



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Amar Thelidji- Laghouat

FACULTÉ : Génie civile et Architecture

DÉPARTEMENT : Architecture

MÉMOIRE DE MASTER

Présenté par :

Mlle. CHIKHAOUI FATIMA ZOHRA

DOMAINE : Architecture, Urbanisme et Métiers de la ville

FILIERE : Architecture

Corrélation : Patrimoine bâti architectural et urbain

Thème

Mise en valeur de patrimoine hydraulique de la région de
Laghouat - cas des Barrages.

Jury de soutenance :

Nom et Prénom	Grade	Oualité
Mme.Hebboul Hanane	M.C.B	Présidente
Mr.Takhi Belkacem	M.C.B	Examineur
Mr.Chettih Azzeddine	M.C.B	Rapporteur 01
Mr.Djehiche Abdelkader	PR	Rapporteur 02

Promotion : 2021

Dédicace

Avec un énorme plaisir, un cœur ouvert et immense joie, que je dédie ce modeste travail:

A mes chers parents,

Mon cher père : Vous avez toujours été mon école de patience, de confiance et surtout d'espoir, J'implore Dieu, tout puissant, de vous accorder une bonne santé, une longue vie et beaucoup de bonheur.

Ma chère mère : la lumière qui illumine mon chemin, le paradis de ma vie, Puisse dieu, tout puissant vous combler de santé, de bonheur et vous procurer une longue vie.

A Mes sœurs les fleurs de ma vie : Rihab, Khadija, Khaoula et Sajida, Je ne pourrais jamais imaginer la vie sans vous. Que dieu vous protège et vous accord un brillant avenir avec une vie pleine de joie, de bonheur et succès.

A Mon cher oncle : Mohamed BOUZIANI qui me soutenir tout le temps.

A Mes belles tantes : Qu'elles sont pour moi des exemples de persévérance et de générosité.

A Ma grande mère : Que Dieu vous donné une bonne santé et une longue vie parmi nous.

A mes amis fidèles : Ghania et Djamilia En souvenir des moments heureux passés ensemble, avec mes vœux sincères de réussite, de bonheur et de santé.

A tous les membres de ma famille et à tous mes amis.

Chikhaoui Fatima Lohra

Remerciements

*Avant tout, le grand et le vrai merci à Allah qui m'a donné la force et la patience d'accomplir
Modeste travail.*

*Je remercie mes encadreurs Monsieur **Chettih Azzedine** et Monsieur **Djehiche Abdelkader** pour
leur patience, leurs multiples conseils et leur orientation qu'est efficace à enrichir ce travail. J'ai pu
bénéficier de leurs expériences et de leurs compétences.*

*J'exprime mes sincères remerciements à Madame **Hebboul Hanane** pour avoir accepté de présider
le jury de ce mémoire.*

*Mes vifs remerciements vont également à Monsieur **Takhi Belkacem** pour m'avoir fait l'honneur
d'être l'examineur de ce travail.*

*J'aimerai aussi gratifier les efforts de messieurs **Saad Saoud Wahid** et **Benarfa Kamel** qui ont
appris leur aide et qui ont contribué à la rédaction de ce mémoire.*

*J'adresse mes remerciements les plus sincères à mesdames **Zebda Amira** et **Belmechri oum habiba**
pour ses conseils très enrichissants.*

*Un grand merci à l'ensemble des membres de l'équipe de la direction des ressources en eau de
Laghouat de m'avoir accueilli et partager leurs documents.*

*Mes remerciements et ma gratitude à messieurs **Khercha Taher** et **Benadjila Madani** qui m'ont
transmis un peu de leurs savoirs et de leurs expériences.*

*Et enfin je remercie tous ceux qui, d'une manière ou d'une autre, ont contribué à la réussite de ce
travail.*

Chikhaoui Fatima Zahra



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Amar Thelidji- Laghouat

FACULTÉ : Génie civile et Architecture

DÉPARTEMENT : Architecture

RÉSUMÉ DE MÉMOIRE DE MASTER

Domaine : Architecture, Urbanisme et Métiers de la ville.

Corrélation : Patrimoine bâti architectural et urbain.

Thème : Mise en valeur de patrimoine hydraulique de la région de Laghouat - cas des Barrages.

Présenté par : Mlle.CHIKHAOUI FATIMA ZOHRA

Encadré par : - Mr.CHETTIH Azzeddine
- Mr.DJEHICHE Abdelkader

Résumé:

L'homme depuis longtemps cherche le comportement avec le liquide de vie « l'eau », les ouvrages hydrauliques font l'objet de faciliter l'utilisation de l'eau et la protection contre l'eau, ils forment une mémoire vivante témoigne de la créativité de l'homme dans ce domaine à travers l'histoire. L'Algérie possède ce type extraordinaire des monuments historiques, présenté par les ouvrages hydrauliques notamment les pyramides utiles « les barrages », comme un héritage des civilisations passés. Notre recherche s'intéresse par le patrimoine hydraulique de la région de Laghouat, remonte aux différentes périodes (précoloniales et coloniales) par leur identification, en précisant le cas des barrages historiques par leur rôle majeur, qui sont trouvés aujourd'hui en état de dégradation à cause de leur abondance, et de manque d'entretien et de maintenance suivant les dommages naturels (les crues). Et donc notre travail basé sur les données historiques, architecturales et techniques de nos barrages historiques, en prenant deux cas d'étude « Barrage de Tadjmout et Barrage de Milok » pour présenter leur état de conservation, et faire leur diagnostic afin d'intervenir correctement dans le cadre de la mise en valeur de ces ouvrages, suivi par la valorisation de la région de l'Oued M'ZI en tant que témoin des anciens expériences des ouvrages hydrauliques, par la conception d'un nouveau barrage contribuer à la création d'un microclimat dans la région, et par l'aménagement de périphérie du barrage conçu, pour rendre la région une destination touristique.

Les mots clés : mise en valeur, patrimoine hydraulique, barrages, Laghouat, Barrage de Tadjmout et Barrage de Milok, conception et aménagement, Oued M'ZI, destination touristique.



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
جامعة عمار ثليجي الأغواط
كلية الهندسة المدنية و المعمارية
قسم الهندسة المعمارية



ملخص مذكرة الماستر

الشعبة: هندسة معمارية، عمران و مهن المدينة
الميدان: هندسة معمارية و تراث
عنوان المذكرة: إعادة إعتبار التراث الهيدروليكي لمنطقة الأغواط – حالة السودان.

تقديم الطالبة : شيخاوي فاطمة الزهراء

تحت تأطير:

- شتيح عز الدين
- جحيش عبد القادر

ملخص:

سعى الإنسان منذ القدم على التعامل مع سائل الحياة " الماء "، تهدف الهياكل الهيدروليكية إلى تسهيل استخدام الماء والحماية ضد الماء فهي تشكل ذاكرة حية تشهد على الإبداع البشري. تذخر الجزائر بهذا النوع المتميز من المعالم التاريخية والتي تمثلها الهياكل الهيدروليكية ، ولا سيما الأهرامات المفيدة " السودان " كميراث من الحضارات الماضية، حيث يهتم بحثنا هذا بالتراث الهيدروليكي لمنطقة الأغواط التي ترجع إلى فترات مختلفة (ما قبل الاستعمار ، فترة الاستعمار) من خلال التعريف بها بتخصيص حالة السودان التاريخية لدورها الأساسي ، والتي تتواجد اليوم في حالة تدهور بسبب هجرها وعدم صيانتها بعد الأضرار الطبيعية (الفيضانات)، وبالتالي فإن عملنا يعتمد على المعطيات التاريخية والمعمارية والفنية لسودنا التاريخية من خلال دراسة حالتي سد تاجموت و سد الميلى لعرض حالة حفظهما والقيام بالتشخيص من أجل التدخل بشكل صحيح في إطار تأمين هذه الهياكل وإرفاقه بتعزيز منطقة واد مزي التي تشهد على التجارب القديمة للهياكل الهيدروليكية من خلال تصميم سد جديد يساهم في توفير مناخ محلي في المنطقة وكذا تهيئة محيط المد المصمم لجعل المنطقة وجهة سياحية.

الكلمات المفتاحية : إعادة الإعتبار، التراث الهيدروليكي، السودان، الأغواط، سد تاجموت و سد الميلى، تصميم و تهيئة، واد مزي، وجهة سياحية.



Democratic and Popular Republic of Algeria
Ministry of higher education and scientific research

Amar Thelidji University - Laghouat

FACULTY: civil engineering and architecture

DEPARTEMENT:Architecture

ABSTRACT OF MASTER MEMORY

Domain: Architecture, Urbanism and City Trades.

Corrélation: Patrimoine bâti architectural et urbain.

Theme: Valorization of hydraulic heritage in the Laghouat region - case of Dams.

Presented by: Mlle. CHIKHAOUI FATIMA ZOHRA

Supervised by: - Mr. CHETTIH Azzeddine
- Mr.D JEHICHE Abdelkader

Abstract:

Since a long time, the human search behavior with the liquid of life "water", hydraulic structures are intended to facilitate the use of water and protection against water, they form a living memory testifying to creativity of man in this field throughout history. Algeria has this extraordinary type of historical monuments, presented by hydraulic works, in particular the use ful pyramids "dams", as a heritage from past civilizations. Our research is interested in the hydraulic heritage of the Laghouat region, date back to different periods (pre-colonial and colonial) by their identification, specifying the case of historic dams by their major role, which are found today in a state of degradation because of their abundance, and lack of upkeep and maintenance following natural damage (floods). Therefore our work based on the historical, architectural and technical data of our historic dams, taking two case studies "Tadjmout Dam and Milok Dam" to present their state of conservation, and make their diagnosis in order to intervene correctly in as part of the development of these structures, followed by the development of the region of Oued M'ZI as a witness of the old experiences of hydraulic structures, by the design of a new dam to contribute to the creation of a microclimate in the region, and by the periphery development of the dam designed, to make the region a tourist destination.

Keywords: valorization, hydraulic heritage, Dams, Laghouat, Tadjmout Dam and Milok Dam, design and urban planning, Oued M'ZI, tourist destination.

Table de matière

Introduction générale

Introduction:	1
Motivation de choix :	1
Problématique générale :	2
Problématiques spécifiques :	2
Hypothèses :	4
Objectifs:	4
Méthodologie du travail:	5
• Cadre théorique:	5
• Cadre pratique :	5
Structure du mémoire :	6

Chapitre I: Etat de l'art - Etude thématique

Introduction :	7
I. Généralité sur le patrimoine:	7
I.1 Définitions de patrimoine :	7
I.2 Types de patrimoine :	8
I.2.1 Le patrimoine culturel:	8
I.2.2 Le patrimoine Naturel :	10
I.3 Valeurs d'un monument	11
a. Valeurs de remémoration :	11
b. Valeurs de contemporanéité :	11
I.4 La prise en charge du patrimoine:	12
I.4.1 Au niveau international :	12
I.4.2 Au niveau national :	14
I.5 Les concepts de conservation du patrimoine :	16
I.6 Les opérations de mise en valeurs du patrimoine architectural :	17
II. Réflexion sur les ouvrages hydrauliques :	18
II.1 Aperçu sur l'hydraulique :	18
II.1.1 Domaines de l'hydraulique :	18
II.1.2 Naissance de l'hydraulique :	19
II.2 Les ouvrages hydrauliques :	19
II.2.1 Les ouvrages hydrauliques à travers l'histoire :	20
II.3 L'hydraulique aujourd'hui :	24

Table de matière

III.	Généralité sur les barrages :	25
III.1.	Définition :	25
III.2.	Rôles des barrages :	25
III.3.	Historique des barrages :	26
III.3.1.	Le barrage de Sadd el-Kafara (l'ancien barrage du monde):	26
III.3.2.	Le barrage du Kef (le premier barrage en Algérie):	27
III.4.	Evolution des barrages:	28
III.5.	Principaux éléments du barrage :	29
III.6.	Typologie des barrages :	29
III.4.1.	Selon le mode de stockage :	29
III.4.2.	Selon la nature du matériau de construction utilisé:	30
IV.	Lecture des exemples :	33
	Exemple n°01 : Rénovation du barrage de Bimont et mise en valeur de patrimoine classé ...	33
o	Motivation du choix :	33
o	Situation de barrage de Bimont :	33
o	Présentation de barrage :	33
o	Objectifs de projet d'intervention :	34
o	Les causes de dégradation:	34
o	La rénovation du barrage de Bimont:	34
o	Mise en valeur du patrimoine classé :	36
	Synthèse :	36
	Exemple n°02 : Confortement du barrage de Caromb-Paty.....	37
o	Motivation du choix :	37
o	Situation de barrage :	37
o	Description de barrage :	37
o	Un barrage exceptionnel pour l'époque :	38
o	Etat de conservation du barrage :	38
o	Les travaux de confortement :	38
o	Tous les ans un examen de contrôle :	39
o	Tous les dix ans la revue de sûreté :	39
	Synthèse :	39
	Conclusion :	40

Chapitre II: Etude contextuelle

Introduction :	41
I. Présentation de la région de Laghouat :	41
I.1 Situation de la wilaya de Laghouat :	41
I.2.1 Situation géographique :	41
I.2.2 Situation administrative :	41
I.2.3 Situation démographique :	41
I.2 Topographie de la région :	43
I.2.1 La première zone :	43
I.2.2 La deuxième zone :	43
I.2.3 La troisième zone :	43
I.3 Ressources hydriques de la région :	44
I.3.1 Eaux en surface :	44
I.3.2 Eaux souterraines :	44
I.4 Infrastructure de base :	45
I.4.1 Réseau routier :	45
I.4.2 Réseau ferroviaire :	45
I.4.3 Réseau aérien:	45
I.5 Climat de la région :	46
• Pluviométrie :	46
• Température :	46
• Les vents dominants:	47
Synthèse :	47
II. Aperçu historique sur la région de Laghouat :	48
II.1 Le patrimoine de la région de Laghouat:	48
II.1.1 Le patrimoine naturel:	48
II.1.2 Le patrimoine matériel :	50
I. Le patrimoine hydraulique de la région de Laghouat :	51
III.1. Les ouvrages de retenue d'eau ou barrages:	52
III.1.1. Les anciennes digues:	52
III.1.2. Le Barrage de MARGUERITTE (Barrage de Fort Morand):	52
III.1.3. Barrage El-Fatha :	52
III.1.4. Le Barrage Souterrain de Tadjmout :	53
III.1.1. Le Barrage historique de Milok :	53

Table de matière

III.2.	Les ouvrages de captage de l'eau :	53
III.2.1	Les puits :	53
III.2.2	Les forages :	54
III.3.	Les ouvrages de dérivation de l'eau :	54
III.3.1	Les Seguias :	54
III.3.2	Les canaux cimentés :	55
III.3.3	Les conduites de dérivation :	55
III.3.4	Les norias :	55
III.3.5	Les moulins à eau :	55
III.3.6	El-Sefridj :	56
III.3.	Les ouvrages de stockage de l'eau :	56
III.4.1.	Les réservoirs :	56
III.4.2.	Les bassins:	56
IV.	Panorama des barrages de la région de Laghouat :	57
IV.1.	Statistiques des barrages de la région de Laghouat:	58
IV.1.1.	Classification des barrages :	58
IV.1.2.	Etat de lieu des barrages :	58
IV.1.3.	Chronologie des barrages exceptionnels de la région de Laghouat :	59
IV.1.4.	Cadre spatial des barrages exceptionnels de la région de Laghouat:	60
IV.2.	Les barrages exceptionnels de la région de Laghouat à travers l'histoire :	62
IV.2.1.	Les Dignes de l'Oued M'ZI : « Les premiers traces de barrage dans la région de Laghouat »	62
IV.2.2.	Le Barrage de Marguerite : « Le premier barrage Européen dans la région de Laghouat »	63
IV.2.3.	Le Barrage d'El-Fatha : « Un ouvrage de dérivation et de distribution »	64
IV.2.4.	Le Barrage inféroflux de Tadjmout : « Le premier de son espèce en Afrique et le troisième du monde »	65
IV.2.5.	Le Barrage de Milok : « présente une technique authentique et originale»	66
IV.2.6.	Le Barrage de Lalmaya: « Construit avec la même technique du Barrage de Milok »	67
IV.2.7.	Le Barrage de Kheneg Sidi Brahim: « le seul barrage gonflable dans la région»	68
IV.2.8.	Le Barrage de Chergui: « Le seul barrage mixte dans la région »	69
IV.2.9.	Le Barrage de Seklafa: « Le grand barrage de la région de Laghouat »	70
	Conclusion :	71

Chapitre III: Etat de mise en valeur des barrages de la région de Laghouat

Introduction :	72
I. Revalorisation des ouvrages hydrauliques historiques de la région de Laghouat à travers l'intervention sur l'existant :	73
I.1 Motivation de choix :	73
I.2 Barrage Inféroflux de Tadjmout :	74
I.2.1 Situation et géologie :	74
I.2.2 Lecture historique du barrage :	74
I.2.3 Lecture architecturale :	75
I.2.4 Lecture technique :	76
I.2.5 Etat de conservation du barrage :	78
I.2.6 Le diagnostic :	78
I.2.7 Relevé des pathologies :	79
I.2.8 Schéma d'intervention :	87
I.2.9 Détail d'intervention :	88
I.3 Barrage de Milok :	90
I.3.1 Situation et géologie :	90
I.3.2 Lecture architecturale :	91
I.3.3 Lecture technique :	91
I.3.4 Etat de conservation du barrage :	93
I.3.5 Le diagnostic :	93
I.3.6 Relevé des pathologies :	94
I.3.7 Schéma d'intervention :	99
I.3.8 Détail d'intervention :	100
Synthèse :	102
II. Mise en valeur de la région de l'Oued M'ZI :	103
II.1 Présentation de la région d'étude:	103
II.1.1 Aperçu historique :	104
II.1.2 Délimitation de l'air d'étude :	106
II.2 Analyse du projet par la méthode AFOM (SWOT) :	107
Synthèse :	108
II.1 Les travaux préparatoires du projet :	109
II.3.1 Entretien de lit et des berges de l'Oued :	109
II.3.2 Protection des berges d'Oued :	110

Table de matière

II.2	Proposition d'une conception de barrage sur l'Oued M'ZI :.....	111
II.2.1	Choix de site du barrage.....	111
II.2.2	Choix de type de barrage :.....	112
II.2.3	Origine du barrage gonflable :	113
II.2.4	Domaines d'application :	113
II.2.5	Conception de barrage :.....	114
II.2.6	Principe de fonctionnement :.....	114
II.2.7	Technique et matériau de construction :	115
II.2.8	Mode de de gonflage entre le BGA et le BGE :.....	119
II.2.9	Avantages de barrage gonflant :.....	120
II.2.10	Limites de fonctionnement :.....	120
	Synthèse et recommandations :	121
III.	Exploitation de la retenue d'eau par l'aménagement des sites environnants le barrage :.	123
III.1.	Aménagement des berges de l'Oued M'ZI :.....	123
III.1.1.	Etat de lieu :.....	123
III.1.2.	Proposition d'aménagement :.....	123
III.2.	Aménagement de site El-Merdja :	126
III.2.1.	Choix de site El-Merdja:.....	126
III.2.2.	Type de projet d'aménagement :	126
III.2.3.	Genèse de l'idée :	127
III.2.4.	Processus de projet :	128
	Conclusion :.....	130

Conclusion générale

Conclusion :.....	130
Recommandations :	130

Chapitre I: Etat de l'art - Etude thématique

Fig I. 1 : Organigramme présente les types de patrimoine.....	8
Fig I. 2:Organigramme présente les valeurs d'un monument.	11
Fig I. 3: Cours d'eau.....	18
Fig I. 4: Cycle urbain de l'eau.....	18
Fig I. 5: Ouvrage hydraulique	18
Fig I. 6: l'énergie hydraulique.....	18
Fig I. 7: Les aqueducs romains.....	19
Fig I. 8: Les canaux d'irrigation mésopotamiens	19
Fig I. 9 : Canal d'irrigation à l'Irak	20
Fig I. 10 : Schémas illustratifs de chadouf	20
Fig I. 11 : Chadouf	20
Fig I. 12 : la structure du qanat.....	21
Fig I. 13 :QasabehQanatla plus ancienne du monde	21
Fig I. 14 :Schéma synoptique du réseau de foggaras	21
Fig I. 15 : Foggara en Algérie	21
Fig I. 16 :AqueducMaurétanien à Cherchell-Algérie.....	22
Fig I. 17 :Aqueduc de Jerwan en pierre massif	22
Fig I. 18 : Puits à eau.....	22
Fig I. 19 : Schéma d'un ancien puits	22
Fig I. 20 : Noria de Hama - Syrie	23
Fig I. 21 : Schéma illustratif de la noria	23
Fig I. 22 : Schéma illustratif de moulin à eau	23
Fig I. 23 : Moulin à eau	23
Fig I. 24 : Schéma illustratif d'un barrage.....	24
Fig I. 25 : Barrage de Sadd el-Kafara.....	24
Fig I. 26 : Histogramme présenteles statistiques des grands barrages du monde selon le rôle	25
Fig I. 27 : Situation du barrage de Sadd-el-Kafarasur l'oued Garawi	26
Fig I. 28: Coupe transversale du barrage de Sadd el Kafara	26
Fig I. 29: Coupe en travers de barrage du Kef	27
Fig I. 30: Situation de barrage du Kef	27
Fig I. 31: Les ruines du barrage de Kef.....	27
Fig I. 32 : Barrage de Trois Gorges en Chine « Le plus grand barrage du monde ».....	28
Fig I. 33 : Barrage de Beni Haroun « Le plus grand barrage en Algérie »	28
Fig I. 34 : Schéma des principaux éléments du barrage.....	29
Fig I. 35 : Schéma présente la typologie des barrages selon le mode de stockage	29
Fig I. 36 : Barrage de Djorf Torba à Béchar	30
Fig I. 37 : Schéma de barrage poids	30
Fig I. 38 : Barrage de Foum El Gherza à Biskra	30
Fig I. 39 : Schéma de barrage voute.....	30
Fig I. 40 : Barrage de Ksob à M'Sila.....	31
Fig I. 41 : Schéma de barrage à contreforts.....	31
Fig I. 42 : Schémas de différents types de barrage en terre	31
Fig I. 43 : Coupes schématiques de différents types de barrage en enrochement.....	32
Fig I. 44 :Barrage en enrochements du Hamiz à Boumerdès.....	32

Liste des figures

Fig I. 45 : Barrage en remblai d'Aïn Zada à Bordj Bou Arreridj.....	32
Fig I. 46: Situation de barrage du Bimont	33
Fig I. 47: Vue générale sur le barrage de Bimont	33
Fig I. 48: Schéma présente le phénomène de gonflement.....	34
Fig I. 49: Les fissures apparus dans le barrage de Bimont.....	34
Fig I. 50: La conduite de dérivation crée dans le barrage de Bimont	35
Fig I. 51: Vidange de la retenue de l'eau	35
Fig I. 52: Schémas illustratifs des travaux de rénovation de barrage de Bimont.....	36
Fig I. 53: La crête du barrage accessible	36
Fig I. 54: Situation du barrage de Caromb-Paty.....	37
Fig I. 55: Situation du lac de Paty dans la commune de Caromb	37
Fig I. 56: Vue générale sur le barrage de Caromb-Paty	37
Fig I. 57: Schéma illustre les travaux exécutés au barrage	38
Fig I. 58: Schéma illustre le confortement du barrage	38
Fig I. 59: Lede Caromb après l'intervention	39
Fig I. 60 : Travaux de contrôle du barrage	39
Fig I. 61: Travaux lors de la visite décennale	39

Chapitre II: Etude contextuelle

Fig.II. 1: Situation de Laghouat	41
Fig.II. 2: Carte de découpage administrative de la wilaya de Laghouat.....	42
Fig.II. 3: Carte topographique de la region de Laghouat.....	43
Fig.II. 4: Le réseau routier de Laghouat	45
Fig.II. 5: la palmeraie d'El Assafia.....	48
Fig.II. 6: Le cratère de Madna	49
Fig.II. 7: Kaf El-Maleh	49
Fig.II. 8: La station de Aïn fasfa au Djebel Lazrag.....	50
Fig.II. 9: La station de Sfisifa à El-Ghicha.....	50
Fig.II. 10: Ksar de Taouiala	51
Fig.II. 11: Ksar d'Ain Madhi	51
Fig.II. 12: Tracé de l'ancienne digue d'Oued M' ZI	52
Fig.II. 13: Ruine du barrage de MARGHEURITTE.....	52
Fig.II. 14: Barrage El-Fatha	52
Fig.II. 15: Barrage inféroflux de Tadjmout	53
Fig.II. 16: Barrage de Milok	53
Fig.II. 17: Séguia en terre à Ain Madhi	54
Fig.II. 18: Canal cimenté à Ain Madhi	55
Fig.II. 19: Les traces de Moulin R'ha.....	55
Fig.II. 20: Le lavoir public El-Sefridj.....	56
Fig.II. 21: Schéma représente la chronologie des barrages exceptionnels de la région de Laghouat	59
Fig.II. 22: Carte hydrologique de la région de Laghouat.....	60
Fig.II. 23: Carte hydrogéologique de la region de Laghouat.....	61
Fig.II. 24: Emplacement des digues de l'Oued M'ZI.....	62
Fig.II. 25: Emplacement du barrage de Marguerite sur l'Oued M'ZI	63
Fig.II. 26: Situation du barrage d'El-Fatha sur l'Oued M'ZI.....	64
Fig.II. 27: Situation du barrage inféroflux de Tadjmout sur l'Oued M'ZI.....	65
Fig.II. 28: Situation du barrage de Milok sur l'Oued Milok.....	66
Fig.II. 29: Situation du barrage de Lalmaya sur l'Oued Bel-Aroug.....	67
Fig.II. 30: Barrage d'El-Maia	67
Fig.II. 31: Situation du barrage de Kheneg Sidi Brahim sur l'Oued Sebgag.....	68
Fig.II. 32: Barrage de Kheneg Sidi Brahim	68
Fig.II. 33: Situation du barrage de Chergui sur l'Oued M'ZI.....	69
Fig.II. 34: Barrage de Chergui	69
Fig.II. 35: Situation du barrage de Seklafa sur l'Oued M'ZI.....	70
Fig.II. 36: Barrage de Seklafa.....	70

