

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université d'El-oued

Faculté de technologie

Département d'Hydraulique et Génie civile



MEMOIRE

**Présenté en vue de l'obtention du
diplôme Master en Hydraulique**

Option: Ouvrage hydraulique

THEME :

Diagnostic et Réhabilitation De l'évacuateur De Cure De Barrage Fontaine des gazelles – Biskra

Dirigé par :

- Mr .Mohammed Sayah
Lembarek

Présenté par :

- ✚ Saleh Grine
- ✚ Djamal Chantabi

Devant le jury composé de :

Président: Ouakouak Abdelkader.....

Examinatrice: Bouchemal Fattoum

2023-2024

Remerciement

Nous commençons par remercier dieu pour tout

*Nous remercions second nos pères et nos mères, qui ont
sacrifiés leur vie pour notre bien.*

*En fin ,mes sincères reconnaissances et grâtitudes à tous nos
enseignants et en particulier le directeur de ce mémoire **Mr.**
Mohammed Sayah Lembarek, pour ses nombreux conseils ,et
sa disponibilité.*

*Nous remercions également le président et les membres de
jury d'avoir accepté d'examiner ce travail.*

*Nos profonds respects à tous les enseignants du département
d'hydraulique qui ont contribué à notre formation.*

Saleh grine &Djamal Chantabi

Dédicace

En dédie ce modeste travail avec vif plaisir à ceux

Zui sont les plus proches à nos cœurs,

A nos très chères mères

A nos chers pères

A nos chères sœurs et frères.

A toute la famille

A tous nos amis

Saleh grine & Djamal Chantabi

الخلاصة

من اجل نجاح أي عملية صيانة أو إعادة تأهيل السدود وخاصة مفرغ السد يتطلب إعداد دراسة تشخيصية كافية من اجل تحديد الأسباب التي أدت إلى حدوث المشكل قبل القيام بعملية التدخل وقد قمنا في هذه الدراسة بتقييم و تحليل مدى تضرر مفرغ سد منبع الغزلان ببسكرة الذي تعرض لأضرار جسيمة جراء قوة التدفق العالية و عدم تحمل بنية مفرغ السد و تم على إثره اقتراح بعض الحلول والتوصيات من اجل تأهيل هذا الجزء من السد وضمان طريقة تسيير مثالية له لتفادي تكرار هذه المشاكل.

الكلمات المفتاحية : سد منبع الغزلان - إعادة تأهيل - تشخيص- مفرغ السد

Abstract

For the success of any maintenance and rehabilitation of dams in particular the flood evacuator it requires the preparation of a sufficient diagnostic study in order to determine the reasons that led to the occurrence of the problem before proceeding to the intervention process ,in this study, we assessed and analyzed the damaged evacuation part as a result of the powerful water flood when the dam of Barrage de Fontaine de gazelles Biskrais full, there for ,we proposed some solutions in order to rehabilitate this section of dam and ensure an ideal way of management of it in order to avoid the recurrence of this problem.

Keywords: Dam - Barrage de Fontaine de gazelles - rehabilitation–diagnosis-flood evacuator

Résumé

Pour la réussite de tout entretien et réhabilitation de barrages en particulier l'évacuateur de crue il nécessite la préparation d'une étude diagnostique suffisante afin de déterminer les raisons qui ont conduit à l'apparition du problème avant de procéder au processus d'intervention ,dans cette étude , nous avons évalué et analysé l'étendue des dommages causés par l'intensité de crue lorsque le barrage est plein , afin de réhabiliter cette partie du barrage de Fontaine de Gazelles Biskra et d'assurer certains pratiques de gestion optima les ,celui propose quelques solutions afin de réhabiliter cette section de barrage et d'assure un mode de gestion idéal du celui-ci afin d'éviter la récurrence de ce problème.

Mots-clés : Barrage de Fontaine de gazelles - réhabilitation – diagnostic - évacuateur de crue

Sommaire.

Remerciements	
Dédicace	
Résumé	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Sommaire	
Introduction générale	
Chapitre I : Recherche bibliographique sur les barrages	
Introduction	1
I-1-Définition	1
I-2- Historique	2
I-3- Eléments constructifs d'un barrage	3
I-3-1 Corps du barrage	3
I-3-2-les ouvrages annexes	4
I-4- Classification des barrages	4
I-4-1-Selon leur rôle	4
I- 4-1-1- Barrages de dérivation (déversoirs ou de rivières)	4
I-4-1-2- Barrages réservoirs	4
I-4-2- selon leur type de construction.	5
I-4-2-1- Barrage en béton	5
I-4-2-2-Barrage-poids	6
I-4-2-3-Barrages à contreforts	7
I-4-2-4-Barrage-voûte	8
I-4-2-5-Les barrages en remblai	10
I-4-2-5-1- Barrages en terre	10
I-4-2-5-1-1- Barrage en terre homogène	10
I-4-2-5-1-2- barrage zoné avec noyau étanche	11
I-4-2-5-1-3-Barrage à masque amont	12
I-4-2-5-2-barrages en enrochement	12
I-5- l'évacuation de crues	13
I-5-1- Définition d'évacuateur de crues	13
I-5-2- Différents types d'évacuateurs de crues de barrages	13

I-5-2-1- Evacuateur de surface	13
I-5-2-2- Evacuateur latéral	14
I-5-2-3- Evacuateur frontal	15
I-5-2-4- Evacuateur en charge	15
I-5-2-5- Evacuateur en puits	17
I-5-2-6- Evacuateur en siphon	18
I-6-Problèmes de sécurité des barrages	19
I-7-Conclusion	20
Chapitre II LA REGION D'ETUDE	
Introduction	22
II-1-L'aménagement hydraulique	22
II-2- Description de la région d'étude	23
II-2-1 Contexte géographique	23
II-2-2 Situation de barrage	23
II-2-3 Contexte morphologique	24
II-2-4 Le réseau hydrographique	26
II-2-5 Pédologie	27
II-2-6 Contexte climatique	27
II-3-But de la construction du barrage	28
II-4 Caractéristiques du barrage	28
II-4-1- Caractéristiques hydrologiques	29
II-4-2- Caractéristiques techniques	29
II-5 Exploitation des eaux du barrage de Fontaine de gazelles	30
II-6- Problèmes auxquels est confronté le barrage	34
II-7-Typologie de fuites	34
II-7-1De fuites de fondation	34
II-7-2 De fuites par les joints	34
II-7-3De fuites par les canaux de décharge	34
II-7-4De fuites par les vannes et les dispositifs de contrôle	35
II-7-5 De fuites par les parois du barrage	35
II-8-Etude Géologique	35
II-9 –Voile d'injection	36
II-9 –1 Type d'injection	37

II-9 –1-1 d'injection des roches fissures	37
II-9 –1-2 d'injection de remplissage de cartés	37
II-9 –1-3 d'injection des terrains alluvionnaires	38
II-9 –2Galerie d'injection	38
II-10- Observations et quantifications du phénomène de fuites à travers les rives	38
II-11- Le rôle du voile d'étanchéité	39
II-12- La nature de la roche, les crues et les fuites	40
II-13 -Les eaux de fuites pour une irrigation complémentaire	41
II-14-Conclusion	42
CHAPITRE III	
CALCUL ET REHABILITATION DE BARRAGE	
Introduction	44
III-1 Etude des paramètres climatiques	44
III-1-1 Les précipitations	44
III-1-2 Les températures	46
III-1-3 Vent	47
III-1-4 Évaporation	48
III-1-5Apport solide	49
III-1-6 Humidité relative	50
III-2- Description de barrage fontaine de gazelle	51
III-3- Détermination de débit maximale	53
III-4- Canal proposé	54
III-4-1-démensionnement de canal	54
III-4-2- les lois appliquées à l'étude de canal	55
III-5- Conclusion	57
CONCLUSION GENERALE	
REFERNCES BIBLIOGRAPHIQUES	
Annexes	

Liste des Figures

Figure I.1: Corps d'un barrage	3
Figure I. 2: Evacuateur de crues	4
Figure I. 3: Dérivation provisoire	4
Figure I.4: Prise d'eau	4
Figure I. 5:vidange de fond	4
Figure I.6: Les différents types de barrage en béton	5
Figure I.7 : Coupe transversale d'un barrage en béton	5
Figure I.8: Barrage poids à contreforts de Plan d'Amont (Aussois)	7
Figure I.9 : Différents types de barrages à contreforts	7
Figure I.10 : Barrage à contre fort (Grandval)	8
Figure I.11 : Exemple d'un Barrage voûte (barrage de St-Pierre Cognet)	9
Figure I.12 : Les différents types de barrage en remblai	9
Figure I.13 : Barrage homogène	11
Figure I.14 : Barrage zoné avec noyau vertical	11
Figure I.15 : Barrage à masque amont	12
Figure I.16 : Profil d'un barrage en enrochement	12
Figure I.17 : Évacuateur de crues de surface	14
Figure I.18 : Evacuateur latéral (Barrage Hamam Boughrara)	14
Figure I.19 : Evacuateur frontal.	15
Figure I.20 : Évacuateur de crues en charge	16
Figure I.21 : Evacuateur en puits.	16
Figure I.22 : Evacuateur en siphon	16
Figure I.23 : Évacuateur en puits circulaire	18
Figure I.24 : Evacuateur en puits marguerite	18
Figure II.1 Coupe type du barrage	22
Figure II.2 : Carte de situation de Biskra (Inspiré de Wikipedia.org, 2015)	23
Figure II.3: Localisation de barrage de fontaine des gazelles(Athmai et al, 2018)	24
Figure II.4 : Image du barrage de Fontaine des gazelles (Wilaya Biskra)	24
Figure II.5: Carte du milieu physique de la wilaya de Biskra (Sedrati, 2011)	26

Figure II.6 : Carte du réseau hydrographique de la wilaya de Biskra (D'après ANAT, 2014)	27
Figure II.7: Evacuateur de crues	31
Figure II.8: Prise d'eau	31
Figure II.9: Tunnel de la vidange de fond	32
Figure II.10: Carte géologique de la zone d'étude Biskra	36
Figure II.11 Voile d'injection	36
Figure II.12 Radio d'injection	37
Figure II.13 Les eaux fuites pour irrigation	41
Figure III.1 : Précipitations moyennes mensuelles de Biskra (2010 -2019)	45
Figure III.2 : Températures (2017-2018)	46
Figure III.3 : Moyennes mensuelles de vitesse du vent de biskra 1986 -2010	47
Figure III.4 : Evaporation 2017\2018	48
Figure III.5 : Apport solide 2017\2018	49
Figure III.6 : Moyennes mensuelles de l'humidité relative de l'air à la station de Biskra 2010\ 2019	50

Listes des Tableaux

Tableau I.1 : Exemples de grands barrages en Algérie	3
Tableau II.1 : caractéristiques hydrologiques d'oued el-hai	28
Tableau III.1 : Précipitations moyennes mensuelles pour la période (1967 -2010)	41
Tableau III.2 : Températures moyennes mensuelles ,(maximales ,moyennes et minimales)pour la station étudiée (1967-2010)	46
Tableau III.3: évaporation2017\2018	48
Tableau III.4:Apport solide 2017 \2018	49
Tableau III.5: Moyennes mensuelles de l'humidité relative de l'air enregistrées à la station de Biskra pour la période 1967-2010	50

INTRODUCTION GENERALE

Introduction Générale

Au sud algérien, les ressources en eau disponible sont en quantité limitée en raison des activités humaines : la croissance démographique, urbanisation, augmentation du niveau de vie. Dans ce sens nous sommes besoin de préserver ces ressources.

Les barrages de stockage sont parmi les ressources les plus importantes qui répondent aux besoins de la population et des océans agricoles en eau potable et d'irrigation dans le monde pour cette raison les barrages ont besoin d'un processus de surveillance continue d'entretien et de réhabilitation afin de préserver cet important.

Les évacuateurs de crue sont des ouvrages annexes aux barrages, qui permettent la Restitution des débits de crue excédentaires (non stockés dans le réservoir) à l'aval du barrage. D'une importance primordiale pour la sécurité du barrage, les évacuateurs doivent être en mesure d'empêcher le débordement de l'eau par-dessus la digue et l'apparition de phénomènes d'érosion à l'aval de la digue dans la zone du rejet dans l'oued.

Afin de réhabiliter toute installation à partir du barrage le problème doit être diagnostique de manière scientifique précise ce qui conduit à une solution efficace dans les plus brefs délais et au cout financier le plus bas.

Dans ce mémoire, nous aborderons le diagnostic et la réhabilitation de la plus importante partie du barrage qui est l'évacuateur de crue de Fontaine des gazelles.

Le barrage Fontaine des gazelles sur l'oued L'haï, situé à 37 km Nord de la ville de Biskra, construit en l'an 2000 sur une superficie de 1660Km², avec une capacité , avec une capacité brute d'environ 55,491 Hm³ et un volume régularisable de 14 Hm³. Sa construction rentre dans le cadre du développement agricole (irrigation) de la plaine de Loutaya (A.N.A.T, 2003). C'est un barrage à noyau central doté d'un évacuateur de crues en labyrinthe, destiné à l'irrigation de 1100 ha de terres agricoles (Athmani *et al.*, 2018).

Notre mémoire est subdivisé en 3 axes essentiels :

- ✓ Introduction Générale
- ✓ Chapitre 1. Recherche Bibliographique sur les barrages
- ✓ Chapitre 2. La région d'étude
- ✓ Chapitre 3. Les études d'entretien de barrage proposées
- ✓ Conclusion générale.

CHAPITRE I
RECHERCHE
BIBLIOGRAPHIQUE
SUR LES BARRAGES

Introduction :

Pour l'étude d'un aménagement hydraulique, il est primordial d'avoir une bonne connaissance des conditions topographiques, géologiques, géotechniques, et hydrologiques du site. La topographie a pour but d'étudier le relief du site du barrage, la géologie permet de caractériser les différentes couches de sol dans la zone d'implantation de l'ouvrage et l'étude géotechnique permet de connaître les caractéristiques des matériaux entrant dans la réalisation du barrage.

I-1-Définition du Barrage :

Les barrages sont l'une des plus grandes installations hydrauliques que les humains mettent en œuvre sur des rivières permanentes ou des vallées saisonnières afin de stocker leur eau, de réguler son débit, de conjurer les dangers d'inondations et de sécheresses, d'utiliser l'eau pour produire de l'énergie électrique propre et de compenser la pénurie d'eau potable, les usages domestiques, l'industrie, le tourisme et l'agriculture irriguée, Réguler la navigation fluviale et préserver l'environnement. Les barrages sont installés à une hauteur relativement faible sur les rives de la mer afin de parer aux risques de marée, comme c'est le cas aux Pays-Bas, et ils sont installés sur de grands fleuves afin de parer aux risques d'inondations et de protéger les terres basses habitées environnantes. Et puis appelé barrages de protection.

Le barrage se compose principalement du corps de la paroi du barrage, de la sortie de fond, de la prise d'eau et du déversoir. Le corps du barrage est généralement exécuté dans la gorge la plus étroite fournie par la nature sur le cours de la vallée, afin de réduire au minimum le volume et le coût des travaux de barrage, à condition que le cours de la vallée s'élargisse avant le site du barrage pour former le réservoir d'eau approprié. Ce ruisseau est censé fournir une ressource en eau adéquate qui justifie la construction du barrage. Dans certains cas particuliers, l'eau peut être acheminée vers le réservoir à partir d'une source d'eau proche par pompage si cela est techniquement et économiquement réalisable. On suppose également que le site du barrage doit avoir les conditions géologiques pour résister aux contraintes qui lui seront appliquées en plus de la disponibilité de conditions hydrogéologiques appropriées pour assurer l'intégrité des fondations du barrage et du lac de stockage afin de réduire les pertes d'eau à un niveau économiquement acceptable.

Quant à l'entrée d'eau et à la sortie inférieure, ce sont des installations de tubes qui sont exécutées sous le corps du barrage ou sur l'un des accotements de la vallée afin de

transférer l'eau du lac du barrage vers la zone située derrière le corps du barrage en toute sécurité, et cela en les équipant de portes appropriées pour contrôler la quantité d'eau nécessaire à l'usage qui lui est assigné. Ces deux installations peuvent être combinées en une seule installation dans certains cas, en particulier dans les petits et moyens barrages.

Quant au déversoir, il s'agit d'une installation qui fonctionne comme une soupape de sécurité, de sorte que le lac du barrage dispose de l'eau qui dépasse son volume de stockage maximal approuvé, en particulier les eaux de crue, en l'évacuant en toute sécurité vers la zone située derrière le barrage ou vers une vallée voisine.

Une autre définition d'un barrage:

Les barrages sont par définition des ouvrages hydrauliques disposés 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 créent ainsi une cuvette artificielle géologiquement étanche.

L'utilisation des barrages peut varier selon leurs types et leurs importances mais les Principaux objectifs sont :

- Production d'énergie hydroélectrique avec une production annuelle près de 20% de la production électrique totale dans le monde.
- Alimenter les usines par l'eau .
- Alimentation en eau potable (A.E.P.) et irrigation .
- Protection contre le risque de l'inondation et l'incendie.
- Les objectifs secondaires sont .
- L'augmentation de tourisme et loisirs .
- Les travaux de navigation, pêche et pisciculture (élevage des poissons).

I-2- Historique.

D'après la Commission Internationale des Grands Barrages (C.I.G.B.) sont considérés comme grands barrages ceux dans la hauteur et(ou) la capacité dépasse les trois hm³. A ce jour on estime le nombre de grands barrages à travers le monde à 50 000 dont 80% ont été réalisés après 1950, il existe aussi des millions de petits barrages. Les barrages mondiaux stockent un volume estimé à 6000 milliards de m³. La technologie de construction de barrages est apparue voilà 5000 ans dans ce que l'on appelle, le croissant fertile avant son

expansion dans le bassin méditerranéen et dans le monde. Les historiens considèrent que plusieurs foyers de cette innovation sont apparus dans divers coins du monde sans avoir de liens entre eux. • Ainsi on peut énumérer les foyers essentiels connus de cette technologie à travers le monde.

***Quelques exemples de grands barrages en Algérie :**

Tableau I.1 :Exemples de grands barrages en Algérie

Nom du barrage	Type	Hauteur (m)	Capacité1 0³.Hm³	Utilisations	Pays
Béni Haroun	BCR	120	0.96	Irrigation+ AEP	Mila
Gargar	Terre	76.5	0.45	Alimentation en eau potable	Relizane
Taksebt	Terre	76	0.175	Alimentation en eau potable	Tizi-Ouzou
Sidi yakoub	Terre	76	0.28	Alimentation en eau potable+ irrigation	Chélif
Djorf tourba	Béton	100	0.26	Alimentation en eau potable+ irrigation	Bechar

Cent trente-neuf (139) barrages seront en exploitation en 2030 en Algérie contre 70 actuellement, ce qui permettra de mobiliser une capacité totale de 12 milliards de mètres cubes environ, au lieu de 7.1 actuellement.

