 \text{ Hm}^3$ ). Le mois de Février enregistre les faibles valeurs de fuites ( $0.0285 \text{ Hm}^3$ ).



**Figure III.18 :** Variation mensuelle des fuites à travers le barrage SMBT (2013/14-2020/21)

### III.5.6 Lâchées

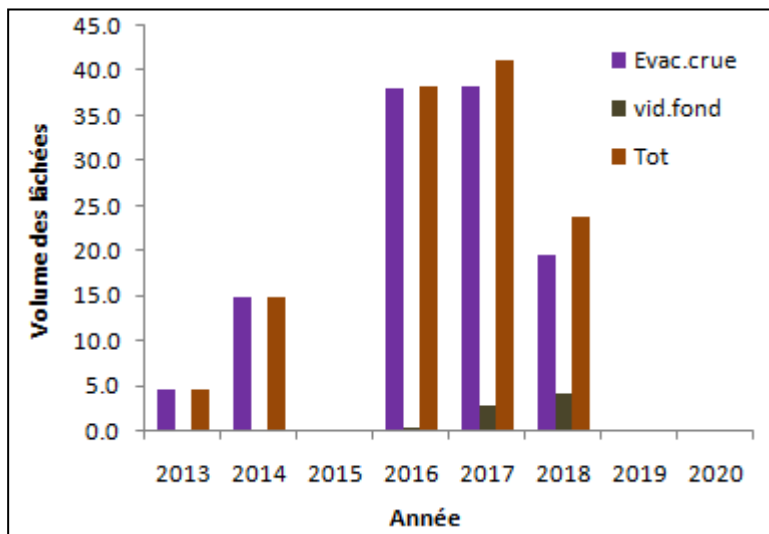
Elles représentent le volume d'eau excédentaire déversé par l'évacuateur de crues lorsque la retenue est remplie d'eau ainsi que la quantité évacuée par l'ouvrage de vidange de fond.

#### III.5.6.1 Variation interannuelles et annuelle

La figure III.19 montre la variation interannuelle du volume d'eau lâché par l'évacuateur de crue et la vidange du fond durant la période (2013/14-2020-21)

Nous remarquons que durant la période d'étude, il y a des années où il n'y a pas de lâchées par l'évacuateur de crue et/ou la vidange de fond. Cependant, l'évacuateur de crue a fonctionné 05 fois durant la période d'étude allant de 2013/14-2020/21 avec un maximum évacué de  $37.9 \text{ Hm}^3$  et  $38.2 \text{ Hm}^3$  en 2016 et 2017 consécutivement. Alors que l'ouvrage de vidange de fond n'a fonctionné que 2 fois en 2017 et 2018 pour aider l'évacuateur de crue à évacuer une crue exceptionnelle ainsi que de rejeter les sédiments déposées au fond de la

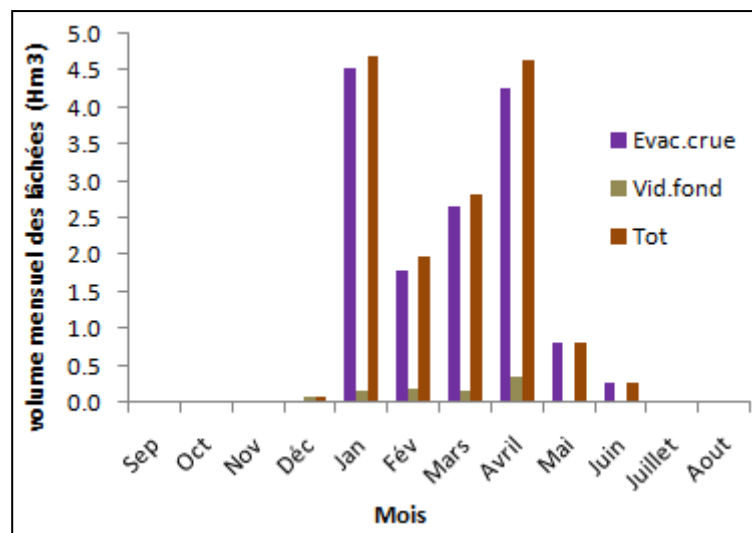
retenue après le passage de la crue. le volume déversé est en rapport avec l'apport d'eau liquide important enregistré dans la même période.



**Figure III.19 :** Variation interannuelle des lâchées dans le barrage SMBT (2013/14-2020/21)

### III.5.6.2 Variation mensuelle

A l'échelle mensuelle, La distribution du volume déversé est donnée en figure III.20 suivante.



**Figure III.20 :** Variation mensuelle des lâchées dans le barrage SMBT (2013/14-2020/21)

Nous remarquons que le maximum déversé est observé au mois de Janvier ( $4.5\text{Hm}^3$ ) et d'avril ( $4.2\text{Hm}^3$ ) qui correspond au crue d'hiver dont les apports liquides sont les plus importants. Ainsi, nous observons que la vidange de fond a également fonctionné dans les même mois que l'évacuateur de crue ce qui signifie les lâchées des sédiments apportées par la crue ont été lâchées après le passage de la crue.