Chapitre III: Etat de mise en valeur des barrages de la région de Laghouat

Fig.III. 1 : Situation du barrage souterrain de Tadjmout.....	74
Fig.III. 2 : Schéma présente le fonctionnement du barrage de Tadjmout	75
Fig.III. 3 : Schéma présente les éléments de barrage	76
Fig.III. 4 : Schéma de vue en plan du barrage de Tadjmout	77
Fig.III. 5 : schéma d'une coupe longitudinale du barrage de Tadjmout	77
Fig.III. 6 : Vue générale sur le barrage inféroflux de Tadjmout	78
Fig.III. 7 : Vue sur la partie souterraine du barrage de Tadjmout.....	78
Fig.III. 8 : Vue générale sur la partie supérieure endommagée du barrage	78
Fig.III. 9 : Schémas illustre les pathologies du barrage souterrain de Tadjmout.....	79
Fig.III. 10 : Schémas d'intervention du barrage de Tadjmout	87
Fig.III. 11 : Schéma de nettoyage de cellules débouchées.....	88
Fig.III. 12 : Schéma de reconstruction des cellules supprimées	88
Fig.III. 13 : Schéma de refaction de béton endommagé.....	89
Fig.III. 14 : Schéma de reconstruction de parties effondrés.....	89
Fig.III. 15 : Schéma de palplanche nouveau	89
Fig.III. 16 : Situation du barrage de Milok	90
Fig.III. 17 : Vue aérienne sur Ksar El-Marhoun	90
Fig.III. 18 : Vue aérienne sur le Barrage de Milok	90
Fig.III. 19 : Schéma d'une vue en plan du barrage de Milok.....	91
Fig.III. 20 : Schéma d'une coupe du barrage de Milok.....	92
Fig.III. 21 : Vue de face du barrage de Milok.....	93
Fig.III. 22 : Vue générale du barrage de Milok.....	93
Fig.III. 23 : Vue générale du barrage présente les différentes pathologies	94
Fig.III. 24 : Schémas d'intervention du barrage de Milok	99
Fig.III. 25 : Schéma de traitement des fissures superficielles	100
Fig.III. 26 : Schéma de traitement des fissures profondes	100
Fig.III. 27 : Schéma de réfection de parties endommagées	101
Fig.III. 28 : Schéma de traitement de végétation	101
Fig.III. 29 : Schéma de renouvellement des joints	102
Fig.III. 30 : Situation de la région d'étude	103
Fig.III. 31 : Schéma représente la délimitation de l'air d'étude.....	106
Fig.III. 32 : Schéma de la logique AFOM.....	107
Fig.III. 33 : Les déchets et la conduite d'assainissement dans le lit de l'Oued M'ZI.....	109
Fig.III. 34 : Schémas protection des berges	110
Fig.III. 35 ; la protection actuelle des berges de l'Oued M'ZI.....	110
Fig.III. 36 : Schéma d'un profil en long à l'emplacement du barrage proposé	111
Fig.III. 37 : Barrage gonflable.....	112
Fig.III. 38 : Schéma présente la conception du barrage gonflable.....	114
Fig.III. 39 : Schéma de fonctionnement du barrage gonflable.....	114
Fig.III. 40 : Schéma présente la composition de la membrane du barrage gonflable	115

Liste des figures

Fig.III. 41 : Schéma d'une coupe transversale du barrage gonflable.....	118
Fig.III. 42 : Schéma d'une coupe longitudinale du barrage gonflable.....	118
Fig.III. 43 : Schéma du mode de gonflage.....	119
Fig.III. 44 : Schéma d'encrage des deux barrages gonflables à l'air et à l'eau.....	120
Fig.III. 45 : Image de synthèse du barrage conçu traité.....	121
Fig.III. 46 : Image de synthèse en aval du barrage gonflable.....	122
Fig.III. 47 : Image de synthèse en amont du barrage gonflable.....	122
Fig.III. 48 : Voies sur berge de l'Oued.....	123
Fig.III. 49 : Arbre et arbuste pour l'aménagement.....	123
Fig.III. 50 : La forme des aqueducs doublés.....	124
Fig.III. 51 : Image de synthèse de l'aménagement de la berge rive droite de l'Oued M'ZI traité.	124
Fig.III. 52 : Image de synthèse d'une vue générale sur le barrage et l'aménagement de berge rive droite de l'Oued M'ZI.....	125
Fig.III. 53 : Site El-Merdja.....	126
Fig.III. 54 : Mobilier pour l'étude en plein air.....	126
Fig.III. 55 : Aménagement de site en plein air.....	126
Fig.III. 56 : Schéma illustratif de l'ancienne ville de Laghouat.....	127
Fig.III. 57 : Image de synthèse de la couverture de la zone d'exposition.....	127
Fig.III. 58 : Source d'inspiration de la couverture gigantesque.....	127
Fig.III. 59 : Image de synthèse de la noria suivie par les aqueducs.....	127
Fig.III. 60 : La noria liée par les aqueducs.....	127
Fig.III. 61 : Schéma présente le processus de projet.....	128
Fig.III. 62 : Image de synthèse présente une vue générale de l'aménagement de site El-Merdja	129
Fig.III. 63 : Image de synthèse présente la séguia.....	129

Chapitre I: Etat de l'art - Etude thématique

Tableau 1 : Organismes internationaux chargés de la protection et la valorisation du patrimoine.....	12
Tableau 2 : Organismes nationaux chargés de la protection et la valorisation du patrimoine..	14

Chapitre III: Etat de mise en valeur des barrages de la région de Laghouat

Tableau 3 : les détails de diagnostic du barrage souterrain de Tadjmout.....	81
Tableau 4 : les détails de diagnostic du barrage de Milok.....	95
Tableau 5 : les diagnostics du projet par la méthode AFOM.....	108

Introduction générale



Introduction:

Le patrimoine est l'héritage des générations antérieures que nous aujourd'hui exploitons pour le transmettre aux générations futures, Notre patrimoine dans sa diversité marque notre identité qui distingue un pays d'un autre, il devient une source d'inspiration et une mémoire vivante qui nous permet de visualiser les événements de passé, et l'un de nos devoirs vis-à-vis ce trésor est de lui connaître, conserver et valoriser autant que possible.

Comme tous les pays de monde, l'Algérie présente un héritage riche et varié classé ou en cours de classement, Les monuments historiques forment une partie de cet héritage qu'ils sont considérés comme les traces des civilisations passés et parmi ces monuments, les ouvrages hydrauliques historiques tels que les canaux d'irrigation, les aqueducs des romains, et les barrages anciens. Ces monuments sont conçus depuis longtemps pour répondre aux exigences de l'être humain, d'assurer leur protection contre l'action de l'eau et de satisfaire leur besoin en eau, et malgré le rôle important qui jouent ce type des ouvrages, ils sont méconnues et mal exploités.

Laghouat possède un héritage des monuments historiques diversifié qui englobe de nombreux domaines, tels que le domaine des ouvrages hydraulique, qui sont construits non seulement pour faire irriguer les champs ou alimenter en eau, mais aussi pour rafraîchir le climat aride comme les séguias et les barrages, et c'est le rôle plus de ces ouvrages qui sont aujourd'hui mal positionnés par les gens, et dans notre étude on va mettre en évidence et mise en lumière les ouvrages hydrauliques historiques, en prenant les barrages comme cas d'étude par leurs valeurs importants ainsi leurs rôles majeurs dans le développement de la région.

Motivation de choix :

Le thème de mémoire qui est intitulée « Mise en valeur des ouvrages hydrauliques historiques de la région de Laghouat - Cas des barrages », est établi selon :

- ✓ L'intérêt personnel pour apprendre plus un nouveau sujet différent à l'ordinaire.
- ✓ La mise en lumière d'un type de patrimoine matériel basé sur un élément essentiel pour la vie « l'eau », présenté par les ouvrages hydrauliques qui sont marginalisés et mal exploités.
- ✓ L'intérêt mondial porté sur l'eau comme un élément vital et source de prospérité et de développement des pays



Problématique générale :

Les ouvrages hydrauliques selon leur particularité, nécessitent des études géologiques et topographiques de la région pour un bon choix d'implantation. L'Algérie possède un patrimoine hydraulique présenté par des nombreux ouvrages hydrauliques variés selon le besoin et les caractéristiques de chaque région, notamment les barrages qui étaient fondés à l'époque pour répondre à des besoins essentiels, l'irrigation des champs d'agriculture (l'activité dominante), et parfois l'alimentation de la ville en eau, tels que le plus grand barrage en Algérie celui de Béni Haroun, qui était implanté dans une région particulière dominée par des massifs montagneux pour alimenter en eau potable plusieurs régions avoisinantes.

Actuellement, seuls les grands ouvrages hydrauliques notamment les barrages modernes qui répondent aux besoins actuels de la population, reçoivent l'attention de l'Etat. Quant aux barrages historiques, qui sont considérés comme un patrimoine vivant, sont trouvés face à un problème de dégradation et d'un manque d'attention malgré leur spécificité sur plusieurs échelles, il y a des barrages qui sont abandonnés, d'autres souffrent de manque d'entretien et de maintenance, et il y a ceux qui ont cessé d'exister à l'effet du temps, et la question se pose :

Comment peut-on revaloriser le patrimoine hydraulique en Algérie?

Problématiques spécifiques :

Laghouat présente un patrimoine hydraulique assez important, notamment les barrages historiques qui racontent une histoire profonde remonte à la période précoloniale, et la région de l'Oued M'ZI avait l'honneur de la présenter, à côté de la ville de Laghouat où les habitants et surtout les agriculteurs étaient volontés pour construire des barrages traditionnels en terre afin d'irriguer leurs jardins par un système primitif mais extraordinaire basé sur les séguias qui font la distribution des eaux stockés au niveau des barrages vers les champs d'agriculture à l'aide de la pente naturelle de site, ces digues s'effondraient après chaque crue inondable de l'Oued et reconstruisaient au nouveau.



La période coloniale connu des nombreux barrages historiques tels que le barrage inféroflux de Tadjmout, un ouvrage exceptionnel classé à l'époque parmi les trois barrages souterrains uniques dans le monde, celui de Mexique et l'autre d'Afghanistan, il y a aussi le barrage de L'Oued de Milok qui possède une authenticité et une originalité reflète l'environnement naturel de la région et la possibilité de créer un ouvrage de l'existant.

La période postcoloniale connaitre plus tard une continuité dans la construction des barrages par des nouveaux matériaux ainsi des techniques nouvelles, tels que le barrage poids de Lalmaya qui possède un micro climat pour la région par un lac écologique à l'amont de barrage, Aussi le barrage de Seklafa nouvellement lancé et qu'il peut stocker jusqu'à 50 million m³ d'eau, un volume très important qu'il va participer à l'humidification de l'atmosphère ainsi l'alimentation en eau et l'irrigation des champs.

Actuellement, on a que l'histoire des anciens barrages de la région, qui est malheureusement méconnu par la majorité des gens, ainsi leur existence comme un témoin des ouvrages étaient jadis en service et jouaient un rôle majeur, mais maintenant sont hors fonction, marginalisés et mal exploités. Face à cet état de fait des questions se posent :

- **Quelles sont les causes qui rendent les ouvrages hydrauliques notamment les barrages historiques de la région de Laghouat marginalisés et mal exploités ?**
- **Comment peut-on revaloriser et exploiter le patrimoine hydraulique des barrages de la région de Laghouat ?**



Pour répondre aux questions précédentes, on a proposé les hypothèses suivantes :

Hypothèses :

○ Aujourd'hui à cause de changement de mode de vie ainsi la mentalité des gens, de l'irrigation des champs et l'alimentation en eau par des techniques primitives vers des réseaux collectifs d'alimentation en eau et une négligence de l'agriculture traditionnelle des oasis qui sont remplacés par des terrains urbanisables, le patrimoine hydraulique de la région de Laghouat est perdu leur valeur, et la majorité des ouvrages hydrauliques historiques notamment les barrages était abandonné. Ainsi le manque de conscience et l'absence de l'intérêt de ces ouvrages, forment une image superficielle ne dépasse pas leur fonction standard, et pour rendre l'image plus claire, visible et attirante, on va mettre en évidence les ouvrages hydrauliques historiques de la région de Laghouat, en précisant le cas des barrages, par leur identification et leur mise en valeur.

○ La revalorisation du patrimoine hydraulique des barrages de la région de Laghouat sera faite à travers les données de passé et l'état actuel des barrages historiques, on va faire un diagnostic de deux barrages (Barrage de Tadjmout et Barrage de Milok) et intervenir d'une manière correcte, pour les remettre encore en service et les exploités plus tard. Ainsi la mise en valeur de la région de l'Oued M'ZI au bord de la ville de Laghouat, qui était témoin des premières expériences dans le domaine des ouvrages hydrauliques, par une proposition de conception d'un barrage dans la région, avec un aménagement des sites environnants de la retenue d'eau créée par le barrage proposé (les berges de l'oued et le site d'El-Merdja), pour rendre la région de l'Oued M'ZI une destination touristique.

Objectifs:

Notre recherche a pour objectif de :

- ✓ Présenter un type des monuments historiques différent à l'ordinaire (les ouvrages hydrauliques historiques) qu'il est marginalisé et mal exploité.
- ✓ Identifier le patrimoine hydraulique de la région de Laghouat.
- ✓ Revaloriser les barrages historiques de la région de Laghouat à travers l'intervention sur l'existant, cas des deux barrages historiques « Barrage inféroflux de Tadjmout » et « Barrage de Milok ».



- ✓ Mise en valeur de la région de l'Oued M'ZI qui était un témoin des ouvrages hydrauliques historiques, par une proposition de conception d'un nouveau barrage dans la région.
- ✓ Exploiter le nouveau barrage proposé, par un aménagement des berges de l'Oued M'ZI et de site El-Merdja, qui fait qualifier cette région pour être une destination touristique.

Méthodologie du travail:

Une certaine méthodologie suivie dans notre travail contient des phases essentielles et parallèles pour atteindre nos objectifs finals :

- **Cadre théorique:**

C'est la phase de collecte des données, consiste à consulter les documents (livres, articles, mémoires...) et les sites web pour sélectionner, organiser les informations et extraire les données théoriques, liés à notre sujet pour le bien comprendre. Ainsi de consulter l'archive des ouvrages hydrauliques historiques notamment les barrages de la région de Laghouat.

- **Cadre pratique :**

Dans ce cadre on va faire une phase étude approfondie sur nos cas d'étude, les deux barrages historiques « Barrage inféroflux de Tadjemout » et « Barrage de Milok » basé sur :

- Les données historiques, architecturales et techniques extraient des documents d'archives consultés.
- Le travail de terrain qui vise à observer, élaborer un document photographique, diagnostiquer les deux barrages afin d'identifier les anomalies, et de proposer des remèdes et des différentes interventions adéquates.

Une autre phase conceptuelle, consiste à proposer une conception d'un nouveau barrage à l'aide des données historiques, géographiques de la région d'étude, et un aménagement des sites environnants le projet de barrage, pour la mise en valeur des ouvrages hydrauliques historiques de la région de Laghouat.



Structure du mémoire :

La structure de notre mémoire est composée d'une introduction générale, trois chapitres et une conclusion générale.

Introduction générale : est un approche introductive portant un aperçu générale sur le patrimoine des ouvrages hydrauliques en Algérie, et à Laghouat en précisant le cas des barrages, suivi par une problématique qui formule les questions fondamentales de notre recherche, et des hypothèses proposés pour répondre aux questions précédentes, ensuite les objectif de travail et un aperçu sur la méthode suivie dans notre travail , et enfin le contenu de notre mémoire de recherche.

o **Le premier chapitre :** constitué de deux parties:

- **La première partie :** à travers laquelle on va présenter le patrimoine en manière générale, leur définition et leurs types, suivi par leur prise en charge au niveau internationale et au niveau nationale, Ainsi on va aborder les concepts de conservation du patrimoine, et les opérations de mise en valeur du patrimoine architectural.
- **La deuxième partie :** consiste d'abord à présenter un aperçu théorique sur l'hydraulique, et sur les ouvrages hydrauliques ainsi leur évolution à travers l'histoire, ensuite on va aborder une généralité sur les barrages, définition et rôles, historique et évolution, les principaux éléments et la typologie des barrages, suivi par une lecture des exemples.

o **Le deuxième chapitre :** dans ce chapitre on va présenter la région de Laghouat, avec un aperçu historique ou on va présenter le patrimoine naturel et matériel de la région, ensuite on va identifier les ouvrages hydrauliques historiques de la région de Laghouat selon leurs fonctions, et enfin on va aborder à un panorama des barrages de la région de Laghouat.

o **Le troisième chapitre :** c'est le cadre pratique de notre étude, qui est basé à une stratégie consiste à revaloriser les ouvrages hydrauliques historiques de la région de Laghouat à travers l'intervention sur deux barrages existants, puis la mise en valeur de la région de l'Oued M'ZI en tant que région historique dans le domaine des ouvrages hydraulique, par la conception d'un nouveau barrage, et enfin pour exploiter le barrage conçu, un aménagement de périphérie du barrage sera proposé.

Conclusion générale : pour clôturer la mémoire, on va vérifier nos hypothèses et présenter globalement notre travail, suivi par un ensemble des recommandations.

**Chapitre I : Etat de l'art -
Etude thématique**



Introduction :

Dans ce chapitre, on va présenter le patrimoine comme un héritage marque l'identité des nations, par leur diversité et leurs valeurs majeures, ainsi leur préservation et leur conservation, par la prise en charge international et national. Ensuite on va entamer sur les notions de base de notre sujet par une réflexion sur les ouvrages hydrauliques, en précisant le cas des barrages, suivi par une lecture de trois exemples qui va nous aider de bien comprendre le sujet, et de bien intervenir sur nos cas d'étude.

I. Généralité sur le patrimoine:

"Les hommes oublient plus facilement la mort de leur père que la perte de leur patrimoine." Nicolas Machiavel - 1469-1529 - *Le prince*, 1513

I.1 Définitions de patrimoine :

o Selon le dictionnaire « Toupictionnaire » :¹

- Etymologie : du latin « patrimonium », héritage du père, patrimoine, biens de famille, fortune.

- Sens général : Le patrimoine est l'héritage commun d'un groupe ou d'une collectivité qui est transmis aux générations suivantes. Il peut être de nature très diverse : culture, histoire, langue, système de valeurs, monuments, œuvres artistiques...

o Selon une notice pédagogique :²

Le mot patrimoine est issu du latin « patrimonium », c'est-à-dire, l'héritage, le bien de famille transmis par le père (pater) et la mère. S'il recouvre étymologiquement la sphère individuelle, le sens du mot patrimoine a au fil du temps été élargi au bien collectif, de la communauté, de la nation, et même du monde.

o Selon l'UNESCO :

Le patrimoine est l'héritage du passé dont nous profitons aujourd'hui et que nous transmettons aux générations à venir, Nos patrimoines culturel et naturel sont deux sources irremplaçables de vie et d'inspiration.³

¹ <http://www.toupie.org/Dictionnaire/Patrimoine.htm>, consulté le 12/02/2021.

² Notice pédagogique, Flache ton patrimoine « Histoire de la notion de patrimoine », page 01.PDF

³ <https://whc.unesco.org/fr/apropos/>, consulté le 09/06/2021.



I.2 Types de patrimoine :

Le patrimoine est un ensemble multiple et complexe. Par souci de clarté voici les différentes typologies:

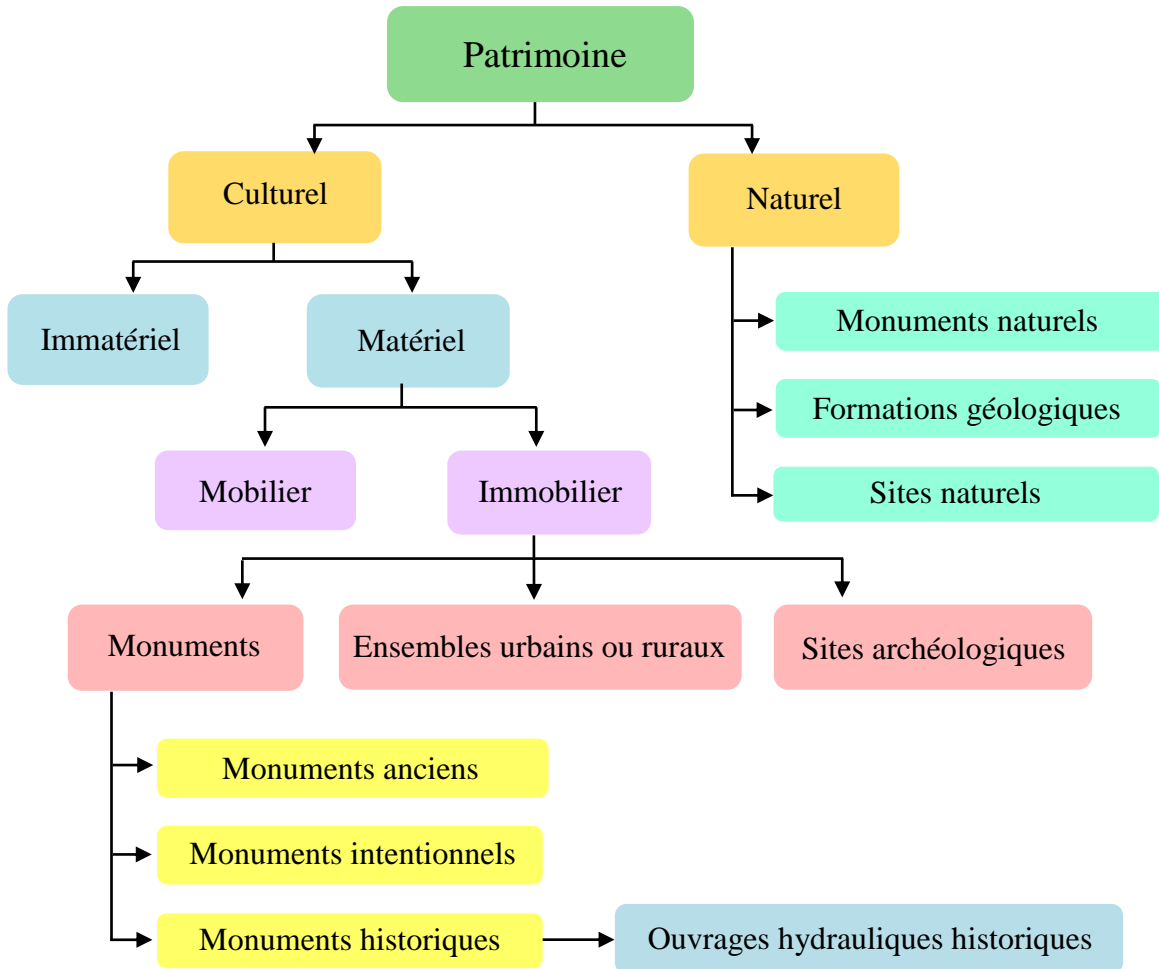


Fig I. 1 : Organigramme présente les types de patrimoine

Source : auteur

I.2.1 Le patrimoine culturel:

Le patrimoine a longtemps été considéré comme un « ensemble de monuments et de sites bâtis anciens présentant un intérêt artistique, historique et culturel » puis élargi aux « objets mobiliers dont la conservation présente du point de vue de l'histoire, de l'art, de la science ou de la technique, un intérêt public ».⁴

⁴Necissa Yamina-Chabbi Chemrouk Naima, « Application de la méthode d'évaluation contingente pour l'estimation de la valeur économique du patrimoine du parc de Tlemcen », Revue DIRASSAT , numéro économique, V. 6 N. 2, Juin 2015, Université de Laghouat, page 02.



a. Le patrimoine immatériel :

Les biens culturels immatériels se définissent comme une somme de connaissances, de représentations sociales, de savoir, de savoir-faire, de compétences, de techniques, fondés sur la tradition dans différents domaines du patrimoine culturel représentant les véritables significations de rattachement à l'identité culturelle détenus par une personne ou un groupe de personnes.⁵

b. Le patrimoine matériel :

Le patrimoine dit matériel est surtout constitué des paysages construits, de l'architecture et de l'urbanisme, des sites archéologiques et géologiques, de certains aménagements de l'espace agricole ou forestier, d'objets d'art et mobilier,...

- **Le patrimoine mobilier :** Les biens que l'on peut toucher physiquement et qui peuvent être déplacés, tels que le produit des explorations et des recherches archéologiques, les objets d'antiquité (poteries, monnaies, bijoux, armes,...), les biens d'intérêt artistique (Peintures et dessins, les manuscrits et incunables, les documents d'archives, les objets d'intérêt numismatique ou philatélique),...

- **Le patrimoine immobilier :** Les biens patrimoniaux immobiliers sont des biens qui ne peuvent pas être déplacés :

- **Les sites archéologiques :** sont définis comme des espaces bâtis ou non bâtis qui n'ont pas de fonction active et qui témoignent des actions de l'homme ou des actions conjuguées de l'homme et de la nature. Il s'agit notamment, des sites archéologiques, y compris les réserves archéologiques et les parcs culturels.⁸

- **Ensembles urbains et ruraux :** sont érigés en secteur sauvegardés, les ensembles immobiliers tels que les casbahs, médinas, ksours, villages et agglomérations traditionnels caractérisés par leur pré dominance de zone d'habitat et qui par leur homogénéité et leur unité architecturale et esthétique⁹

⁵ Journal officiel de la république Algérienne« JORA», N°44_Loi n°98-04 de 20 Safar 1419 correspondant à 15 Juin 1998 relative à la protection de patrimoine culturel, Art.67, page 10.

⁶<https://www.culture-et-patrimoine-thorame-basse.fr/quelques-definitions-du-patrimoine>,consulté le 10/06/2021.

⁷ Journal officiel, op.cit, page 09.

⁸ Idem, page 06.

⁹ Idem, page 08.



○ **Le monument** :¹⁰ est défini comme étant une création d'architecture (isolée ou groupée) ou un ouvrage de sculpture destiné à perpétuer le souvenir d'un événement. L'historien de l'art Alois Riegl a développé l'idée d'une « généralisation croissante du concept de monument » définie selon trois catégories :

- **Les monuments anciens** : définis par la longue durée.
- **Les monuments intentionnels** : portant une valeur commémorative.
- **Les monuments historiques** : qui renvoient à une période particulière de l'histoire et dont la sélection est fixée d'après des critères préalablement établis.

I.2.2 Le patrimoine Naturel :¹¹

a. Les monuments naturels :

Constitués par des formations physiques et biologiques ou par des groupes de telles formations qui ont une valeur universelle exceptionnelle du point de vue esthétique ou scientifique,

b. Les formations géologiques :

Constituant l'habitat d'espèces animale et végétale menacées, qui ont une valeur universelle exceptionnelle du point de vue de la science ou de la conservation.

c. Les sites naturels:

Qui ont une valeur universelle exceptionnelle du point de vue de la science, de la conservation ou de la beauté naturelle.

Le site naturel est tout espace contenant un ou plusieurs éléments naturels d'importance environnementale et notamment les chutes d'eau, les cratères et les dunes de sable.¹²

¹⁰ BENSEDDIK-SOUKI- HABIBA «La valorisation des monuments historiques en algérie le cas du palais de l'Agha a Ferdjioua », UNIVERSITE MENTOURI, Mémoire de MAGISTER, Juin 2012.