I-3-Eléments constructifs d’un barrage :

I-3-1- Corps du barrage :

Grossièrement le corps du barrage Présente en coupe un profile Trapézoïdal prolongé en Profondeur par un moyen d’étanchéité des fondations.

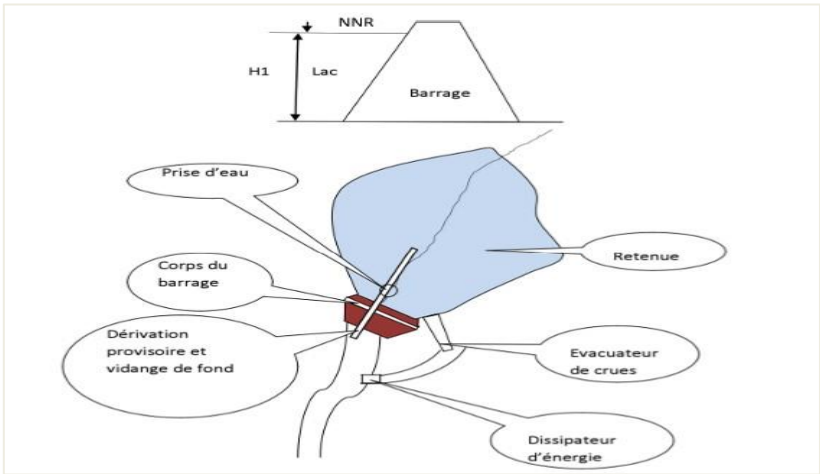


Figure I.1: Corps d'un barrage

I-3-2-les ouvrages annexes :



Figure I.1: Evacuateur de crues



Figure I.2: Dérivation provisoire

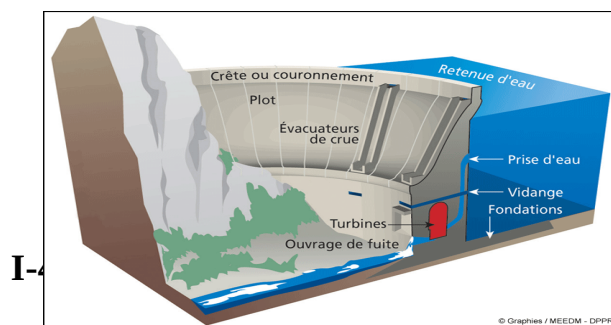


Figure I.3: Prise d'eau



Figure I.4: vidange de fond

I-4-1-Selon leur rôle :

I-4-1-1- Barrages de dérivation (déversoirs ou de rivières) :

Ce type de barrage est employé lorsqu'on a besoin de maintenir un niveau constant sur un tronçon d'une rivière pour garantir un fonctionnement satisfaisant d'une prise d'eau ou rendre régulier son profil, afin de faciliter la navigation. Ils ont, en général des hauteurs réduites par rapport à leur longueur en crête.

I-4-1-2- Barrages réservoirs :

Ils sont des ouvrages qui agissent sur les débits des cours d'eau en créant des réserves utilisables selon les besoins en eau. Ils sont souvent plus hauts que leur longueur en crête.

I-4-2- selon leur type de construction :

I-4-2-1- Barrage en béton :

Les barrages en béton se partages en trois groupes (Figure I.6)[6]

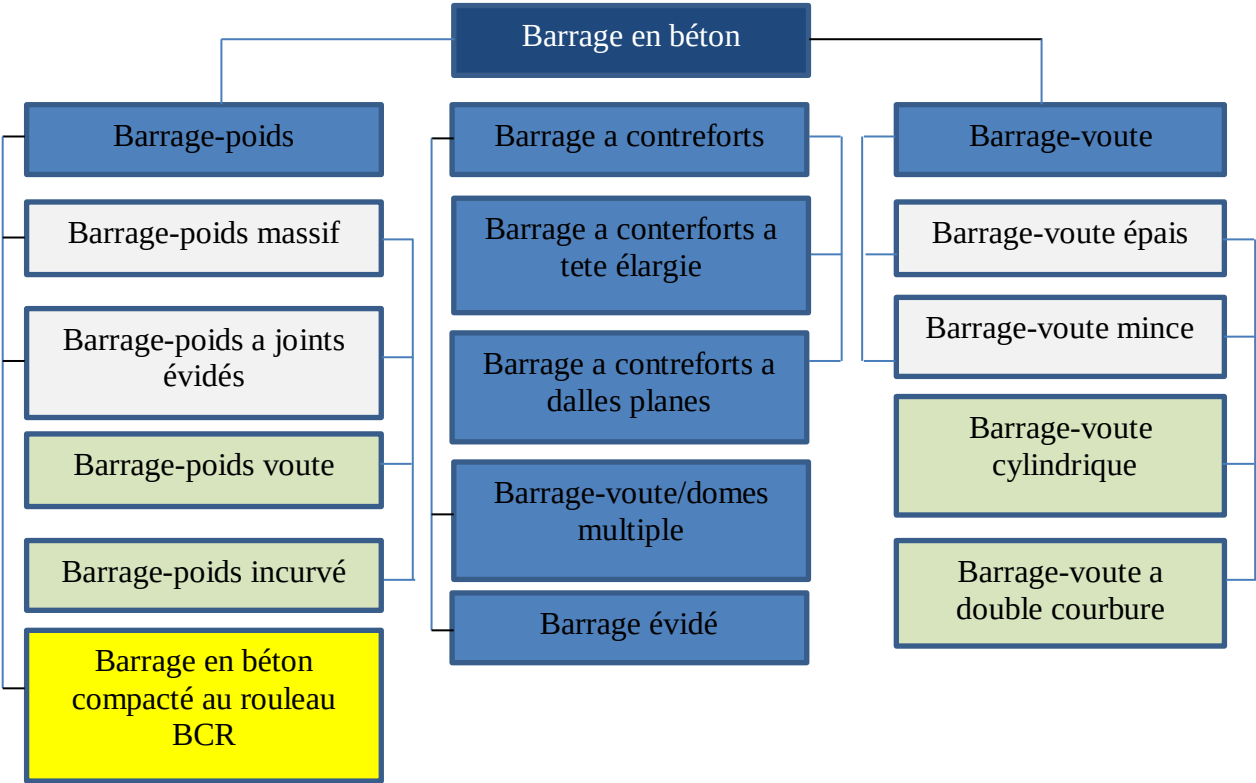


Figure I.6: Les différents types de barrage en béton[6]

I-4-2-2-Barrage-poids :

Les barrages poids en béton sont très proches mécaniquement des barrages en maçonnerie. Seul le poids en effet résiste, à la poussée hydrostatique, à la poussée des sédiments et aux sous-pressions. Celles-ci ont une action déstabilisatrice très importante et il conviendra de les diminuer à l'aide de dispositifs tels que rideaux d'injection et galeries de drainage.

Quoi qu'il en soit, le calcul de l'ouvrage, par ailleurs peu complexe, devra les prendre Soigneusement en compte.[5]

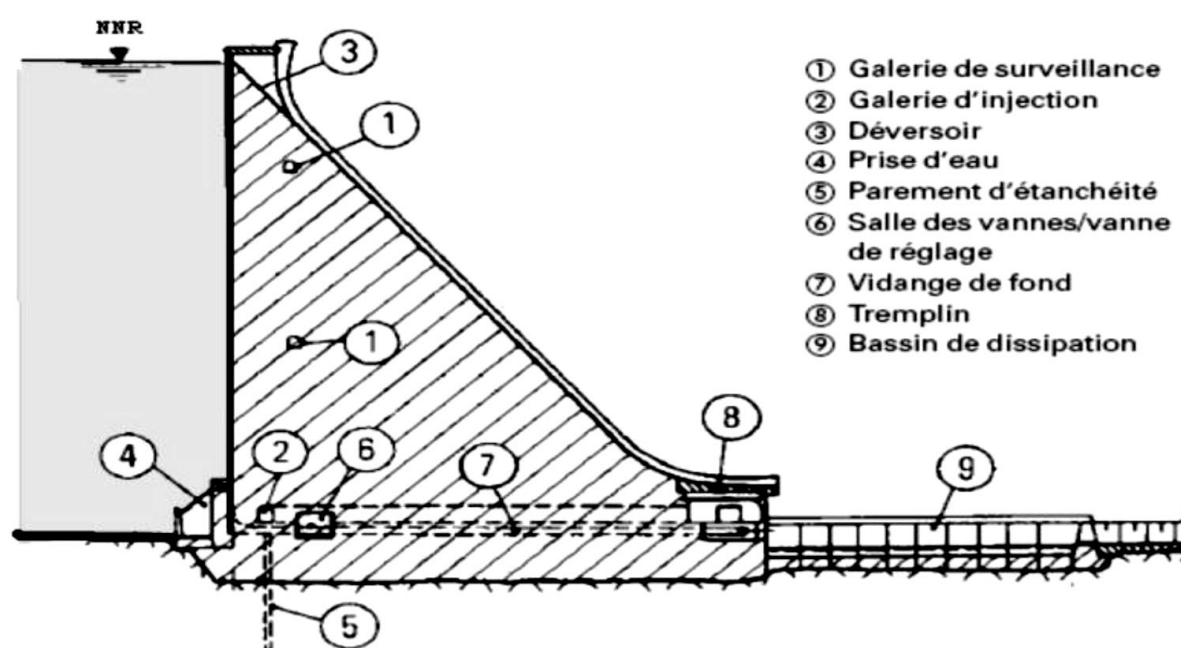


Figure I.7 : Coupe transversale d'un barrage en béton[6]

Les profils adoptés pour ces ouvrages sont bien souvent un compromis technico économique découlant directement de calculs de stabilité.

De plus, nous évitons autant que possible des formes complexes qui entraînent une augmentation inutile du coût de coffrages. Enfin, pour améliorer l'étanchéité du contact béton fondation et la résistance au glissement, il sera souvent bénéfique de réaliser une clé d'ancrage armée.

Les barrage-poids, de forme massive et triangulaire, résistent à la poussée de l'eau grâce à leur poids (figure 1.8).



Figure I.8: Barrage poids à contreforts de Plan d'Amont (Aussois)

I-4-2-3-Barrages à contreforts :

Il est constitué (figure I.9) :

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

Dans des vallées plus larges où le barrage-poids supposerait des volumes de béton trop importants et où le barrage voûte ne serait pas réalisable, nous pensons à construire des barrages à contreforts, par ailleurs beaucoup moins sensibles aux sous-pressions que le barrage-poids, mais plus fragiles (figure I.9).[5]

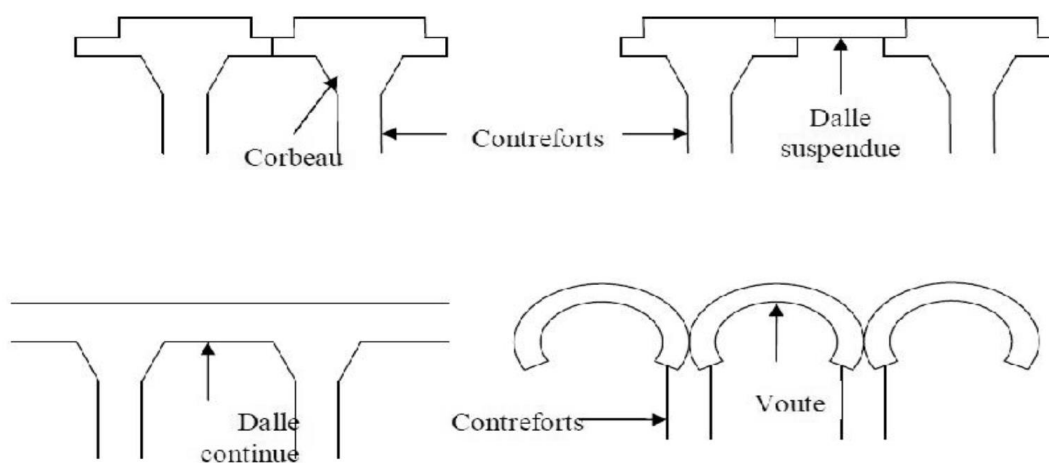


Figure I.9 : Différents types de barrages à contreforts[7]

Dans ce type d'ouvrages, l'étanchéité est assurée par le voile en béton arme situé en amont et la stabilité vis à vis de la poussée de l'eau par les contreforts. Il faut noter que la stabilité est améliorée en donnant un fruit de 0,5 à 1/1 au voile, car la poussée de l'eau comporte alors une composante verticale dirigée vers le bas. Le voile peut être conçu de plusieurs façons (figure 1.9):

- Solidaire des contreforts avec parement amont plan. Les diverses sections de voile sont liées aux contreforts et fonctionnent en consoles courtes.
- Constitué d'une dalle posée aux extrémités sur les têtes des contreforts. Le voile travaille en flexion comme une poutre posée sur deux appuis simples aux extrémités ;Solidaire des contreforts avec parement amont cylindrique. Cette disposition massive facilite la transmission de la poussée au contrefort.
- Constitue d'une voûte de faible portée et donc de faible épaisseur s'appuyant sur les contreforts.
- Dalle contreforts continue voute corbeau dalle contreforts suspendue

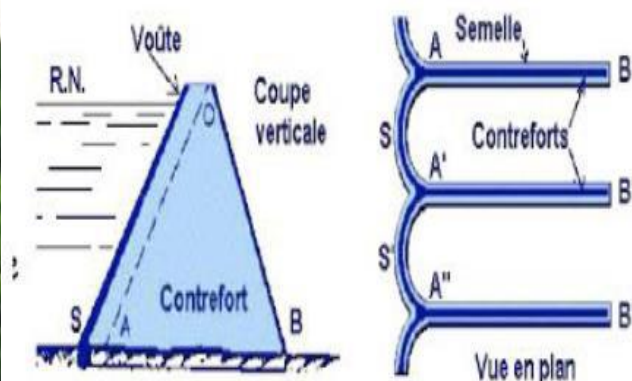


Figure I.10 : Barrage à contre fort (Grandval)[7]

I-4-2-4-Barrage-voûte :

Il est généralement en béton dont la forme courbe permet le report des efforts de poussée de l'eau sur les rives rocheuses de la vallée.

Ce type de barrage convient bien lorsque la topographie permet de fermer la vallée par une forme arquée de longueur réduite (figure 1.10).

Les barrages-voutes sont en effet peu employés pour les retenues de petite hauteur. Les conditions pour adopter une telle solution sont par ailleurs assez strictes. Nous n'envisageons En effet la construction d'un barrage-voûte que lorsque la vallée est étroite et rocheuse. La qualité mécanique de la fondation est à vérifier scrupuleusement. Sa rigidité doit être

suffisante pour que les arcs trouvent leurs appuis en première approximation, nous devons s'assurer que le module de déformation du rocher dépasse 4 ou 5 $G\alpha$. Mais elle devra également ne pas se rompre sous l'effet des contraintes élevées transmises par la voûte.

Le choix d'un barrage-voûte est donc à réserver à des situations géomorphologiques bien particulières (figure 1.11).

Cependant, lorsqu'elles sont réunies, c'est une solution qui peut être économiquement viable en regard des quantités de matériaux nécessaires à la réalisation d'un ouvrage poids.

En outre, face aux incertitudes hydrologiques, ce type de construction supporte bien des submersions.[5]

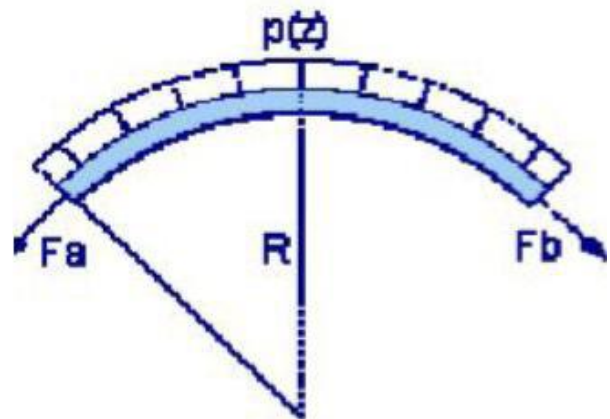


Figure I.11 : Exemple d'un Barrage voûte (barrage de St-Pierre Cognet)[6]

I-4-2-5-Les barrages en remblai :

Les barrages en remblai se partagent en deux groupes (Figure 1.7) [3]

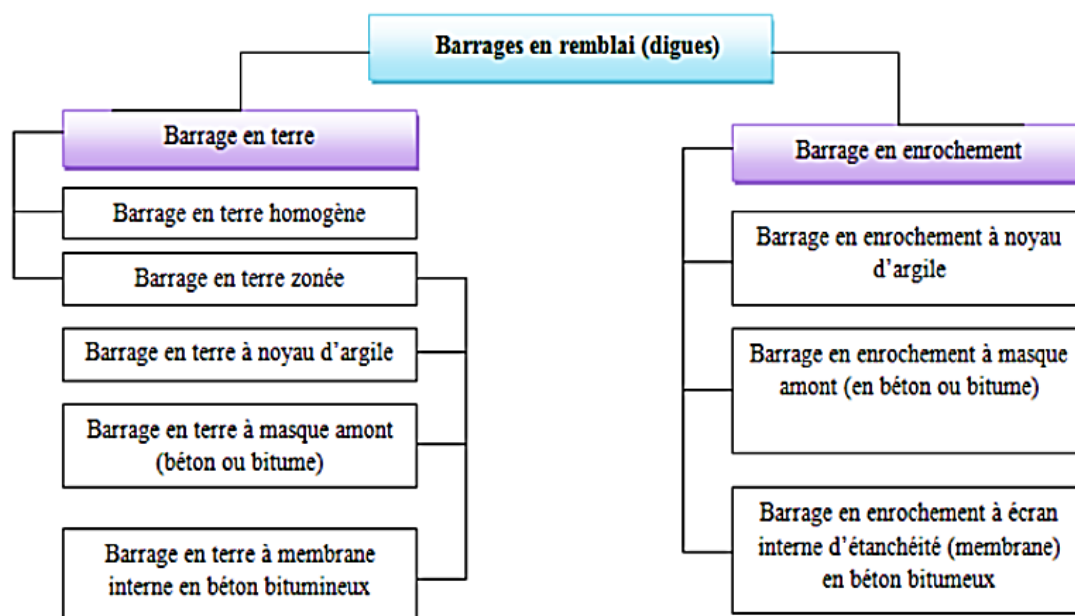


Figure I.12 : Les différents types de barrage en remblai[3]

I-4-2-5-1- Barrages en terre :

Les barrages en terre peuvent être constitués par des matériaux de caractéristiques Diverses, à la différence des barrages en béton ou même en enrochements dont les matériaux constitutifs restent contenus dans des fourchettes beaucoup plus étroites.