### III.6 Etablissement du Bilan hydrologique

Ce bilan est établi à l'échelle annuelle sur la période d'observation 2013/14- 2020/21. Il est calculé à l'aide des données des différents paramètres analysés dans la section précédente. Pour calculer les bilans annuels de la retenue du barrage, nous avons appliqué le modèle décrit au chapitre I. 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:

$$\Delta V = (V_A + V_P) - (V_E + V_{IR,AEP} + V_V + V_D + V_F)$$

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 autre éléments représentant les "Sorties" sont le volume d'évaporation  $V_E$ , volume des irrigations  $V_{IR,AEP}$ , volume des eaux de vidange  $V_V$ , volume des eaux de déversement  $V_D$ , et le volume des fuites  $V_F$ .

#### III.6.1 Les entrées et les sorties

Les données de chaque élément du bilan hydrologique mesuré au barrage SMBT sont présenté au tableau III.1 suivant.

**Tableau III.1.** Les données annuelles des éléments du bilan hydrologique en [Hm<sup>3</sup>]

Année	Entrées		Sorties				
	$V_P$	$V_A$	$V_E$	$V_{IR,AEP}$	$V_D$	$V_V$	$V_F$
2013/14	2.18	54.9	4.08	<b><u>50.74</u></b>	4.39	0.19	0.365
2014/15	<b><u>2.59</u></b>	61.9	4.15	<b><u>49.74</u></b>	14.75	/	0.365
2015/16	2.24	<b><u>55.3</u></b>	4.29	38.36	/	/	0.366
2016/17	<b><u>2.46</u></b>	<b><u>76.9</u></b>	4.77	40.02	<b><u>37.95</u></b>	<b><u>0.37</u></b>	0.365
2017/18	<b><u>3.38</u></b>	<b><u>88.2</u></b>	4.49	28.39	<b><u>38.26</u></b>	<b><u>2.90</u></b>	0.334
2018/19	<b><u>2.50</u></b>	<b><u>55.8</u></b>	<b><u>4.91</u></b>	35.56	19.48	4.24	0.365
2019/20	1.97	19.3	3.44	36.36	/	/	0.366
2020/21	1.44	9.1	2.30	19.53	/	/	0.365

Les résultats du tableau III.1 montrent que la période allant de 2014/15 jusqu'à 2018/19 est reconnue par des précipitations et des apports liquides très importants conduisant au fonctionnement de l'évacuateur de crue et de l'ouvrage de vidange de fond. Les fuites sont presque stables durant la période d'étude. Le volume alloué à l'irrigation est importante durant les années 2013 et 2014.

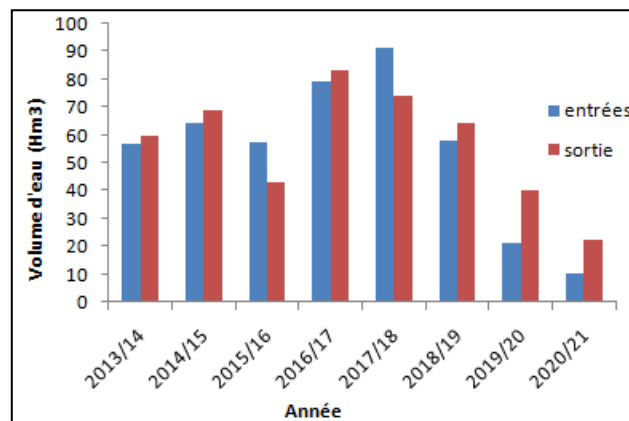
Les résultats obtenus sur la période d'étude (2013/14-2020/21) du barrage SMBT du volume total entrant et celui sortant sont reportés sur le tableau III.2.

La figure III.22 illustre la variation du bilan hydrologique à l'échelle de la retenue du barrage SMBT.

**Tableau III.2:** Bilan hydrologique annuels de la retenue du barrage SMBT [Hm<sup>3</sup>]

Année	Entrées	Sorties	Bilan hydrologique
2013/14	57.08	59.77	-2.68
2014/15	64.49	69.01	-4.52
2015/16	57.54	43.02	14.53
2016/17	79.36	83.48	-4.12
2017/18	91.58	74.37	17.21
2018/19	58.30	64.56	-6.25
2019/20	21.27	40.17	-18.90
2020/21	10.54	22.20	-11.65

La distribution des volumes d'eau entrées et sorties à travers le barrage SMBT sont indiquées dans la figure III.21 suivante.