¹¹Manuel méthodologique « Indicateurs Unesco de la Culture pour le développement », page 04.PDF

¹² Loi n° 11-02 du 14 Rabie El Aouel 1432 correspondant au 17 février 2011 relative aux aires protégées dans le cadre du développement durable, Article 12, page 04.



I.3 Valeurs d'un monument :¹³L'historien d'art autrichien Aloïs RIEGL (1858-1905) relève deux principaux groupes de valeurs qui confèrent une importance aux monuments : les valeurs de remémoration et celles de contemporanéité, chacun de ces deux groupes peut être respectivement divisé en quatre types de valeurs. Ainsi, on identifie les valeurs suivantes :

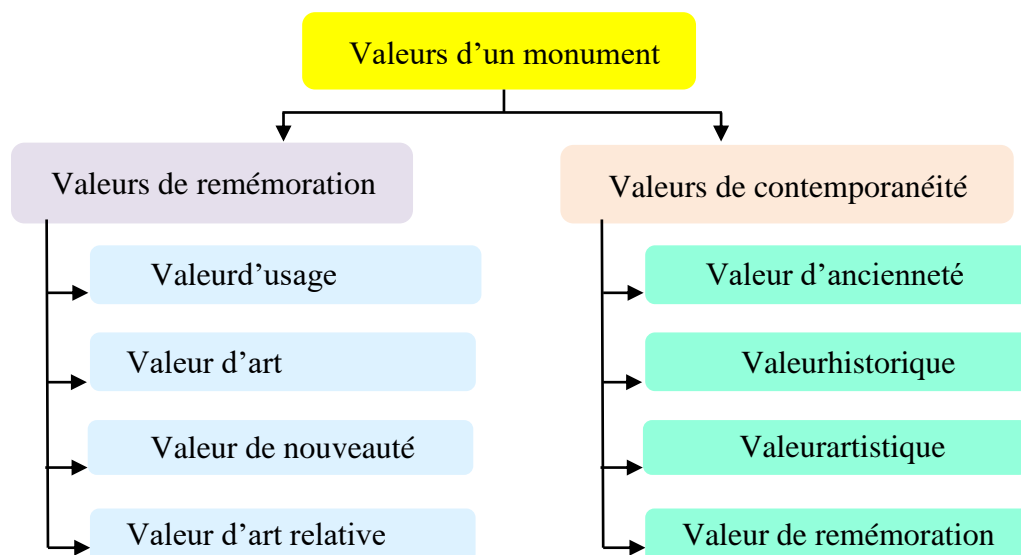


Fig I. 2: Organigramme présente les valeurs d'un monument.

Source : Auteur

a. Valeurs de remémoration :

- Valeur d'ancienneté : qui apprécie le passé en soi.
- Valeur historique : qui isole un monument du développement historique.
- Valeur artistique : qui est une invention subjective du spectateur moderne.
- Valeur de remémoration : intentionnelle qui garde toujours présent et vivant un élément dans la conscience des générations futures.

b. Valeurs de contemporanéité :

- Valeur d'usage : qui doit permettre à l'édifice d'être encore utilisé de manière sécurisée.
- Valeur d'art : qui doit conférer un aspect non dégradé au monument.
- Valeur de nouveauté : qui vise à supprimer toutes traces visibles de dégradation par des agents naturels.
- Valeur d'art relative : qui cherche à rétablir un monument dans son état originel, ancien et rêvé.

¹³ https://issuu.com/delphmagnan/docs/patrimonialisation_de_la_ville_europ_enne_-_m_moir/s/10807471, consulté le 10/06/2021.



I.4 La prise en charge du patrimoine:

La prise en charge du patrimoine se fait en deux niveaux, international et national :

I.4.1 Au niveau international :

a. Les chartes:

Les chartes sont des actes juridiques signés par plusieurs acteurs pour définir un objectif et parfois des moyens communs.

- **Charte d'Athènes (1931)**: charte pour la restauration des monuments historiques adoptée lors du premier congrès international des architectes et techniciens des monuments historiques, sept résolutions importantes furent présentées au congrès d'Athènes et appelées « carta de la restauro ». ¹⁴

- **Charte de Venise (1956)** : charte internationale sur la conservation et la restauration des monuments et des sites, dite Charte de Venise, est un traité qui fournit un cadre international pour la préservation et la restauration des bâtiments anciens. Elle a été approuvée par le IIe Congrès international des architectes et des techniciens des monuments historiques, réuni à Venise du 25 au 31 mai 1964. ¹⁵

- **Charte de Florence (1982)** : Le Comité international des Jardins historiques ICOMOS-IFLA a décidé d'élaborer une charte relative à la sauvegarde des jardins historiques qui portera le nom de cette ville. Cette charte a été rédigée en vue de compléter la Charte de Venise dans ce domaine particulier. ¹⁶

- **Charte Washington (1987)** : charte internationale pour la sauvegarde des villes historiques, elle concerne plus précisément les villes grandes ou petites et les centres ou quartiers historiques, avec leur environnement naturel ou bâti, qui outre leur qualité de document historique, expriment les valeurs propres aux civilisations urbaines traditionnelles. ¹⁷

- **Charte Lausanne (1990)** : Charte internationale pour la gestion du patrimoine archéologique. ¹⁸

¹⁴<https://www.icomos.org/fr/chartes-et-normes/179-articles-en-francais/ressources/charters-and-standards/425-la-charte-dathenes-pour-la-restauration-des-monuments-historiques-1931>, consulté le 10/06/2021.

¹⁵<https://www.culture.gouv.fr/Sites-thematiques/Conservation-restauration/Principes-et-methodes/Organismes-chartes-et-recommandations-internationales>, consulté le 10/06/2021.

¹⁶<https://fr.scribd.com/doc/256913983/Jardins-Historiques-La-Charte-de-Florence>, consulté le 10/06/2021.




¹⁷<https://www.icomos.org/fr/179-articles-en-francais/ressources/charters-and-standards/173-charte-internationale-pour-la-sauvegarde-des-villes-historiques>, consulté le 10/06/2021.

¹⁸ ICOMOS-Conseil international des monuments et des sites_Charte internationale pour la gestion du patrimoine archéologique (1990).PDF



- b. **Les organismes:** des organismes internationaux ont pris en charge la protection et la valorisation du patrimoine, parmi eux :

Tableau 1 : Organismes internationaux chargés de la protection et la valorisation du patrimoine

Organisation	Dénomination	Mission	Date de création	Symbole
UNESCO ¹⁹	Organisation des Nations Unies pour l'Education, la Science et la Culture.	Instaurer la paix par la coopération internationale en matière d'éducation, de science et de culture.	16 Novembre 1945 à Londres.	
ICOMOS ²⁰	Conseil International des Monuments et des Sites.	promouvoir la conservation, la protection, l'utilisation et la mise en valeur des monuments, des ensembles bâtis et des sites.	Crée en 1965 à Pologne.	
ICCROM ²¹	Centre international d'études pour la conservation et la restauration des biens culturels.	Conservation du patrimoine culturel sous toutes ses formes et dans le monde entier.	Née en 1956 Rome, Italie.	

Source : Auteur

¹⁹<https://fr.unesco.org/about-us/introducing-unesco>, consulté le 14/02/2021.

²⁰ <https://www.icomos.org/fr/a-propos-de-licomos/mission-et-vision/licomos-en-bref-2>, consulté le 14/02/2021.

²¹<https://www.iccrom.org/fr/propos/en-bref/quest-ce-que-cest-iccrom>, consulté le 14/02/2021.



I.4.2 Au niveau national :

a. Le référent juridique en Algérie :

- **Ordonnance n° 67-281** : « du 20 décembre 1967 relative aux fouilles et à la protection des Sites et Monuments Historiques et Naturels » :

Cette ordonnance, composée de 138 articles répartis sur 6 titres principaux, représentait la référence principale de la politique patrimoniale menée par l'état algérien. Ses dispositions restaient très influencées par la législation coloniale en matière de protection par classement et par l'inscription sur l'inventaire.

A partir des années 1990, et dans le cadre du grand changement législatif en Algérie pour représenter et gérer la réalité nationale, le gouvernement a senti la nécessité d'une nouvelle loi portant la protection du patrimoine culturel de la nation, et l'ordonnance n° 67-281 était remplacée par la loi 98/04.²²

- **Loi n° 98-04** : « du 20 Safar 1419 correspondant au 15 juin 1998 relative à la protection du patrimoine culturel dans ses dispositions relatives aux territoires archéologiques et historique » :

La présente loi a pour objet de définir le patrimoine culturel de la Nation, d'édifier les règles générales de sa protection, son sauvegarde et sa mise en valeur, et de fixer les conditions de leur mise en œuvre, La loi est formée par 108 articles répartis en 9 titres principaux. Il assure des régimes de protection énoncés pour les biens culturels immobiliers (Article 08) quel que soit leur statut juridique, en fonction de leur nature et de la catégorie à laquelle ils appartiennent : l'inscription sur l'inventaire supplémentaire, le classement et la création en « secteurs sauvegardés ». ²³

- **Loi n° 11-02** :²⁴ « du 14 Rabie El Aouel 1432 correspondant au 17 février 2011 relative aux aires protégées dans le cadre du développement durable » :

La présente loi a pour objet de classer les aires protégées et de déterminer les modalités de leur gestion et de leur protection dans le cadre du développement durable conformément aux principes et aux fondements législatifs en vigueur en matière de protection de l'environnement.

²² https://www.memoireonline.com/05/14/8885/m_Pour-une-reconnaissance-politique-et-sociale-des-valeurs-des-abords-du-patrimoine-bti-en-Algerie47.html, consulté le 11/06/2021.

²³ Journal officiel, op.cit, pages 03-04.

²⁴ Loi n° 11-02, op.cit, page 02.



b. Les organismes nationaux : L'Algérie possède des nombreux organismes chargés à la sauvegarde et la protection de patrimoine national, parmi eux:

Tableau 2 : Organismes nationaux chargés de la protection et la valorisation du patrimoine

Organisation	Dénomination	Mission	Date de création	Symbole
OGEBC ²⁵	Office National de Gestion et d'Exploitation des Biens Culturels Protégés	Gérer, mettre en valeur, protéger, entretenir et sécuriser les biens culturels matériels qui lui sont dévolus à travers le territoire national.	1 janvier 2007 à Alger	
ANSS ²⁶	Agence Nationale des Secteurs Sauvegardés	Assurer la mise en œuvre des plans permanents de sauvegarde et de mise en valeur des secteurs sauvegardés à l'échelle nationale.	Créé par décret exécutif n° 11-02 du 05 janvier 2011 à Alger	
OPVM ²⁷	Office de Protection et de Promotion de la Vallée du Mzab	Assurer la protection du patrimoine de la Vallée du Mzab et des régions environnantes	Créé par décret législatifs n° 92/419 et 92/420 du 17 novembre 1992 à Ghardaïa	
ONPCAS ²⁸	Office national du parc culturel de l'atlas saharien	la protection, la sauvegarde et la mise en valeur du patrimoine culturel et naturel des territoires compris dans les limites du parc culturel, englobe les cinq wilayas de M'sila, Biskra, Djelfa, Laghouat, El Bayadh et Nâama.	Né le 1 juin 2008 par décret exécutif n° 08-157 à Laghouat	

Source : Auteur

²⁵ <http://ogebc.dz/index.php/fr/about>, consulté le 11/06/2021.

²⁶ <https://www.m-culture.gov.dz/index.php/fr/agence-nationale-des-secteurs-sauvegard%C3%A9s>, consulté le 11/06/2021.

²⁷ http://www.opvm.dz/10_Articles/123_OPVM/124_Presentation/d, consulté le 11/06/2021.

²⁸ <http://www.ppcas.dz/index.php/parcs-clulturels-algeriens/pc-de-l-atlas-saharien/pc-de-l-atlas-saharien>, consulté le 11/06/2021.



I.5 Les concepts de conservation du patrimoine :²⁹

La conservation du patrimoine est l'ensemble des concepts visant à comprendre une œuvre, à connaître son histoire et sa signification, à assurer sa sauvegarde matérielle, et éventuellement sa mise en valeur :

a- La conservation :

Conserver un centre historique signifie avant tout, protéger ou reconstruire un rapport stable entre population et cadre physique qui est sa caractéristique primaire. La conservation du patrimoine architectural décrit le processus par lequel la matérialité, l'histoire et l'intégrité conceptuelle du patrimoine bâti et de l'humanité sont prolongées par des interventions soigneusement planifiées. Les décisions de quand et comment s'engager dans une intervention sont essentielles à la conservation de l'objet ultime immobilier.

b- La sauvegarde :

La sauvegarde est un concept générique qui présente toute ces concepts ; l'identification, la protection, la conservation, la restauration, la réhabilitation, l'entretien et la revalorisation de l'ensemble du patrimoine historique et de son environnement. Chaque ensemble historique ou traditionnel et son environnement devraient être considérés dans leur globalité comme un tout cohérent dont l'équilibre et le caractère spécifique dépendant de la synthèse des éléments qui le composent et qui comprennent les activités humaines ainsi que les bâtiments, la structure spatiale et les zones d'environnement.

c- La préservation :

Terme synonyme de sauvegarde, définit comme action globale consistant à assurer la protection du patrimoine architectural et naturel contre l'action destructrice des hommes, par une législation appropriée, et sa conservation dans le temps à l'aide de techniques d'entretien, de consolidation et de restauration.

²⁹BRIK Bouthaina et SMAALI Amira « La réhabilitation des Ksours de la vieille ville de Nigrine, cas d'étude : Type des maisons ksourienne », Mémoire de Master en Architecture, 2015/2016, pages 12-13.



I.6 Les opérations de mise en valeurs du patrimoine architectural :

La valorisation d'un bâtiment désigne l'action de mettre en valeur ce bien, soit par une action concourant à son embellissement, soit en améliorant sa fonction urbaine.³⁰

a. La réhabilitation :

Interventions sur un bien immobilier afin de lui restituer une fonctionnalité antérieure présumée, de l'adapter à une fonction différente ou à des normes de confort, de sécurité et d'accès.³¹

Une réhabilitation c'est réaménager un bâtiment ou local en gardant l'aspect extérieur et en y améliorant le confort intérieur. La réhabilitation suppose le respect du caractère architectural des bâtiments. En d'autres termes, il s'agit de conserver une partie d'un ouvrage (façade ou structure, entièrement ou en partie) et en remanier plus ou moins profondément une autre. On rase les murs, on retire tout, seule reste la façade.³²

b. La restauration :

Une opération qui doit garder un caractère exceptionnel. Elle a pour but de conserver et de révéler les valeurs esthétiques et historiques du monument et se fonde sur le respect de la substance ancienne et de documents authentiques. Elle s'arrête là où commence l'hypothèse, sur le plan des reconstitutions conjecturales, tout travail de complément reconnu indispensable pour raisons esthétiques ou techniques relève de la composition architecturale et portera la marque de notre temps.³³

c. La Rénovation :

Ce mot signifie « Action de remettre à neuf par de profondes transformations qui aboutissent à un meilleur état, rajeunissement ou modernisation », La rénovation à la différence de la restauration, est synonyme de perte de substance historique. Elle va, dans certains cas, de pair avec une réaffectation, elle désigne des opérations tendant améliorer une construction par des interventions parfois profondes, dites lourdes, pour prolonger leur durée de vie ou en modifier l'utilisation et en accroître la valeur vénale.³⁴

³⁰ archive-ouverte.fr, Vincent Farges « La valorisation du patrimoine bâti ordinaire lors d'opérations d'amélioration de l'habitat », Droit. 2016, page 11.PDF

³¹ Glossaire « Termes relatifs aux interventions sur les monuments historiques », République Française, Ministère de la culture et de la communication, direction générale des patrimoines, janvier 2013, page 09.PDF

³² <https://www.rencontreunarchi.com/article/quest-ce-quune-rehabilitation/>, consulté le 12/06/2021.

³³ Charte internationale sur la conservation et la restauration des monuments et des sites (Charte de Venise - 1964) , Article 9.

³⁴ BENSEDDIK SOUKI HABIBA «La valorisation des monuments historiques en algerie le cas du palais de l'Agha a Ferdjioua », Mémoire de MAGISTER, Juin 2012, UNIVERSITE MENTOURI, page 43.



II. Réflexion sur les ouvrages hydrauliques :

II.1 Aperçu sur l'hydraulique : ³⁵

Le terme "hydraulique" peut être un adjectif exprimant tout ce qui est relatif au liquide et l'eau en règle générale. Il peut s'agir de son écoulement, de son mouvement ou de sa circulation.

II.1.1 Domaines de l'hydraulique :

Voici quelques domaines dans lesquels l'hydraulique est au cœur des études :

a. L'hydraulique fluviale :

Définit les études des cours d'eau naturels ou artificiels.

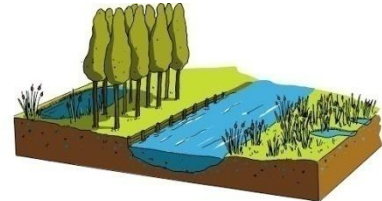


Fig I. 3: Cours d'eau

Source : <http://sage-sambre.parc-naturel-avesnois.fr/4-le-sage-de-la-sambre/letat-des-lieux/>, consulté le 12/06/2021

b. L'hydraulique urbaine :

Permet d'analyser et de concevoir des réseaux de distribution d'eau potable mais également d'évacuation des eaux pluviales ou usées en milieu urbain.

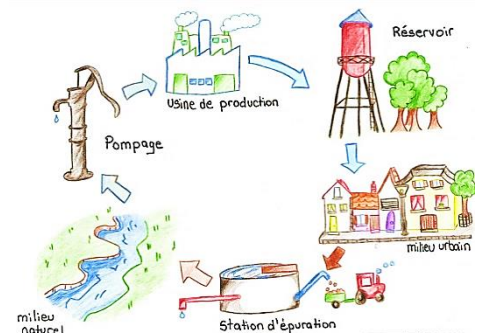


Fig I. 4: Cycle urbain de l'eau

Source : <https://www.natura-sciences.com/environnement/cycle-eau-urbain.html>, consulté le 12/06/2021.

c. L'architecture hydraulique :

Définit le travail de conception et de construction d'ouvrages permettant de maîtriser l'eau, que ce soit le stockage, la distribution, l'évacuation, l'adduction.

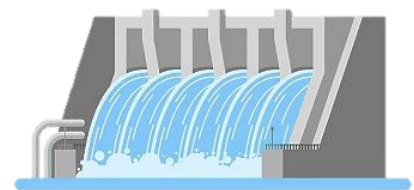


Fig I. 5: Ouvrage hydraulique

Source : <https://www.hopenergie.com/guides/fournisseurs-electricite/ekwateur-tarifs>, Consulté le 12/06/2021

d. L'énergie hydraulique :

Définit l'énergie qui est créée grâce au mouvement de l'eau.

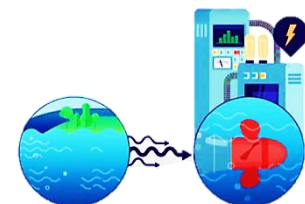


Fig I. 6: l'énergie hydraulique

Source : <https://www.renoovo-energies.fr/energie-hydraulique/>, consulté le 12/06/2021

³⁵<https://www.xpair.com/lexique/definition/hydraulique.htm>, consulté le 12/06/2021.



II.1.2 Naissance de l'hydraulique :

L'hydraulique est née dans le terreau de l'empirisme des canaux d'irrigation mésopotamiens, des aqueducs romains et des idées philosophiques grecques, évoluant d'une pensée métaphysique à une science physique....Le cycle de l'eau dans la nature focalise les intérêts et les idées émises contribuent à son exploration et sa maîtrise. L'imitation de la nature inspire les inventions anthropiques et le puits incarne la source, le canal copie la rivière et le barrage reconstitue le lac naturel.³⁶

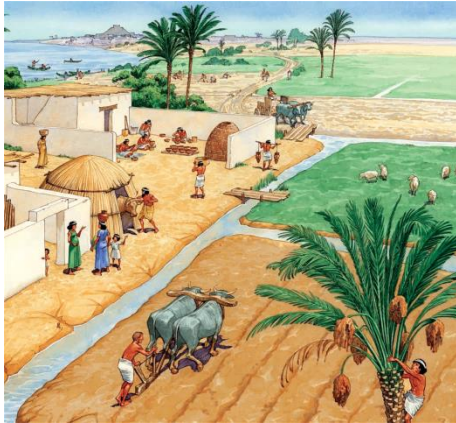


Fig I. 7: Les canaux d'irrigation mésopotamiens

Source : PDF «La Mésopotamie: une civilisation de l'écriture »



Fig I. 8: Les aqueducs romains

Source : <https://www.tourisme-lot.com/offres/journees-europeennes-du-patrimoine-visite-commentees-de-laqueduc-romain-de-vers-saint-gery-vers-fr-2601236/>, consulté le 12/06/2021

II.2 Les ouvrages hydrauliques :

Un ouvrage hydraulique, ou plutôt les ouvrages hydrauliques sont des outils structuraux de mise en œuvre de la gestion des eaux pour l'utilisation de la ressource ou pour la protection contre les effets nuisibles de l'eau³⁷.

Le rôle plus des ouvrages hydrauliques est d'assurer un microclimat dans l'environnement de l'ouvrage par la présence de l'eau.

³⁶ D. SMADHI et L. ZELLA « HISTOIRE DE LA GOUVERNANCE DE L'EAU » (DEUXIEME PARTIE) Laboratoire de Recherche en Hydraulique Souterraine et de Surface-Larhyss/Journal n°05, Juin 2006, page 24.

³⁷ <https://www.aquaportail.com/definition-12963-ouvrage-hydraulique.html>, consulté le 12/06/2021.



II.2.1 Les ouvrages hydrauliques à travers l'histoire :

Les bases de la gouvernance de l'eau ont été initialement pratiquées, durant des milliers d'années, par les anciennes civilisations mésopotamienne, perse, égyptienne, chinoise et aztèque. Cette gouvernance s'est matérialisée par la réalisation **d'ouvrages hydrauliques divers**, comme les canaux, les barrages et les foggaras. Des machines tels le chadouf, la noria et le moulin à eau ont été inventées, permettant le relevage et la répartition des eaux fluviales aux surfaces irriguées, assurant la pérennité de la production céréalière. L'alimentation humaine a été ainsi assurée durant longtemps.³⁸

○ Canaux d'irrigation :

Vers 6 000 avant J.-C, les canaux d'irrigation apparaissent en Mésopotamie, ces canaux sont creusés pour amener sur les champs cultivés l'eau nécessaire à la croissance des plantes, mais aussi pour stocker l'eau de façon à contrôler les crues dévastatrices, et pour drainer les champs.³⁹



Fig I. 9 : Canal d'irrigation à l'Irak

Source : <https://fr.wikipedia.org>, consulté le 16/06/2021

○ Chadouf :

Le chadouf est un appareil à bascule servant à puiser l'eau d'un puits ou d'un point d'eau. Il est employé en zone d'agriculture irriguée, cet outil été utilisée afin de transporter, transférer, de bonnes quantités d'eau dans les canaux d'irrigation. Le chadouf apparaît en Mésopotamie dès le III^e millénaire avant notre ère. Il est ensuite employé en Égypte à partir du Nouvel Empire.⁴⁰



Fig I. 10 : Chadouf

Source : http://serge.wacker.free.fr/techno_primaire/chadouf/sommaire.htm, consulté le 12/06/2021.



Fig I. 11 : Schémas illustratifs de chadouf

Source : <http://philippevallee.weebly.com/les-inventions.html>, consulté le 12/06/2021.

³⁸ Idem, page 01.

³⁹ https://fr.wikipedia.org/wiki/Agriculture_en_M%C3%A9sopotamie, consulté le 12/06/2021.

⁴⁰ <https://educalingo.com/fr/dic-fr/chadouf>, consulté le 12/06/2021.



○ **Qanats :**

Grâce à Qanat, les Iraniens ont rendu la vie possible sur les plateaux arides, est une série de puits parallèles de différentes hauteurs reliés entre eux sous le sol par un canal horizontal. Le canal horizontal est le passage de l'eau qui déplace l'eau de la montagne vers la ville.⁴¹



Fig I. 13 : Qasabeh Qanât la plus ancienne du monde

Source : <https://theiranproject.com/blog/2018/07/22/even-underground-tunnels-used-to-get-married-in-iran/>, consulté le 13/06/2021.

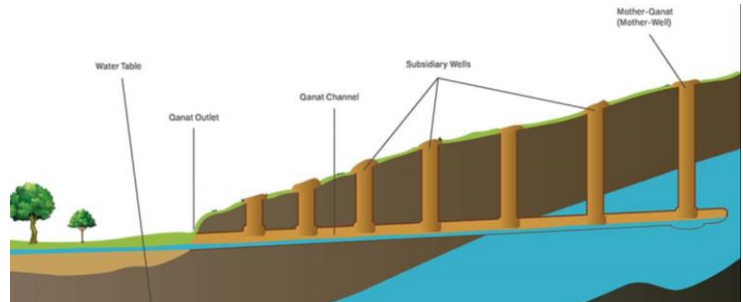


Fig I. 12 : la structure du qanât

Source : <https://www.persiaadvisor.travel/about-persia/persian-qanat/>, consulté le 13/06/2021.

○ **Foggaras :**

La découverte de la foggara dans le nord d'Iran (Ancien Iran) depuis plus de 30 siècles était considérée comme un exploit. Les succès de la technique des galeries ont provoqué un transfert de savoir-faire dans 52 pays arides de la planète.⁴² La Foggara est un ouvrage de mobilisation hydrique ancestral, composé de puits pour le captage de l'eau souterraine, drainé principalement à des fins d'irrigation vers les oasis.⁴³

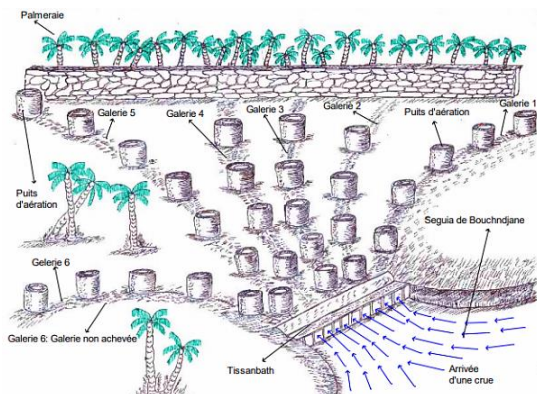


Fig I. 15 : Schéma synoptique du réseau de foggaras

Source : Remini.B-« Les foggaras de l'oasis de Ghardaïa (Algérie) le partage des eaux de crues », Larhyss Journal, 36 (2018).



Fig I. 14 : Foggara en Algérie

Source : <https://www.agire.dz/foggaras/>, consulté le 13/06/2021

⁴¹<https://www.persiaadvisor.travel/about-persia/persian-qanat/>, consulté le 13/06/2021.