Les barrages en terre sont des murs de retenue d'eaux suffisamment étanches construits avec la terre et les matériaux du site suivant des mélanges et des proportions bien définies.

Il existe trois types principaux de structure de barrage en terre:

- Le barrage en terre homogène.
- Le barrage zoné avec noyau étanche.
- Le barrage à masque amont. Barrage en terre homogène.

I-4-2-5-1-1- Barrage en terre homogène :

Ce type de barrage est constitué d'un massif en terre compactée imperméable, muni d'un dispositif de drains dans sa partie aval et d'une protection mécanique contre l'effet du batillage dans sa partie amont même (Figure I-6).

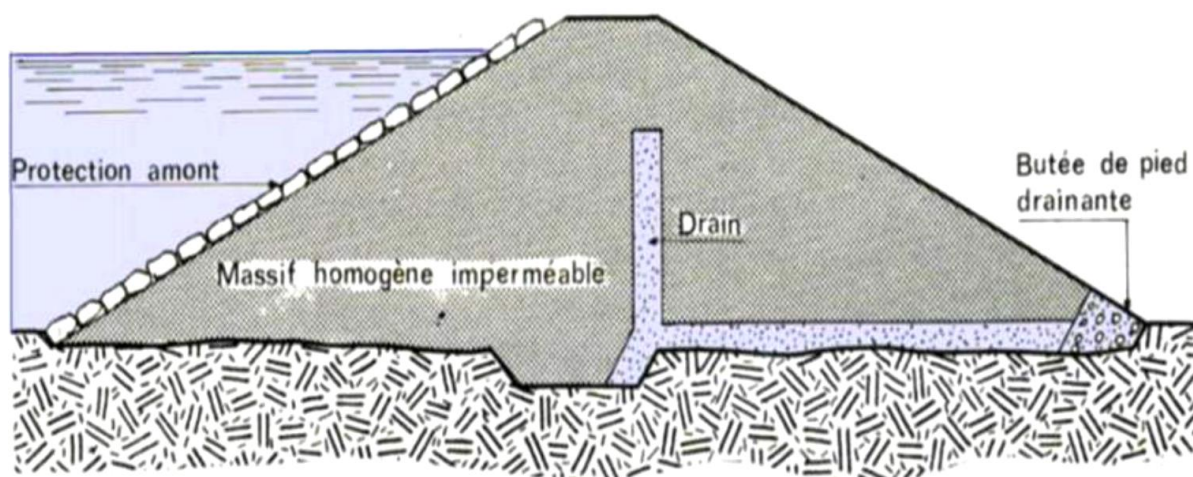


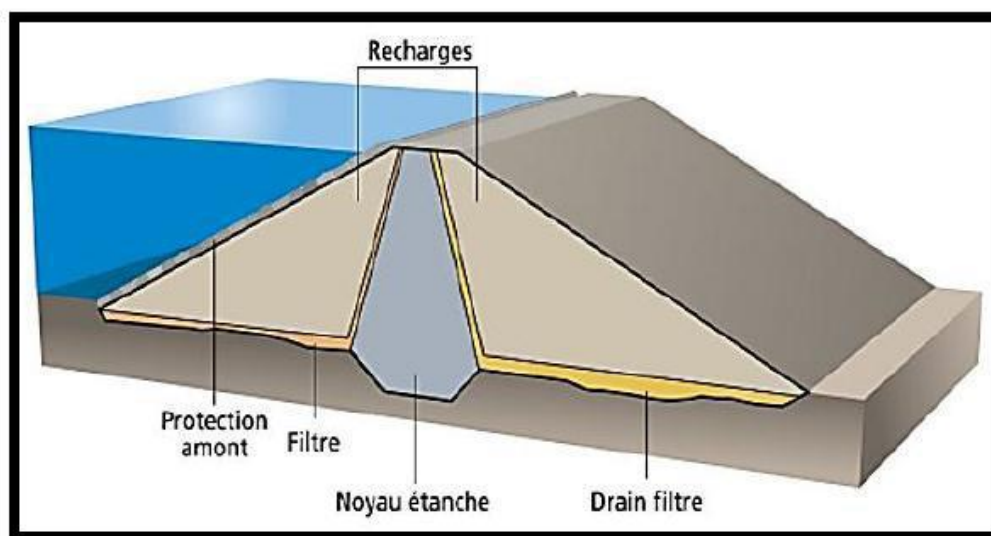
Figure I.13 : Barrage homogène (de Google)

I-4-2-5-1-2- barrage zoné avec noyau étanche :

Lorsque les caractéristiques géotechniques des matériaux disponibles ne permettent pas d'envisager un barrage homogène, alors, on adopte un profil zoné. Chaque zone étant constituée d'un matériau différent, choisi en fonction du rôle qu'il doit jouer. Les matériaux imperméables sont disposés dans la partie centrale et les matériaux semi-imperméable et perméable dans les parties amont et aval (recharges) qui ont un rôle stabilisateur.

Le nombre et la disposition des zones qui constituent le barrage à zone peuvent varier selon des schémas très divers, mais la plupart des barrages de ce type ne comportent pas plus de quatre zones de caractéristiques différentes. Le noyau peut être disposé verticalement ou incliné.

Figure I.14 : Barrage zoné avec noyau vertical (de Google)



I-4-2-5-1-3-Barrage à masque amont :

Les barrages à masque amont sont constitués d'un remblai plus ou 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 (Figure I-15).

Le masque qui constitue l'organe d'étanchéité amont est classiquement réalisé en béton, avec des produits bitumineux ou encore au moyen d'une géo membrane.

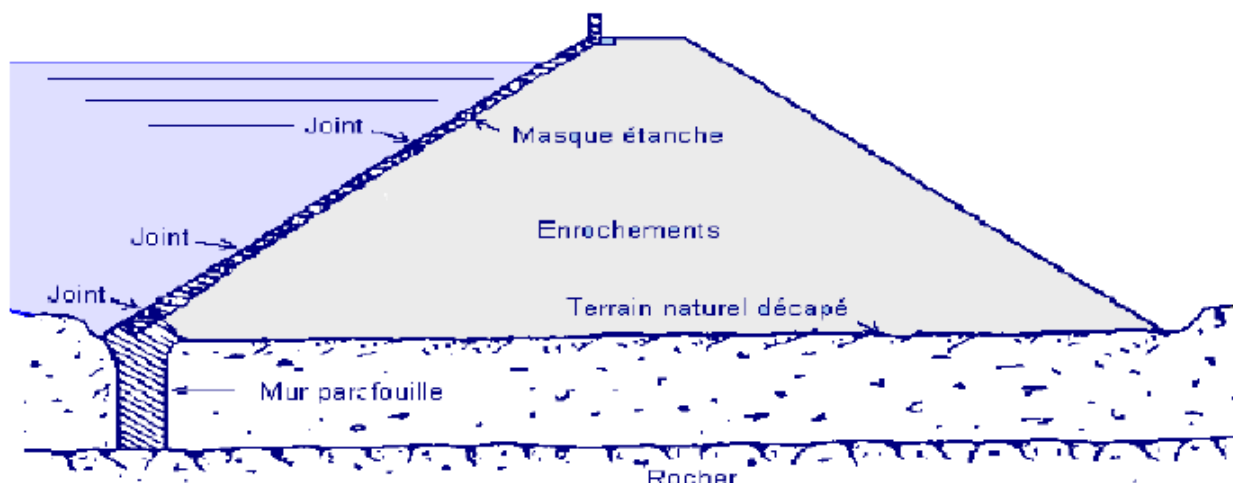


Figure I.15 : Barrage à masque amont.(de Google)

I-4-2-5-2-barrages en enrochement :

Un barrage en enrochement n'est pas autre chose qu'un tas de cailloux à grande échelle, qui résiste par sa masse aux efforts auxquels il est soumis. Mais n'étant pas étanche par lui-même, il faut lui adjoindre un organe d'étanchéité qui constitue la partie la plus délicate, aussi bien au stade du projet qu'à celui de la réalisation.

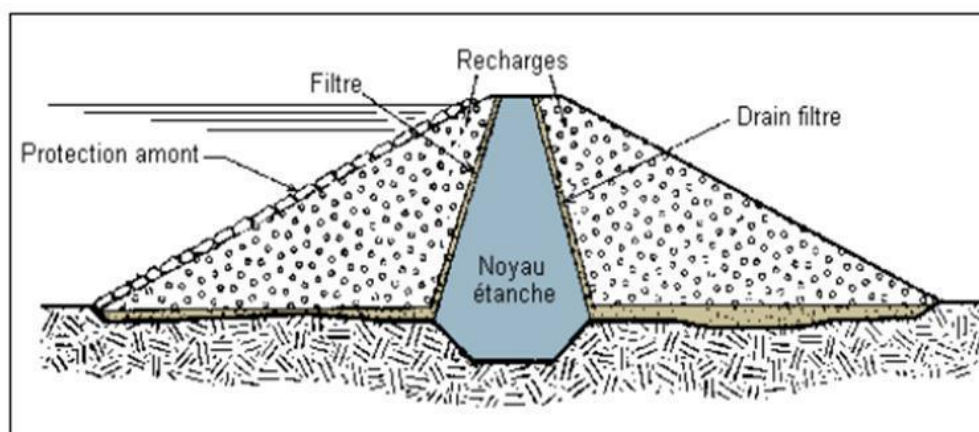


Figure I.16 : Profil d'un barrage en enrochement.(de Google)

I-5- l'évacuation de crues :

Un barrage est toujours accompagné d'ouvrages annexes qui concernent l'évacuation des crues, la vidange et la prise d'eau.

I-5-1- Définition d'évacuateur de crues :

Les évacuateurs de crue sont des ouvrages annexes aux barrages, qui permettent la Restitution des débits de crue excédentaires (non stockés dans le réservoir) à l'aval du barrage. D'une importance primordiale pour la sécurité du barrage, les évacuateurs doivent être en mesure d'empêcher le débordement de l'eau par-dessus la digue et l'apparition de phénomènes d'érosion à l'aval de la digue dans la zone du rejet dans l'oued.

D'une manière générale, un évacuateur de surface est constitué de :

- Un déversoir : ou seuil au-dessus duquel la lame d'eau peut s'écouler. Il se développe en général linéairement, mais il peut être également curviligne.
- D'un chenal : dans lequel débite le seuil. Son axe peut être parallèle au seuil (Entonnement latéral) ou perpendiculaire à celui-ci (entonnement frontal).
- D'un coursier dont la pente est forte, permettant ainsi à l'eau de rattraper la différence de cote entre le niveau de la retenue et le lit de la rivière à l'aval.
- D'un ouvrage dissipateur qui permet d'abattre l'énergie érosive de l'eau. (fosse de Dissipation, saut de ski, déflecteurs...etc.).

Pour certains barrages, les plus grands, il peut s'avérer plus économique d'adopter la solution de la tour au pied amont raccordée à une galerie sous le remblai, ce qui permet, en compartiment cet ouvrage d'assurer les trois fonctions : évacuateur en puits (ou en tulipe), prise d'eau à différents niveaux et vidange de fond.

I-5-2- Différents types d'évacuateurs de crues de barrages :

Les évacuateurs de crues se divisent en deux catégories selon les principes type :

- l'évacuateur de surface.
- les évacuateurs en charge.

I-5-2-1- Evacuateur de surface :

L'évacuateur de surface est constitué au départ de la retenue par un déversoir, dont le seuil se développe en général linéairement. Ce seuil débute dans un chenal dont l'axe peut être

parallèle au seuil (entonnement latéral ou perpendiculaire à celui-ci entonnement frontal). Ce chenal à pente faible a même de côte aval de la digue, l'eau empreint en suite un coursier dont la forte pente permet de rattrapé la différence de cotes entre le niveau de la retenue et le lit de la rivière a l'aval, et aboutit avec une vitesse importante dans un ouvrage dissipateur qui absorbe l'énergie du liquide. L'évacuateur de surface est place selon les cas, sur l'une des rives (évacuateur latéral) ou au centre du barrage (évacuateur central).



Figure I.17 : Évacuateur de crues de surface.(de Google)

I-5-2-2- Evacuateur latéral :

L'évacuateur du type latéral est adopté dans le cas où la pente du versant est faible. Ce type d'ouvrage repose directement sur le sol pas soumis à des tassements sous l'effet du massif du barrage (Figure I-18). L'écoulement dans le coursier est parallèle au seuil (latéralement à l'axe du barrage sur une rive).

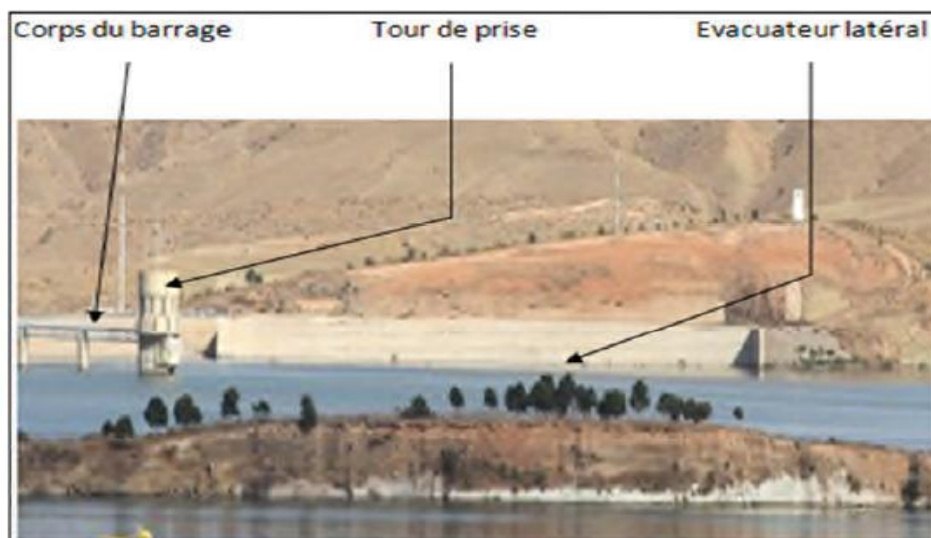


Figure I.18 : Evacuateur latéral (Barrage Hamam Boughrara).

Si la pente du versant est forte, un déversoir latéral conduit à des déblais important et un déversoir frontal est alors préférable. Ce type de déversoir est également utilisé dans le cas de débit évacué très important conduisant à une longueur du seuil très important.

I-5-2-3- Evacuateur frontal :

Le déversoir de type frontal est adopté par des pentes du versant fortes. L'écoulement dans le coursier est perpendiculaire au seuil.

Ce type appartient à la catégorie des évacuateurs à écoulement à surface libre. Il Représente les avantages suivants :

- Fonctionnement très sûr même pour des débits dépassant le débit de la crue de projet
- Facilité de réalisation.

Ces inconvénients sont :

- Le cout peu élevé.
- La difficulté de modification.

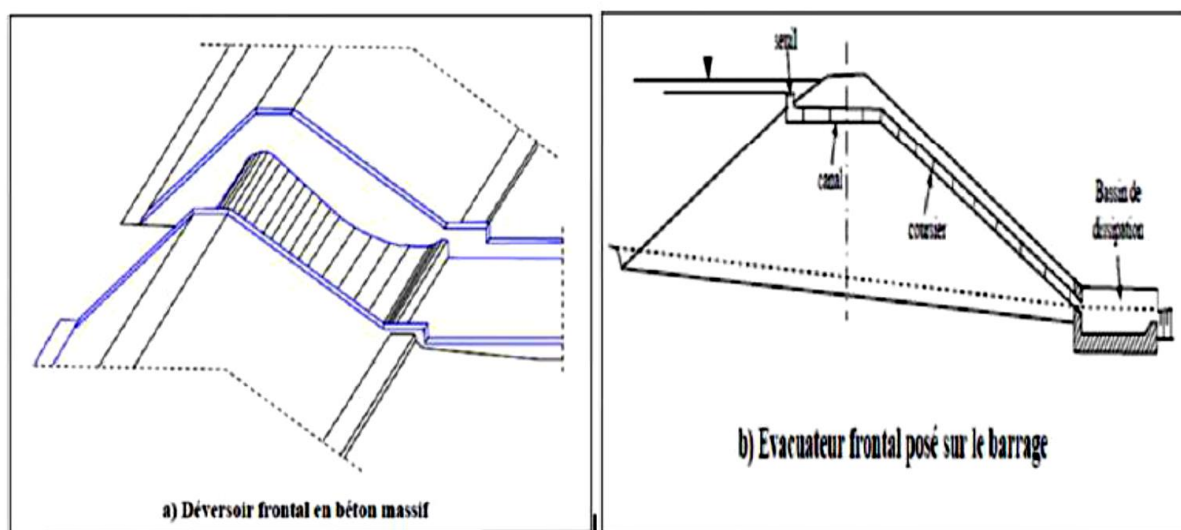


Figure I.19 : Evacuateur frontal.(de Google)

I-5-2-4- Evacuateur en charge :

Dans l'évacuateur en charge l'eau transitée vers l'aval du barrage par une galerie ou par une conduite de gros diamètre disposée sous le barrage ou latéralement en rive.

Cette conduite est alimentée par l'intermédiaire d'un puits ou d'une tour, ou par un déversoir de surface à crête ronde souvent circulaire appelé tulipe.