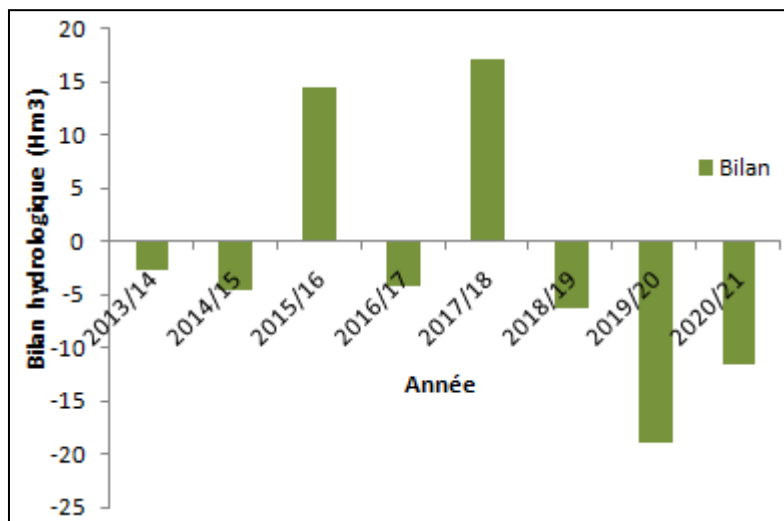


**Figure III.21 :** La répartition des volumes entrant et sortant dans le barrage SMBT (2013/14-2020/21)

Les résultats du tableau III.2 et de la figure III.21 montrent que le volume entrant en 2017/18 est le plus important qui est dû à l'apport liquide annuel apporté par l'oued vers la retenue du barrage en cette période. On note également durant cette année la valeur de précipitations qui a produit cet apport liquide ainsi que la crue arrivée est déversée de  $38\text{Hm}^3$  (1/2 la capacité de stockage du barrage). Tandis que l'année 2020/21 a connu un volume entrant total le plus faible durant la période d'étude. On remarque aussi que parfois les entrées sont supérieures aux sorties (2015/16, 2017/18) et parfois les sorties sont supérieures (2013 à 2015, 2016/17, 2018 jusqu'à 2021). Autrement dit, le volume sortant de la retenue du barrage SMBT est supérieur à celui entrant pendant 6 ans alors que seulement sur 02 ans le volume entrant est dominant par rapport à celui sortant. La différence entre les volumes entrant et sortant lorsque ce dernier est supérieur est de l'ordre de  $-18.9\text{Hm}^3$  en 2019/20 tandis qu'il est de  $+17\text{Hm}^3$  en 2017/18 (volume entrant est supérieur au volume sortant).

### III.6.2 Résultats du bilan hydrologique

Les résultats de la différence entre les volumes entrants et ceux sortants du barrage SMBT sont illustrés au tableau III.2 et figure III.22



**Figure III.22** : Variation du bilan hydrologique à l'échelle de la retenue SMBT (2013/14-2020/21)

L'analyse des résultats du tableau III.2 et la figure III.22 montrent que sur toute la période étudiée (2013/14-2020/21), il existe des périodes où le bilan hydrologique est positif (2015/16, 2017/18) soit 02 ans qui est traduit par un volume entrant supérieur au volume sortant du barrage SMBT. Une autre période de bilan négatif plus importante et plus longue est observée (2013/14, 2014/15, 2016/17, 2018 à 2020) soit 06 ans. Un bilan hydrologique

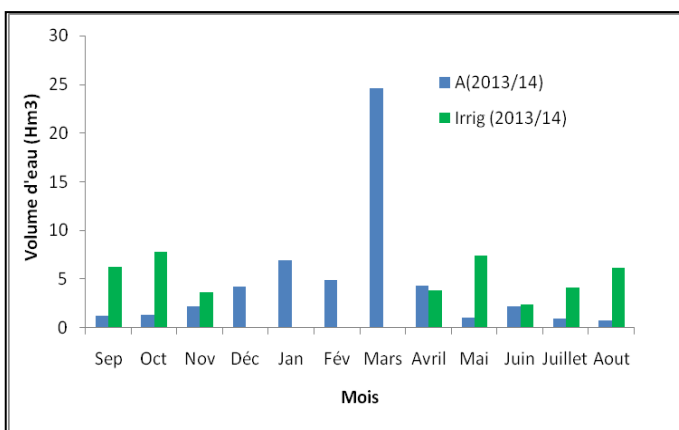
positif est traduit par un excédent d'eau emmagasiné dans la cuvette du barrage SMBT avec un volume total excédentaire de  $31\text{Hm}^3$  dont l'année 2017/18 a produit seulement  $+17\text{Hm}^3$  d'eau excédentaire. Un bilan d'eau négatif est traduit par un déficit d'eau et pour satisfaire les besoins destinés à l'irrigation des terres agricoles et à l'alimentation en eau potable, l'eau sera compensée de la réserve en eau contenue dans le barrage. Ceci est dû d'une part de la demande en eau importante en agriculture durant les années 2013/14 et 2014/15 et la sécheresse climatique recensée à partir de l'année 2019 conduisant à une diminution des précipitations et par conséquent l'apport liquide alimentant le barrage en dépit des besoins agricoles demandés.

Parmi les entrées et les sorties du barrage de SMBT nous avons fait une comparaison entre deux principaux éléments qui sont liée l'un avec l'autre. Ces deux paramètres sont:

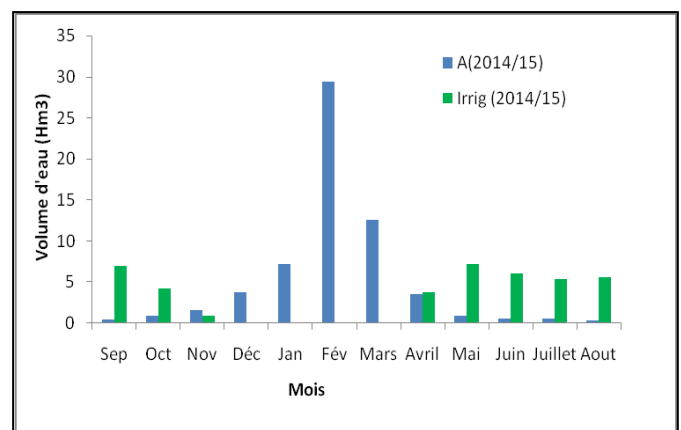
1. L'apport liquide considéré comme élément d'entré du barrage.
2. L'irrigation qui en présenté un volume sortant du barrage.