⁴²Remini.B, « De la foggara au barrage souterrain, la nappe inferoflux, une solution pour les regions arides », Larhyss Journal, 41 (2020), page 300.

⁴³<https://www.agire.dz/foggaras/>, consulté le 12/06/2021.



○ **Aqueducs :**

Aqueduc : « aqua : eau », « ducere : conduire », Il désigne toute canalisation destinée à transporter de l'eau. Il se rapporte essentiellement aux anciens ouvrages qui supportaient les canalisations et les canaux construits pour l'adduction de l'eau dans les agglomérations.

Le plus ancien aqueduc connu à ce jour est celui construit à Jerwan (Irak) pour alimenter la ville de Ninive autour de -700 avant J.-C. Les Romains, ensuite, ont construit de nombreux aqueducs dont il nous reste quelques vestiges sous forme notamment de grandes arches portant les canaux.⁴⁴



Fig I. 17 : Aqueduc de Jerwan en pierre massif

Source : <https://www.ishtartv.com/en/viewarticle,36403.html>, consulté le 12/06/2021.



Fig I. 16 : Aqueduc Maurétanien à Cherchell-Algérie

Source : <https://www.leguidetouristique.com/categoryruinesbr/aqueducs-romains>, consulté le 12/06/2021.

○ **Puits :**

Les premiers captages d'eau souterraine par puits ou par galeries sont très anciens. Les Chinois pratiquent depuis plusieurs millénaires la technique des forages, atteignant 1500 m de profondeur, avec des tiges de bambou assemblées. Le plus ancien ouvrage connu en Egypte a été creusé il y a quatre mille ans. Le puits Joseph's, près du Caire, qui a environ 100 m de profondeur, a en effet cet âge. C'est à la même époque que l'oasis de Ghadamès (Fezzan) a été irriguée à partir de puits.⁴⁵



Fig I. 19 : Puits à eau

Source : <https://howtodriveanautomaticcarwell.blogspot.com/2020/10/how-to-drive-sandpoint-well.html>, consulté le 13/06/2021.



Fig I. 18 : Schéma d'un ancien puits

Source : <https://fr.dreamstime.com/puits-antique-retrait-vecteur-image137833997>, consulté le 13/06/2021.

⁴⁴ <https://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/pont-aqueduc-17455/>, consulté le 12/06/2021.

⁴⁵ <http://www.anales.org/archives/cofrhigeo/eaux-souterraines.html>, consulté le 13/06/2021.



○ **Noria :**

La noria désigne originellement une machine hydraulique permettant d'élever l'eau en utilisant l'énergie produite par le courant, afin d'irriguer des cultures vivrières ou alimenter des aqueducs. On emploie également le terme « noria » pour désigner le transport répété d'entités.⁴⁶

Cette machine hydraulique, constituée d'une chaîne sans fin s'enveloppant sur un tambour et sur laquelle est attachée une série de récipients qui puisent l'eau dans un puits ou un cours d'eau et la versent, à la partie supérieure, dans un réservoir ou une rigole.⁴⁷



Fig I. 20 : Noria de Hama - Syrie

Source : <https://www.voyagegroupepascher.fr/moyen-orient/syrie>, consulté le 13/06/2021.

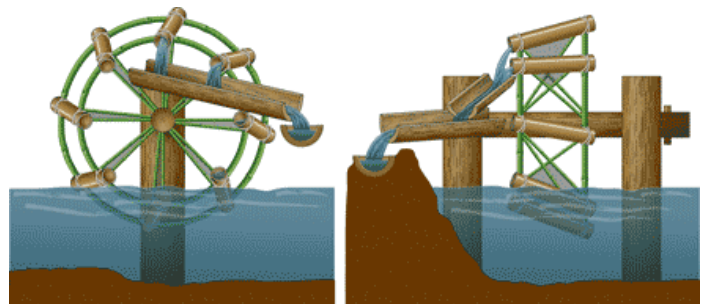


Fig I. 21 : Schéma illustratif de la noria

Source : <https://www.machinerylubrication.com/Read/1294/noria-history>, consulté le 13/06/2021.

○ **Moulin à eau :**

Le moulin à eau est une machine traditionnelle, inventée dès l'Antiquité, qui utilise l'énergie hydraulique, c'est-à-dire l'énergie des cours d'eau, pour moudre le grain, mais aussi pour toutes sortes d'applications artisanales comme des forges, des scieries et des papeteries.⁴⁸



Fig I. 23 : Moulin à eau

Source : <https://www.istockphoto.com/fr/photos/moulin-%C3%A0-eau>, consulté le 13/06/2021.



Fig I. 22 : Schéma illustratif de moulin à eau

Source : <https://docplayer.fr/75525745-Monographie-comptable.html>, consulté le 13/06/2021.

⁴⁶https://artsandculture.google.com/entity/m025svb_?hl=fr, consulté le 13/06/2021.

⁴⁷ <https://cnrtl.fr/definition/noria>, consulté le 13/06/2021.

⁴⁸ https://fr.wikidia.org/wiki/Moulin_%C3%A0_eau, consulté le 13/06/2021.



○ Barrages :

Il n'est pas rare que l'eau soit disponible à des périodes différentes de celles où l'on voudrait s'en servir ; il faut alors faire des réserves, en construisant des barrages. Ces ouvrages sont certainement très anciens ; nous ne connaissons jamais les premiers : ils étaient petits, très probablement en terre ou en un mélange de terre et de bois, et n'ont pas laissé de traces. Mais on a retrouvé des relations écrites ou sur le terrain des vestiges de barrages extrêmement anciens, jusqu'à 3000 ans avant notre ère... On a connaissance, dès 2900 avant J.-C., du barrage de Koseish, haut de 15 mètres. Mais peu après s'est produit un grave accident au barrage de Sadd el Kafara, qui avait une hauteur de 12 mètres et fut construit en 2850 avant J.-C sur un affluent du Nil.⁴⁹



Fig I. 25 : Barrage de Sadd el-Kafara

Source : <https://structurae.net/fr/ouvrages/barrage-de-sadd-el-kafara>, consulté le 28-02-2021.

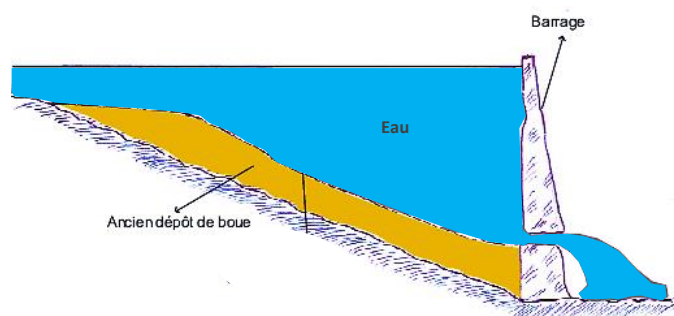


Fig I. 24 : Schéma illustratif d'un barrage

Source : https://www.researchgate.net/figure/Comportement-des-courants-de-densite-au-niveau-des-Vannes-du-barrage-de-Koudiat_fig7_333985270 traité par l'auteur, consulté le 15/06/2021.

II.3 L'hydraulique aujourd'hui :

L'hydraulique aujourd'hui porte une nouvelle destination, les souverains doivent répondre à de nouveaux besoins, ceux d'alimenter en eau une population croissante et qui s'urbanise de plus en plus. L'hydraulique urbaine devient une priorité.⁵⁰

⁴⁹ Jacques BONNIN « Histoire de l'eau aménagée par les hommes », Les Cahiers du MURS n°8, Printemps 1987, page 70.

⁵⁰ D. SMADHI et L. ZELLA op.cit, page 01.



III. Généralité sur les barrages :

III.1. Définition : ⁵¹

Les barrages sont, par définition, des ouvrages hydrauliques qui barrent sur toute la largeur une section de la vallée et créent ainsi une cuvette artificielle géologiquement étanche. Fondamentalement, les barrages ont deux effets caractéristiques :

- La retenue d'eau créée par la présence du barrage peut le plus souvent contenir une part importante des apports d'eau directs ou dérivés,
- Le barrage surélève le niveau du plan d'eau à l'amont.

III.2. Rôles des barrages :

La plus part des barrages sont à but unique, mais il y a un nombre grandissant de barrages polyvalents. D'après les publications les plus récentes du Registre Mondial des Grands Barrages, l'irrigation est de loin la raison la plus courante pour construire un barrage. Parmi les barrages à but unique, 48% sont pour l'irrigation, 17% pour l'hydro-électricité, 13% l'approvisionnement en eau, 10% le contrôle des crues, 5% pour les loisirs et moins de 1% pour la navigation et la pisciculture.⁵²

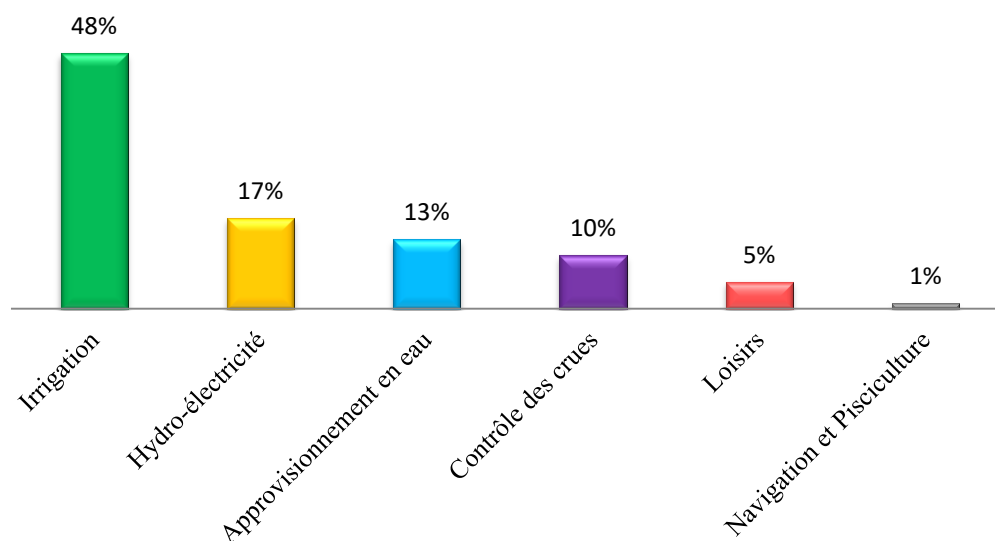


Fig I. 26 : Histogramme présente les statistiques des grands barrages du monde selon le rôle

Source : Etablit par l'auteur sur la base de Registre Mondial des Grands Barrages

⁵¹Anton J.Schleiss et Henri Pougatasch « LES BARRAGES –Du projet à la mise en service », Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne, mai 2011, page 05.

⁵²https://www.icold-cigb.org/FR/barrages/role_des_barrages.asp, consulté le 14/06/2021.



III.3. Historique des barrages :

A travers l'histoire de l'humanité, l'homme a toujours cherché à retenir l'eau, la dériver, ou s'en protéger pour son plus grand bénéfice. Cette activité a commencé quasi simultanément dans toutes les civilisations, à des périodes très reculées, dans des zones très éloignées les unes des autres.⁵³

III.3.1. Le barrage de Sadd el-Kafara (l'ancien barrage du monde):

Pareillement le barrage de SADD EL KAFARA, construit sur l'oued Garawi, à 30 km au sud du Caïreen Egypte, sous la 3ème et la 4ème dynastie (2650- 2645 av JC) consistait en 2 murs de maçonnerie de moellons de 24 m d'épaisseur à la base, enserrant un noyau de terre de 36 m d'épaisseur. L'ouvrage de 12 m de hauteur et de 108 m de longueur, fut très rapidement ruiné par submersion, car il ne possédait pas d'évacuateur de crues.⁵⁴

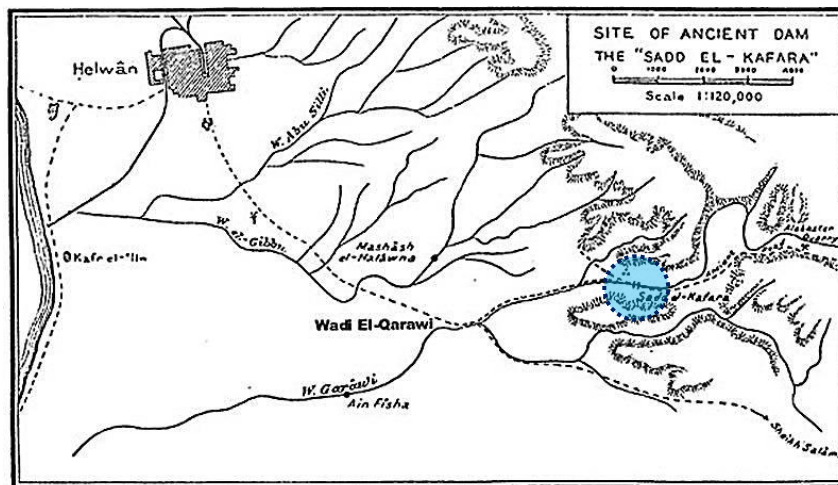


Fig I. 27 : Situation du barrage de Sadd-el-Kafarasur l'oued Garawi
 Source : <https://egyptophile.blogspot.com/2015/10/sadd-al-kafara-barrage-ephemere-des.html>, consulté le 13/06/2021.

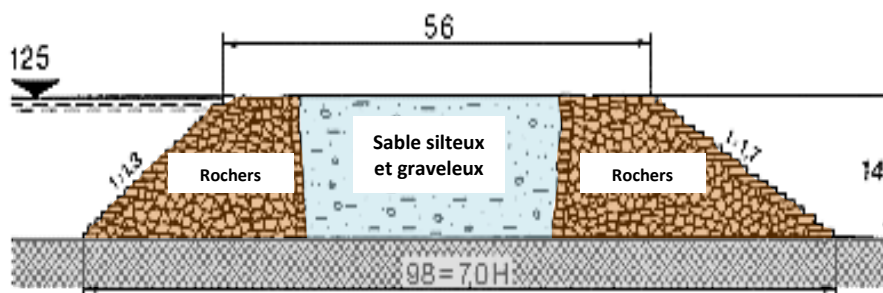


Fig I. 28: Coupe transversale du barrage de Sadd el Kafara
 Source : Cfbr (comité français des barrages et réservoirs) « L'histoire des barrages », Document technique, Juin 2013 traité par l'auteur.

⁵³Cfbr (comité français des barrages et réservoirs) « L'histoire des barrages », Document technique, Juin 2013, page 01.

⁵⁴ Idem, page 02.



III.3.2. Le barrage du Kef (le premier barrage en Algérie):

Le barrage du Kef est situé sur l'Oued Tafna, à une dizaine de km à l'aval du barrage de Beni Bahdel. Construit probablement entre 1865 et 1870, il a une quinzaine de m de hauteur.⁵⁵

Le corps de l'ouvrage est constitué par des enrochements posés à sec et soigneusement rangés à la main, puis maçonnés à la chaux d'une manière évidemment rudimentaire. Le massif d'enrochements est revêtu d'une bonne maçonnerie de pierres de taille. L'ensemble est couronné par un dé de béton de construction beaucoup plus récente permettant le déversement de crues importantes, correspondant à une lame d'environ 2,00 m sur les 70 m de longueur de l'ouvrage.⁵⁶

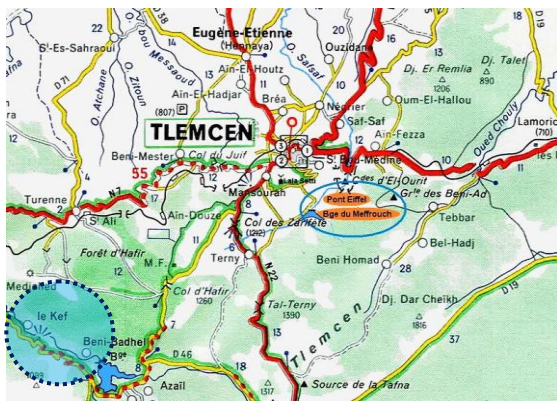


Fig I. 30: Situation de barrage du Kef

Source : PDF « Les différents types de barrages » swissdams- comité swiss des barrages.

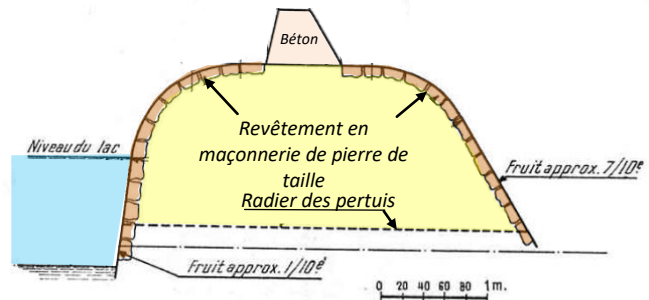


Fig I. 29: Coupe en travers de barrage du Kef

Source : PDF « Les différents types de barrages » swissdams- comité swiss des barrages- traité par l'auteur.



Fig I. 31: Les ruines du barrage de Kef

Source : PDF « Les différents types de barrages » swissdams- comité swiss des barrages.

⁵⁵Swissdams, « Les différents types de barrages », comité swiss des barrages.PDF

⁵⁶ https://encyclopedie-afn.org/Barrage_-_Kef, consulté le 13/06/2021.



III.4. Evolution des barrages:

o Dans le monde :

D'autres barrages grecques, romains, du moyen orient ou de l'extrême orient ont été construits depuis des millénaires, mais l'essor de construction des grands barrages n'a réellement commencé qu'avec le développement démographique et l'industrialisation à la fin du XIXème siècle. Aujourd'hui on estime à plus de 50000 le nombre de grands barrages en service dont près de 50% se trouvent en chine.⁵⁷



Fig I. 32 : Barrage de Trois Gorges en Chine « Le plus grand barrage du monde »

Source : <https://www.futura-sciences.com/planete/questions-reponses/developpement-durable-impact-ecologique-barrage-trois-gorges-4160/>, consulté le 14/06/2021.

o En Algérie :

Pour l'Algérie, les barrages ont commencé à être érigés à partir du 19ème siècle. A la fin de la période coloniale l'Algérie ne disposait que de 15 barrages sur tout le territoire .Aujourd'hui après des investissements considérables dans le secteur de l'hydraulique, 79 barrages sont exploités et répartis entre les différentes régions du pays. Les projections à 2030 prévoient à ce que le nombre passera à 139 barrages avec une capacité de stockage de 12 milliards de m3 sur l'ensemble du pays.⁵⁸



Fig I. 33 : Barrage de Beni Haroun « Le plus grand barrage en Algérie »

Source : <https://www.24hdz.com/mila-seisme-barrage-beni-haroun/>, consulté le 14/06/2021.

⁵⁷D r. LEHBAB et BOUKEZZI ZAKIA « Les barrages en remblai de terre », Département d'Hydraulique - Université des Sciences et de la Technologie d'Oran Mohamed BOUDIAF, page 01.

⁵⁸Idem, page 02.



III.5. Principaux éléments du barrage :⁵⁹

- o **La digue principale :**
Présenter le corps principal du barrage.
- o **Les ouvrages annexes :**
Sont les accessoires du barrage :
l'évacuateur de crues, les ouvrages de prise,
l'ouvrage de vidange, Les galeries de visites.

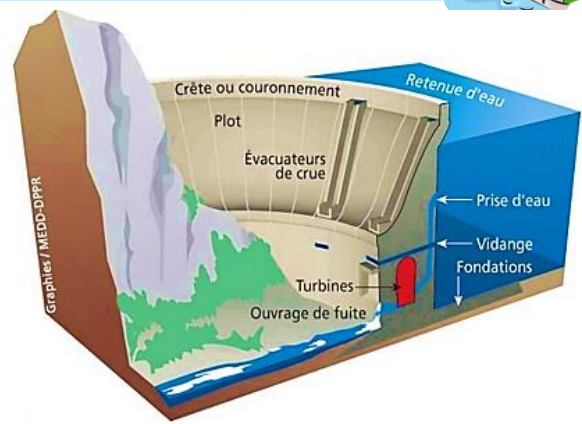


Fig I. 34 : Schéma des principaux éléments du barrage

Source: Dr. BESSEDIK Madani -Cours ouvrages hydrauliques – faculté de technologie – Université Aboubekr Belkaid.

III.6. Typologie des barrages :

III.4.1. Selon le mode de stockage :

- o **Barrage en surface ou souterrain :**

Le barrage souterrain est un barrage qui se réalise dans le lit d'oued. Il consiste à retenir les eaux souterraines contenant dans la nappe alluviale. Cependant, le barrage souterrain peut stocker aussi les eaux de la nappe phréatique. Dans ce cas, une digue beaucoup plus profonde s'impose. Contrairement au barrage en surface, le barrage Inferoflux est un barrage stable. Absence d'évaporation et d'envasement, Il alimente la population en eau de bonne qualité. Il se réalise dans le sous-sol, son eau occupe les vides ou les interstices du tissu granulat qui forme le réservoir du barrage.⁶⁰

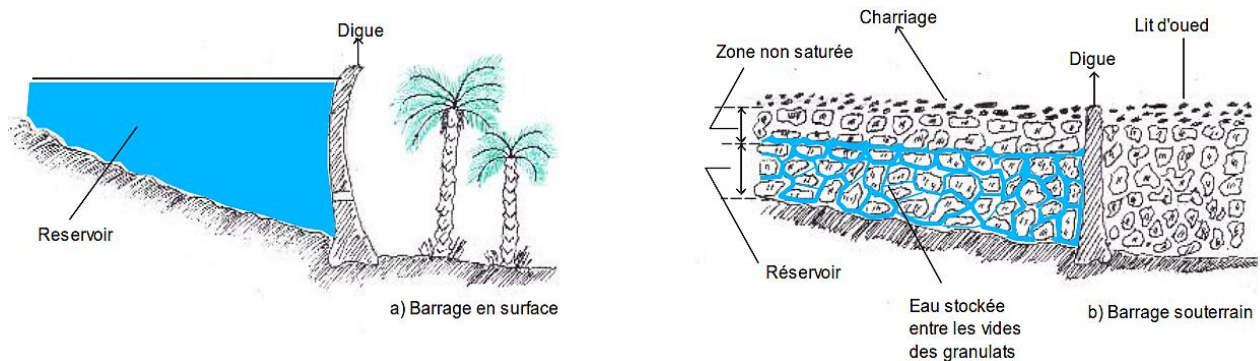


Fig I. 35 : Schéma présente la typologie des barrages selon le mode de stockage

Source : Remini.B - « De la foggara au barrage souterrain, la nappe inferoflux, une solution pour les régions arides », Larhyss Journal, 41 (2020),page 305.

⁵⁹ Inspiré de : Dr. BESSEDIK Madani -Cours ouvrages hydrauliques – faculté de technologie – Université Aboubekr Belkaid.

⁶⁰Remini.B - « De la foggara au barrage souterrain, la nappe inferoflux, une solution pour les régions arides » - Larhyss Journal, 41 (2020), page 305.



III.4.2. Selon la nature du matériau de construction utilisé:

a. Barrages rigides en béton ou en maçonnerie:

Les barrages rigides se distinguent par leur forme, et leur manière de s'opposer à la poussée de l'eau, Il existe 3 principales formes de barrages rigides :⁶¹

o **Barrage-poids :**

En béton ou en pierre, c'est le plus simple et le plus lourd. Il est vertical par rapport à la retenue et incliné par rapport à la vallée. Il s'appuie uniquement sur le sol. Ainsi, il oppose toute sa masse à la pression de l'eau.

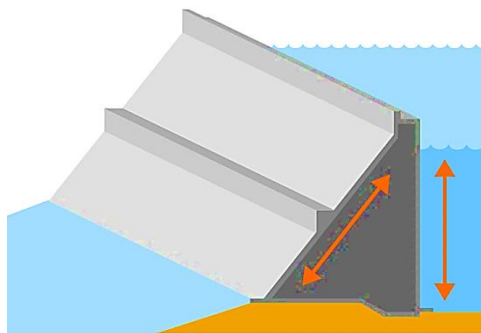


Fig I. 37 : Schéma de barrage poids

Source : <https://www.edf.fr/groupe-edf/espaces-dedies/l-energie-de-a-a-z/tout-sur-l-energie/produire-de-l-electricite/les-differentes-formes-de-barrages>, consulté le 15/06/2021.



Fig I. 36 : Barrage de Djorf Torba à Béchar

Source : <http://dknews-dz.com/article/100383-bechar-lancement-dune-operation-de-devasement-du-barrage-de-djorf-ettorba.html>, Consulté le 15/06/2021.

o **Barrage-voûte :**

En béton, il s'appuie en partie sur des parois rocheuses. Grâce à sa forme courbe, il reporte la pression de l'eau sur les rives. Il peut aussi être soutenu par des contreforts. Il est incliné par rapport à la retenue et vertical par rapport à la vallée. Il est souvent utilisé dans des vallées étroites.

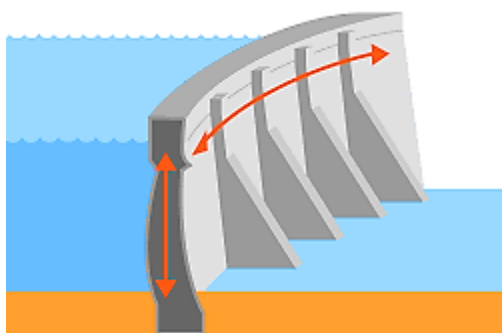


Fig I. 39 : Schéma de barrage voûte

Source : <https://www.edf.fr/groupe-edf/espaces-dedies/l-energie-de-a-a-z/tout-sur-l-energie/produire-de-l-electricite/les-differentes-formes-de-barrages>, consulté le 15/06/2021.



Fig I. 38 : Barrage de Foum El Gherza à Biskra

Source : <https://www.isl.fr/fr/activites/projets/confortement-des-barrages-algeriens>, Consulté le 21/02/2021.

⁶¹ <https://www.edf.fr/groupe-edf/espaces-dedies/l-energie-de-a-a-z/tout-sur-l-energie/produire-de-l-electricite/les-differentes-formes-de-barrages>, consulté le 15/06/2021.



o **Barrage à contreforts :**

Ses contreforts triangulaires en béton lui permettent de reporter la pression de l'eau vers le sol. Il est très léger car son poids se réduit seulement à celui des contreforts.

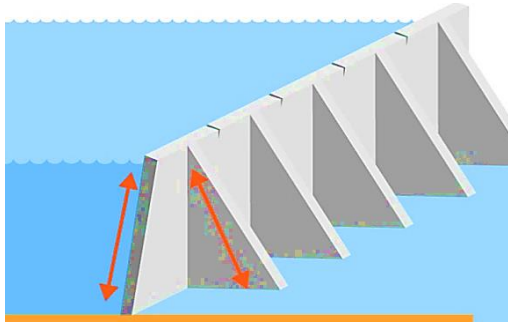


Fig I. 40 : Schéma de barrage à contreforts

Source : <https://www.edf.fr/groupe-edf/espaces-dedies/l-energie-de-a-a-z/tout-sur-l-energie/produire-de-l-electricite/les-differentes-formes-de-barrages>, consulté le 15/06/2021.