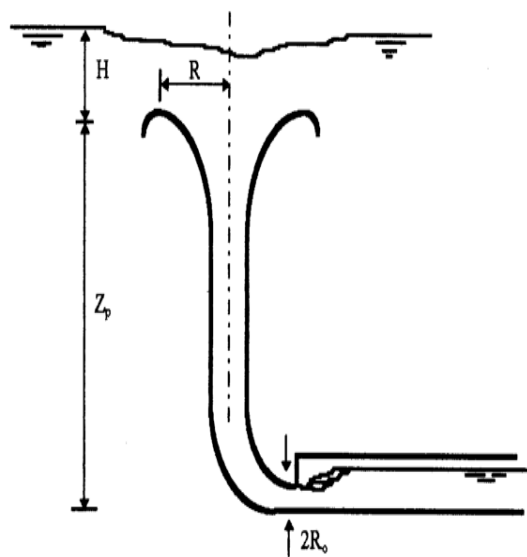


Figure I.20 : Évacuateur de crues en charge.(de Google)

Les évacuateurs de crue peuvent être du type puits ou type siphon (Figure 1.16et 1.17)

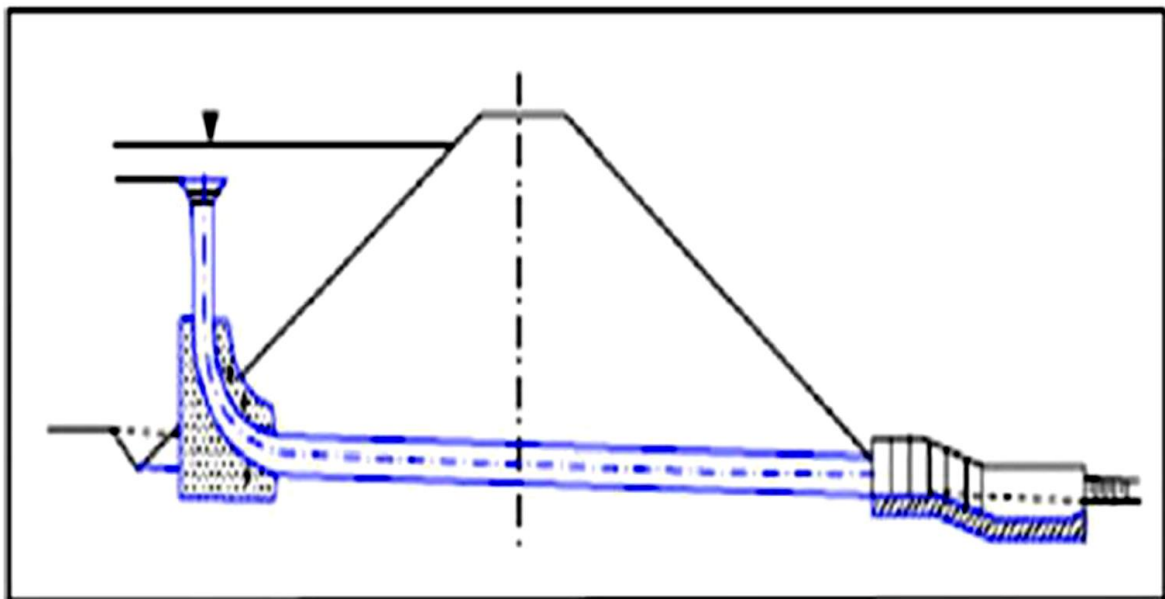


Figure I.21 : Evacuateur en puits.(de Google)

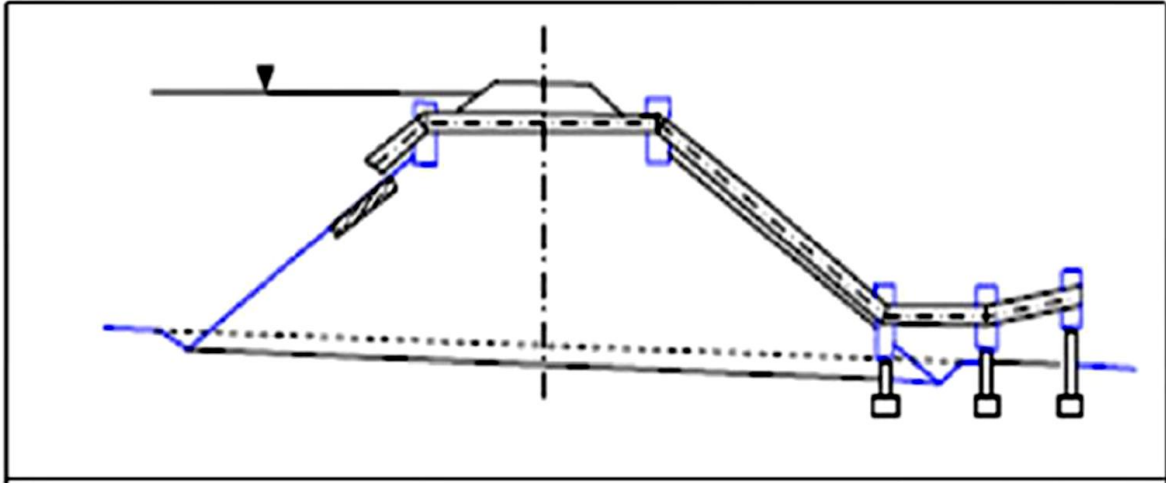


Figure I.22 : Evacuateur en siphon (de Google)

I-5-2-5- Evacuateur en puits :

L'évacuateur en puits est un ouvrage en béton de forme circulaire. Il évacue l'eau par chute verticale dans la conduite enterrée débouchant à l'aval de la digue dans un bassin de dissipation. Le puits peut servir également de tour de prise d'eau. La conduite d'évacuation joue le rôle de conduite de vidange.

Ce type d'ouvrage équipera le plus souvent les grands barrages vu les avantages :

- Evacuation d'importants débits ($80 < Q < 6000$) m³/s)
- Bon fonctionnement avec forte chute pour des grandes charges.

En parallèle ce type d'évacuateur représente les inconvénients :

- Problème de saturation (débit supérieur à celui de dimensionnement, charriage)
- Problème de vibration
- Problème de liaison difficile à assurer (digue - conduite ou galerie)
- Prévoir des protections anti-vortex (coût et entretien)



Figure I.23: Évacuateur en puits circulaire.(de Google)

Figure I.24 : Evacuateur en puits marguerite.(de Google)



I-5-2-6- Evacuateur en siphon :

Les siphons constituent des évacuateurs de superficie capables d'évacuer de très forts débits sous de faibles décréments pour un encombrement restreint (chose souhaitable pour toute conception optimale des organes d'évacuation).

Ce type d'ouvrage est à écoulement en charge, posé sur le corps du barrage, leurs

Avantage :

- Aucune exigence topographique.
- Calcul usuel.

Ces inconvénients sont.

- Amorçage et le désamorçage.
- Entretien indispensable.
- Débit faible à évacuer.
- Dispositif sur le corps de la digue.

I-6-Problèmes de sécurité des barrages :

Les barrages ont une grande importance économique et le capital investi dans leur construction est souvent très élevé et la rupture d'un barrage même pour les plus petits engendre souvent des dégâts très graves avec parfois des pertes humaines. Malheureusement, dans ce type d'ouvrages le risque zéro est inexistant et la solution adéquate est toujours difficile à mettre en œuvre, ce qui nous contraint à faire un choix entre le facteur sécurité et le facteur économique et il est essentiel d'apprécier correctement la marge de sécurité disponible.

Il est également indispensable de surveiller attentivement les ouvrages en service et faire des comparaisons avec d'autres ouvrages tout en tentant toujours d'améliorer la technologie et les méthodes de calcul et de réalisation de divers barrages. Il est à signaler que pour un facteur de sécurité donné, les grandeurs calculées peuvent être différentes des grandeurs réelles et l'écart peut atteindre des fois 100% mais dans les cas les plus complexes on ne doit pas hésiter à passer aux essais sur modèles réduits.

Enfin la notion de sécurité n'est pas simple à circonscrire et les coefficients destinés à l'évaluer ne font pas l'unanimité chez les spécialistes, car ces coefficients dépendent eux-mêmes de nombreux éléments qui eux même sont très variables d'une pratique à une autre.

I-7-Conclusion :

La connaissance des objectifs de fonctionnement des barrages vont permettre de définir la gestion d'un système. Dans les pays arides et semi-arides, les gestionnaires doivent prendre en considération la rareté et l'irrégularité de la ressource d'une part et les besoins donc la demande en eau d'autre part.

CHAPITRE II
LA REGION D'ETUDE

Introduction

Le présent chapitre fait l'objet d'une présentation de la région où se trouve le Barrage « Fontaine de gazelles ». La région de Biskra s'étend jusqu'à la zone du Chott Melghir au Sud-est et jusqu'à l'Erg oriental au Sud-ouest et son altitude est de 125 mètre au-dessus du niveau de la mer. Le réseau hydrographique de la région est formé par plusieurs Oueds : le plus important est l'Oued El Haie. Celui qui alimente le Barrage « Fontaine de gazelles ».

II-1-L'aménagement hydraulique :

Les principales caractéristiques de l'aménagement sont les suivantes:

Digue:

Le barrage est une digue en remblai en alluvions compactés avec noyau en argile. Le profil type du barrage est schématisé sur la figure suivante[17] :

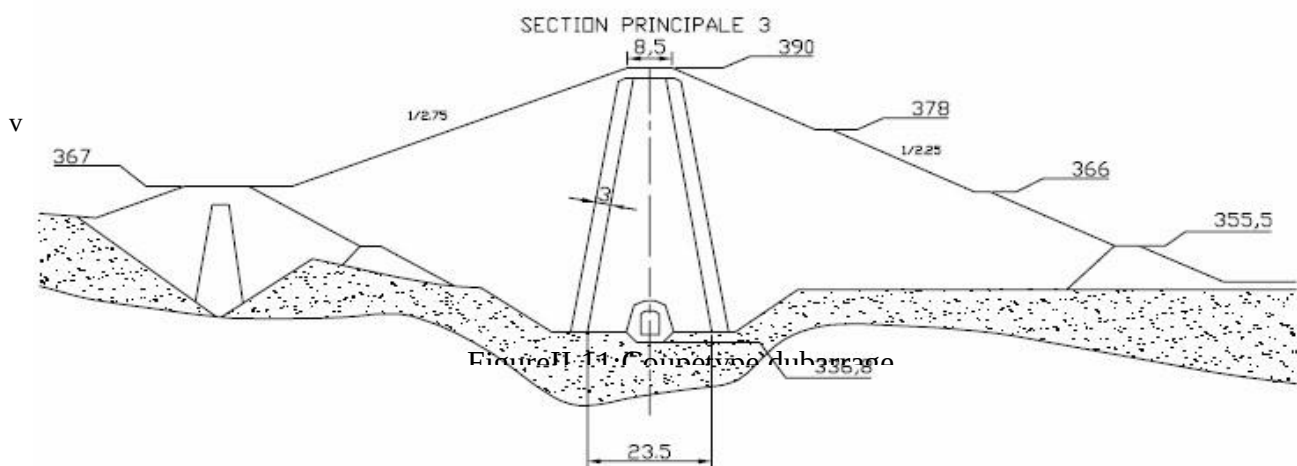


Figure II.1:Coupe type du barrage.[17]

*Hauteur hors sol 42,50 m, Longueur 370,00m , Largeur en crête 8,50m ,

*Evacuer les crues 3000m³/s à 1000 année, Largeur de déversoir 25m (voir annexe)

II-2- Description de la région d'étude

II-2-1 Contexte géographique

La synthèse géographique est basée sur les études de l'ANRH (2012), la région de Biskra située au Centre-Est de l'Algérie, précisément au Sud des Aurès. Elle s'étend jusqu'à la zone du Chott Melghir au Sud- Est et jusqu'à l'Erg oriental au Sud -Ouest avec (latitude $34^{\circ} 52'$ N, longitude $5^{\circ} 38'$ E) et son altitude est de 125 mètre au-dessus de niveau de la mer.

La wilaya de Biskra est distante de 425 km au Sud -Est de l'Algérie et s'étend sur une superficie de 21 671.2 Km², Elle est limitée au Nord par la wilaya de Batna, au Nord -Est par la wilaya de Khenchela, au Nord-Ouest par la wilaya de M'sila, au Sud par les Wilayas d'El Oued et d'Ouargla, au Sud- Ouest par la wilaya de Djelfa (figure 01).



Figure II.2: Carte de situation de Biskra (Inspiré de Wikipedia.org, 2015)

II-2-2 Situation de barrage :

Le barrage de la Fontaine des gazelles est situé à 37 Km au Nord de la ville de Biskra au versant sud des Aurès dans la wilaya de Biskra, à 11 km de la ville de Sidi Okba (figure II.2).[17]

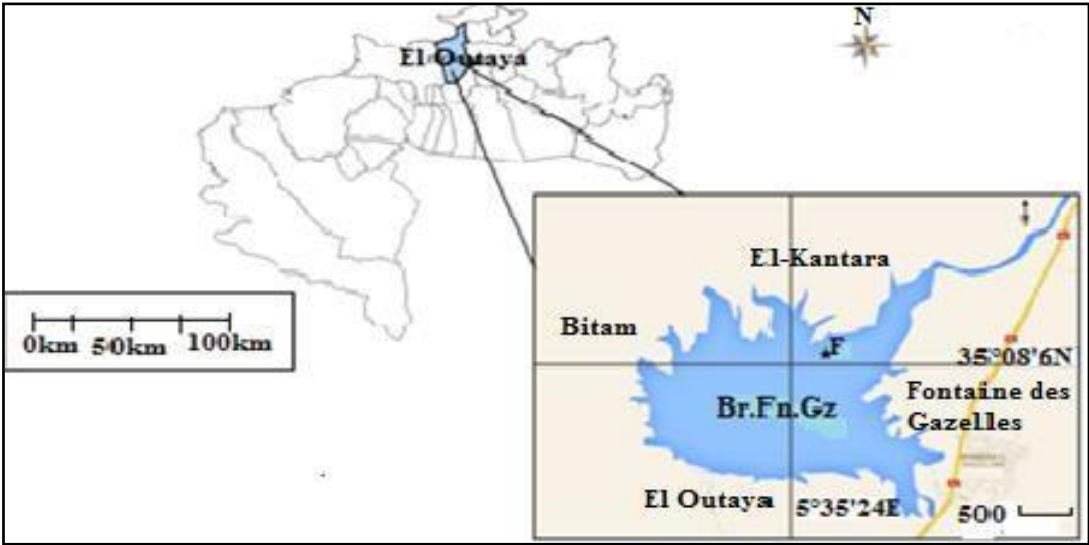


Figure II.3: Localisation de barrage de Fontaine des Gazelles (Athmani *et al.*,2018).



Figure II.4 : Image Barrage Fontaine des Gazelles Wilaya de Biskra)[18]

II-2-3 Contexte morphologique :

A l'échelle morphologique cette région passe par une topographie de plateau légèrement inclinée vers le sud à un relief assez élevé et accidenté au nord (Bensaâda et al., 2008 in Abssi 2013). En surface, les

dépôts grossiers que l'on trouve au pied des montagnes passent à des dépôts argilo sableux, vers le Sud (Sedrati, 2011).

Selon Aïdaoui (1994) le relief de la région de Biskra est constitué par quatre unités morphologiques qui sont : les montagnes, les piémonts, les plaines et les dépressions.

- Dans la partie Nord de la région de Biskra (El-Kantara, Djemourah et M'Chounech) se découpent les montagnes ou les chaînons atlasiques avec une altitude maximale peut aller de 1500 à 1700 m .alors que la moyenne est de l'ordre de 300m.
- A l'Ouest de la région de Biskra se trouve les plateaux, ils s'étendent du nord au sud et englobant les daïras d'Ouled Djellal, Sidi Khaled et une partie de Tolga.
- L'Est est caractérisé par une vaste plaine développée et découpée par les lits d'oueds, la plaine occupe approximativement les deux tiers de la superficie et couvrent les daïras d'el Outaya, Doucen, Sidi Okba et Zeribet el Oued. Elle se présente en général par une pente douce de la chaîne atlasique aux étendues sahariennes du Sud.
- La partie Sud -Est de la wilaya de Biskra est caractérisée par les lits d'oueds qui s'écoulent des monts de l'atlas et disparaissent dans la grande dépression fermée du Chott Melghir (figure 2.4).

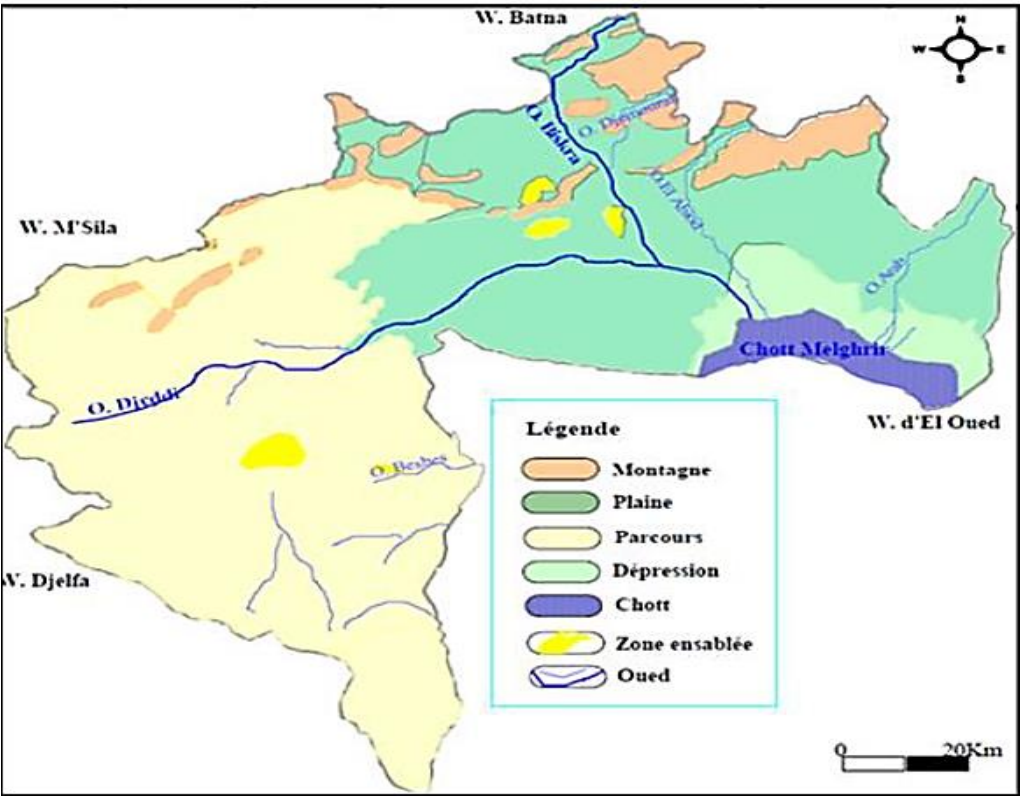


Figure II.5: Carte du milieu physique de la wilaya de Biskra (Sedрати, 2011)

II-2-4 Le réseau hydrographique

Le Barrage s'alimente par plusieurs oueds, le plus important est l'Oued El Haie. Ce dernier prend son origine sur les flancs de l'Atlas Saharien, il résulte lui-même de la confluence des deux oueds : Oued Fadala issu du djebel Ich Ali (1815m) et l'oued Tilatou quidescend des monts de Bellezma (2091m) et coule dans la direction SE-NO (Azioune et al, 2018) (Figure2.5) (voir Annexe 2).