Nous avons choisi ces deux éléments car d'une part ils sont les plus importants dans le bilan hydrologique du barrage SMBT en terme de volume (voir Tableau III.1). D'autre part, pour montrer la dépendance entre les apports liquides et l'irrigation durant les années (2013/14, 2014/15, 2015/16 et 2017/18) (voir Figure III.23, III.24, III.25 et III.26).

Le choix de ces années est basé sur l'importance de chaque volume en termes d'irrigation, apport liquide et déversement par l'évacuateur de crue. Autrement dit, les années 2013/14 et 2014/15 sont marquées par une demande en eau d'irrigation la plus importante alors que les années 2015/16 et 2017/18 sont reconnues par un apport liquide important.

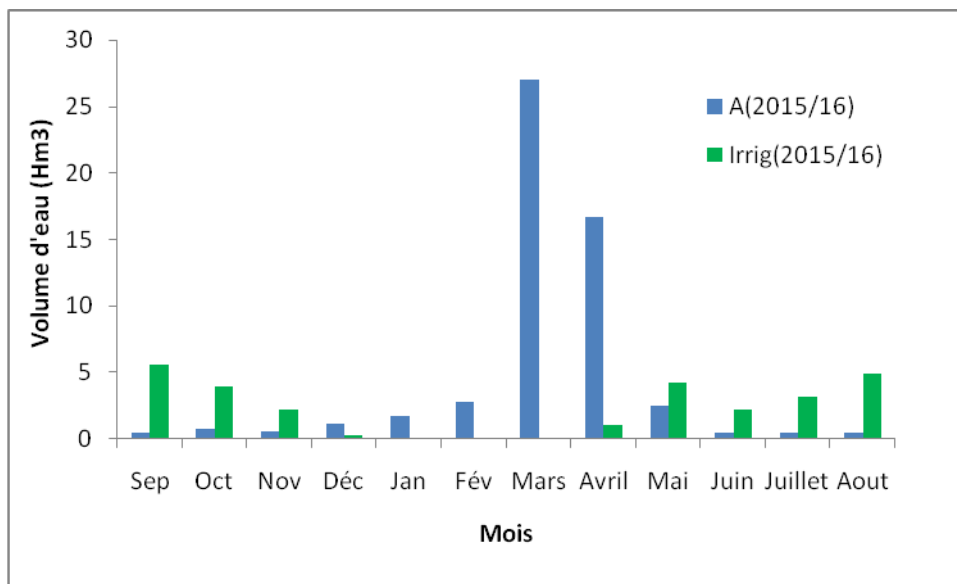


**Figure III.23** : Variation mensuelle du bilan à l'échelle de la retenue SMBT (2013/14)

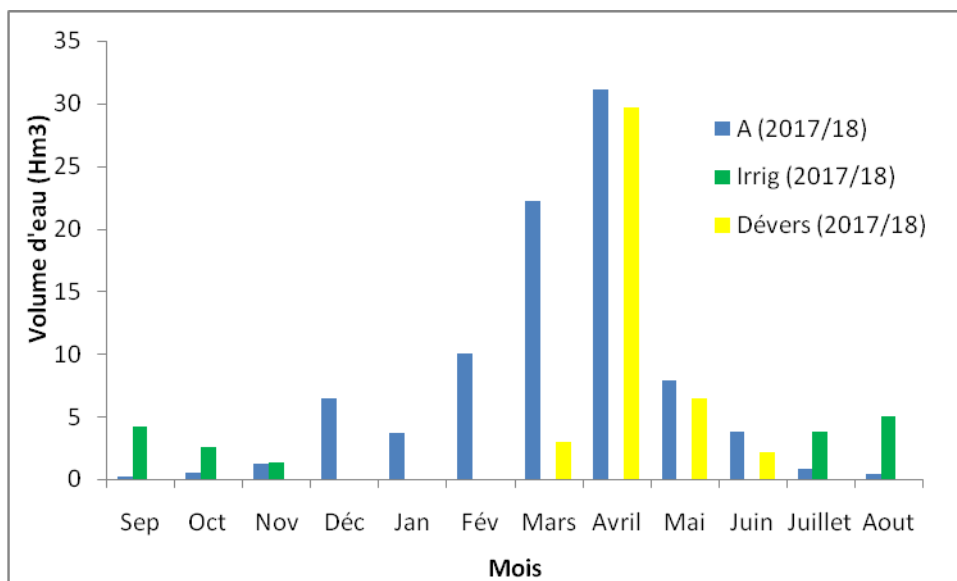


**Figure III.24** : Variation mensuelle du bilan à l'échelle de la retenue SMBT (2014/15)

d'après les figures III.23 et III.24, nous remarquons que la période d'irrigation commence du mois d'avril et continue jusqu'au mois de novembre avec un volume total de 41Hm<sup>3</sup>. On note que les cultures maraichères (notamment la pomme de terre) sont dominantes aux alentours du barrage SMBT tout au long de l'année. Les mois de Février et Mars produisent un apport liquide le plus important. Pratiquement à partir du mois de Mai les apports liquides sont inférieurs au volume d'eau alloué à l'irrigation (presque 5 fois moins). Alors cette différence sera compensée du volume d'eau emmagasiné dans la retenue du barrage SMBT.



**Figure III.25 :** Variation mensuelle du bilan à l'échelle de la retenue SMBT (2015/16)



**Figure III.26 :** Variation mensuelle du bilan à l'échelle de la retenue SMBT (2017/18)

Les figures III.25 et III.26 montrent clairement l'importance des apports liquides alimentant la cuvette du barrage SMBT.