Fig I. 41 : Barrage de Ksob à M'Sila

Source : <https://docplayer.fr/51845056-Barrages-et-ouvrages-annexes.html>, Consulté le 21/02/2021.

b. **Barrages souples en remblai :**

Les barrages en remblai sont constitués essentiellement de matériaux granulaires naturels meubles prélevés à proximité immédiate de l'ouvrage. On distingue deux catégories de barrages en remblai ⁶²:

o **Barrage en terre :**

Tous les barrages en terre peuvent être considérés comme des barrages poids, c'est-à-dire qu'ils résistent à la pression de l'eau par leur propre poids. C'est ce qui explique leur section de forme trapézoïdale, Ils sont réalisés essentiellement à partir de sols naturels meubles prélevés dans des gravières.

On les trouve sous trois types : barrage en terre homogène, barrage à noyau et barrage à masque. ⁶³

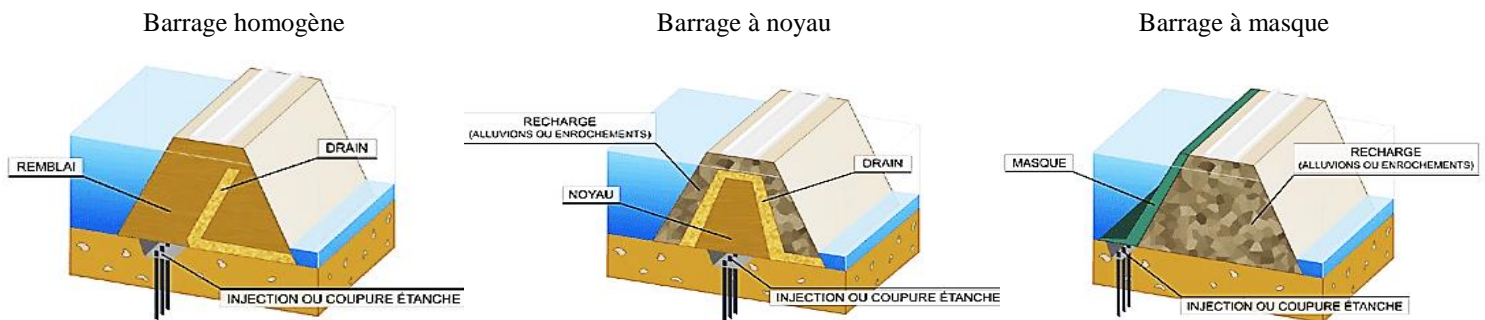


Fig I. 42 : Schémas de différents types de barrage en terre

Source : <http://www.planete-tp.com/barrages-en-remblai-a122.html>, consulté le 15/06/2021.

⁶²Anton J.Schleiss et Henri Pougatasch-« LES BARRAGES –Du projet à la mise en service »-Presses Polytechniques et Universitaires Romandes_Lausanne, mai 2011, page 57.

⁶³ <http://www.planete-tp.com/barrages-en-remblai-a122.html>, consulté le 15/06/2021.



o **Barrage en enrochements :**

Les barrages en enrochements, dont la majeure partie est constituée de matériaux de carrière concassés, ces derniers sont toujours perméables (à des degrés divers). Ces enrochements sont donc toujours associés à un autre élément assurant la fonction d'étanchéité. On distingue trois types de barrage en enrochements : à noyau central, à masque amont, à diaphragme.⁶⁴

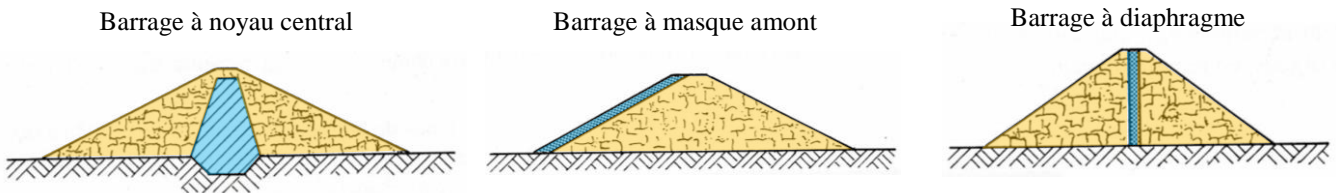


Fig I. 43 : Coupes schématiques de différents types de barrage en enrochement

Source : Anton J.Schleiss et Henri Pougatasch-« LES BARRAGES –Du projet à la mise en service »- Presses Polytechniques et Universitaires Romandes Lausanne, mai 2011, page58, traité par l'auteur.



Fig I. 45 : Barrage en remblai d'Aïn Zada à Bordj Bou Arreridj

Source : <https://www.facebook.com/anbt.cc/posts/670808629956066/> ,Consulté le 16/06/2021.



Fig I. 44 : Barrage en enrochements du Hamiz à Boumerdès

Source : <https://www.aps.dz/economie/88396-irrigation-d-appoint-des-cereales-a-boumerdes-un-million-de-m3-d-eau-mobilise-au-barrage-el-hamiz>, Consulté le 16/06/2021.

⁶⁴Anton J.Schleiss et Henri Pougatasch, op.cit, pages 57-58.



IV. Lecture des exemples :

Exemple n°01 : Rénovation du barrage de Bimont et mise en valeur de patrimoine classé

○ **Motivation du choix :**

On a choisi cet exemple pour la valeur historique du barrage de Bimont qui est considéré comme un ouvrage du patrimoine hydraulique, ainsi leur situation au cœur d'un site classé, et donc cet exemple nous aidera pour préserver notre patrimoine des barrages, et pour apprendre d'assurer et de développer les fonctions des barrages historiques pour la présente et la future utilisation.

○ **Situation de barrage de Bimont :**

Le barrage de Bimont situé dans la commune de Saint-Marc-Jaumegarde à la France, dans un site patrimonial classé, et sur la rivière d'Infèrent.

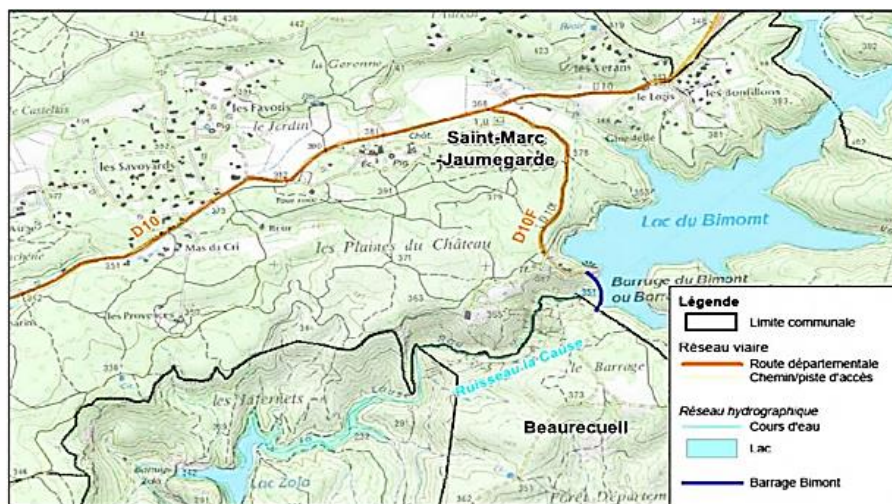


Fig I. 46: Situation de barrage du Bimont

Source : Autorité environnementale, Avis délibéré du 8 juillet 2015 sur le projet de rénovation du barrage de Bimont et de ses ouvrages annexes.

○ **Présentation de barrage :**⁶⁵

Le barrage de Bimont constitue un ouvrage majeur du patrimoine hydraulique régional et ceci à plusieurs titres. Réserve de sécurité stratégique pour l'alimentation en eau du réseau de la Société du Canal de Provence, il se situe au cœur du site classé de la « Montagne Sainte-Victoire ». Il représente ainsi un élément essentiel à l'attraction touristique d'une zone qui accueille plus de 200 000 personnes par an.



Fig I. 47: Vue générale sur le barrage de Bimont

Source: <https://www.barrages-cfbr.eu/>, Consulté le 16/06/2021.

⁶⁵Société du Canal de Provence, « Le barrage de Bimont fait peau neuve », 28 mai 2018, page 02.



○ Objectifs de projet d'intervention :⁶⁶

La Société du Canal de Provence, forte de sa compétence en ingénierie hydraulique et de son expérience en conduite d'opérations de rénovation, finance et pilote l'ensemble de ces travaux dont les objectifs sont :

- ✓ la rénovation du barrage pour assurer et développer ses fonctionnalités pour les prochaines décennies : alimentation, sécurisation, production électrique.
- ✓ la mise en valeur de ce patrimoine visité par plus de 200 000 personnes par an.

○ Les causes de dégradation:⁶⁷

- Les désordres constatés sur une partie de la voûte de cet ouvrage consistent en des fissurations sur les plots en rive droite de l'ouvrage, qui ont été provoquées par un phénomène de gonflement du béton lié à l'usage d'un ciment inapproprié durant une période du chantier de construction.

- Les fissures sont apparues dix ans environ après la mise en service, sur les plots 2 à 6 de l'ouvrage, en rive droite du barrage. Le gonflement est dû à une réaction chimique appelée «réaction sulfatique interne».



Fig I. 49: Les fissures apparus dans le barrage de Bimont

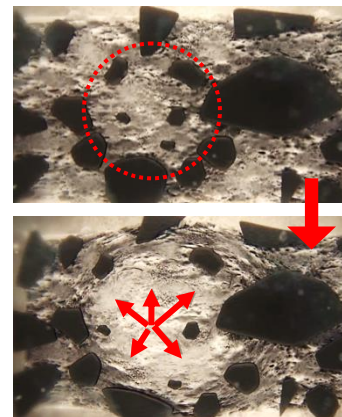


Fig I. 48: Schéma présente le phénomène de gonflement

Source : <https://www.youtube.com/watch?v=pNF7BdhDd2A&t=4s>, consulté le 12/06/2021

○ La rénovation du barrage de Bimont:

Les travaux de rénovation ont donc pour objectif de réhabiliter les secteurs endommagés. Une fois les travaux effectués, il pourra être envisagé de remonter le niveau de la retenue et le barrage pourra de nouveau être exploité pour satisfaire à l'évolution des besoins des bénéficiaires du service de l'eau (le volume d'eau passera de 14 à 25 Mm³).⁶⁸

Le projet de rénovation du barrage est suivi des certaines étapes pendant 3 ans :

⁶⁶<https://bimontfaitpeauneuve.fr/>, consulté le 21/02/2021.

⁶⁷Autorité environnementale du CGEDD, Avis délibéré du 8 juillet 2015 sur le projet de rénovation du barrage de Bimont et de ses ouvrages annexes, page 05.

⁶⁸Société du Canal de Provence, op.cit, page 08.



✓ 2016 Garantir la continuité du service de l'eau :⁶⁹

Création d'une conduite de dérivation pour assurer la continuité d'alimentation en eau des bénéficiaires, pendant les travaux qui nécessitent en effet une vidange de la retenue.



Fig I. 50: La conduite de dérivation créée dans le barrage de Bimont

Source : Société du Canal de Provence, « Le barrage de Bimont fait peau neuve », mai 2018.

✓ 2017 Vidanger de la retenue :⁷⁰

Pour permettre les travaux sur le barrage, le plan d'eau a été vidé petit à petit pendant l'été 2017 afin de consommer au fur et à mesure l'eau stockée dans la réserve, sans gaspillage, en alimentant le réseau.



Fig I. 51: Vidange de la retenue de l'eau

Source : Société du Canal de Provence, op.cit.

✓ 2017 – 2019 Effectuer les travaux pour plus de modernité et sécurité :

Les travaux seront l'occasion de moderniser le barrage en prenant en compte les nouvelles règles en vigueur et les technologies les plus récentes.

Les travaux sont envisagés sur la voûte, ils consistent à :⁷¹

1. Renforcer au préalable les plots par des barres passives horizontales ancrées de part et d'autre des fissures internes, avec un maillage assez serré pour permettre la suite des opérations en sécurité.

2. Remplir par injection de coulis de ciment les fissures internes, les fissures apparentes et les joints inter-plots.

3. Réaliser d'un réseau de drainage au pied aval du barrage.

4. Renforcer les culées rive gauche et rive droite par la mise en place de tirants d'ancrage verticaux scellés au terrain de fondation.

5. Etancher le parement amont au niveau des plots côté rive droite, par la pose d'une membrane, pour éliminer tout risque de pénétration d'eau en pression et éviter la reprise du phénomène de gonflement lors de la remontée de la cote d'exploitation.

⁶⁹<https://bimontfaitpeauneuve.fr/>, consulté le 21/02/2021.

⁷⁰ Société du Canal de Provence, op.cit, page 08.

⁷¹ Autorité environnementale du CGEDD, op.cit, page 06.

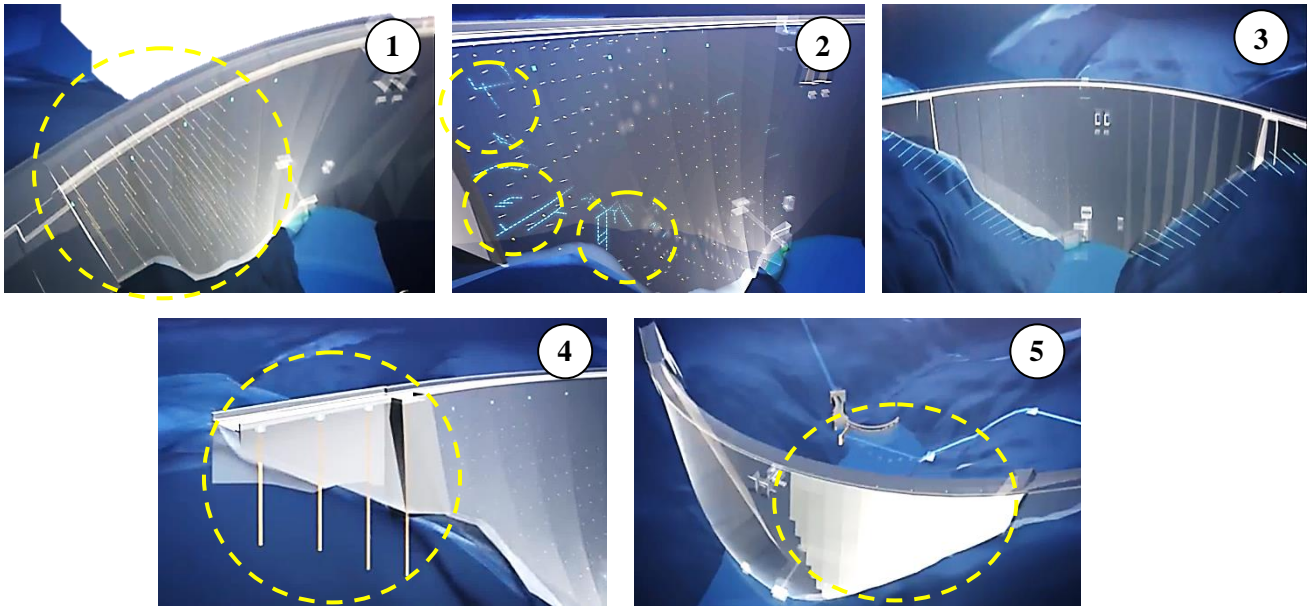


Fig I. 52: Schémas illustratifs des travaux de rénovation de barrage de Bimont

Source : <https://www.youtube.com/watch?v=pNF7BdhDd2A&t=4s>, consulté le 12/06/2021

✓ **2019 Rendre le barrage à nouveau opérationnel :**

Remise en eau progressive de la retenue et réouverture du site au public.

○ **Mise en valeur du patrimoine classé :**⁷²

La mise en valeur du patrimoine classé par l'amélioration de l'accès au site du barrage de Bimont reçoit près de 200 000 visiteurs par an. Les travaux sont l'occasion de sécuriser ses accès et les cheminements touristiques, Des clôtures et des systèmes anti-chute sont installés sur la crête du barrage.



Fig I. 53: La crête du barrage accessible

Source : <https://bimontfaitpeauneuve.fr/>, consulté le 21/02/2021.



Synthèse :

La préservation d'un ouvrage majeur du patrimoine hydraulique qui situé dans un site classé, est une opération sérieuse nécessite une surveillance permanente, et des études précises pour intervenir en cas de dommage, tout en utilisant les nouvelles techniques qui permet de faciliter le contrôle du barrage en distance, et les bien intégrés pour garder la valeur historique de barrage. Toutes ces considérations contribuées au développement du barrage, et à l'amélioration de tourisme dans la région.

⁷²<https://barragedebimont.com/les-travaux/>, consulté le 21/02/2021.



Exemple n°02 : Confortement du barrage de Caromb-Paty

○ Motivation du choix :

On a opté pour cet exemple de barrage, car ce dernier et de même caractéristiques avec notre barrage de Milok, un barrage poids en maçonnerie, il est considéré comme le deuxième plus ancien grand barrage encore en service. Donc on va bénéficier de leur manière de conservation malgré l'ancienneté du barrage.

○ Situation de barrage :

Le barrage de Caromb-Paty se situe dans la commune de Caromb à la France sur la rivière Ravin du Lauron, ce site était très escarpé et très difficile d'accès pour construire ce barrage, avant la réalisation de la route actuelle en 1945.⁷³

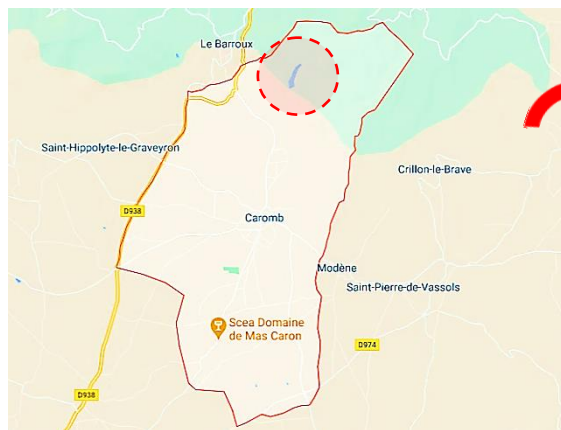


Fig I. 55: Situation du lac de Paty dans la commune de Caromb

Source : <https://www.google.com/maps/@44.1070732,5.0885159,12.5z?hl=fr>, consulté le 20/02/2021.

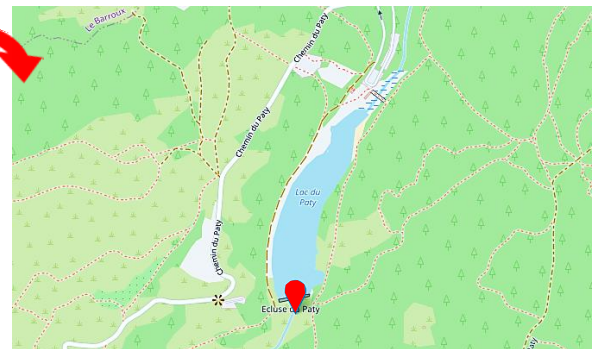


Fig I. 54: Situation du barrage de Caromb-Paty

Source : <https://www.barrages-cfbr.eu/Paty.html>, consulté le 20/02/2021.

○ Description de barrage :

Le barrage du Paty à Caromb est un barrage en maçonnerie très ancien, haut de près de 20 m. Son profil est trapézoïdal, avec un parement amont vertical, un parement aval à fruit très faible mais avec une forte largeur en crête.⁷⁴

Sa crête est déversante et il est équipé de deux prises d'eau étagées et d'une vanne de vidange de fond.⁷⁵



Fig I. 56: Vue générale sur le barrage de Caromb-Paty

Source : <https://www.barrages-cfbr.eu/Paty.html>, consulté le 20/02/2021.

⁷³<http://www.lacdupaty.fr/site-lac-du-paty/le-barrage>, consulté le 20/02/2021.

⁷⁴http://wikihydro.developpementdurable.gouv.fr/index.php/Wikibardig:R%C3%A9habilitation_et_confortement, consulté le 20/02/2021.

⁷⁵<http://www.lacdupaty.fr/site-lac-du-paty/le-barrage>, consulté le 20/02/2021.



○ **Un barrage exceptionnel pour l'époque :**

Une des caractéristiques exceptionnelles de ce barrage est qu'il a été équipé, dès sa conception par le père Morand, d'un ingénieux système de drainage interne, qui lui permet d'évacuer des fondations, les infiltrations d'eau (les sous-pressions) qui peuvent être dangereuses pour la stabilité d'un barrage.⁷⁶

○ **Etat de conservation du barrage :**

L'ouvrage a traversé les siècles sans trop de problèmes, bien que son entretien ait connu plus ou moins de sérieux. Le barrage de Caromb est le deuxième plus ancien «grand barrage» encore en service, il est inscrit au registre mondial des grands barrages.⁷⁷

○ **Les travaux de confortement :**⁷⁸

✓ **En 1973**, une visite des services de contrôle de l'État fait apparaître des déformations de l'ouvrage. On met en doute la stabilité du barrage. Ils sont chargés d'étudier la solution technique la mieux adaptée.

- On vidange entièrement la retenue, avec difficulté car la vanne de fond n'a pas été manipulée depuis bien longtemps.

✓ **En 1974**, les travaux de confortement commencent :

- On nivelle, on répare les joints, on remplace les vannes, on amène l'électricité sur le site.

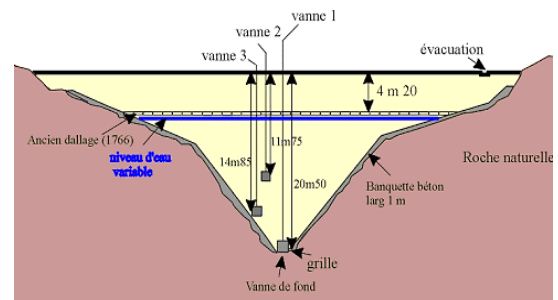


Fig I. 57: Schéma illustre les travaux exécutés au barrage
Source : https://encryptedtbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQ_gL33BhxeXkTHchglCK8VscJgWFIDLAQe0A&usqp=CAU, consulté 02/07/2021.

- On coule en place une énorme masse de béton (500 m³) à l'

- aval, c'est le blocage du pied aval par un confortement béton, qui chargée d'éviter un éventuel glissement de l'ouvrage sur ses fondations.

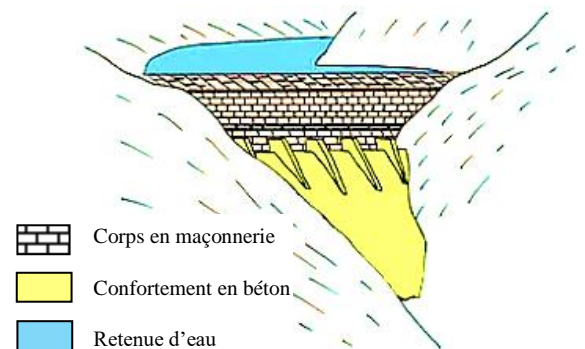


Fig I. 58: Schéma illustre le confortement du barrage

Source : L'eau richesse de Caromb, PDF, traité par l'auteur.

⁷⁶ <http://www.lacdupaty.fr/site-lac-du-paty/le-barrage>, consulté le 20/02/2021.

⁷⁷ Idem.

⁷⁸ L'eau richesse de Caromb, page 09, PDF.



- ✓ En 1977, la retenue est remise en eau après seulement 114 jours d'attente.



Fig I. 59: Ledes Caromb après l'intervention
Source : L'eau richesse de Caromb, PDF.

- **Tous les ans un examen de contrôle :**
Chaque année, une visite technique approfondie est faite par les services de contrôle. Tous les éléments mécaniques sont vérifiés, ainsi que la maçonnerie de l'ouvrage.



Fig I. 60 : Travaux de contrôle du barrage
Source : <https://mapio.net/pic/p-11167507/>, consulté 02/07/2021.

- **Tous les dix ans la revue de sûreté :**
Tous les dix ans, une revue de sûreté est organisée (visite décennale). Outre les vérifications classiques de l'ouvrage, mais encore plus poussées, il est indispensable, lors de cette revue de sûreté de vérifier et contrôler tous les éléments invisibles. Ces contrôles peuvent être effectués par des robots ou des plongeurs munis de caméras, en fonction de la visibilité sous l'eau.⁷⁹



Fig I. 61: Travaux lors de la visite décennale
Source : L'eau richesse de Caromb, PDF.



Synthèse :

Le barrage de Caromb-Paty par leur ancienneté, a traversé des siècles sans trop de problèmes, outre la dernière instabilité du barrage qui nécessitait des travaux de confortement, pour rendre le barrage fonctionnel et exploitable prochainement, et tout ça grâce à l'entretien périodique et aux contrôles sérieux et bien organisés, qui contribue à la valorisation de cet ouvrage patrimonial.

⁷⁹ Idem.



Conclusion :

L'intérêt et la valeur des biens à protéger marquent l'importance de patrimoine hérité d'une génération à une autre, il présente une mémoire vivante permet d'imaginer la vie de l'être humain à l'époque, et de distinguer l'identité de chaque pays, par leur diversité qui touche plusieurs domaines, et notre cas s'intéresse par le domaine des ouvrages hydrauliques, comme un patrimoine matériel hors de l'ordinaire, cet héritage aborde la créativité de l'homme à travers l'histoire pour exploiter le liquide de la vie « l'eau », notamment les barrages qui présente une grande importance depuis longtemps, qu'on doit assurer leur protection à travers les référents juridiques, et leur valorisation par leur identification.

Chapitre II : Etude contextuelle



Introduction :

Le présent chapitre dédié à notre contexte d'étude, la région de Laghouat par présenter leur situation et aborder leurs caractéristiques qui distingue une région à une autre, ainsi leur historique qui forme un patrimoine local naturel et matériel, en identifiant les ouvrages hydrauliques historiques de la région, et en découvrant leurs barrages exceptionnels.