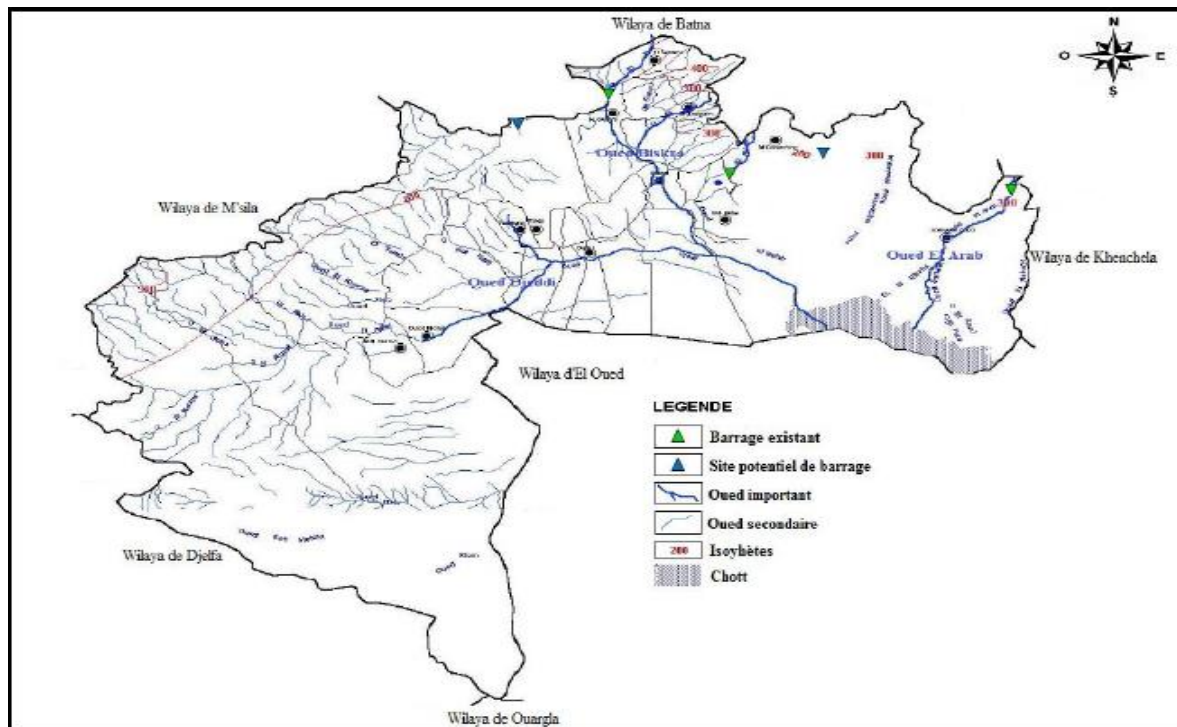


Figure II.6 : Carte du réseau hydrographique de la wilaya de Biskra (D’après ANAT, 2014)

II-2-5 Pédologie :

Les sols de la Wilaya de Biskra sont en général hétérogènes mais ils sont constituent des mêmes catégories rencontrées dans l'ensemble des régions arides de l'Algérie (Halilat, 1998).

D'après Masmoudi (2012), les principales classes des sols de la région de Biskra sont les classes des sols peu évolués, halomorphes et calci-magnésiques, à l'Est les sols sont généralement riches en argile et en calcaire par contre à l'Ouest les sols sont gypseux et/ou calcaires.

II-2-6 Contexte climatique :

Les caractères du climat saharien sont dus tout d'abord à la situation en latitude, au niveau du tropique, ce qui entraîne de fortes températures, et au régime des vents qui se traduit par des courants chauds et sec.

Les paramètres climatiques jouent un rôle considérable pour la disponibilité de la ressource d'eau dans les zones arides. Le renouvellement de cette ressource soit superficielle ou bien souterraine dépend des précipitations qui sont influencées par d'autres facteurs climatiques.

Pour illustrer ce rôle et connaître les caractéristiques climatiques de notre région d'étude, nous avons collecté les données relatives à la pluviométrie, température, humidité de l'air ainsi que d'autres, de la station météorologique de Biskra, situé au niveau de l'aéroport.

II-3-But de la construction du barrage :

*La barrage de Fontaine de gazelles a été construit spécifiquement pour irriguer la plaine de Loutaya – Biskra.

*L'accumulation d'eau est le but principale du barrage ,servant à compenser l'inégalité des apports de la rivière et à adapter l'utilisation et la consommation de l'eau aux besoins.

L'un des buts consiste à protéger les riverains avals contre les crues en emmagasinant celles –ci ou leur majeure partie de façon à éviter autant que possible les dégâts dus aux inondations.

II-4 Caractéristiques du barrage :

Les principales caractéristique sont les suivantes :

II-4-1- Caractéristiques hydrologiques :

**Tableau II.1 : caractéristiques hydrologiques d'oued el-Hai
(1950_2014)**

Nom	Caractéristique
Oued	EL HAI
Crues Historiques	Février 1986 _ mai 2000
Capacité initiale	47,00 hm ³ 55,50 hm ³
Capacité d'après dernier levé (2004)	54,74hm ³
Apport moyen annuel	25,60 hm ³ /an (1950-2014) 0,25hm ³ /an
Envasement	0,25hm ³ /an
Surface du bassin versant	1660km ² [17]
Volume Mort	7.00 hm ³
Volume régularisé	14.00 hm ³

II-4-2- Caractéristiques techniques :

- Type de barrage : Barrage en terre
- Apport moyen annuel: 37,4 hm²
- Superficie du bassin versant : 1520 km²
- Hauteur maximale de barrage au-dessus du Fondations: 43m
- Hauteur de la crête de barrage : 390 m
- Côte du seuil du réservoir : 364 m
- Type de l'évacuateur: évacuateur se surface
- Longueur de la crête du barrage : 408 m
- Capacité de la retenue : 59,5m³/h
- Altitude de la retenue maximale : 198.1 m
- Surface de la retenue au maximum : 3.09 km²
- Capacité totale du réservoir: 43.00 hm³
- Hauteur maximale de barrage au-dessus du thalweg : 73 m
- Hauteur de la crête de barrage au dessus de crête du déversoir : 4.35 m
- Côte retenue normale (R.N) : 198,90 m
- Largeur du déversoir du 25m
- Déversoir :Seuil libre :3000m³/s
- Cote NNR:384 m
- Cote PHE:388 m

- Vidange de fonde : $21 \text{ m}^3/\text{s}$
- Mise en eau : 2000
- Côte Plus Hautes Eaux (P.H.E) : 203,25 m
- Longueur : 188 m
- Rayon de courbure : 80.00 m

L'évacuateur principal implanté en rive droite comporte un seuil labyrinthe calé à 384 NGA, un coursier ,un saut de ski et un bassin de dissipation .Il est dimensionné pour l'évacuation de la crue cinq-milléniale.

Evacuateur de crues à seuil libre de forme labyrinthe.

Capacité d'évacuation: $3000 \text{ m}^3/\text{s}$ (une crue de 10000 ans) Longueur du déversoir 125 m

Largeur: 25 m au niveau du coursier.

L'évacuateur est constitué de :

- Un déversoir
- Un coursier
- Un bassin d'amortissement.
- L'évacuateur a fonctionné plusieurs reprises et la lame déversant

A atteint 1 m qui correspond à un débit de $800 \text{ m}^3/\text{s}$. [17]



Figure II. 7:Evacuateur de crues[Photo prise depuis le téléphone]

- Prise d'eau : La tour de type de diamètre 11 m d'une hauteur totale d'environ 51 m comporte 4 prises d'eau aux niveaux 361,367,373 et 379 m NGA. Elle est implantée en rive gauche du barrage. Les prises sont équipées d'une grille (ou d'un batardeau) amovible de section 1.66 m x 1.66 m et d'une vanne papillon. Elles alimentent une conduite de diamètre 1.25 m. Le débit nominal de la conduite est de 2 m³/s.



Figure II -8:prise d'eau[17]

■Galerie de vidange de fond :

Elle est installée en rive gauche dans la galerie de dérivation. Elle comprend un entonnement à la cote 350,50 m NGA, situé sous la tour de prise, un tronçon en galerie de section 1 m x 1m puis un chenal. Le débit évacué à RN est de 21 m³/s. La vidange de fond est contrôlée par une vanne batardeau et 2 vannes wagon (de garde et de service). [17]



Figure II.9:Tunnel de la vidange de fond[17].

■Galerie de dérivation :

Diamètre intérieur 8,00m ,Longueur 200 m ,Débit à Évacuer 800m³/s .

II-5 Exploitation des eaux du barrage de Fontaine de gazelles :

L'irrigation rationnelle des palmeraies a pour but d'assurer pendant toute l'année et surtout pendant l'été, les quantités d'eau nécessaires à une évolution normale des arbres et à l'élaboration d'une bonne récolte. Donc, les spécialistes sont assez imprécis sur le volume et la fréquence des arrosages.

Quelque en soit, la culture du palmier dattier exige d'importantes quantités d'eau.

L'influence défavorable des facteurs climatiques font qu'au Sahara la prospérité du palmier

dattier est principalement fonction des volumes d'eau disponibles pour l'arroser.

En fait, l'eau d'irrigation sert à humidifier l'horizon du sol fouillé par les racines nourricières des arbres. Le palmier peut évoluer normalement entre 20 et 24% d'humidité relative du sol

(AiDoudi L, 2012)

Les besoins en eau du palmier dattier dépendent donc :

-De facteurs édaphiques: (nature physique du sol donc capacité de rétention en eau, nature chimique des terres qui en général sont pauvres mais riches en sels et donc arrosages plus fréquents et copieux pour combattre la salinité).

-De la qualité des eaux: les irrigations doivent être d'autant plus nombreuses et volumineuses que les eaux sont plus chargées afin de limiter les phénomènes de salinisation secondaire généralisée et stabilisée.

-De l'aménagement et de l'entretien de la plantation: plus les planches sont parfaitement nivelées et le sol est entretenu plus l'exécution des arrosages est favorisée et la pénétration de l'eau est meilleure.

Dans la pratique, l'irrigation des palmeraies ne tient pas compte du stade de développement biologique et physiologique des palmiers et par conséquent de la variation des besoins durant l'année. De plus, au point de vue production de dattes, certains chercheurs ont calculé qu'il fallait **1 m³** d'eau pour obtenir **1 kg** de dattes (Boukoucha abdelaziz (2020)). Par ailleurs, en dehors de la technique d'irrigation par submersion, une technique récente a été essayée.

Il s'agit de « l'irrigation goutte à goutte ». Elle permet une économie d'eau incontestable.

II-6- Problèmes auxquels est confronté le barrage : Certains des problèmes auxquels le barrage de fontaine des gazelles à Biskra pourrait être confronté incluent la sédimentation excessive ,la gestion inadéquate des eaux en amont et en aval ,les conflits d'utilisation de l'eau entre les différents secteurs (agriculture ,industrie ,municipalité) ,ainsi que les défis liés à la durabilité environnementale et à la sécurité structurelle du barrage lui-même.

La maintenance régulière et une gestion efficace sont essentielles pour résoudre ces problèmes et assurer le bon fonctionnement du barrage .

II-7-Typologie de fuites : Un barrage de stockage des eaux n'est jamais à l'abri des fuites d'eau. Plus la hauteur du lac d'eau est grande, plus la pression est grande sur toutes les parties qui forme le réservoir : le fond, les rives, la digue et les vannes de fond. On distingue 4 types de fuites :

II-7-1 Les fuites de fondation :

Elle se produisent lorsque l'eau s'infiltre à travers la fondation du barrage en raison de défauts dans le sol ou dans la structure même barrage .

II-7-2 Les fuites par les joints:

Les joints entre les différentes parties de la structure peuvent parfois ne pas être parfaitement étanches ,permettant ainsi à l'eau de même barrage .

II-7-3 Les fuites par les canaux de décharge :

Les canaux de décharge peuvent présenter des défauts ou des fissures qui permettent à l'eau de s'échapper .

II-7-4 Les fuites par les vannes et les dispositifs de contrôle :

Les vannes et les dispositifs de contrôle peuvent parfois présenter des fuites en raison de joints défectueux ou de corrosion .

II-7-5 Les fuites par les parois du barrage :

Les parois du barrage peuvent présenter des fissures ou des défauts qui permettent à l'eau de s'infiltrer .

*Chacune de ces topologies de fuites nécessite une surveillance et une maintenance régulières pour prévenir les problèmes potentiels et assurer la sécurité du barrage .

II-8 Etude Géologique:

Sur le plan géologique, le site est constitué par des formations marno-calcaires du crétacé supérieur présentant une structure anticlinale avec un pendage incliné vers l'amont. Dans la vallée, ces formations sont recouvertes par des dépôts superficiels (alluvions et conglomérats) d'âge quaternaire.

Le noyau est fondé directement sur la roche dans les versants et sur les dépôts quaternaires au centre de la vallée : environ 126 m de digue entre les profils 9 et 13 fondés sur 10 à 20 mètres d'alluvions.

Et aussi, Le barrage de la Fontaine des gazelles appartient aux mêmes formations rocheuses qui constituent les principaux reliefs de la wilaya de Biskra (Amri, 2006). Selon Sedrati (2011), la géologie de la wilaya de Biskra se caractérise par des formations d'origine sédimentaire à prédominance de sédiments carbonatés. Les calcaires massifs de demi cluse d'El- kantara reviennent au Maestrichtien avec une épaisseur de 340 mètre vers le Sud, sur montés par des formations de l'oligocène ,miocène et quaternaire ,formées essentiellement par des marnes, galets, alluvions, argile et sables .figure N° 15[20].

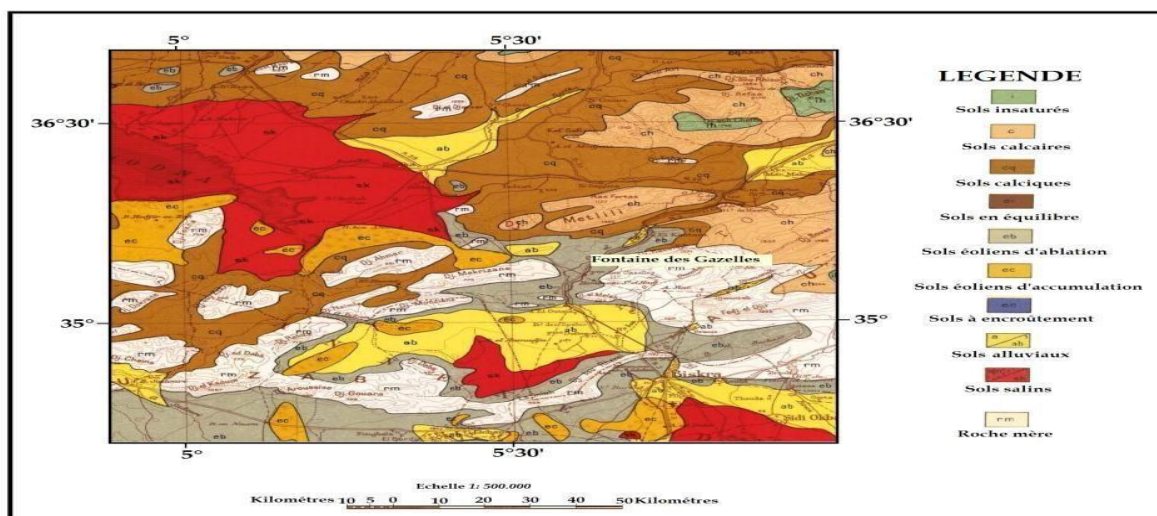


Figure II.10:carte géologique de la zone d'étude Biskra(extrait de la carte du son l d'Algérie Biskra publié en 1938).[20]

II-9- Voile d'injection:

Le dispositif d'étanchéité a été réalisé par injection de coulis bentonite/ciment depuis des forages réalisés depuis la galerie d'injection implantée au contact noyau/fondation :

- En fondation rocheuse, le voile est mono -filaire.
- Dans les alluvions de fondation, le voile est tri-linéaire. Les files extérieures ont été réalisées au pas de 3 m. La file centrale a été réalisée au pas de 1.5 m avant contrôle, puis renforcée au pas de 0.75 m dans les zones de plus fortes perméabilités.

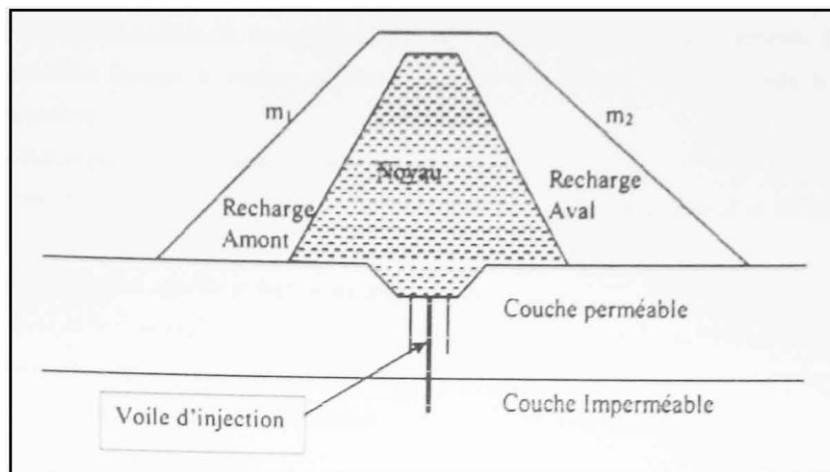


Figure II.11:Voile d'injection.[22]

II-9- 1Types d'injection:

Les produits d'injection sont mis en place dans le sol par l'intermédiaire de forages. Mais les techniques et les types de produit utilisés diffèrent très sensiblement selon la nature des terrains à traiter. On peut distinguer trois cas principaux :

- ✚ L'injection des roches fissurées,
- ✚ L'injection dans les terrains alluvionnaires,
- ✚ L'injection de remplissage de cavité[22].

• II-9-1 -1 Injection des roches fissures:

Dans le cas du traitement de massif rocheux affectés par des fissures générant des circulations d'eau, le but de l'injection est de les remplir totalement.