L'année 2017/18 (figure III.26) a été exceptionnelle en terme d'apport liquide où il a été enregistré un volume total annuel de 88 Hm<sup>3</sup> (1.2 fois la capacité de stockage du barrage) dont seulement 31 Hm<sup>3</sup> est arrivé au mois d'avril. A cause de la pluviosité et l'humidité de les apports liquides entrant durant les saisons d'hiver et de printemps ont provoquant le remplissage total de la retenue au mois de Mars, et tous les apports liquides des mois suivants (avril, mai et juin) ont été évacués. Cependant, a cause de l'humidité et la pluviosité de cette année, l'irrigation n'a déclenché qu'au mois de juillet jusqu'au novembre.

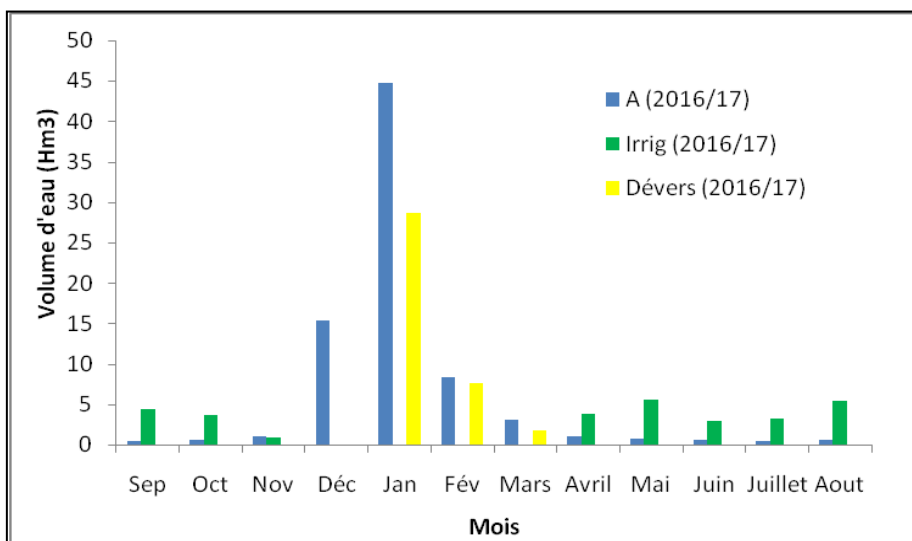


Figure III.27 : Variation mensuelle du bilan à l'échelle de la retenue SMBT (2016/17)

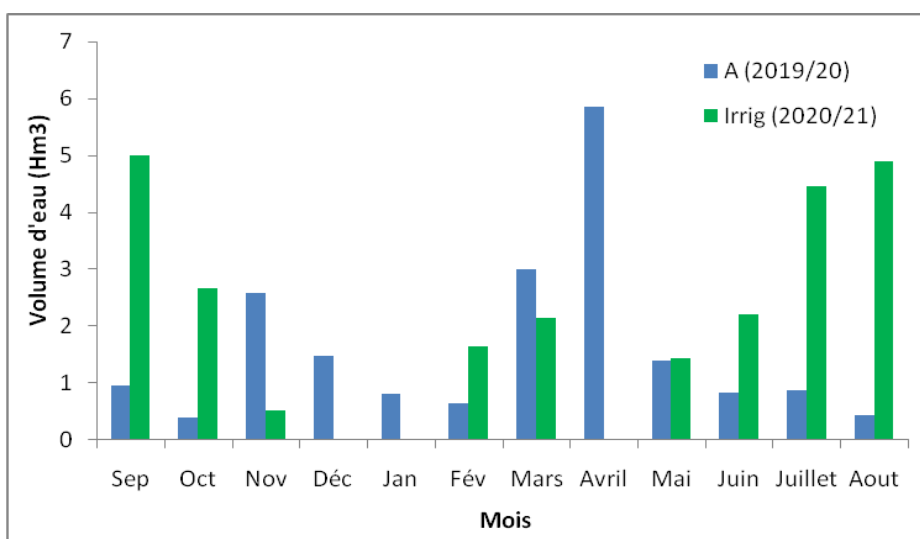
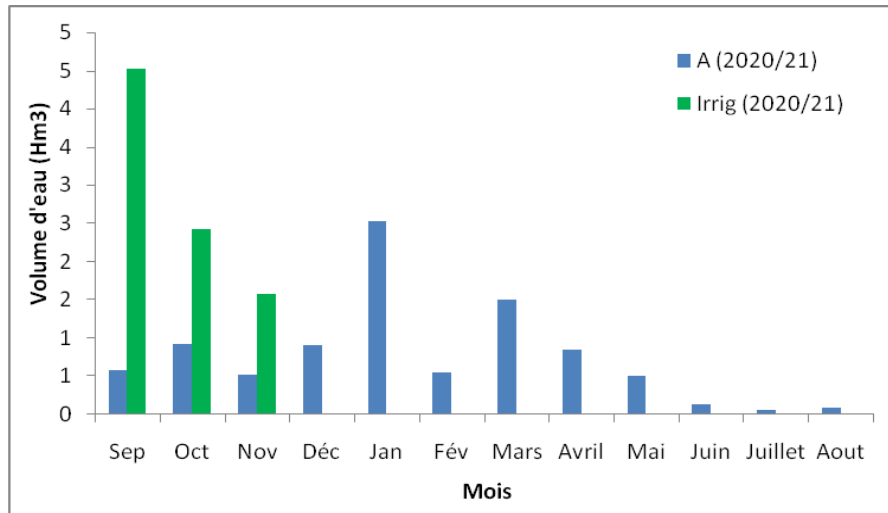