I. Présentation de la région de Laghouat :

I.1 Situation de la wilaya de Laghouat :

I.2.1 Situation géographique :

La wilaya de Laghouat est située au sud de la capitale Alger, sur l'axe de la RN°01 en plein carrefour nord-sud et est-ouest du pays, Elle occupe une superficie de 25052 km² avec une position centrale en Algérie reliant les hauts plateaux avec le Sahara.⁸⁰

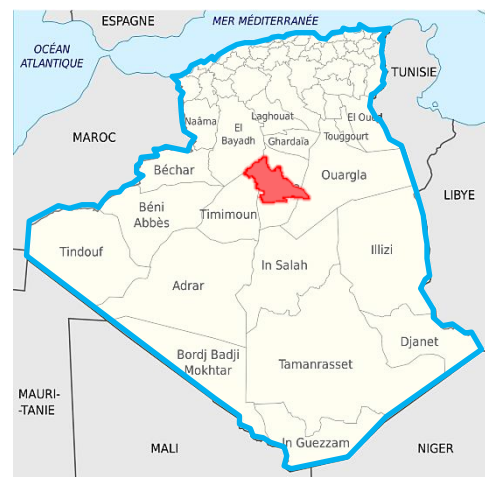


Fig.II. 1: Situation de Laghouat

Source :<https://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Algerie,administrative.svg>

I.2.2 Situation administrative :⁸¹

La wilaya de Laghouat fait partie du groupe des neuf Wilayas pastorales de l'Algérie ainsi que des Wilayas du Sud. Elle est limitée par les wilayas suivante : au nord-ouest Tiaret, au nord-est Djelfa, au sud Ghardaïa, à l'ouest d'El Bayadh.

Sur le plan administratif, la wilaya de Laghouat compte 24 communes réparties à travers 10 daïra, selon le découpage administratif de 1974 ainsi que celui de 1984.

I.2.3 Situation démographique :⁸²

La population totale de la wilaya est estimée à 661 700 Habitants (décembre 2016), soit une densité de : 26.41 Hab. /Km².

⁸⁰ Direction du tourisme et de l'artisanat Laghouat, Guide touristique « LAGHOUAT carrefour des cultures ».

⁸¹ Le D.P.S.B, Monographie de La Wilaya de Laghouat Edition 2020, page 08.

⁸² Idem, page 08.

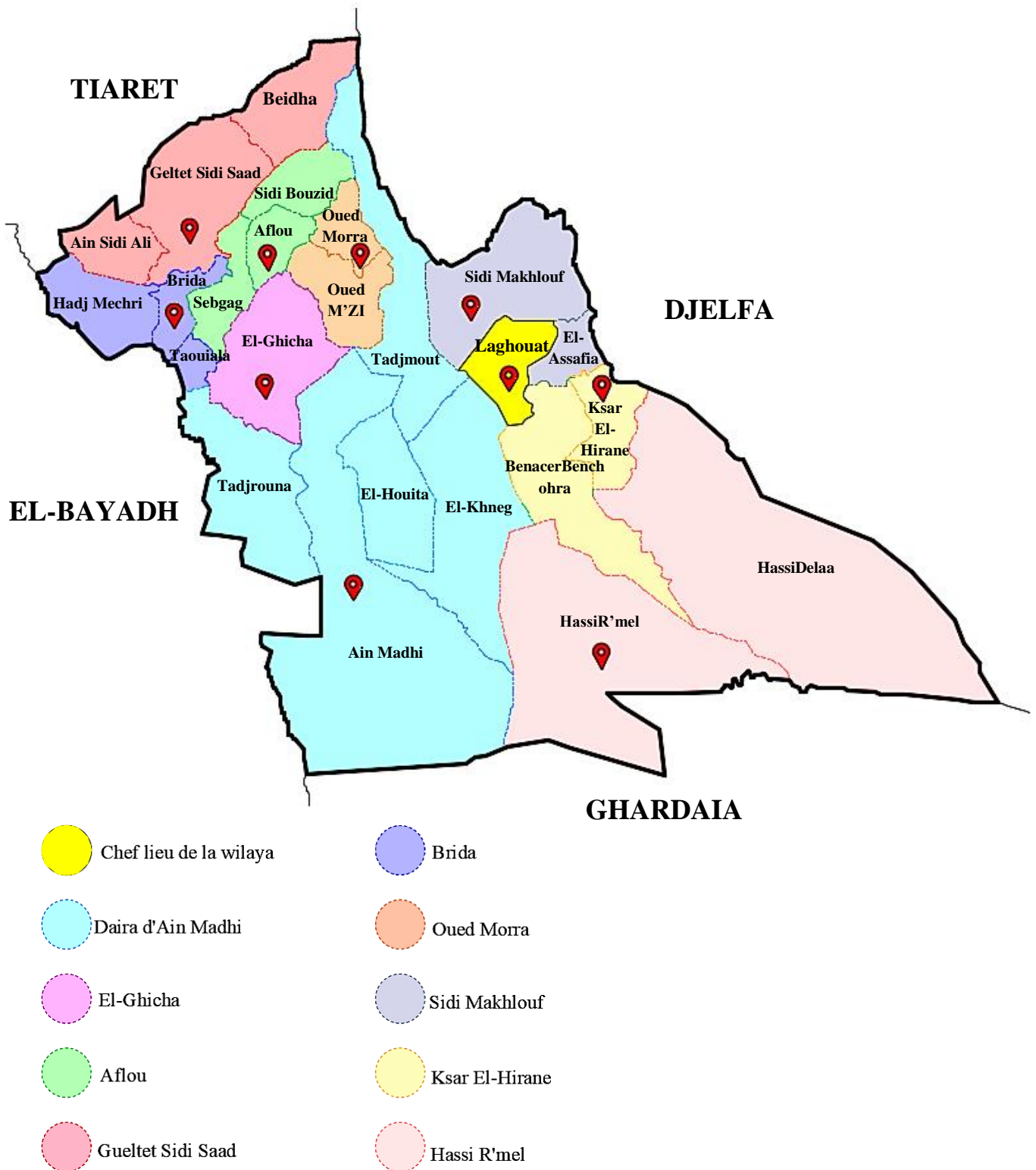


Fig.II. 2: Carte de découpage administrative de la wilaya de Laghouat

Source : Auteur



I.2 Topographie de la région :

Sur le plan naturel, la wilaya de Laghouat est constituée de trois zones distinctes :⁸³

I.2.1 La première zone : représente l'Atlas Saharien, elle est située dans le nord-ouest de l'état, plus précisément au nord de Djebel Amour, et se caractérise par des altitudes allant de 1000 à 1700 m. On peut la distinguer en deux sous-régions: les Hauts Plateaux au nord et la région montagneuse au sud. Elle comprend les daïra suivantes : Guellet Sidi Saad, Aflou, Brida, El-Ghicha et Oued Mora. La caractéristique la plus importante de cette région c'est la source des vallées les plus importantes d'Algérie, à savoir la vallée de Chlef à travers son affluent Oued Twil, et Oued Djedi à travers son affluent Oued M'ZI.

I.2.2 La deuxième zone : représente Les steppes sont situées au centre de la région de Laghouat, caractérisées par des altitudes allant de 700 à 1.000 m, Elles sont connues comme des zones pastorales. Cette zone comprend les daïra suivantes : Sidi Makhlouf, Laghouat et la partie nord du daïra d'Ain Madhi, elle est constituée de vastes étendues steppiques dont une grande partie a été dégradée sous l'effet des sécheresses prolongées.

I.2.3 La troisième zone : représente la région de désert ou ce que l'on appelle le plateau désertique située dans la partie sud de la wilaya de Laghouat, Elle comprend tout le district de Hassi R'mel, la partie sud de la daïra de Ksar El Hiran et la partie sud de la daïra d'Ain Madhi. Elle se caractérise par son manque de la couverture végétale.

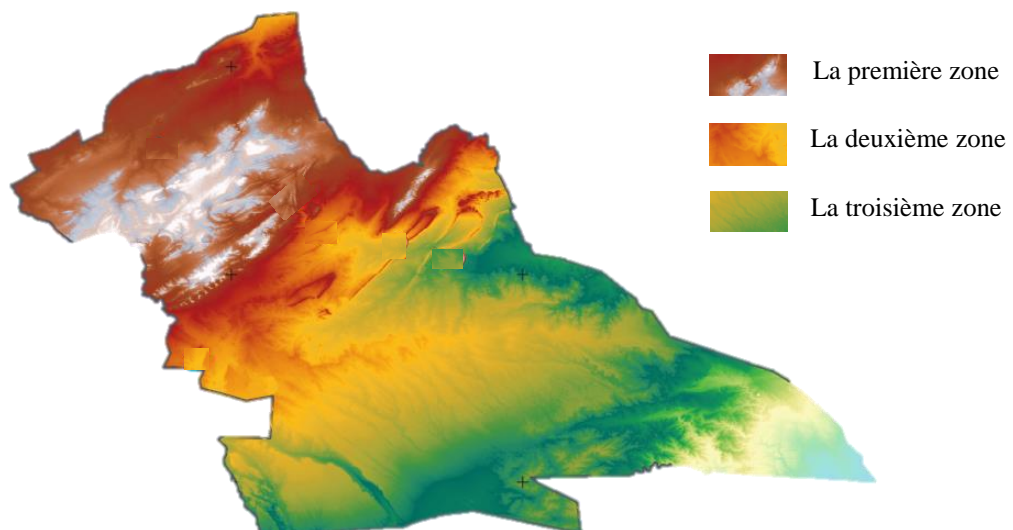


Fig.II. 3: Carte topographique de la region de Laghouat

Source : Mr. Saad Saoud

⁸³AMARA Yacine, « Etude Bio-écologique des peuplements de fourmis dans la région de Laghouat », Thèse de Magister en sciences agronomiques, Ecole nationale supérieur agronomique El-Harrach, ALGER.



I.3 Ressources hydriques de la région :

La région de Laghouat possède une richesse en eau :⁸⁴

I.3.1 Eaux en surface :

- **Oued M'ZI** : s'écoule le long du pied sud des montagnes de l'Atlas saharien, et ses eaux s'enfoncent dans les sables du désert. Il s'étend sur une longueur de 700 km, et son cours pénètre la plupart des communes du nord de la wilaya de Laghouat, notamment la ville de Laghouat.
- **Oued Messad** : est située au sud de la ville de Laghouat, il y a aussi d'autres ruisseaux, même s'ils sont secondaires, mais ils sont d'une grande importance pour les habitants de la région, dont les plus importants sont : Oued Milok... etc.

I.3.2 Eaux souterraines :

La commune de Laghouat a de bonnes conditions pour la formation de réservoirs d'eaux souterraines, malgré le climat sec et l'absence de ruissellement superficiel. Cette couche se situe principalement sur l'axe de l'oued M'ZI. Selon l'emplacement des réservoirs d'eau souterrains, on trouve plusieurs formations dont les plus importantes sont :

- **Couche libre** : cette couche s'étend sur la majeure partie de la commune de Laghouat, et sa profondeur moyenne est estimée entre (50-25 m), qui est la principale ressource des puits traditionnels, et c'est l'eau de pluie, car ses proportions changent selon les quantités de précipitations, et donc il ne peut pas répondre aux besoins en eau de la commune.
- **Couche d'ALBIAN** : Sa profondeur varie entre (200-900 m). Il couvre l'ensemble des besoins en eau de la commune de Laghouat en particulier et la wilaya en général. Que ce soit dans la consommation d'eau potable, l'irrigation ou l'industrie.

شريفى حاتم, " تصميم مشروع حضري بيئي في إطار تهيئة حواف واد مزى ", مذكرة نيل شهادة ماستر في الهندسة المعمارية , جامعة عمار 84
تليجي-الأغواط 2020 , صفحة 30-31.



Chapitre II : Etude contextuelle

I.4 Infrastructure de base :

Les infrastructures de base de la wilaya se traduisent par :

I.4.1 Réseau routier :⁸⁵

- **Routes nationales** : 403 Km de routes nationales présentés par :

RN°01 : relie entre le nord et le sud du pays.

RN°23 : traversé le chef-lieu de la wilaya vers le nord-ouest du pays (wilaya de Tiaret).

RN°47 : mène de la commune d'Aflou vers la wilaya d'El Bayadh.

- **Chemins de wilaya** : 573 Km de chemins de wilaya
- **Chemins communaux** : 500 Km de chemins communaux, reliant les différentes communes de la wilaya.

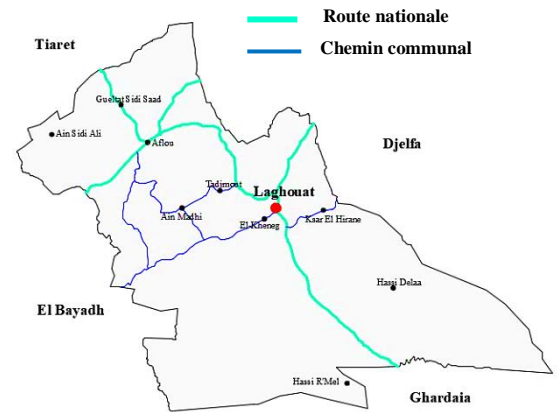


Fig.II. 4: Le réseau routier de Laghouat
Source : Auteur

I.4.2 Réseau ferroviaire :⁸⁶

Trois opérations de renforcement du réseau de transport par rail sont étudiées dans la wilaya de Laghouat. Il s'agit d'études relatives à la réalisation de :

- Un projet de ligne reliant Djelfa à Laghouat.
- Une voie ferrée reliant les wilayas de Djelfa et d'El-Bayadh via Aflou (Laghouat).
- Une voie ferrée reliant Laghouat à celle de Ghardaïa.

L'étude porte également sur la réalisation d'une gare de voyageurs et d'une autre réservée au transport de marchandise à la commune de Laghouat et d'autre au niveau de la commune d'Aflou.

I.4.3 Réseau aérien:⁸⁷

Laghouat possède un aéroport de « Moulay Ahmed Medeghri » situé au sud de la ville de Laghouat et mise en service en 2003, il est destiné à recevoir les marchandises et les voyageurs.

⁸⁵ Direction de Tourisme de la wilaya de Laghouat, Guide touristique « LAGHOUAT tourisme richesse et potentialité », page10.

⁸⁶ <https://www.radioalgerie.dz/news/fr/article/20170108/99551.html-article> « Transport ferroviaire : renforcement du réseau à Laghouat », consulté le 26/05/202.

⁸⁷ Guide touristique, op.cit, page10.



I.5 Climat de la région :

- **Pluviométrie :**

Découlant du relief, le climat est froid et semi-aride de type continental au Nord-Ouest de la wilaya de Laghouat avec une pluviométrie variant de 300 à 400 mm, des chutes de neige et des gelées blanches.⁸⁸

Dans la région des steppes, le climat est froid et aride de type saharien au centre de la wilaya ou la pluviométrie varie entre 150 mm.

Le climat de la région désertique est chaud et sec du désert au sud de la wilaya avec une pluviométrie estimée à 50 mm.⁸⁹

- **Température :⁹⁰**

La région nord de la wilaya de Laghouat caractérisée par une température plus de 25.7°C pour les mois chauds (Juillet et Août), et plus de 05.2°C pour les mois plus froids (Décembre et Janvier).

Pour la région sud de la wilaya, la température des mois chauds est variée entre 31.7°C, et la température des mois plus froids est variée entre 09.2°C

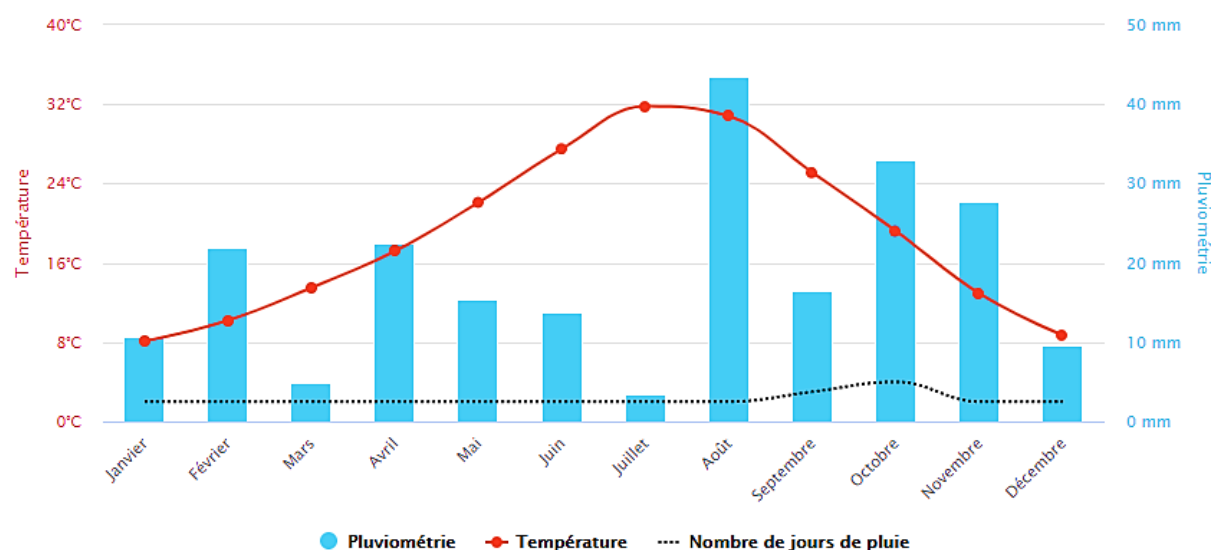


Fig II. 1: Diagramme climatique (température – pluviométrie) de Laghouat

Source : https://planificateur.a-contresens.net/afrique/algerie/wilaya_de_laghouat/laghouat/2491191.html, consulté le 28/05/2021.

⁸⁸ Le D.P.S.B, op.cit, page 11.

⁸⁹ <https://fr.climate-data.org/afrique/algerie/laghouat> (d'après la classification des climats selon Köppen-Geiger), consulté le 28/05/2021.

⁹⁰ Le D.P.S.B, op.cit, page 15.



Chapitre II : Etude contextuelle

- **Les vents dominants:**⁹¹

Durant les saisons Automne, Hiver et Printemps les vents dominants à Laghouat sont de secteur Ouest à Nord- Ouest ce sont des vents froids favorisent le déplacement des nuages qui viennent du Nord.

En période estivale ce sont les vents chauds et desséchants venant de l'Est et de Sud accentués par des vents de sable parfois violents.

En été, le Sirocco venant de Sud et Sud-Ouest, un vent sec et extrêmement chaud d'origine Saharienne (baptisé localement le Chehili) provoque des dessèchements, ces vents sont souvent violents.



Synthèse :

La région de Laghouat dominée par un climat aride :

- Des précipitations faibles et irrégulières.
- Des températures élevées et des vents chauds et secs en période estivale.

⁹¹ Zohra HOUYOU « Impact de la mise en culture en pluvial sur la dégradation du sol par érosion éolienne dans la steppe centrale (cas de la région de Laghouat) », Mémoire de Doctorat en Sciences Agronomiques- ECOLE NATIONALE SUPERIEURE AGRONOMIQUE EL-HARRACH-ALGER , Juin 2015 , page 61.



II. Aperçu historique sur la région de Laghouat :

Des preuves irréfutables démontrent que la région de LAGHOUAT remonte très loin dans le temps ; En effet, l'existence de stations de gravures rupestres, d'outils préhistoriques, de tumulus de pierres sèches, d'abris sous les roches avec amoncellement de cendres et os calcinés au milieu desquels on retrouve des silex grossièrement taillés, prouvent la présence d'une communauté humaine dans la région et ce, avant l'histoire.

Par ailleurs, beaucoup de vestiges et de sites historiques témoignent de la présence d'une population de sédentaires autochtones, qui s'étaient concentrés au niveau des deux rives du plus important Oued de la région, l'Oued M'ZI.⁹²

II.1 Le patrimoine de la région de Laghouat:

La wilaya de Laghouat possède un patrimoine touristique riche et diversifié. La nature l'a dotée de paysages et de sites merveilleux qui ont inspiré de nombreux artistes tels : Etienne Dinet, Jean Melia, et Fromentin. Les atouts touristiques de la wilaya se traduisent par :

II.1.1 Le patrimoine naturel:

La situation géographique de Laghouat a fait en sorte qu'elle bénéficie de sites naturels uniques et envoûtants tels que : les palmeraies d'El Assafia, les jardins et les cascades d'El Ghicha, les rivières et sources qui jaillissent des rochers, la chaîne de montagnes de l'Atlas saharien et du Djebel Lazrag aux couleurs chatoyantes, les steppes et le plateau saharien, et les merveilleux couchers de soleil.⁹³



Fig.II. 5: la palmeraie d'El Assafia

Source :<https://www.pinterest.fr/pin/829014243899290270/>, consulté le 16/06/2021.

⁹²Le D.P.S.B, op.cit, page 04.

⁹³ Direction de Tourisme de la wilaya de Laghouat, op.cit, page 04.



o Le cratère de Madna ou «Talemzane» :

Le cratère météorique de Madna est considéré comme l'un des plus beaux et les plus importants au monde et parmi les mieux préservés. Il est situé à 40 km au sud-est de la commune de Hassi Delaa, dans la wilaya de Laghouat. Il a été découvert en 1928, bien qu'il se trouve là depuis au moins trois milliards d'années, après la pénétration d'un météore géant. La structure du cratère est presque circulaire et mesure 1750 m de diamètre. Les points les plus élevés des bords du cratère dominent le fond de 70m environ.⁹⁴



Fig.II. 6: Le cratère de Madna

Source : https://twitter.com/medinadz_/status/1220288902973530117, consulté le 16/06/2021.

o Kafel-Maleh :

Le Kef est considéré comme l'un de la nature brillante de la région, il est situé dans la municipalité de Tadjrouna et exactement à la frontière entre Laghouat et El-Bayadh, où le visiteur est surpris par l'étrangeté de cette montagne, qui renferme des couleurs étranges et surprenantes, tant les sommets de ses montagnes et son sol sont colorés différemment. Il contient au milieu une magnifique grotte, située à l'intérieur de deux pentes qui forment à leur tour le chemin difficile menant à la grotte, a une longueur estimée à 150 m, une voie navigable provient de l'intérieur de la montagne très salée utilisée pour traiter les maladies de la peau.⁹⁵



Fig.II. 7: Kaf El-Maleh

Source: Direction de la culture de Laghouat.

⁹⁴ <https://babzman.com/le-cratere-de-talemzane-ou-cratere-de-madna/>, consulté le 16/06/2021.

⁹⁵ La direction de la culture de Laghouat.



II.1.2 Le patrimoine matériel :

La direction de la culture de la wilaya de Laghouat compte 105 sites et monuments archéologiques pour les inscrire dans la liste de l'inventaire supplémentaire présentés par des stations de gravures rupestres, des ksours de l'ère amazighe et autres de l'ère islamique,....⁹⁶

o Les gravures rupestres :

Laghouat présente pas moins de 40 stations rupestres tels que la station de Sfisifa, Djebel El Hasbaya, Brida et Sidi Mekhlouf, Aïn fasfsa,.....qui datent de plus de 7000 ans : Elles représentent la vie quotidienne des hommes préhistoriques à travers des scènes de chasse d'animaux tels « les bovidés, les équidés et les éléphants.... ».⁹⁷

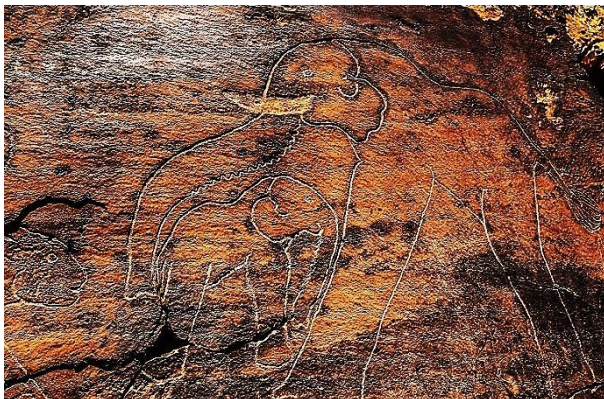


Fig.II. 9: La station de Sfisifa à El-Ghicha

Source : <https://www.vitaminedz.com/fr/Algerie/elephant-protegeant-son-elephanteau-gravures-rupestres-203682-Photos-3-14207-1.html>, consulté le 16/06/2021.



Fig.II. 8: La station de Aïn fasfsa au Djebel Lazrag

Source : <http://sidielhadjaissa.over-blog.com/2016/10/retour-a-laghouat-ces-merveilleuses-gravures-rupestres-a-decouvrir.html>, consulté le 16/06/2021.

o Les Ksours: ⁹⁸

Il existe 31 sites de vestiges des Ksours berbères situés sur les sommets des montagnes El-Amour (région d'Aflou), tels que Ksar Aknab (à Hadj Mechri), Kasr Tameda (Gueltet Sidi Saad). Kasr El- Namous et Ksar El-Roumiah à la commune d'Oued M'ZI, qui exprime l'âge de l'établissement humain dans la région, tant cette époque regorge de la présence d'un grand nombre de monuments funéraires à proximité de ces ksours.

⁹⁶ La direction de la culture, op.cit.

⁹⁷ Direction de Tourisme de la wilaya de Laghouat, op.cit, page 05.

⁹⁸ La direction de la culture, op.cit.



Chapitre II : Etude contextuelle

Laghouat présente dix ksours islamiques fondés du 13^{ème} au 17^{ème} siècle après JC, formant le premier noyau de certaines communes de la wilaya de Laghouat, Le ksar dans cette région caractérisé par une architecture qui ressemble étroitement aux ksours du désert.

Les Ksours islamiques de la région sont : Ksar Taouiala, Ksar Tadjrouna, Ksar El-Assafia, Ksar Tadjmout, Ksar Ain Madhi, Ksar El-Houita, Ksar Sidi Bouzid, Ksar El-Ghaicha, Ksar El-Maia, Ksar El-Badouiyat(kheneg).



Fig.II. 11: Ksar d'Ain Madhi

Source : <http://sidielhadjaissa.over-blog.com/2015/05/ksar-de-ain-madhi-par-kays-djillali.html>, consulté le 16/06/2021.



Fig.II. 10: Ksar de Taouiala

Source : <https://www.facebook.com/AlsyahAlshrawyAljzayryt/photos/le-ksar-de-taouiala-laghouat/166964313509666>, consulté le 16/06/2021.

I. Le patrimoine hydraulique de la région de Laghouat :

La région de Laghouat présente un patrimoine hydraulique très important, « *On améliore l'aménagement des eaux de surface par la construction de barrages et de réservoirs, on entreprend la recherche des eaux souterraines par la construction de puits ; enfin, des canalisations maçonnées (séguies) amènent à l'oasis les eaux en provenance des sources naturelles* ». ⁹⁹

D'après nos recherches faites dans le domaine des ouvrages hydrauliques historiques, et sur la base des données de la direction de ressources en eau de la wilaya de Laghouat, On peut classer les ouvrages hydrauliques historiques de la région de Laghouat comme suit :

⁹⁹Odette Petit, « LAGHOUAT Essai d'histoire sociale », Paris Collège de France 1976, page 47.