Les forages exécutés dans ce type d'encaissant doivent rester ouverts sur une grande longueur sans risque d'éboulement. Il est possible d'injecter en une seule fois des tranches de terrain de plusieurs mètres, 3 m à 8 m en moyenne. Chaque tranche est appelée passe d'injection.

L'injection des massifs rocheux fissurés est réalisée soit " en remontant ", soit " en descendant ".

L'injection des roches fissurées se fait toujours par séries successives de forages alternés (primaires, secondaires, tertiaires). Les forages primaires sont souvent localisés sur une même ligne, ils sont espacés de quelques mètres. Les secondaires sont exécutés entre deux primaires et les tertiaires entre deux secondaires, venant le cas échéant resserrer la maille des forages.

- **II-9-1 -2 Injection de remplissage de cavités:**

Les cavités (poches de dissolution, karsts,...) peuvent être comblées par injection. Les coulis utilisés pour ce type de travaux sont le plus souvent constitués par un mélange de bentonite et de ciment.

- **II-9-1 -3 Injection des terrains alluvionnaires:**

La différence essentielle par rapport aux roches fissurées réside dans la forme des vides, constitués de pores inter-granulaires dont le volume est de l'ordre de 15 à 40% et sur tout dans le fait que les parois d'un forage non tubé s'éboulent rapidement.

La technique d'injection est celle du tube à manchette, qui est un tube en plastique ou métallique, perforés tous les 30 ou 50 cm. Ces orifices sont recouverts de manchons en caoutchouc faisant office de clapets anti retour.

Le tube à manchette est scellé au forage afin d'éviter les remontées de coulis entre celui-ci et le terrain.

Pour procéder à l'injection, on isole au moyen d'obturateurs la portion du tube à manchette intéressée par l'injection, le coulis imprègne alors le terrain à traiter. Les paramètres principaux directement liés à l'injection sont la pression d'injection, le débit et le volume de coulis injecté.

Contrairement à l'injection des roches fissurées, un rideau d'injection ne peut se

réduire à une seule ligne de forages. Deux ou trois lignes parallèles sont en général nécessaires. Le maillage varie beaucoup en fonction du type de projet et de la nature du sol.[22]

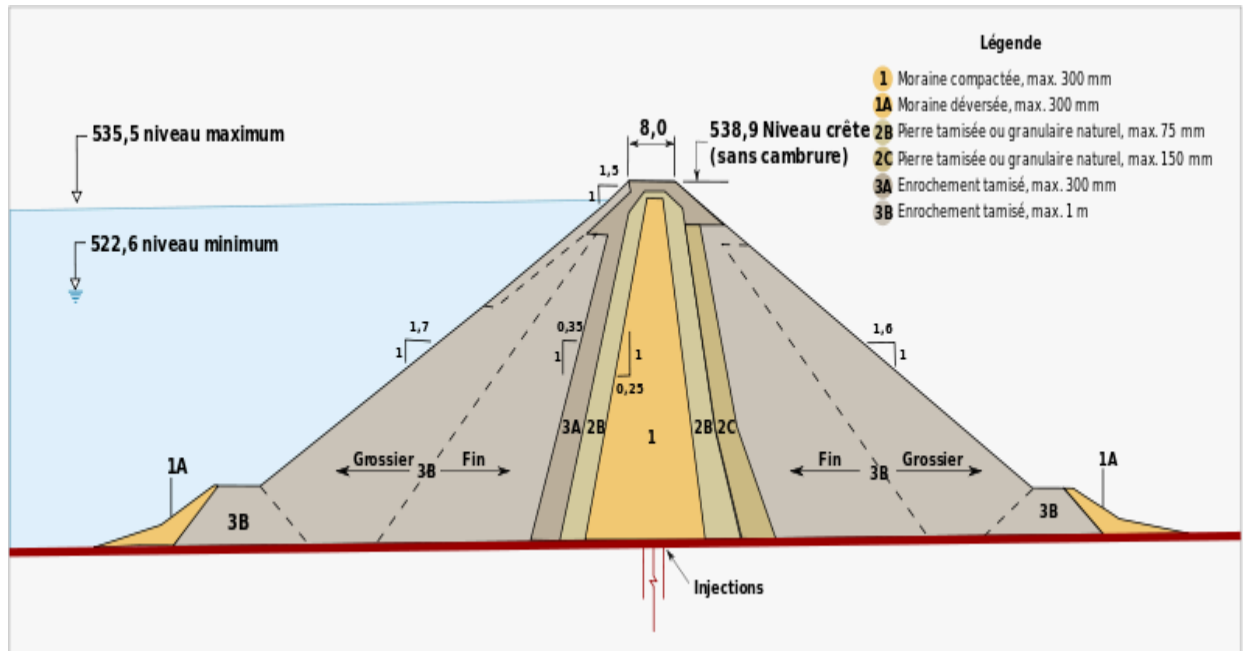


Figure II.12: Rideau d'injection[22]

II-9-2 Galerie d'injection :

Longueur de la galerie : 390 m

Longueur : 3,00 m

Une galerie d'injection et de visite ,elle comprend des appareils d'auscultation :

A _24 Cellules de pressions interstitielles en trois niveaux .

B_ drains (dont 15 drains sont théoriquement équipés par des manomètres et considérés comme des piézomètres et réellement 04 fonctionnels).

C_ Pompes exhaures pour évacuer les eaux des fuites et des drains lors de leurs ouverture.

II-10-Observations et quantifications du phénomène de fuites à travers les rives :

Observations et quantifications du phénomène de fuites à travers les rives d'un barrage peuvent se faire à l'aide de plusieurs méthodes :

*Inspections visuelles :Des inspections régulières peuvent être effectuées le long des rives du barrage pour détecter visuellement tout signe de fuite, comme des zones humides ,des dépôts de sédiments ou des changements dans la végétation .

*Utilisation de technologies de surveillance des technologies telles que les capteurs de pression ,les capteurs de débit ,les caméras thermiques et les drones peuvent être utilisées pour surveiller les rives du barrage et détecter les fuites potentielles .

*Analyse de la qualité de l'eau :Des échantillons d'eau peuvent être prélevés le long des rives du barrage et analysés pour détecter tout signe de contamination ou de dilution ,ce qui pourrait indiquer la présence de fuites .

*Modélisation hydraulique : Des modèles hydrauliques peuvent être utilisés pour simuler le comportement de l'eau le long des rives du barrage et identifier les zones où des fuites pourraient se produire .

Une fois les fuites détectées ; leur quantification peut être effectuée en mesurant le débit l'eau qui s'infiltre à travers les rives du barrage ;soit directement en utilisant des méthodes de mesure du débit ;soit en estimant le débit à partir de données de surveillance et de modélisation.

II-11- Le rôle du voile d'étanchéité :

Le voile d'étanchéité est une composante essentielle dans la construction et la maintenance des barrages .Son rôle principal est de prévenir les fuites d'eau à travers les rives du barrage en fournissant une barrière imperméable .Voici quelques -une des rôles clés du voile d'étanchéité :

*Prévention des fuites :Le voile d'étanchéité est conçu pour empêcher l'eau de s'infiltrer à travers les rives du barrage .assurant ainsi l'intégrité de la structure et la sécurité des zones en aval .

*Conservation de l'eau :En réduisant les fuites d'eau , le voile d'étanchéité contribue à la conservation des ressources en eau ,ce qui est crucial dans les régions où l'eau est une ressource précieuse .

*Stabilisation des sols :En plus de son rôle d'étanchéité ,le voile peut également contribuer à stabiliser les sols en fournissant une base solide pour la construction du barrage .

*Protection de l'environnement : En limitant les fuites d'eau et en prévenant la contamination des sols et des eaux souterraines ,le voile d'étanchéité .

II-12 La nature de la roche ,les cures et les fuites:

Pour un barrage comme celui de fontaine des gazelles , plusieurs aspects géologiques et hydrologiques doivent être prise en compte , notamment la nature de la roche , les cures et les fuites . Voici un aperçu de ces aspects :

Nature de la roche :

*Type de roche :La fondation du barrage doit être construite sur une roche stable et imperméable pour assurer la sécurité et la durabilité du barrage .

les roches couramment utilisées pour les fondations des barrages sont le granite ,le basalte et d'autres roches métamorphique et ignées qui offrent une grande résistance .

*Stabilité géologique :Les zones sujettes aux tremblements de terre ,aux glissements de terrain ou aux mouvements tectoniques peuvent poser des risques pour l'intégrité structurelle du barrage .

Cures :

*Gestion des cures :Le barrage doit être conçu pour gérer les débits de cure maximaux possibles sans risque de déversement ,comme des vannes ou des déversoirs, sont intégrés pour libérer l'excès d'eau en cas fortes pluies .

*Prévisions et Modélisations: Utilisation de modèles hydrologique pour prévoir les crues et planifier la gestion des eaux .

*Surveillance météorologique continue pour anticiper les période de fortes précipitations.

Fuites :

Détection et réparation des fuites :Les fuites peuvent survenir à travers les fondations ou les structures en béton . Il est crucial de détecter et de réparer rapidement ces fuites pour éviter des problèmes majeurs .

*Les techniques de détection incluent l'utilisation de capteurs ,de caméras sous-marines et d'inspections régulières .

* Imperméabilisation des fondations et parois du barrage est essentielle pour minimiser les fuites

. Cela peut être réalisé en utilisant des revêtements spéciaux ,des injections de ciment ou autres matériaux imperméabilisants.

La gestion de ces aspects est cruciale pour le fonctionnement sûr et efficace du barrage ,assurant ainsi qu'il a puisse fournir les services pour lesquels il a été conçu , tout en minimisant les impacts négatifs sur l'environnement et les populations locales .

II-13-Les eaux de fuites pour une irrigation complémentaire :

En résumé , l'utilisation des eaux de fuite pour une irrigation complémentaire représente une stratégie viable et bénéfique pour optimiser les ressources en eau ,soutenir l'agriculture locale et contribuer au développement durable de la région .



Figure II.13:Les eaux de fuites pour irrigation (image prise depuis de téléphone)

II-14-Conclusion :

Les problèmes liés à l'eau sont aptes à devenir plus complexes dans le futur, en raison de la Poussée démographique et les besoins qu'ils lui sont associés surtout le caractère instable et variable des régimes pluviométriques liés à la péjoration climatique. Pour cela, la gestion de l'eau a pour rôle de trouver le bon équilibre entre ressource et usage.

**CHAPITRE III
CALCUL ET REHABILITATION
D'EVACUATEUR DE CURE DE
BARRAGE**

Introduction :

La mise en évidence des caractéristiques du bassin versant Fontaine de gazelles a pour but d'appréhender avec assez de précision la réponse hydrologique vis-à-vis d'une séquence pluviométrique. Les caractéristiques physiques et morpho-métriques permettent de définir l'aptitude aux écoulements dans le bassin. L'analyse des facteurs climatiques et des régimes qui leurs sont associés sera appréhendé à travers l'analyse des éléments les plus déterminants de l'écoulement.

III-1 Etude des paramètres climatiques :**III-1-1 Les précipitations :**

Pour la réalisation d'une étude climatique, la précipitation demeure un facteur primordial, et caractérisées par de fortes irrégularités dans les régions arides et semi-arides (Chabour, 2006).

Les précipitations agissent directement sur l'écoulement des cours d'eau. Elles influencent aussi sur l'infiltration, l'érosion des sols et le transport solide. Pour mieux comprendre ce paramètre, nous allons, étudier les variations de la moyenne mensuelle des précipitations.

Sur la base des données enregistrées à la station de l'ONM Biskra. Les précipitations moyennes mensuelles sont données dans le tableau 05 suivant.

Tableau III.1 : Précipitations moyennes mensuelles pour la période (1967-2010)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc	Total
Précipitations (mm)	16,4	9,4	13,9	12,9	11,6	4,8	1,5	4,7	20,8	15,4	17,8	9,5	138,7

La lecture de ce tableau indique que le climat de la région étudiée est caractérisé par l'irrégularité des pluies entre les mois. Les valeurs du tableau 5 ont été mises en graphes dans la figure III.1.

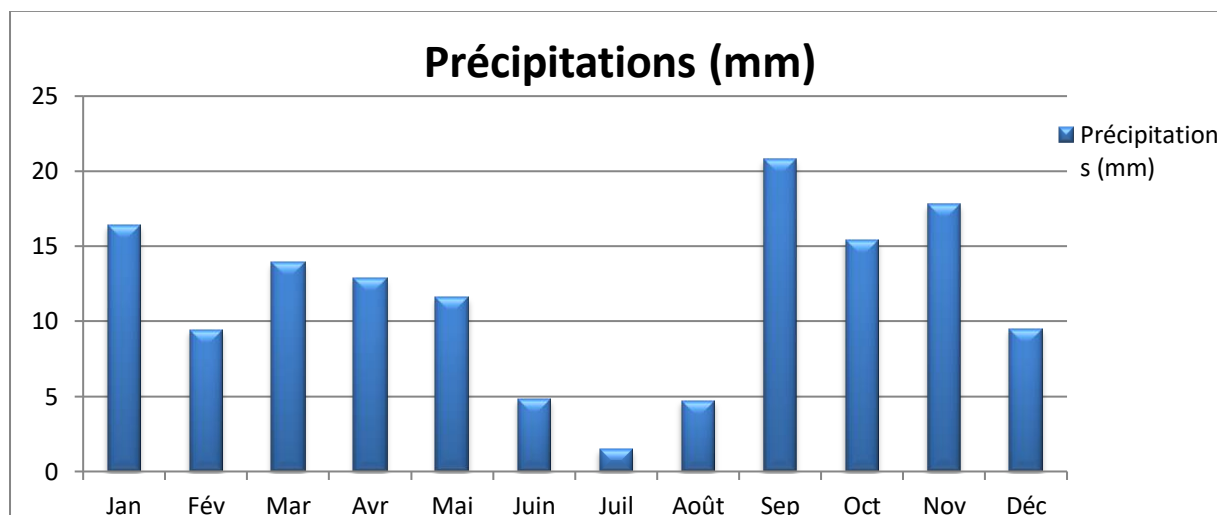


Figure III.1 : Précipitations moyennes mensuelles dans la région de Biskra (période 1967-2010)

L'examen de la figure III.1, montre un régime pluviométrique caractérisé par un seul max dans l'année. La faiblesse des précipitations est bien montrée durant cette période, caractérisée par une moyenne interannuelle de 138,7mm. En effet, la pluviosité moyenne la plus élevée est enregistrée durant le mois de septembre avec 20,8 mm. Les mois de juin, juillet et août reçoivent des précipitations faibles qui sont respectivement 4,8 mm, 1,5 mm et 4,7 mm.

Selon la carte des précipitations d'Algérie établie par l'ANRH (1993) (figure iii.2), la zone qui englobe Biskra, Branis, Sidi Okba, Ain Naga, Tolga, Doucen, Ouled Djellal et sidi Khaled, est caractérisée par des précipitations comprise entre 100 et 200 mm.

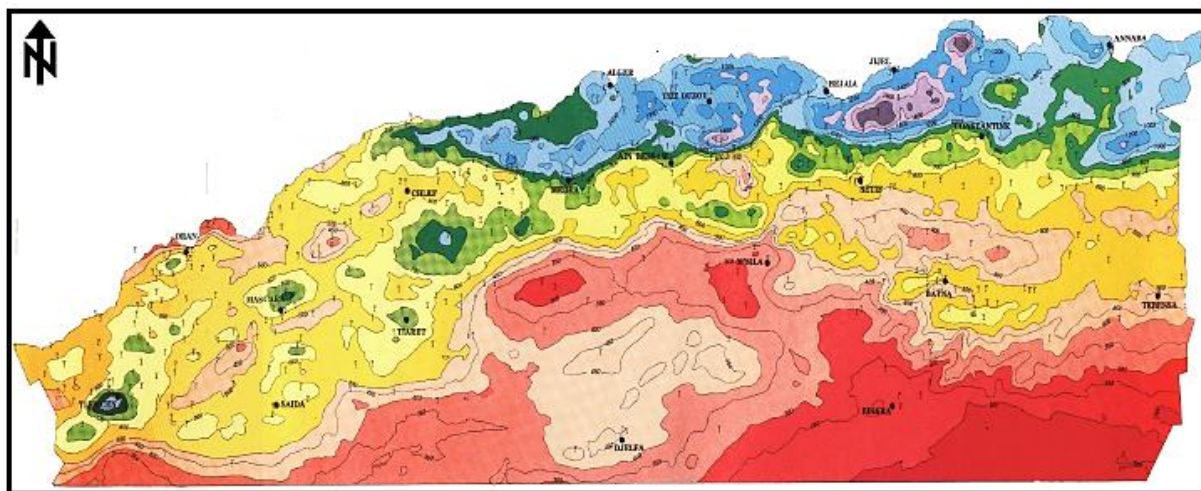


Figure III.2 : Carte pluviométrique pour l'Algérie du Nord (source : ANRH, 1993)

III-1-2 Les températures :

Le régime thermique moyennes annuelles et mensuelles par leurs variations influencent les phénomènes biologiques, tel que l'évaporation et la transpiration. Elles conditionnent le déficit ou l'excédent, qu'il soit annuel ou saisonnier (Sedraty, 2011).

Les valeurs des températures mensuelles (maximales, minimales et moyennes) de la région étudiée pour la période (1967-2010), sont résumées dans le tableau 3.2.

Tableau III.2 : Températures moyennes mensuelles, (maximales, moyennes et minimales) pour la station étudiée (période 1967-2010)

Valeurs moyennes	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc	Moy
T° max °C	16.8	18.9	22.2	26.1	31.0	36.7	40.1	39.2	34.0	28.2	21.5	17.3	27,67
T° moy °C	11.6	13.5	16.7	20.3	25.5	30.8	33.9	33.4	28.5	22.5	16.2	14.9	22,32

T° min °C	6.9	8.3	11.1	14.5	19.3	24.1	27.2	27.2	22.9	17.5	11.7	7.9	16,55
----------------------	------------	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	-----	-------

La lecture du tableau 06 permet de constater que la saison chaude s'étend de mai à octobre (T° moy $^{\circ}\text{C}$ en gras). Au cours de cette période, les températures moyennes mensuelles sont supérieures à la moyenne annuelle 22,32 $^{\circ}\text{C}$, et pour la saison froide du mois de novembre jusqu'au mois avril, elles sont inférieures à la température moyenne annuelle. Ce qui permet de diviser l'année en deux périodes: une période froide et une période chaude, et met en évidence la succession des deux périodes.