Figure III.28 : Variation mensuelle du bilan à l'échelle de la retenue SMBT (2019/20)

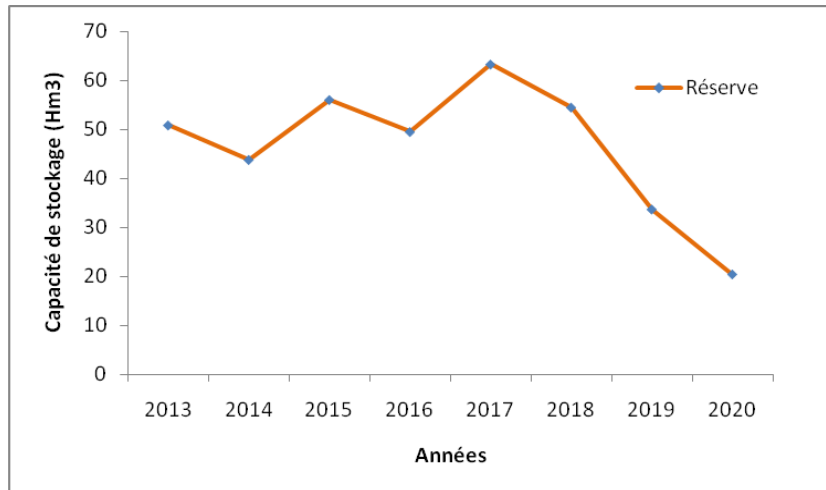


**Figure III.29** : Variation mensuelle du bilan à l'échelle de la retenue SMBT (2020/21)

Durant l'année 2016/17 le barrage a été rempli à 100% et l'excédent d'eau a été évacué par l'évacuateur de crue en mois de janvier, Février et Mars avec un volume évacué de 38Hm<sup>3</sup>. L'irrigation a commencé au mois d'avril jusqu'au mois de novembre dont le volume alloué est important 40 Hm<sup>3</sup> ce qui rend le bilan déficitaire de 4Hm<sup>3</sup>.

Les graphes des figures III.28 et III.29 montrent clairement l'importance des volumes d'eau d'irrigation soutirés (24 Hm<sup>3</sup>) à cause de faibles quantités de précipitations tombées et par conséquence l'apport liquide alimentant le barrage de SMBT (annuel de 19Hm<sup>3</sup>). Durant l'année 2019/20 tous les apports liquides mentionnés dans le graphe de la figure III.28 ont permis de remplir le barrage sans atteindre sa capacité maximale. Par la suite, la réserve d'eau est utilisée dans l'irrigation selon un calendrier spécifique. L'année suivante 2020/2021 est plus critique en terme sécheresse dont l'apport liquide annuel total est de 9Hm<sup>3</sup> contre un volume alloué à l'irrigation de 8Hm<sup>3</sup>. Cependant, au mois de septembre de la même année le volume soutiré destiné à l'irrigation est 4 fois plus l'apport liquide entrant dans la retenue. Alors le stock en eau du barrage est utilisé pour satisfaire les besoins agricole (Fig III.29).

La figure III.29 illustre la variation de la réserve en eau de la retenue du barrage SMBT



**Figure III.29** : Variation de la réserve en eau de la retenue du barrage SMBT

La capacité de stockage du barrage SMBT est de 76 Hm<sup>3</sup>. Nous remarquons que le volume annuel de l'eau stocké dans le barrage SMBT a passé de 52Hm<sup>3</sup> en 2013 à 20 Hm<sup>3</sup>. Malgré le déficit hydrique observé durant les dernières années (2019/20-2020/2021) et la demande en eau croissante, le barrage SMBT continue à subvenir les besoins en eau potable et agricoles.

### Conclusion

Le barrage de SMBT est un ouvrage de régularisation conçu pour satisfaire les besoins agricoles des terres agricoles situées en aval ainsi que d'assurer l'approvisionnement en eau potable. L'étude du bilan hydrologique de la retenue du barrage durant la période (2013/14-2020/21) montre que les apports liquides représentent l'entrée principale du bilan alors que l'eau d'irrigation est le volume principal de sortie. Le bilan hydrologique de ce barrage est caractérisé par des périodes excédentaires (2015/16 et 2017/18) de plus de +31Hm<sup>3</sup>. La période déficitaire est plus longue (2013 à 2015,2016/17, 2018 à 2021) dont le bilan égale à -48Hm<sup>3</sup>. Malgré ce déficit en eau, la réserve en eau du barrage de SMBT compense ce volume déficitaire pour satisfaire les demandes en eau potables et agricoles croissants.

# CONCLUSION GENERALE

## Conclusion Générale

Au terme de ce travail, qui s'inscrit dans le domaine d'étude et d'analyse du bilan hydrologique à l'échelle du barrage de Sidi M'hamed Ben Taiba dans le but d'une gestion quantitative et rationnelle de la ressource en eau superficielle .

L'étude synthétique du bilan hydrologique du barrage SMBT à été réalisé à l'échelle annuelle et mensuelle durant la période (2013/14-2020/21) sur la base des informations disponibles sur les volumes entrants et ceux sortants du réservoir du barrage. Les volumes entrants sont : l'apport liquide et les précipitations, alors que le volume sortant du barrage tient en compte le volume alloué à l'irrigation et à l'alimentation en eau potable, le volume des fuites à travers le barrage, évacuation de l'eau excédentaire par évacuateur de crue et vidange de fond.