III.1. Les ouvrages de retenue d'eau ou barrages:

III.1.1. Les anciennes digues:

Laghouat est traversée par l'Oued-Lekhier, dérivation de l'Oued-Mzi, dont les eaux apportent la fertilité dans les jardins, grâce à la construction de plusieurs barrages. Un premier barrage arabe, en pierres sèches et terre, dérive les eaux de l'Oued-Mzi et les amène, par une conduite particulière, dans l'oasis Sud à travers l'échancrure sur laquelle est bâtie Laghouat.¹⁰⁰



Fig.II. 12: Tracé de l'ancienne digue d'Oued M' ZI

Source : Mr. Benadjila Madani

III.1.2. Le Barrage de MARGUERITTE (Barrage de Fort Morand):

Le Barrage de Margueritte est un ouvrage ancre au rocher de Morand et au Kef Rabet dans le lit d'Oued M'ZI, cette dérivation faite en pierre de taille et jointe à la chaux retenait les eaux qui provenaient des Galerie FLAMAND, Il était destiné à l'irrigation de Daia El-Gueblia.¹⁰¹



Fig.II. 13: Ruine du barrage de MARGHEURITTE

Source : Photographie de l'auteur

III.1.3. Barrage El-Fatha :

Au lieu dit « El FATHA » dans le lit de l'Oued M'ZI, situé à 8 km à l'Est de Laghouat en bordure de la piste Laghouat-El Assafia, le barrage d'El-Fatha était construit (en 1910). Ce barrage d'épandage de crues et d'inféroflux est destiné à la distribution des eaux vers le M'Kharreg. Il était détruit en 26 septembre 1925 une destruction complète à cause une grosse crue, Il était reconstruit à nouveau en 1926, Ensuite, il a subi une série des opérations de consolidations.¹⁰²



Fig.II. 14: Barrage El-Fatha

Source : Satellites pro traité par l'auteur

¹⁰⁰ E. MANGIN ,« Note sur l'histoire de Laghouat ».

¹⁰¹D'après une publication de Mr.Bezli Mohammed.

¹⁰²La direction de ressources en eau de Laghouat, archive colonial.



III.1.4. Le Barrage Souterrain de Tadjmout :

Du nom du Ksar situé à 25 km à l'Ouest et Sud-Ouest de LAGHOUAT, est un ouvrage hydraulique d'un type très particulier, le premier de son espèce en Algérie. Il a pour but, tout en laissant passer les crues (digue enterrée, portant en crête une chaussée submersible formant seuil déversant), de capter le sous-écoulement alluvionnaire de l'Oued M'ZI.¹⁰³



Fig.II. 15: Barrage inféroflux de Tadjmout

Source : <https://www.facebook.com/tadjemoutnews/photos/pcb.569895976784184/569895863450862/>, consulté le 17/06/2021.

III.1.1. Le Barrage historique de Milok :

Est un ouvrage écrêteur de crues ayant rôle essentiel de supprimer les dommages que causait périodiquement l'oued dans la traversée et a l'aval de la cluse. Il est réalisé suivant une technique originale. Au vu de la difficulté d'accès des lieux.¹⁰⁴



Fig.II. 16: Barrage de Milok

Source : Photographie de l'auteur

III.2. Les ouvrages de captage de l'eau :

III.2.1 Les puits :

Les puits souvent utilisées depuis longtemps dans la région de Laghouat comme des ouvrages hydrauliques ayant pour but de puiser de l'eau dans une nappe d'eau souterraine, et de la rapporter en surface. Elles n'offrent que de faibles débits malgré que les réserves d'eau souterraines sont considérables, Les puits se trouvent au niveau de chaque jardin, elles ont été utilisées pour pallier à l'insuffisance de l'eau d'irrigation parfois notamment en été, ils ont été construits en maçonnerie avec une couverture.

« *La construction des puits maçonnés et couverts* ». ¹⁰⁵

¹⁰³ La direction de ressources en eau de Laghouat, archive colonial.

¹⁰⁴ Idem.

¹⁰⁵ Odette Petit, op.cit, page 47.



III.2.2 Les forages :

Les forages souvent connus dans la région de Laghouat depuis la présence de la colonisation, ils ont utilisé pour faire des études sur le sol (forage ou puits d'étude) ou bien pour capter les eaux souterraines afin d'irriguer les champs ou d'alimenter la population en eau potable.

« *Le commandant Margueritte eut soin de faire creuser un peu partout des puits* »¹⁰⁶,
« *Les détails se rapportant à l'implantation de la garnison, aux différentes constructions, à l'établissement des barrages, au forage des puits...* ».¹⁰⁷

III.3. Les ouvrages de dérivation de l'eau :

III.3.1 Les Seguias :

Une séguia est un canal d'irrigation en terre à ciel ouvert rencontré souvent dans les oasis et dans les ksours, Elle sert à dériver les eaux d'une source d'eau vers les champs d'agriculture par gravité grâce à la pente naturelle, le réseau des séguias dans notre région de Laghouat est divisé en deux domaines public (au niveau des ruelles d'oasis) et un domaine privé (au niveau des jardins), elle commence avec une grande largeur et se diminue vers les champs, c'est une technique traditionnelle utilisée dans la majorité des communes de la région de Laghouat depuis longtemps.



Fig.II. 17: Séguia en terre à Ain Madhi
Source : Photographie de l'auteur

« *C'est-à-dire du cours d'eau destiné à arroser tous les jardins. Cette séguia est resserrée entre les murs de ces jardins, et dans son déroulement serpentin elle a, pour dons aux passants, sa fraîcheur, sa tendresse et son silence* ».¹⁰⁸

¹⁰⁶JEAN MELIA, « LAGHOUAT OU LES MAISONS ENTOURÉES DE JARDINS » PARIS Librairie Plon, page30.

¹⁰⁷Odette Petit, op.cit, page147.

¹⁰⁸JEAN MELIA,op.cit, page40.



III.3.2 Les canaux cimentés :

Durant la période coloniale, les canaux de séguias dans le domaine public étaient améliorés, ils deviennent cimentés pour réduire les pertes de l'eau au cours de l'écoulement.

« ...des canalisations maçonnées (séguies) amènent à l'oasis les eaux en provenance des sources naturelles.. »¹⁰⁹

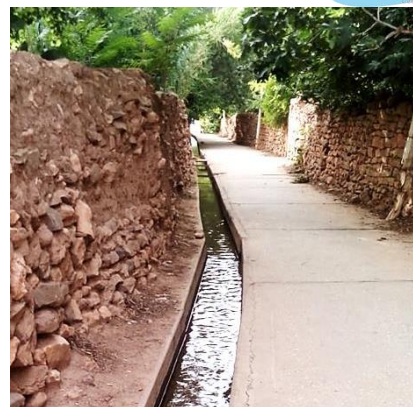


Fig.II. 18: Canal cimenté à Ain Madhi

Source : Photographie de l'auteur

III.3.3 Les conduites de dérivation :

L'alimentation en eau potable de la population de Ksar était assurée par le réseau de Séguia, la seule source d'eau dans l'oasis appart les puits traditionnels au niveau des jardins, le service de colonisation dans la région de Laghouat fut amélioré l'alimentation en potable par la création des conduites de dérivation d'eau servent à véhiculer l'eau potable d'un réservoir mère vers la ville pour l'utilisation à l'aide d'une station de pompage.

III.3.4 Les norias :

La noria est une machine hydraulique permettant d'élever l'eau en utilisant l'énergie produite par le courant, elle était existée dans les Ksours de Laghouat à l'époque coloniale, « Des norias à chapelets en fonte sont installés à Laghouat et dans les ksour..., ces norias sont utilisées pour la culture des céréales, pour le jardinage et pour abreuver les troupeaux ». ¹¹⁰

III.3.5 Les moulins à eau :

La présence des moulins hydrauliques dans la région de Laghouat est assurée par le Moulin R'HA à la commune d'El-Ghicha. Lors d'une expédition dirigée par le colonel NIQUEUX qui devient surpris par la beauté du paysage sauvage et pittoresque de la région, décida alors de faire construire en 1862 un moulin à eau sur le cours supérieur de l'Oued ElGhicha à environ 02 km du Ksar par des tacherons espagnols. Appelé par les habitants locaux (R'HA).³²



Fig.II. 19: Les traces de Moulin R'ha

Source : Aouissi Hadjer, op.cit.

¹⁰⁹Odette Petit, op.cit, page47.

¹¹⁰Idem.

¹¹¹Aouissi Hadjer, « La mise en valeur paysagère du site historique et naturel D'El Ghicha-Cas d'étude : Restauration et récupération du mécanisme du moulin hydraulique », Mémoire de master, Juin 2019, page 49.



III.3.6 El-Sefridj :

De la bâtisse, sortait un filet d'eau, prolongement de la grande seguia. Il n'est plus. L'eau arrivait d'un trou béant après avoir généreusement irrigué le jardin de l'administrateur. Elle alimente le lavoir public, le Sefridj. L'abreuvoir aux multiples services, sorte de collecteur principal avait son importance dans l'activité journalière des autochtones.¹¹²



Fig.II. 20: Le lavoir public El-Sefridj

Source : Mr. Benadjila

III.3. Les ouvrages de stockage de l'eau :

III.4.1. Les réservoirs :

La construction des réservoirs dans la région de Laghouat était à l'époque coloniale, les cartes historiques d'alimentation en eau potable de service de l'Hydraulique présente des installations d'adductions telles que les réservoirs d'une capacité atteint à 2000 m³, se trouvent au niveau des sources d'eau naturel hors de la ville, ou bien dans la ville au niveau des grandes bâtisses (l'armée militaire).

III.4.2. Les bassins:

La construction des bassins à notre région de Laghouat est destinée à recevoir de l'eau souterraine qui provenant des puits a une température tellement basse qu'on doit l'emmagasiner dans des bassins à ciel ouvert pour l'exposer aux rayons solaires avant son utilisation, les bassins était construit en maçonnerie à une capacité atteint à 60 m³.

« Pourvues de bassins en maçonnerie contenant de 40 à 60 mètres-cubes d'eau »¹¹³

¹¹² <http://ancienssportifsdelaghouat.over-blog.com/2017/12/mon-oasis-d-antan.html>, consulté le 20/05/2021.

¹¹³ Odette Petit, op.cit, page47.



IV. Panorama des barrages de la région de Laghouat :

L'eau est un élément essentiel pour la vie de chaque être vivant, depuis longtemps l'homme cherche de l'eau pour s'installer au bord des rivières ou à côté des sources naturelles, Plus tard il rend un groupe de population qui est commencé à croître avec le temps, et donc ils sont progressivement éloignés de la source d'eau. Ils ont essayé de livrer l'eau aux vergers afin d'irriguer leurs cultures, ainsi que pour obtenir de l'eau potable et ils ont réussi, à l'aide des constructions primitives et des techniques traditionnelles, permettent de retenir de l'eau, se dériver et en fin s'exploiter. L'expérience était la solution avant la prise des études précises pour construire des ouvrages hydrauliques à grande échelle, tels que les barrages.

La région de Laghouat est connue la construction des barrages depuis la période précoloniale présentée par les digues en terre qui furent barrer le lit d'oued pour retenir l'eau et le dériver par gravité vers les palmeraies, à l'aide des « Séguias », cette expérience est appliquée dans la plupart des communes de la wilaya de Laghouat, dont la plus célèbre est celle de la ville de Laghouat « Les digues de l'oued M'ZI », Elle a eu le témoignage des nombreux auteurs coloniaux.

Durant la période coloniale, Laghouat connu une progression remarquable dans le domaine des barrages, les plus importants étaient implantés sur l'Oued M'ZI « Barrage de Marguerite, Barrage El-Fatha, Barrage inféoflux de Tadjmout » et d'autres sur les affluents d'oued « Barrage de Milok ».

Après l'indépendance, le service de l'hydrauliques de Laghouat continue la construction des barrages dans des différentes communes de la wilaya, dont quelques études étaient faites par le colonialisme avant de quitter le pays. « Barrage de Lalmaya » fut construit avec la même technique du Barrage de Milok, et « Barrage de Seklafa » est considéré comme le grand barrage de la région de Laghouat, et d'autres barrages exceptionnels caractérisés la région « Barrage El-Chergui et Barrage de Khengh Sidi Brahim ».



IV.1. Statistiques des barrages de la région de Laghouat:

Selon la direction des ressources en eau, la wilaya de Laghouat possède 22 barrages distribués sur leurs communes, En comptant uniquement les ouvrages récents et existants (voir l’annexe 01), On a essayé d’ajouter les barrages historiques et ceux qui en nouvellement lancés au statistiques, et On trouve globalement 29 barrages témoins de la région de Laghouat jusqu’à nos jour classés selon le type de l’ouvrage de retenue d’eau.

IV.1.1. Classification des barrages :

La classification des ouvrages de retenue d’eau* ou barrages dans notre pays est faite selon la hauteur de l’ouvrage, donc il existe 4 types de retenue d’eau en ordre : Digue, Retenue collinaire, Petit barrage et Barrage.

La majorité de ces ouvrages (treize) sont classés comme des retenues collinaires, huit sont des digues, huit autres sont classés comme des petits barrages et un seul ouvrage classé comme un barrage.

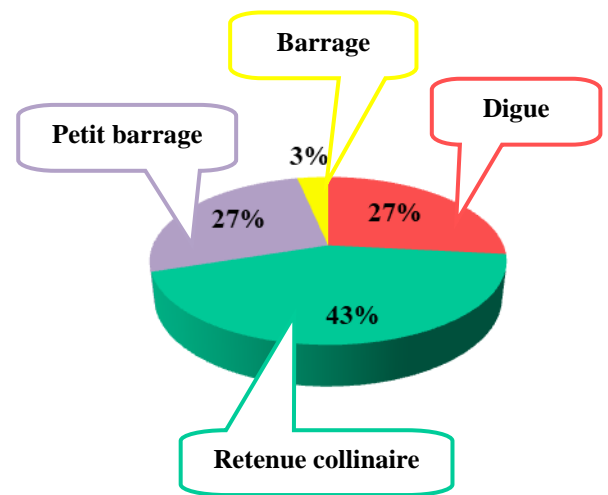


Fig II. 2: Secteur présente la classification des barrages de Laghouat.

Source : Auteur

IV.1.2. Etat de lieu des barrages :

Parmi les barrages de la région de Laghouat, il y a certains qui sont exploités et d’autres non exploités, certains ont disparu, d’autres sont abandonnés et certains sont nouvellement lancés.

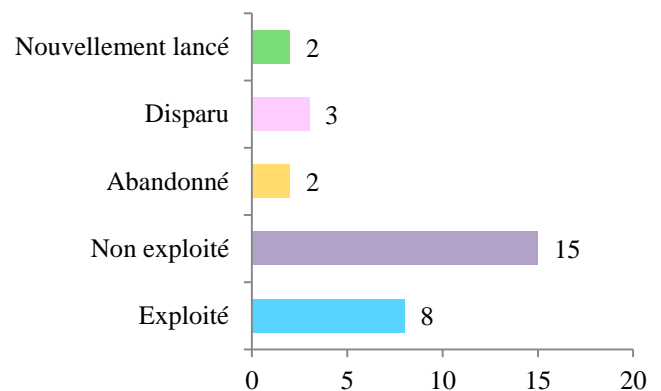


Fig II. 3: Histogramme présente l’état des barrages de Laghouat

Source : Auteur

* Classification des ouvrages de retenue d’eau d’après la direction de ressources en eau de Laghouat : Digue (h<5m), Retenue collinaire (h<10m), Petit barrage (10<h<15m), Barrage (h>15m).



IV.1.3. Chronologie des barrages exceptionnels de la région de Laghouat :

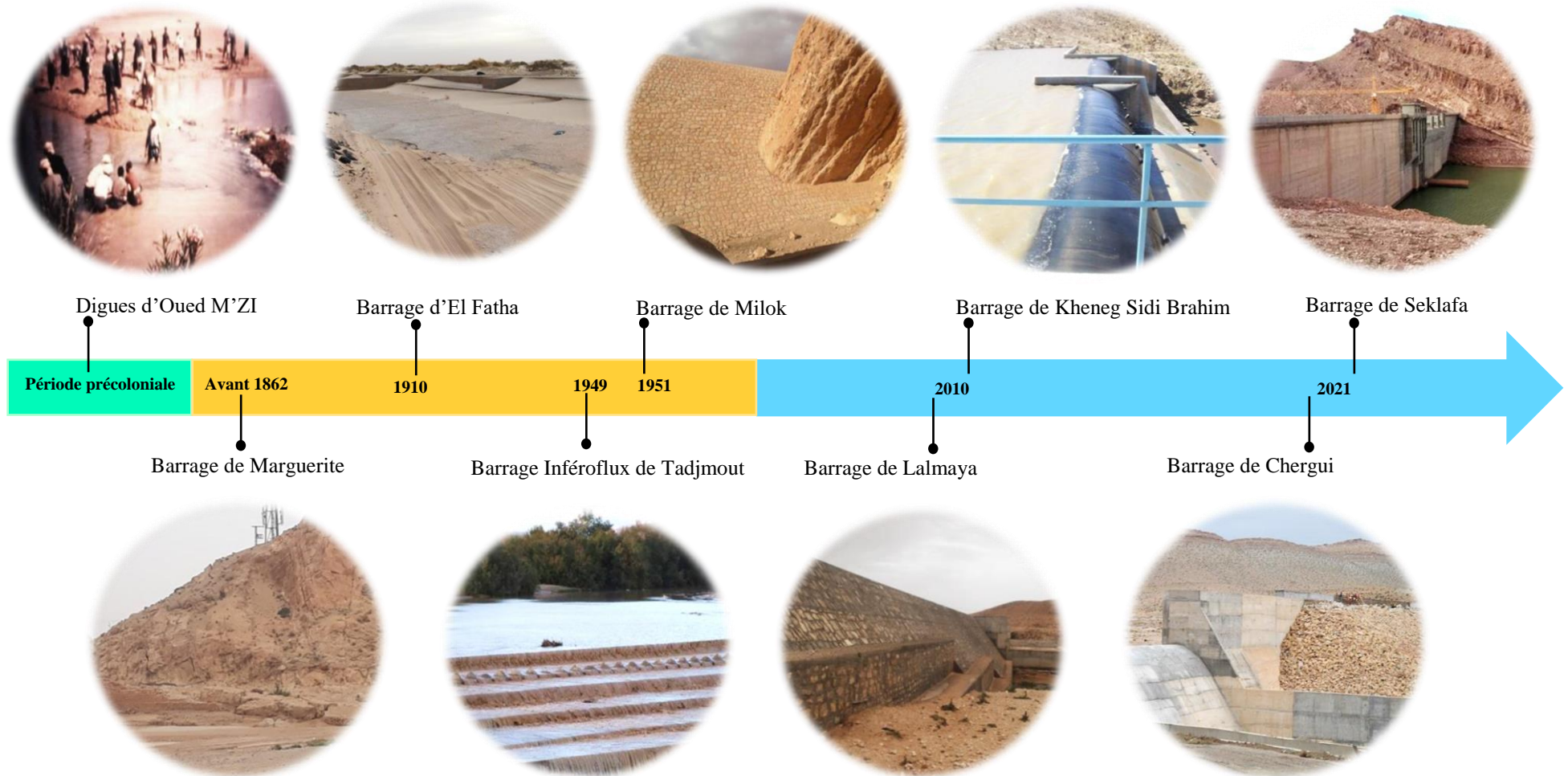
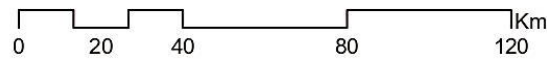
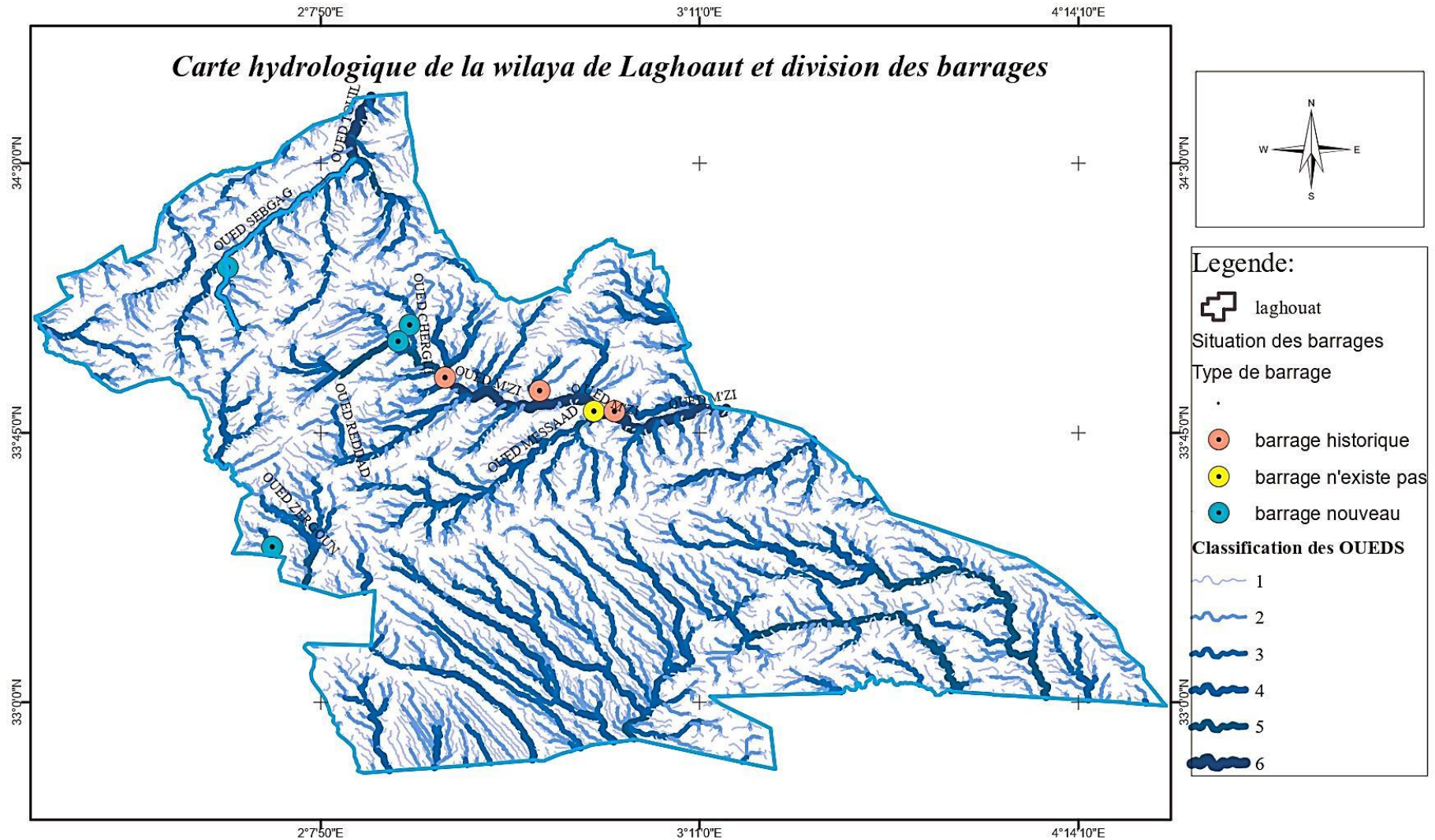


Fig.II. 21: Schéma représente la chronologie des barrages exceptionnels de la région de Laghouat

Source : Auteur



IV.1.4. Cadre spatial des barrages exceptionnels de la région de Laghouat:



Source:
 MNE: <https://earthexplorer.usgs.gov/>
 Limite administrative: www.diva-gis.org/gdata
 Localisation barrage: Direction de l'hydrolique, laghouat.

Produit par: SAAD SAOUD Wahid. tous droits réservés © 2021

Fig.II. 22: Carte hydrologique de la région de Laghouat

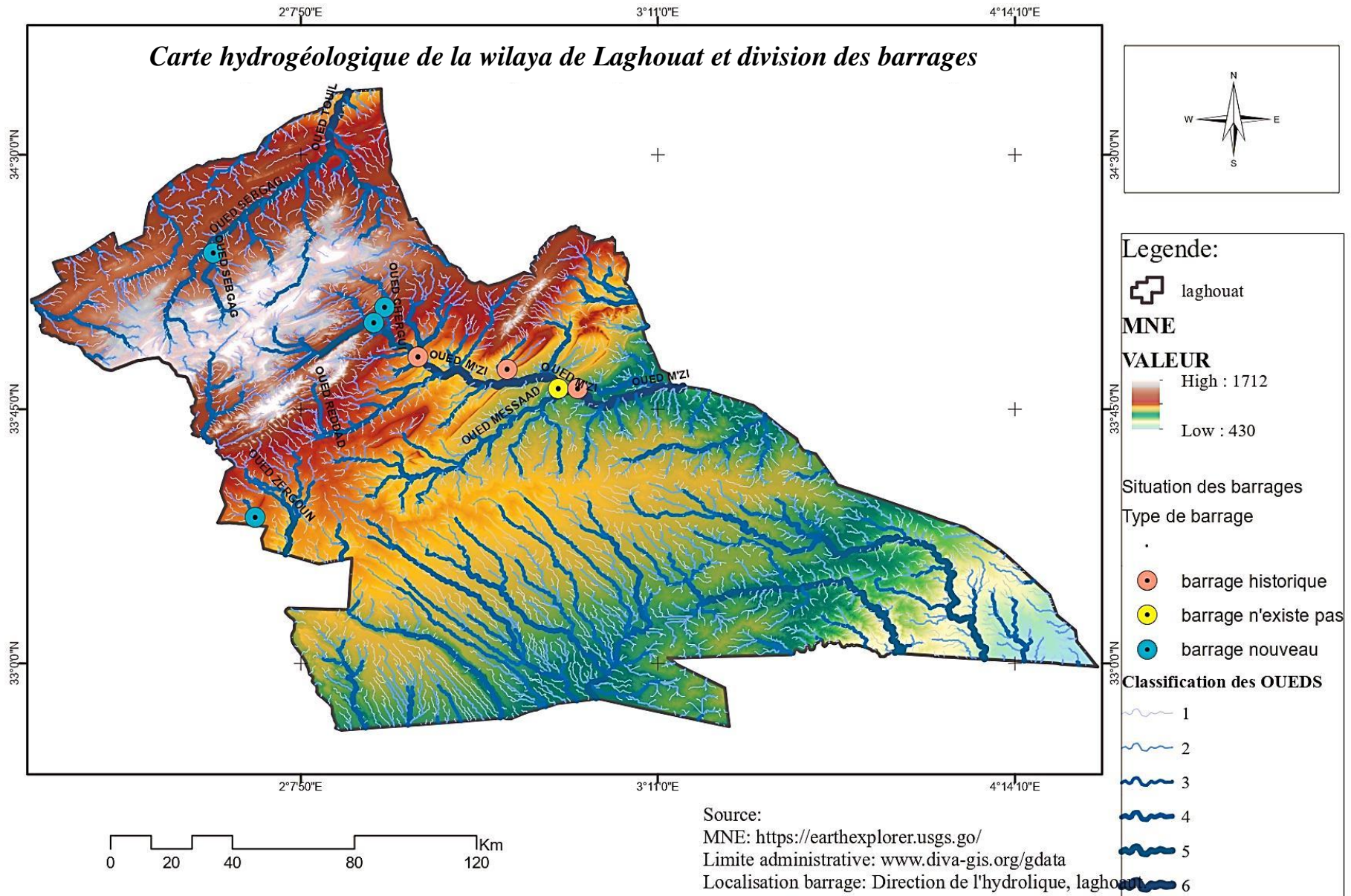


Fig.II. 23: Carte hydrogéologique de la region de Laghouat



IV.2. Les barrages exceptionnels de la région de Laghouat à travers l'histoire :

IV.2.1. Les Dignes de l'Oued M'ZI : « Les premiers traces de barrage dans la région de Laghouat »

○ Fiche technique :

- **Nom de l'ouvrage :** barrages volants – barrages arabes – barrages indigènes – digues de l'Oued M'ZI.
- **Situation :** l'entrée Nord de la ville à « Rous El Oyoun ».
- **Période :** précoloniale.
- **Date de construction :** après chaque crue inondable.
- **Nom de cours d'eau :** Oued M'ZI.
- **Réalisés par :** les agriculteurs volants.
- **But de barrages :** dérivait les eaux de l'Oued-M'zi dans l'oasis.
- **Classification de barrages :** Digues.
- **Type de barrages :** barrage en remblai de terre.
- **Matériaux de construction :** en pierres sèches et en terre.
- **Longueur :** barrés toute la largeur de l'Oued M'ZI.