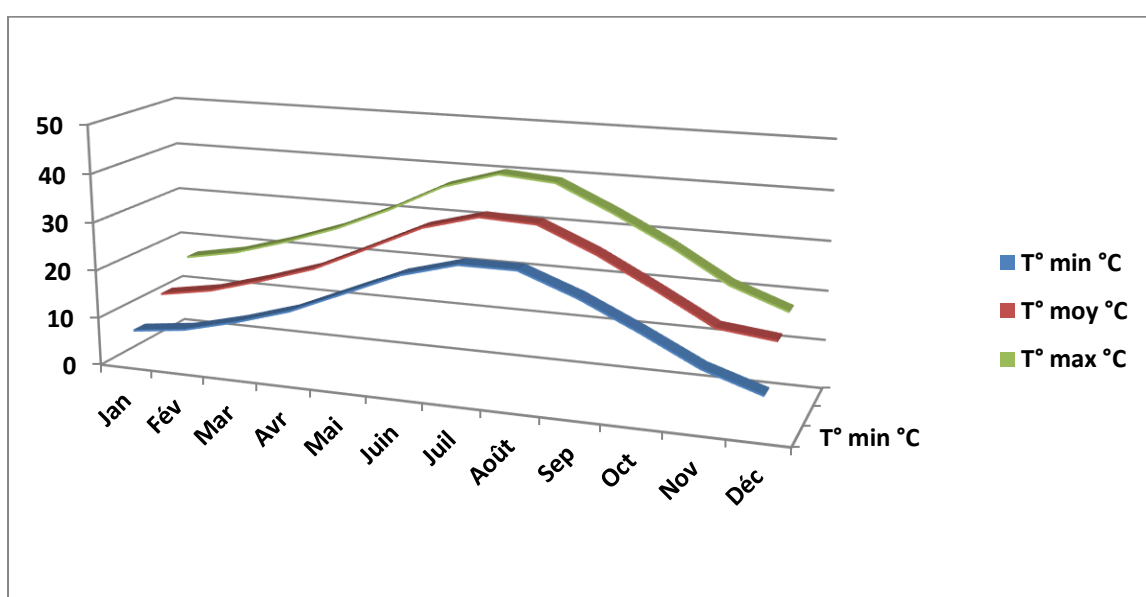


Figure III.3 : Températures moyennes mensuelles (maximales, moyennes et minimales) enregistrées à la station étudiée pour la période 1967-2010

La figure 3.3 montre que la plus faible valeur des températures minimales moyennes mensuelles à la station de Biskra est de 6,9 $^{\circ}\text{C}$ enregistrée au mois de janvier (mois le plus froid), quant à la plus importante, elle est de 40,1 $^{\circ}\text{C}$ enregistrée au mois de juillet (mois le plus chaud).

III-1-3 Vent

Le vent est une action indirecte en modifiant la température et l'humidité. Sa vitesse est ralentie au niveau du sol ainsi que dans la végétation.

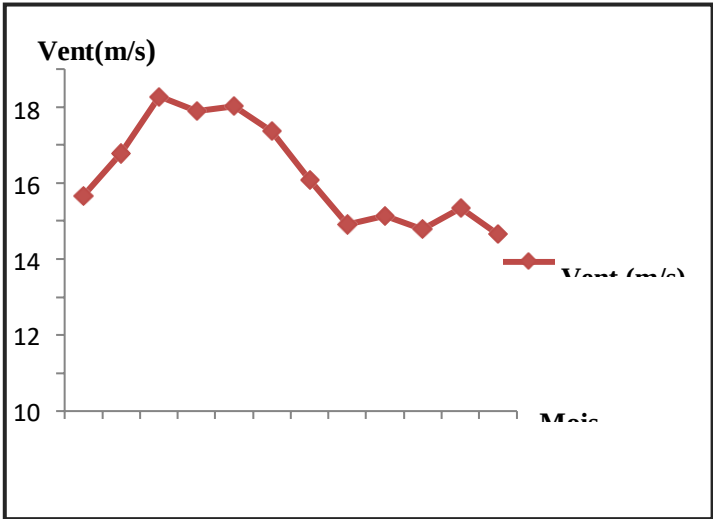


Figure III 4.Moyennes mensuelles de vitesse du vent de Biskra (2010-2019).

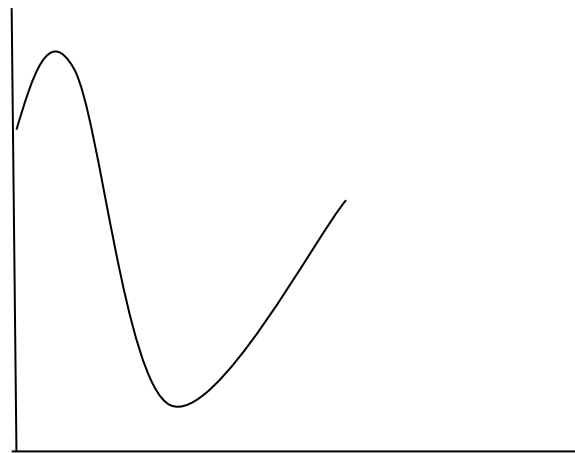
Selon le tableau 8 (voir Annexe 1) et la figure 5, la vitesse maximale du vent est enregistrée au mois Mars (16.59m/s), et la minimale au mois de Décembre (9.3m/s). Les ventsles plus dominants dans la région sont ceux venant du nord-ouest pendant l’hiver ; Cependantle siroco (Vent sec).

III-1-4 Évaporation:

Cette l’évaporation est de l’ordre de 2400 mm par an[18].

Tableau III.3:Evaporation2017/2018

Moi	Evaporation
1	0.472
2	0.376
3	0.266
4	0.221
5	0.243
6	0.19
7	0.296
8	0.293
9	0.362
10	0.661
11	0.976
12	0.783

**Figure III.5.:évaporation 2017/2018**

*On remarque dans le processus d'évaporation qu'il y a une augmentation à partir du premier mois pour atteindre un cycle le mois dernier.

III.1.5 Apports solides:

Apport solide annuel du barrage est de 300000 tonnes/an

Tableau III.4:apport solide 2017/2018

Moi	Apport
1	1.26
2	3.643
3	0.069
4	0.436
5	0.197
6	2.13
7	0.918
8	2.615
9	6.56
10	0.109
11	0.147
12	2.431

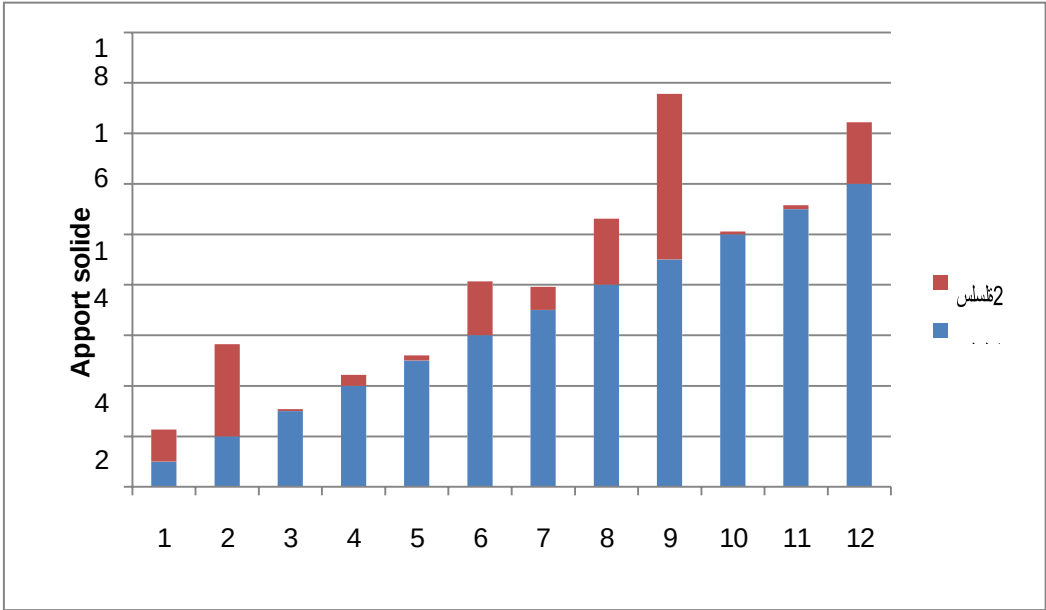


Figure III.6:apport solide2017/2018

*Il y a une augmentation régulière du pour cent age,seulement quelques mois.

III-1-3 Humidité relative :

L’humidité relative ou degré hygrométrique est la mesure du rapport entre le contenu en vapeur de l'air et sa capacité maximale à en contenir dans ces conditions. Elle est mesurée à l'aide d'un hygromètre.

Selon la station météorologique de l’ONM Biskra, l’humidité relative moyenne de l’air est rapportée au tableau 3.4 suivant

Tableau III.5: Moyennes mensuelles de l'humidité relative de l'air enregistrées à la station de Biskra pour la période 1967-2010

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc	Total
Humidité relative(%)	57	50	44	39	34	31	27	30	40	47	57	59	42,92

L’examen de tableau 08 montre que l’humidité relative moyenne mensuelle pour la période 1967-2010, fluctue entre 59% au mois de décembre et 27% au mois de Juillet. Les mois

les plus humides sont Novembre, Décembre, Janvier et Février, avec respectivement un taux de 57 %, 59%, 57% et 50%. L'humidité relative traduit dans la figure 3.4.

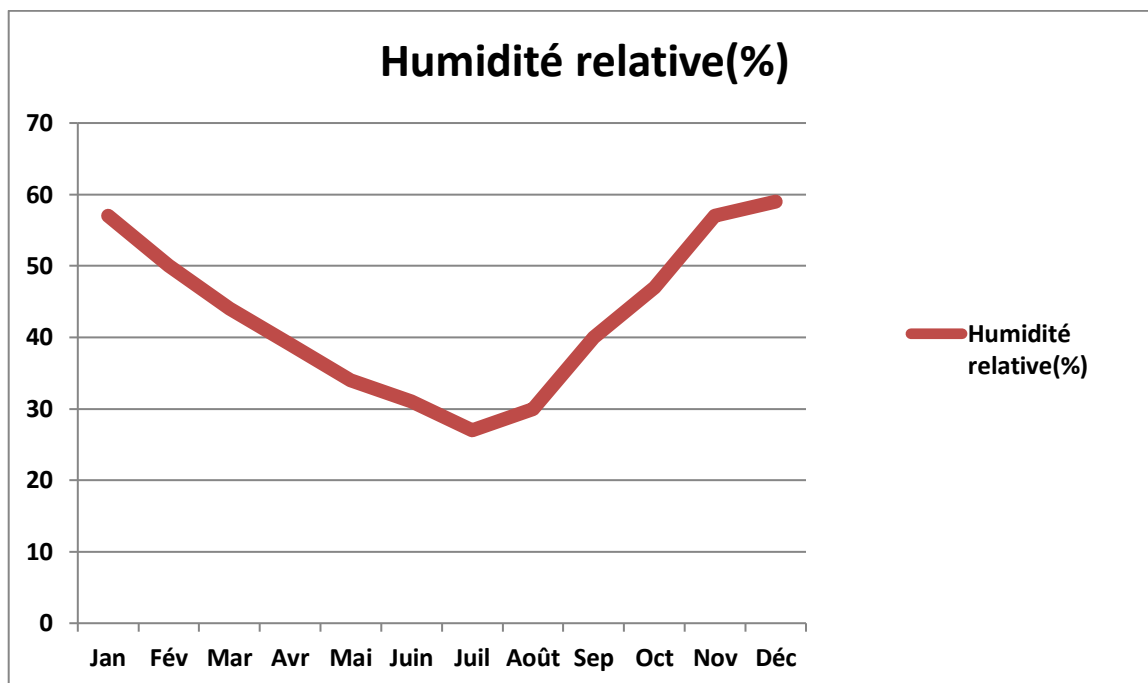


Figure III.7 : Moyennes mensuelles de l'humidité relative de l'air à la station de Biskra

III-2- Description de barrage Fontaine de gazelles :

Les crues sont des écoulements variables dans lesquelles les débits atteignent des valeurs importantes. Leur étude a pour but de déterminer les Hydrogramme de crues fréquentielles sur le bassin versant et de définir les débits maxima probables correspondants. L'estimation des crues révèle une grande importance pour la sécurité de l'ouvrage à implanter. Les paramètres définissant une crue est :

- Le débit maximum de la crue
- Le volume de la crue.
- La forme de la crue
- Le temps de base.

CALCUL ET REHABILITATION D'EVACUATEUR DE CURE DE BARRAGE

la bouche de la maille était complètement remplie, ce qui obligeait les techniciens à ouvrir les vannes à vide du barrage avec un débit.

La phase dangereuse du barrage s'est approchée d'une inondation où le niveau d'eau s'est approché du sommet après que les fenêtres d'évacuation du barrage n'aient pas absorbé la quantité d'eau qui entrainait, ce qui a conduit à l'ouverture des vannes à vide. Avec les mesures suivantes , les dépoussiéreurs (déversoirs) ont une valeur d'absorption.

Après avoir effectué de nombreux calculs sur la vitesse de l'eau qui coule vers le barrage, nous avons trouvé que la vitesse dépassait m/s et heureusement le barrage était presque vide avant le début des retombées.

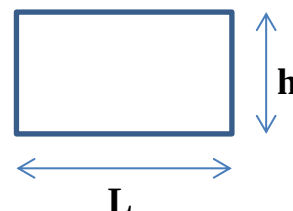
III-3- Détermination de débit maximale :

Pour la détermination du débit de pointe probable de la crue des différentes périodes de Retour, on passant par l'ajustement de la série des débits maximal est comme suite :

$$Q_{m3/s} = V_{m/s} * S_{m2} \longrightarrow (1)$$

$$\text{ou } S = L * h \quad / \quad L = m \quad / \quad h = m$$

$$\text{Et } S = S_1 + S_2 \quad /$$



Les calculs des débits en fonction de vitesse et la surface sont détailler dans le tableau
=> suivant :

-Ces valeurs sont transformé a une courbe comme suite :

La capacité de la soupape de décharge avec les déversoirs est : $Q = m^3/s$

La capacité de la soupape de décharge seul est : $Q = m^3/s$

La capacité des déversoirs seuls est : $Q = m^3/s$

Après les dégâts catastrophiques, une solution doit être envisagée pour éviter les catastrophes futures afin de déverser l'eau au-delà de la capacité du barrage et d'éviter une inondation qui pourrait conduire à son effondrement. Cette solution doit être rapide, facile à mettre en œuvre, économiquement rentable, adaptable et élargie à l'avenir.

Après une visite de terrain aux étudiants et des mesures du barrage et de ses environs, et après consultation avec le professeur principal, nous avons déterminé que la meilleure solution est de créer un canal de surface à côté du barrage pour drainer l'excès d'eau et l'éviter de le déborder, évitant ainsi les pannes indésirables et les catastrophes environnementales et humanitaires à long terme où il peut menacer la richesse en humanitaires à long terme où il peut menacer la richesse en eau et la sécurité nationale de l'État et de la patrie dans son ensemble.

Pour éviter de compromettre l'infrastructure en béton, qui est très coûteuse à entretenir et à préparer, la décision a été prise d'installer le canal sur le côté du barrage. Avant la fermeture du barrage, le canal mesure mètres de long et an une surface d'environ.

Nous divisons le puits en morceaux jusqu'à 1000 mètres et, après avoir respecté la loi Chase, notre objectif est de résister au débit de barrage dépassant 3000m/s et à la vitesse de l'eau.

La formule de la loi de Chezy pour un canal ouvert est la suivante :

$$Q = \frac{1}{n} R_h^{2/3} \sqrt{I.S} \longrightarrow (2)$$

N : épaisseur de surface

$R_h = S/P$ ou S : surface de canal et p : périmètre de canal I : la pente de canal

Le coefficient de surface du béton est égale a : $n=0.025$

Le pourcentage de pente de canal proposé : de $I=0.1$ et $I=0.2$

La valeur de R_h est variable dépendant les différentes valeurs de canal proposé et sa périmètre

Avec ces données, nous pouvons simuler et proposer un canal avec des dimensions qui peuvent résister à l'excès d'eau et le décharger d'une manière sûre pour protéger le barrage contre les inondations. Le canal est économique et réglable à l'avenir et facile à entretenir. Cela ne prend pas beaucoup de temps et c'est tout pour éviter de compromettre la structure en béton du barrage ou la structure en terre qui entoure le barrage.

- Le débit maximal :
- $Q \times V = 3000 \text{ m}^3/\text{s}$ déversoir seuil libre .

III-4 le canal proposé:

III-4-1-dimensionnement de canal :

La longueur de canal va être 250 m La pente de barrage est déjà 190 sur le niveau de mer

*lorsque ‘on suppose que la pente de canal est constante I=0.15 sur tous le longueur de canal 250 m , On trouve que :

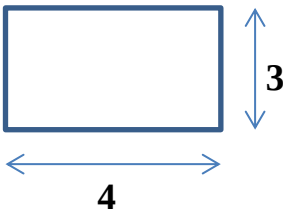
$$\frac{H_6 - H_1}{L} = \frac{205 - 170}{250} = 0.15$$

Tableau III.5: L'altitude de chaque bion de canal proposé

	H1	H2	H3	H4	H5	H6
Point	0	50	100	150	200	250
Hauteur (m)	205	205	205	200	181	170

On suppose aussi que le canal doit être :

- 4m (longueur) * 3m (hauteur)



III-4-2- les lois appliquées à l'étude de canal :

Si on applique la loi de **CHEZY** pour calculer le débit d'une canalisation ouverte on trouve : Pour déterminer les dimensions propres de canal proposé au but de réduire la pression et la tension de l'évacuation en va calculer le débit en fonction de multiple paramètre déférentes les résultats obtenues dans le tableau suivant :

$$Q = \frac{1}{n} R_h^{2/3} \sqrt{I.S}$$

La nature de la terre au tour de barrage est rocher , c'est que nous informe que le béton doit être en qualité normal pas supérieure.