Les résultats de calcul et d'analyse du bilan hydrologique du barrage SMBT au cours de la période (2013/14-2020/21) montrent que :

- L'apport liquide et le volume destiné à l'irrigation constituent les principaux éléments entrés et sorties respectivement à travers le barrage SMBT.
- L'apport liquide entrant en 2017/18 de  $88\text{Hm}^3$  est le plus important (1.2 fois la capacité de stockage) qui a produit le déversement de  $38\text{Hm}^3$  (1/2 la capacité de stockage du barrage). Tandis que l'année 2020/21 a connu un apport liquide le plus faible ( $19\text{Hm}^3$ ) durant la période d'étude.
- Les années 2013 à 2015 sont les demandeurs en eau d'irrigation ( $45\text{Hm}^3$  d'environ).
- Au cours de la période d'étude (2013/14-2020/21), Les années 2015/16 et 2017/18 connaissent un volume entrant supérieur au volume sortant autrement dit un bilan hydrologique positif et excédentaire. Alors que le reste des années (2013 à 2015, 2016/17, 2018 jusqu'à 2021) soit 06 ans sont déficitaires traduites par des sorties supérieur à celui entrant.
- La différence entre les volumes entrant et sortant lorsque ce dernier est supérieur est de l'ordre de  $-18.9\text{Hm}^3$  en 2019/20 tandis qu'il est de  $+17\text{Hm}^3$  en 2017/18 (volume entrant est supérieur au volume sortant).

- Le bilan hydrologique négatif est traduit par un déficit d'eau et pour satisfaire les besoins destinés à l'irrigation des terres agricoles et à l'alimentation en eau potable, l'eau sera compensée de la réserve en eau contenue dans le barrage. Ceci est dû d'une part de la demande en eau importante en agriculture durant les années 2013/14 et 2014/15 et la sécheresse climatique recensée à partir de l'année 2019 conduisant à une diminution des précipitations et par conséquent l'apport liquide alimentant le barrage en dépit des besoins agricoles demandés.
- Le volume annuel de l'eau stocké dans le barrage SMBT a passé de 52Hm<sup>3</sup> en 2013 à 20 Hm<sup>3</sup>.

Malgré l'importance de la période déficitaire du bilan hydrologiques en durée et en intensité en dépit de la demande croissante en eau du secteur agricole, le barrage SMBT continue a subvenir les besoins en eau potable et agricoles dont les besoins en eau d'irrigation sont compléter par irrigation complémentaire distribué à travers le volume stocké dans la retenue. Mais la distribution se fait d'une manière rationnelle et vigilante afin d'assurer une gestion quantitative et rationnelle durable de cette ressource précieuse.

# REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

## Références bibliographiques

- Aidoudi, L.(2012).**Etude du bilan hydrologique de la retenue du barrage de Fom El Ghersa (wilaya de Biskra). Mémoire de Magister En hydraulique. Université de Biskra,141p
- Anctil, F. (2005).** Hydrologie (cheminements de l'eau), Presses internationales polytechnique, Canada ,317p
- Attou, K. (2020).** Etude d'impact environnementale du barrage Sidi M'Hamed Ben Taïba « SMBT » de la Wilaya d'Ain Defla. Mémoire de Master. Université Djilali Bounaâma Khemis Miliana, 124p.
- Balin, D. (2011).** Hydrologie et cycle de l'eau , 20p.
- Beddal, D. (2007)** .contribution au contrôle des infiltration à travers la fondation du barrage de sidi M'hamed ben taïba « W.Ain Defla », Mémoire de fin d'études , Ecole Nationale Supérieure de l'Hydraulique (ENSH), 2007.
- Benkaci, S., Abir, D., Oumellal, A., Remini, B. (2018).** Modélisation de l'érosion du bassin haut et moyen Cheliff par l'application Model builder sur ArcGis. Journal of materials and engineering structures. 81-93, 12p.
- Belgoumri, H., Tiet, H. (2020).** Etude du bilan hydrologique du barrage K'sob-M'sila. Mémoire de master en sciences agronomiques, université mouhamed el Bachir el Ibrahimi BBA , 74p.
- Brahimi. (2016).** Transport solide et estimation de l'envasement des barrages dans le bassin versant du Chélif. Mémoire du diplôme du magister, Université Djilali Bounaama Khemis Milian
- Hufty, A. (2001).** Introduction à la climatologie : le rayonnement et la température, l'atmosphère, l'eau, le climat et l'activité humaine. Presses Université Laval.
- Leboukh , N. ,Saoudi, A.(2020).** Contribution à l'étude de bilan hydrologique de la retenue du barrage de K'Sob (W. M'Sila). Mémoire de Master, Université Mohamed Boudiaf - M'Sila, 49p.
- Llamas, J. (1993),** Hydrologie générale (Principe et applications), éditeur gaëtan morin, Canada 527p