Nous pouvons installer une porte coulissante au début du canal proposé où il est équipé d'une règle de jauge horizontale et verticale avec des gradins clairs. Il peut être facilement lu pour déterminer la distanced'ouverture de la porte pour calculer le débit passant par le canal

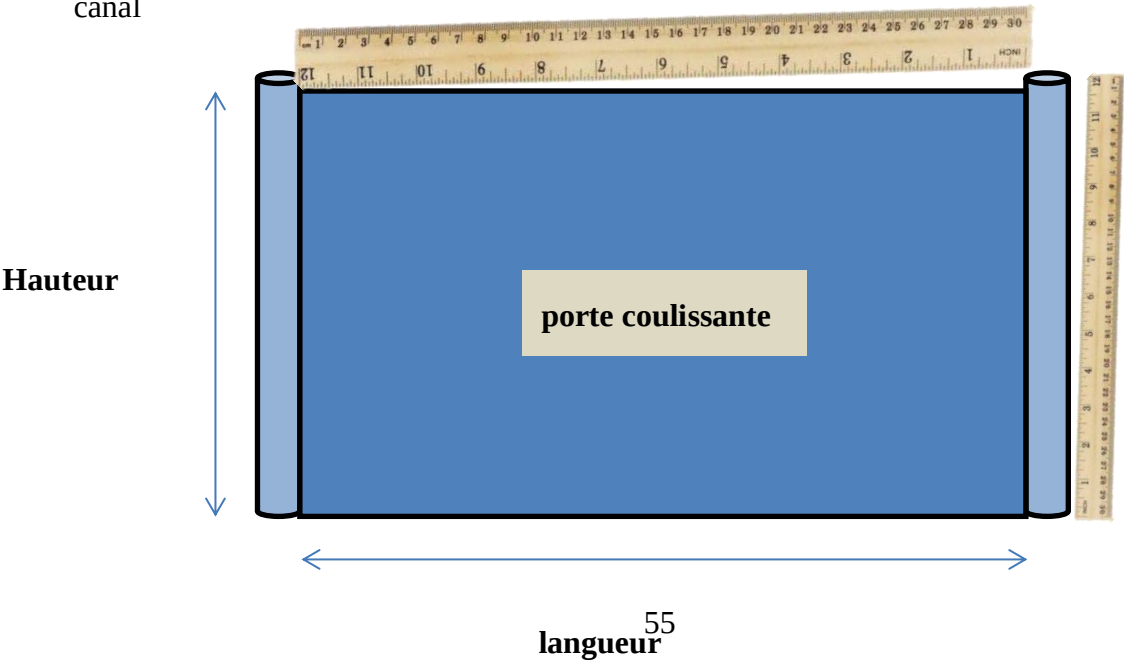


Figure III.8 :porte coulissante

Nous pouvons équiper la porte avec une presse hydraulique ou un moteur électrique pour faciliter l'ouverture et la fermeture de la porte afin d'obtenir le plus de précision dans le calcul de la quantité d'eau qui circule dans le canal.

III-5-Conclusion :

Le bassin versant fontaine de gazelles est caractérisé par un climat semi-aride à aride vers l'exutoire dont les caractéristiques se manifestent par un hiver froid à frais et un été très chaud et sec. L'irrégularité et la diminution des précipitations s'affirment en allant de plus en plus vers le Sud ce qui influe surtout sur l'évapotranspiration.

Ces composantes naturelles représentent des caractéristiques d'une zone semi-aride favorable à une érosion accentuée : pentes raides, couvert végétal dégradé et des pluies plus au moins torrentielles et irrégulières. Ce qui engendre des pertes de sols de l'amont vers l'aval où on est face à un grand problème qui est l'envasement du barrage.

Le canal proposé représente une solution définitive et économique pour conserver le barrage en bon condition comme il faut .

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION Général

Après cette étude on a déterminé tous les paramètres hydrauliques concernant les différents Éléments de canal supplémentaire d'évacuation de crues proposé, avec la vérification du régime d'écoulement. Nous arrivons aussi à conclure que ; la variante de l'évacuateur de crues latéral à entonnement frontal présente un coût d'exécutions minimum (surtout moins d'excavations), et des techniques de réalisation plus simples

Cette région d'étude appartient à la partie Nord de Biskra. C'est une zone aride à semi arides, caractérisée par une faible pluviométrie avec une grande variabilité annuelle. Les moyennes annuelles des précipitations sont comprises entre 100 et 200 mm, et une température moyenne de l'ordre de 21 °C. L'évapotranspiration réelle est plus importante. L'excédent est nul La salinité observée dans le périmètre a une origine géologique.

Enfin, nous pensons que l'impact du barrage de Fontaine de gazelles a été positif en considération de sa durée de vie et des problèmes auxquels il a été confronté. Il a permis de développer la région de Loutaya et aussi la Wilaya de Biskra, qui se reconnaît, entre autre par ce barrage. Alors il faut prendre toutes les mesures et précautions nécessaires pour maintenir la structure du barrage dans les meilleures conditions.

REFERNCES BIBLIOGRAPHIQUES

REFERNCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANAT., 2014. Carte du réseau hydrographique.

1:<https://www.sisgeo.com/fr/produits/extensometres/item/tassometre-magnetique-brs.html>

2:bu.umc.dz/thèses/aménagement/ABOU4088.pdf.p98

3:ANBT. (2020). document de barrage. *Document de barrage*. Fontaine des gazelles, Biskra, Algérie: direction de barrage fontaine des gazelles.

4:<http://arab-ency.com.sy/detail/6219>(en arabe)

5:AMARAF.(2018)Optimisationdelalargeurenchrêtedespetsbarragesetretenues collinaires
p5.6.8

6:ADJABI A.(2005/2016) Contribution à la vérification de la stabilité d'un barrage (cas du barrage de Soubella) p6.7.11

7:<https://www.google.com/imgres>.(image contrefort)

8:OUANDJELI A.(2017/2018)Etanchéisation d'un barrage (Barrage de SOUK TLETA sur l'oued de BOUGDOURA. p5

9:Mr .Heragmi A.(2009) CHOIX ET CONCEPTION DE L'ORGANEDE L'ETANCHEITE
DES BARRAGES ENTERRE BARRAGE EL-AGREMJIJEL. p11.15.19.20.21

10:MAMOUR I.TILBI S .BOUDERBALLAH B. Modélisation de l'infiltration et de la stabilité
du barrage Boukhroufa El-tarf en 3D. p1

11:Dr. LEHBAB ep. BOUKEZZIZAKIA.Lesbarragesenremblaideterre.p2.3/5.6

12:Sefrou W. Tabet A.(2016) Analyse des infiltrations dans les fondations des barrages en terre
par conjugaison injection – Tapis amont. P9

13: De même référence N°5: ADJABI A. (2015/2016) Contribution à la vérification de la
stabilité d'un barrage (cas du barrage de Soubella).p36.37

14:AMALIA. (2015/2016) Contribution à l'étude numérique de la stabilité des barrages en
remblai renforcés par des géosynthétiques Cas barrage Ouled Abdelouahab – Sidi Aissa-

REFERNCES BIBLIOGRAPHIQUES

M'sila. P11

15:Livre technique des barrages en aménagement rural.p21

16:Douis M. Bedjouti M. (2017) Etude des infiltrations des eaux par les berges et le fond des barrages réservoirs en régions arides :Cas du barrage fontaine des gazelles Biskra– p20,37

17:fiche technique de barrage(ANPT)

18:TOUATI B. (2010) Les barrages et la politique hydraulique en Algérie: état, diagnostic et perspectives d'un aménagement durable .p299.301

19: RERBOUDJ A. (2004/2005) ESSAI DE QUANTIFICATION DE L'EROSION ET PERSPECTIVE DE LA PROTECTION DU BARRAGE DE FONTAINE DES GAZELLES CONTRE L'ENVASEMENT (APPROCHE NUMERIQUE).p10.12

20: H ATHMANI, M BOULAHIDJ, N BOUCHAHM, N HOCINI.(2018) GEOCHIMIE DES METAUX TRACES DANS LES SEDIMENTS DU BARRAGE DE LA FONTAINE DES GAZELLES, ALGERIE. P 92.483

21:SayahN.(2017/2018)Etude de la bio diversité du couvert végétale et cartographie de l'occupation du sol autour du barrage de Fontaines des gazelles (Biskra). p27

22:Merad N. zerouali A.(2009/2010) synthèse des traitement d'injection des fondation du barrage de fontaine des gazelles (wilaya de Biskra).p 62.63

23:ANBT, Agence Nationale des Barrages et Transferts, Biskra Algérie.

24:ANRH Agence Nationale de Ressources hydraulique

25:Boutouga F., 2012. Ressources et Essai de Gestion des eaux dans le Zab Est de Biskra.

Mémoire de Magister. Université d'Annaba. 172 pages.

26:Sedrati N., 2011. Origines et caractéristiques physico-chimiques des eaux de la wilaya de biskra-sud

REFERNCES BIBLIOGRAPHIQUES

est algerie. Thèse de doctorat science. Université d'Annaba. 252 pages.

27: Photo de téléphone

Annexe 1

Tableau 6. Les moyennes de précipitation de Biskra (2010-2019).

Mois	Janv.	Févr.	Mars	Avar.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Somme
P(mm)	10.108	5.182	15.873	19.862	13.487	7.549	0.534	2.464	16.942	29.362	10.97	3.326	135.659

Tableau 7. Les valeurs de température mensuelles (minimale ,maximale et moyenne) dans la période (2010-2019).

Mois	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
M(C°)	18.02	19.1	23.11	28.13	29.42	37.77	41.33	40.12	35.39	29.64	22.59	16.8
m(C°)	7.14	7.93	11.50	15.60	19.56	24.66	28.37	27.69	21.49	18.33	12.10	7.16
T (C°)	12.58	13.51	17.3	21.86	39.2	31.21	34.85	33.90	28.44	23.98	17.34	11.99

M : température maximale , **m** :température minimale , **T** : température moyenne .

Tableau 8. Moyennes mensuelles de vitesse de vent de Biskra (2010-2019).

Mois	Janv.	Fév.	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sep	Oct.	Nov.	Déc.
Vent (m/s)	11.36	13.55	16.56	15.76	16.03	14.71	12.13	9.83	10.26	9.59	10.68	9.3

Tableau 9. Moyenne mensuelle de l'humidité relative de Biskra (2010-2019).

Mois	Janv.	Fév.	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sep	Oct.	Nov.	Déc.
Humidités	54.37	48.75	42.59	40.41	35.21	29.48	26.16	31.44	37.52	45.47	53.52	56.78

Annexe 2

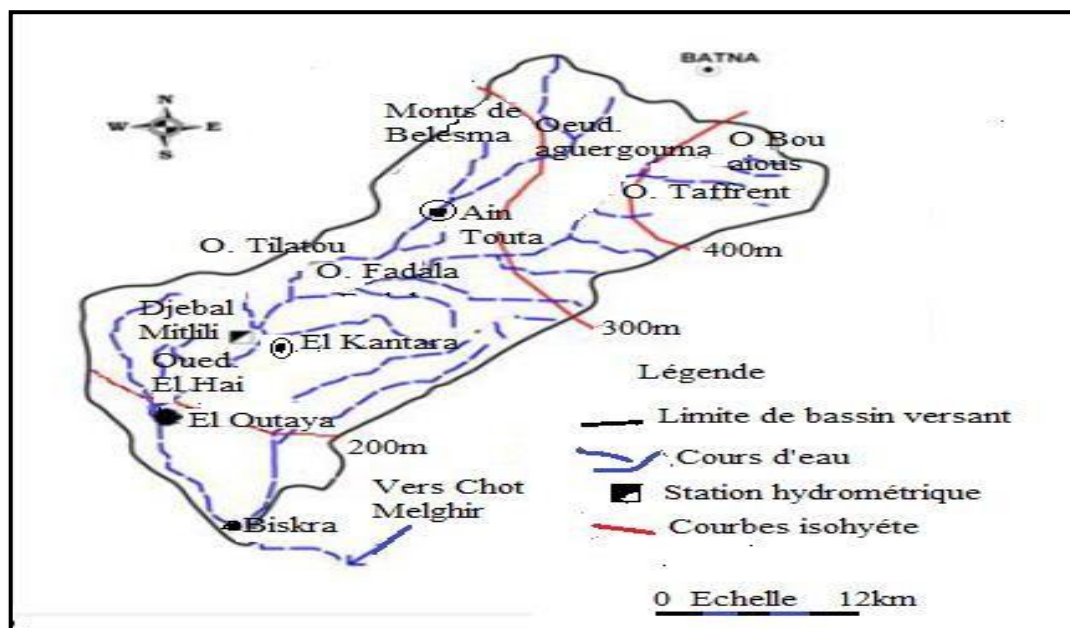


Figure 1. Schéma versant de l'Oued El Hai -Biskra (A.N.H.K,2013) in: Boudjema,2015).

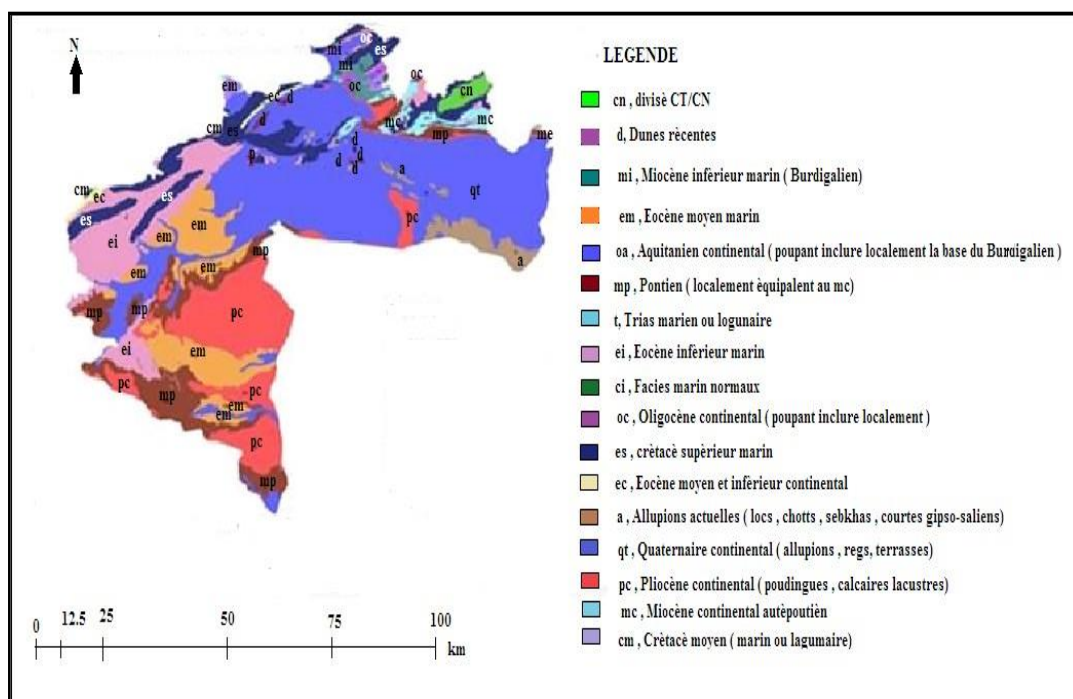


Figure 2. Equisse géologique de région de Biskra (CRSTRA,2018).

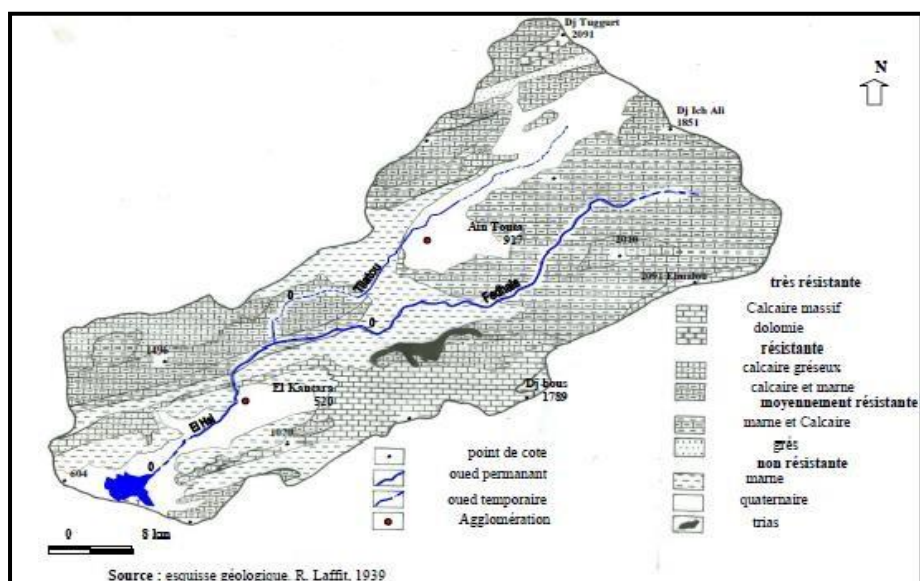


Figure 3. Carte lithologique de bassin versant d'Oued El Hai (Rerboudj,2015).

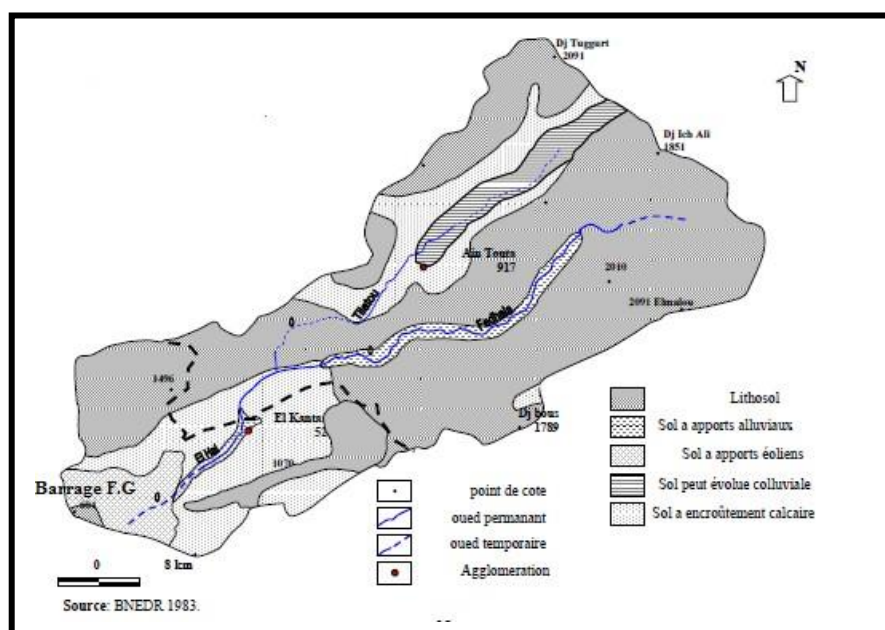


Figure 4. Schéma versant de l'Oued El Hai -Biskra (A.N.H.K,2013) in: Boudjema,2015).

*Images prise depuis de téléphone portable



Figure 5 :Diuge (image prise depuis de téléphone



Figure6:Évacuateur de crues