- Meddi, M., Meddi, H. (2012).** Etude du transport solide et pluies érosives dans le bassin versant de l'Oued Ebda-Algérie. Conférence internationale modélisation du transport de sédiment dans les bassins versants et dans les rivières, med friend water, istanbul , Turquie.
- Mebarki, A. (2010).**Apport des cours d'eau et cartographie du bilan hydrologique : cas des bassins de l'Algérie orientale , science et changements planétaires,308p
- Métivier, F. (2010).** Hydrologie continentale. Notes de cours, problèmes et solutions, 133p
- Musy A. (2003),** Hydrologie (une science de la nature), collection gérer l'environnement, presses polytechnique et universitaires Romandes, 314p
- Musy, A., Higy, C. (1998).** Hydrologie appliquée, Edition H.G.A. Bucarest. Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Suisse, 365p
- Roche, M. (1963).**Hydrologie de surface. Office de la recherche scientifique et technique outre-mer (paris),431p
- Sari Ahmed A. (2009),** L'hydrologie de surface (cours), Editions Houma, Alger, 223p
- Zenagui, M.(2016).** Etude des propriétés structurales et optiques des couches minces de ZnO. Université Ahmed Draia –Adrar.

### **Les sites web**

(<http://www.bing.com>)

([http:// www .Google.com](http://www.Google.com))

(<http://www.synad.fr.com>)

([www.nasa.com](http://www.nasa.com)).

# Caractérisation du bilan hydrologique du barrage Sidi M'hamed Ben Taiba, Nord-Ouest d'Algérie (Wilaya d'Ain Defla).

## Résumé

Les barrages sont des ouvrages de régularisation des cours d'eau afin de satisfaire de l'eau sur des périodes déficitaires. Les eaux du barrage de Sidi M'hamed Ben Taiba (SMBT) situé au Nord-Ouest d'Algérie sont destinées principalement à l'irrigation des terres agricoles en aval. L'objectif de notre travail est d'étudier et d'analyser le bilan hydrologique du barrage SMBT en termes de volumes entrant (Précipitation, apport liquide) et celui sortant (irrigation, fuites, lâchées) durant la période (2013/14 à 2020/21). Les résultats d'analyse des volumes montrent que les principaux volume entrant et sortant sont l'apport liquide et l'irrigation consécutivement. Ainsi les années 2015/16 et 2017/18 sont marqués par un excédent d'eau (+31 Hm<sup>3</sup>) alors que la plus longue période (2013 à 2015, 2016/17, 2018/21) est déficitaire (bilan de -48Hm<sup>3</sup>) exprimées par des précipitations et un apport liquide faible (sécheresse) contre un volume sortant alloué aux besoins agricoles supérieur. Malgré ce déficit en eau, la réserve en eau du barrage de SMBT compense ce volume déficitaire pour satisfaire les demandes en eau potables et agricoles croissants.

**Mots clés :** Bilan hydrologique, caractérisation, barrage, SMBT

## Characterization of hydrological balance of Sidi M'hamed Ben Taiba dam, North-west of Algeria (W. Ain Defla)

### Abstract

Dams are structures for regulating water-courses in order to satisfy water during periods of deficit. The waters of the Sidi M'hamed Ben Taiba (SMBT) dam located in the North-West of Algeria are mainly intended for the irrigation of agricultural land downstream. The objective of our work is to study and analyze the hydrological balance of the SMBT dam in terms of incoming volumes (precipitation, liquid supply) and outgoing volumes (irrigation, leaks, releases) during the period (2013/14 to 2020/21). The results of volume analyzes show that the main incoming and outgoing volumes are valley flow and irrigation, respectively. Thus the years 2015/16 and 2017/18 are marked by a water surplus (+31 Hm<sup>3</sup>) while the longest period (2013 to 2015, 2016/17, 2018/21) is in deficit (balance of -48 Hm<sup>3</sup>) expressed by rainfall and a low liquid supply (drought) against a higher outgoing volume allocated to agricultural needs. Despite this water deficit, the water reserve of the SMBT dam compensates for this deficit volume to meet the growing demands for drinking and agricultural water.

**Key words:** hydrological balance, characterization, dam, SMBT.

### خصائص التوازن الهيدرولوجي لسد سيدي محمد بن طيبة بشمال غرب الجزائر (ولاية عين الدفلى)

**الملخص** السدود هي هياكل لتنظيم مجاري المياه من أجل إيجاد المياه خلال فترات العجز. إن مياه سد سيدي محمد بن طيبة الواقع في شمال غرب الجزائر مخصصة بشكل أساسي لري الأراضي الزراعية الواقعة في نفس اتجاه المياه. إن الهدف من عملنا هو دراسة وتحليل التوازن الهيدرولوجي لسد سيدي محمد بن طيبة من حيث الأحجام الواردة (هطول الأمطار وتدفق الوديان) والأحجام الخارجة الري والتسريبات (...). خلال الفترة (2013/2014 إلى 2020/2021). تظهر نتائج تحليل الحجم. إن الأحجام الرئيسية الواردة والصادرة هي تدفق الوديان والري على وهكذا تميزت السنوات 2016 / 2015 و 2017/18 بفائض مائي بينما كانت أطول فترة (2013 إلى 2015 2016/17 (2018/21) تعاني من العجز معبرا عنها بواسطة هطول الأمطار وانخفاض الإمدادات السائلة (الجفاف) مقابل زيادة حجم الخارج المخصصة للاحتياجات الزراعية. على الرغم من هذا النقص المائي فإن احتياطي السد سيدي محمد بن طيبة يعوض هذا العجز لتلبية الطلب المتزايد على مياه الشرب والزراعة.

**الكلمات المفتاحية:** التوازن الهيدرولوجي، خصائص، سد، س م ب ط