Fig.II. 32: Emplacement des digues de l'Oued M'ZI
Source : Mr. Saad Saoud

Aperçu historique et descriptif sur le barrage :

Faute d'écoulement des eaux superficielles permanentes, l'irrigation de la palmeraie se faisait à partir des sources situées à l'entrée Nord de la ville (Rous El Oyoun) qui veut dire tête des sources, à l'intérieur même de l'oued M'ZI L'écoulement de ces sources est permanent, elles sont exploitées à l'aide des deux barrages traditionnelles construits sous forme de levées des terres en pierres sèches, qui disparaissaient tacitement après les crues de l'oued M'ZI, ils sont reconstruit systématiquement après le passage des crues .Une fois stockée dans le barrage, L'eau est véhiculée vers les jardins et les daïas par un réseau de caniveaux à ciel ouvert appelé localement "segua".¹¹⁵

¹¹⁵ BENARFA Kamal, « Développement urbain et préservation de la palmeraie Cas de Laghouat », Mémoire de Doctorat, Université Mohamed Khider, Biskra, Juin 2018, page 81.



IV.2.2. Le Barrage de Marguerite : « Le premier barrage Européen dans la région de Laghouat »

○ Fiche technique :

- **Nom de l'ouvrage :** Barrage de Fort Morand - Barrage de Marguerite.
- **Situation :** à l'extrémité du contrefort qui porte Laghouat-Ancre Kef Rabetau rocher dolomitique du Djebel-Tisgrarine dans le lit d'Oued M'ZI.
- **Période :** coloniale.
- **Date de construction :** après la prise de Laghouat (1853).
- **Nom de cours d'eau :** Oued M'ZI.
- **Réalisés par :** le service de l'hydraulique et de colonialisme durant le commandement de Margueritte.
- **But de barrage :** pour améliorer les moyens d'irrigation existants.
- **Classification de barrage :** Retenue collinaire.
- **Type de barrages :** barrage en maçonnerie.
- **Matériaux de construction :** se compose de sables et de touffes d'alfa.
- **Longueur :** sur toute la largeur d'Oued M'ZI attachant KefRabet au Djebel-Tisgrarine.

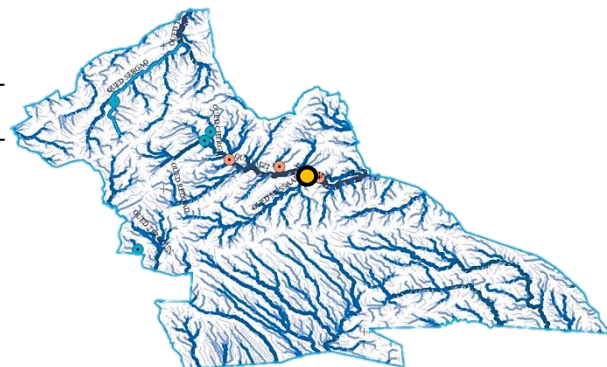


Fig.II. 33: Emplacement du barrage de Marguerite sur l'Oued M'ZI

Source : Mr. Saad Saoud

○ Aperçu historique et descriptif sur le barrage :

Désireux d'encourager leurs efforts. Du Barail préconise, dès le 4 mai 1853, la construction d'un barrage sur l'oued Mzi, en amont de l'oasis, pour améliorer les moyens d'irrigation existants. Le Général Margueritte..., continue l'œuvre de son prédécesseur en ravivant l'Oasis Sud qui était sur le point de périr en 1853. Il fait construire un barrage en énormes saucissons d'alfa et en pierre, ce qui a pour effet de jeter dans les jardins sud une partie des eaux de crues de l'oued M'zi.¹¹⁶

Le barrage fut détruit après une forte crue de l'Oued M'ZI conduit à l'inondation d'une partie de la ville. Les traces d'enrochement existent à ce jour au site.

¹¹⁶ Odette Petit, op.cit,pages 46-47.



IV.2.3. Le Barrage d'El-Fatha : « Un ouvrage de dérivation et de distribution »

○ Fiche technique :

- **Nom de l'ouvrage :** Barrage El-Fatha
- **Situation :** situé à 8 km à l'Est de Laghouat en bordure de la piste Laghouat-El Assafia.
- **Période :** coloniale.
- **Date de construction :** 1910.
- **Nom de cours d'eau :** Oued M'ZI.
- **Réalisés par :** le service de l'hydraulique et de colonialisme..
- **But de barrage :** destiné à la distribution des eaux vers le M'Kharreg.
- **Classification de barrage :** petit barrage.
- **Type de barrages :** barrage d'épandage des crues et d'inféro-flux.

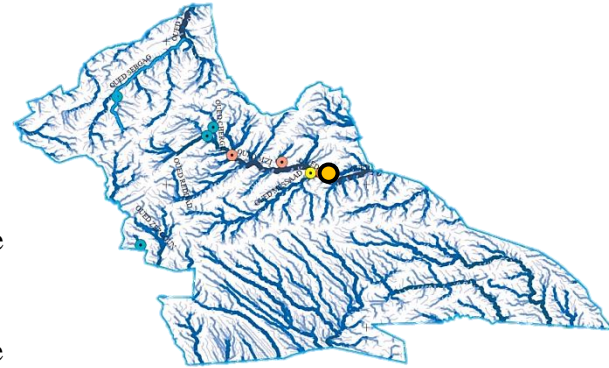


Fig.II. 34: Situation du barrage d'El-Fatha sur l'Oued M'ZI

Source : Mr. Saad Saoud

○ Aperçu historique et descriptif sur le barrage :

Le barrage d'El-Fatha est construit en 1910 comme ouvrage distributeur des crues et orienté les eaux vers l'irrigation du M'Kharreg, il est renforcé par des gabions métalliques. Le barrage est connu plusieurs dégradations après les crues, il est détruit en 26 septembre 1925 une destruction complète à cause d'une grosse crue et il est reconstruit à nouveau en 1926, Ensuite, il a subi d'une série des opérations de consolidations¹¹⁷.

¹¹⁷ La direction de ressources en eau de Laghouat., op.cit.



IV.2.4. Le Barrage inféroflux de Tadjmout : « Le premier de son espèce en Afrique et le troisième du monde »

○ Fiche technique :

- **Nom de l'ouvrage :** Barrage inféroflux – Barrage souterrain.
- **Situation :** situé à 25 km au Sud-Ouest de Laghouat.
- **Période :** coloniale.
- **Date de construction :** 1949.
- **Nom de cours d'eau :** Oued M'ZI.
- **Entreprise de réalisation :** La société Algérienne des Entreprises CHAUFOR-DUMÉZ
- **But de barrage :** alimenter les terrains environnant Tadjmout en eau d'irrigation.
- **Classification de barrage :** petit barrage.
- **Type de barrages :** Barrage souterrain.
- **Matériaux de construction :** Béton armé
- **Profondeur :** 5 m.
- **Largeur :** 300 m.
- **Débit :** 400 à 800 litres secondes.

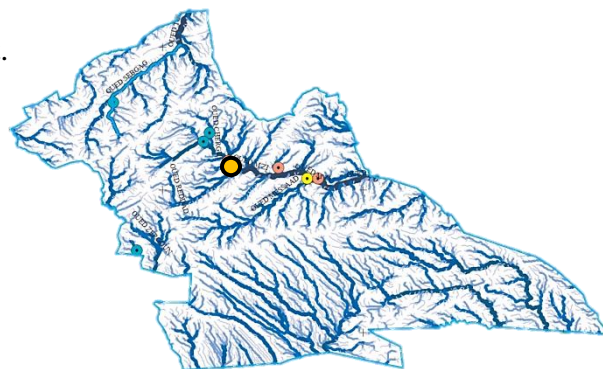


Fig.II. 35: Situation du barrage inféroflux de Tadjmout sur l'Oued M'ZI

Source : Mr. Saad Saoud

○ Aperçu historique et descriptif sur le barrage :

On remontant aux années quarante du dernier siècle, et exactement années 1947, date du lancement du premier barrage souterrain unique au niveau de l'Algérie et de l'Afrique en général. Une société mixte franco-allemande a supervisé sa construction avec des mains arabes. Ils ont commencé à construire un édifice économique qui existe à ce jour. Il est à noter que ce type de barrage qu'un ingénieur allemand à l'époque mit cette expérience dans trois régions du monde. L'avantage de ce barrage est qu'il stocke l'eau sous terre, contrairement aux barrages ordinaires où l'eau est exposé à l'évaporation en particulier pendant les années de sécheresse, et c'est le caractère le plus favorable de notre barrage interne qui n'est pas affectés par divers facteurs climatiques¹¹⁸.

¹¹⁸ <https://www.facebook.com/TadjemoutNews/posts/639423119831469/>, consulté le 17/06/2021.



IV.2.5. Le Barrage de Milok : « présente une technique authentique et originale »

○ Fiche technique :

- **Nom de l'ouvrage** : Barrage de l'Oued Milok
- **Situation** : Le Djebel Milok s'allonge sur une vingtaine de kilomètres de longueur en bordure de l'Oued Metlili, à l'ouest de Laghouat.
- **Période** : coloniale.
- **Date de construction** : 1951.
- **Nom de cours d'eau** : Oued Milok
- **Réalisés par** : Le Service de la Colonisation et de l'Hydraulique.
- **But de barrage** : supprimer les dommages que causait périodiquement l'Oued dans la traversée et à l'aval de la cluse.
- **Classification de barrage** : Retenue collinaire.
- **Type de barrages** : Poids en Maçonnerie - Ecrêteur de crues.
- **Matériaux de construction** : La pierre-le sable- le ciment.
- **Hauteur** : 9 m.

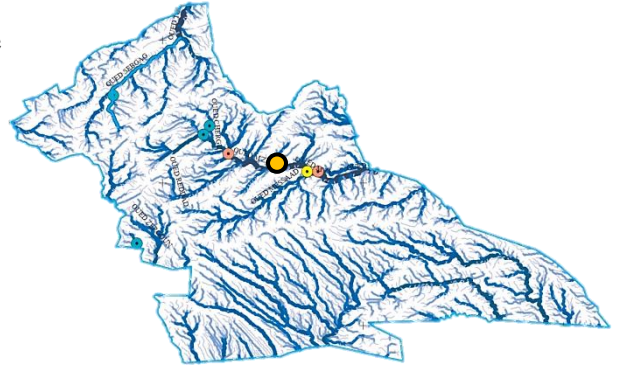


Fig.II. 36: Situation du barrage de Milok sur l'Oued Milok

Source : Mr. Saad Saoud

○ Aperçu historique et descriptif sur le barrage :

L'architecture admirable de la cuvette de Djebel Milok possède un seul exutoire présenté par la cluse de l'Oued Milok, et donc la situation du barrage de Milok est défini principalement par la géologie du site, il est construit suivant une technique originale pour supprimer les dommages causés par l'oued qui est conduit l'inondation des terrains agricoles et de Ksar El- Marhoun en aval de la cluse.



IV.2.6. Le Barrage de Lalmaya: « Construit avec la même technique du Barrage de Milok »

○ **Fiche technique :**

- **Nom de l'ouvrage :**
- **Situation :** Lalmaya- commune de Tadjrouna - Daïra de Ain Madhi.
- **Période :** postcoloniale.
- **Date de construction :** 2010.
- **Nom de cours d'eau :** Oued Bel-Aroug.
- **Entreprise de réalisation :** EPE SAPTA – ALGER.
- **But de barrage :** Irrigation 150 Ha et abreuvement du cheptel.
- **Classification de barrage :** Retenue collinaire.
- **Type de barrages :** Poids en Maçonnerie.
- **Matériaux de construction :** la pierre – le sable – le ciment.
- **Hauteur :** 7 m.
- **Longueur :** 186 m.

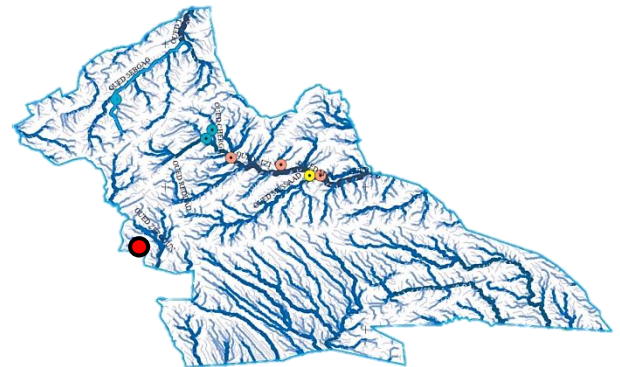


Fig.II. 37: Situation du barrage de Lalmaya sur l'Oued Bel-Aroug

Source : Mr. Saad Saoud

○ **Aperçu descriptif sur le barrage :**

Le barrage de Lalmaya construit en 2010 suivant la technique du barrage de Milok en maçonnerie, il possède un lac écologique en amont de barrage contribué à la création d'un microclimat au niveau de la région.



Fig.II. 38: Barrage de Lalmaya

Source : Photographie de l'auteur



IV.2.7. Le Barrage de Kheneg Sidi Brahim: « le seul barrage gonflable dans la région »

○ **Fiche technique :**

- **Nom de l'ouvrage :** Barrage gonflable de Kheneg Sidi Brahim.
- **Situation :** commune de Gueltet Sidi Saad – Daïra de Gueltet Sidi Saad.
- **Période :** postcoloniale.
- **Date de construction :** 2010.
- **Nom de cours d'eau :** Oued Sebgag.
- **Entreprise de réalisation :** - Génie civil : ZIEC (Chine)
- - Equipement : POYRY (république tchèque)
- **But de barrage :** Irrigation de 600 Ha.
- **Classification de barrage :** Petit barrage.
- **Type de barrages :** Barrage gonflable.
- **Matériaux de construction :** membrane gonflable, radier en béton.
- **Hauteur :** 10 m.
- **Longueur :** 70 m.

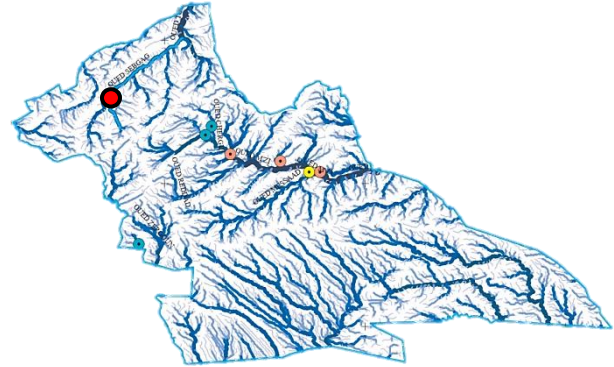


Fig.II. 39: Situation du barrage de Kheneg Sidi Brahim sur l'Oued Sebgag

Source : Mr. Saad Saoud

○ **Aperçu descriptif sur le barrage :**

La région de Laghouat possède un seul barrage de type gonflable présenté par Le barrage de Kheneg Sidi Brahim à la commune de Gueltet Sidi Saad, leur technique récente permet de faire passer les crues en toute sécurité sans endommagement du corps de barrage, grâce à la partie mobile.



Fig.II. 40: Barrage de Kheneg Sidi Brahim

Source : Direction des ressources en eau



IV.2.8. Le Barrage de Chergui: « Le seul barrage mixte dans la région »

○ **Fiche technique :**

- **Nom de l'ouvrage :**
- **Situation :** situé à environ 70 Km au Nord de Laghouat et à 26 Km au Sud Est d'Aflou (Wilaya de Laghouat) - Commune d'Oued M'ZI - Daïra d'Oued Mourra.
- **Période :** postcoloniale.
- **Date de fin des travaux :** 2021.
- **Nom de cours d'eau :** Oued M'ZI.
- **Entreprise de réalisation :** COSIDER.
- **But de barrage :** Irrigation de 1400 Ha et AEP des zones aval.
- **Classification de barrage :** Petit barrage.
- **Type de barrages :** barrage mixte (tronçon poids en béton et un tronçon en remblai).
- **Matériaux de construction :** remblai en terre – béton conventionnel.
- **Hauteur :** 15 m.
- **Longueur :** 355 m.

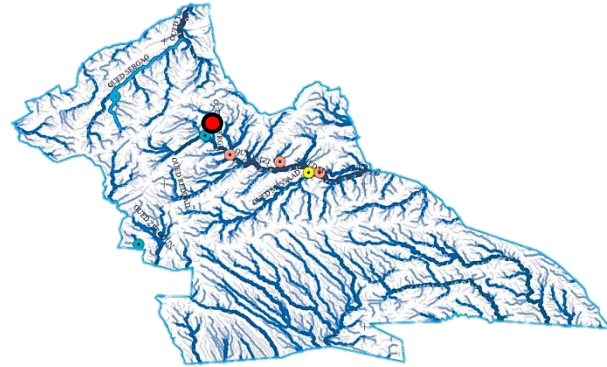


Fig.II. 41: Situation du barrage de Chergui sur l'Oued M'ZI

Source : Mr. Saad Saoud

○ **Aperçu descriptif sur le barrage :**

Le barrage de Chergui est l'autre unique dans la région de Laghouat de type mixte, une partie est construite en béton attachée à une autre partie en remblai suivant les caractéristiques de site de barrage, il est lié au barrage de Seklafa par une conduite de transfert à ciel ouvert permet de verser l'eau retenue dans l'amont du barrage de Seklafa.



Fig.II. 42: Barrage de Chergui

Source : Photographie des étudiants de l'hydraulique



IV.2.9. Le Barrage de Seklafa: « Le grand barrage de la région de Laghouat »

○ **Fiche technique :**

- **Nom de l'ouvrage :** Barrage de Seklafa
- **Situation :** situé à environ 70 Km au Nord de Laghouat et à 26 Km au Sud Est d'Aflou (Wilaya de Laghouat) - Commune d'Oued M'ZI - Daïra d'Oued Mourra.
- **Période :** postcoloniale.
- **Date de fin des travaux :** 2021.
- **Nom de cours d'eau :** Oued M'ZI.
- **Entreprise de réalisation :** COSIDER.
- **But de barrage :** Irrigation de 1400 Ha et AEP des zones aval.
- **Classification de barrage :** barrage.
- **Type de barrages :** Barrage poids
- **Matériaux de construction :** le béton conventionnel.
- **Hauteur :** 47 m.
- **Longueur :** 224,5 m.

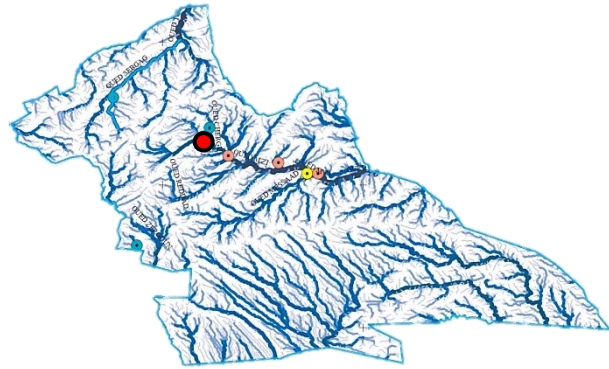


Fig.II. 43: Situation du barrage de Seklafa sur l'Oued M'ZI

Source : Mr. Saad Saoud

○ **Aperçu descriptif sur le barrage :**

L'étude d'un barrage à Seklafa est remontée à la période coloniale, « *Les eaux éventuellement régularisées par le barrage d'accumulation de Seklefa, dont l'étude est en cours, cet ouvrage trouverait à 20 Km à l'amont du barrage de Tadjmout et fermant un bassin de 1050 Km²* »¹¹⁹, après des longues années d'étude ce grand barrage voit le jour récemment, il contribue dans le développement de la région, d'irriguer des vastes terrains agricoles ainsi d'alimenter certaines communes en eau potable.



Fig.II. 44: Barrage de Seklafa

Source : Photographie des étudiants de l'hydraulique

¹¹⁹ La direction de ressources en eau de Laghouat., op.cit.



Conclusion :

Laghouat présente une situation stratégique et un histoire profonde traduit par leur patrimoine riche et varié, notamment le patrimoine hydraulique présenté par ces ouvrages hydrauliques importants, ainsi ces barrages exceptionnels qui peuvent contribuer de manière significative au changement de climat aride de la région en réduisant l'effet des vents chauds et secs et régler les températures élevées, ainsi d'offrir des potentialités d'avenir et de qualifier la région pour rendre une destination touristique.

**Chapitre III : Etude de mise en
valeur des barrages de la région
de Laghouat**



Introduction :

Le cadre pratique de notre étude à une certaine stratégie consiste à : revaloriser les ouvrages hydrauliques historiques de la région de Laghouat à travers l'intervention sur l'existant (le cas des deux barrages historiques : Barrage de Milok, Barrage inféroflux de Tadjmout) par la méthode de diagnostic qui vise à relever les pathologies existants et proposer des remèdes, pour les remettre encore en service, ainsi la mise en valeur de la région de l'Oued M'ZI en tant que région historique qui a été témoin de nombreuses expériences intéressantes et successives dans le domaine des ouvrages hydrauliques par une proposition de conception d'un barrage à l'emplacement de l'ancien barrage Marguerite. Et comme suite de projet du barrage, une proposition d'aménagement des berges de l'Oued M'ZI et de site El-Merdja, vise à exploiter la retenue d'eau et créer une région des activités attractives à une vocation touristique.



I. Revalorisation des ouvrages hydrauliques historiques de la région de Laghouat à travers l'intervention sur l'existant :

Comme tous les anciens monuments, les barrages à travers le temps souffrent de certaines pathologies qui nécessitent une intervention par des traitements spécifiques, et à l'aide de diagnostic on va extraire les pathologies et trouver les solutions adéquates.

I.1 Motivation de choix :

Les deux barrages historiques de la région de Laghouat, le barrage inféroflux de Tadjmout et le barrage de Milok seront notre choix pour présenter leurs états de lieu et d'intervenir selon le cas. On a opté pour ce choix car les deux barrages présentent:

- ✓ Des techniques originales, celui de Tadjmout jusqu'à nos jours connu comme le troisième de son espèce par leur principe de fonctionnement extraordinaire, et le barrage de Milok qui présente une authenticité de construire un barrage avec ce qui est disponible au site.
- ✓ Une situation historique, dans lequel le barrage de Tadjmout est situé pas loin de l'ancien Ksar historique et de faire irriguer deux zones importantes, la zone des vergers jouxtant l'Oued M'ZI, et la ferme modèle «la ferme Namir Taher» qui est l'autre vestige du colonialisme français. Ainsi le barrage de Milok situé à côté d'un Ksar historique «El-Marhoun» et des merveilleuses gravures rupestres proche du Djebel de Milok.



I.2 Barrage Inféroflux de Tadjmout :

I.2.1 Situation et géologie :

Au pied du dernier chaînon de l'Atlas Saharien dans une région inculte à l'orée du désert, des milliers d'hectares d'excellentes terres alluviales existent, mais au vu de la faible valeur des hauteurs de pluie, il est impossible d'envisager une culture permanente. Dans le cours du M'zi c'est l'inféroflux qui disparaît ou réapparaît : l'eau coule en profondeur sur le lit imperméable entre la chaîne du Djebbel Amour et les Monts des Ouled Nails.¹

L'ouvrage se trouve à quelque 5 Km à l'amont de Ksar de Tadjmout, dans une région d'altitude moyenne supérieure 800 m; la rivière est un oued généralement à sec sur la plus grande partie de son cours, mais montrant ici, dans la zone du confluent du M'zi avec un affluent de rive gauche (Oued M'seka).²



Fig.III. 1 : Situation du barrage souterrain de Tadjmout

Source : Satellite pro

I.2.2 Lecture historique du barrage :

Avant la construction de barrage, qui date de 1948, les usagers de la petite oasis de Tadjmout, qui se trouve au pied des derniers chaînons de l'Atlas Saharien, s'efforçaient de dériver une résurgence du sous-écoulement du M'zi au moyen de petites levées de sable établies au travers du lit de l'oued, et d'une séguia relativement longue et sinueuse, creusée dans les alluvions sableuses. Par ces moyens rudimentaires, ils réussissaient à récupérer le tiers environ du débit de la résurgence qui atteignait une centaine de litres/seconde.

¹ <https://www.cinematheque-bretagne.bzh/Base-documentaire-barrage-d-inf%C3%A9roflux-du-Tadjemout->

² Direction des de ressources en eau de Laghouat, archive colonial.



Chapitre III: Etude de mise en valeur des barrages de la région de Laghouat

Le cheptel était périodiquement décimé pendant les périodes de sécheresse et les conditions de vie devenaient alors extrêmement précaires. Après une étude géologique, liée aux reconnaissances entreprises dans le Sud Algérien en vue de l'exploitation systématique de la nappe albienne il a été estimé possible d'améliorer beaucoup l'alimentation en eau de l'oasis de Tadjmout en construisant un barrage souterrain susceptible de capter la quasi-totalité de l'inféoflux de l'oued M'zi.³

I.2.3 Lecture architecturale :

Le barrage de Tadjmout sert à une digue enterrée d'une profondeur varie de 5 à 8m et une largeur de 300 mètres, porte en crête une chaussée submersible formant seuil déversant, cet ensemble permet de capter le sous-écoulement alluvionnaire de l'Oued M'zi, tout en laissant passer les crues.

Ce barrage établi en profondeur dans le lit de l'oued et ancré dans le grès qui constituent le bed rock, comporte vers l'amont un dispositif filtrant et un dispositif collecteur permettant de recueillir les eaux de circulation du lit de l'Oued M'zi.⁴

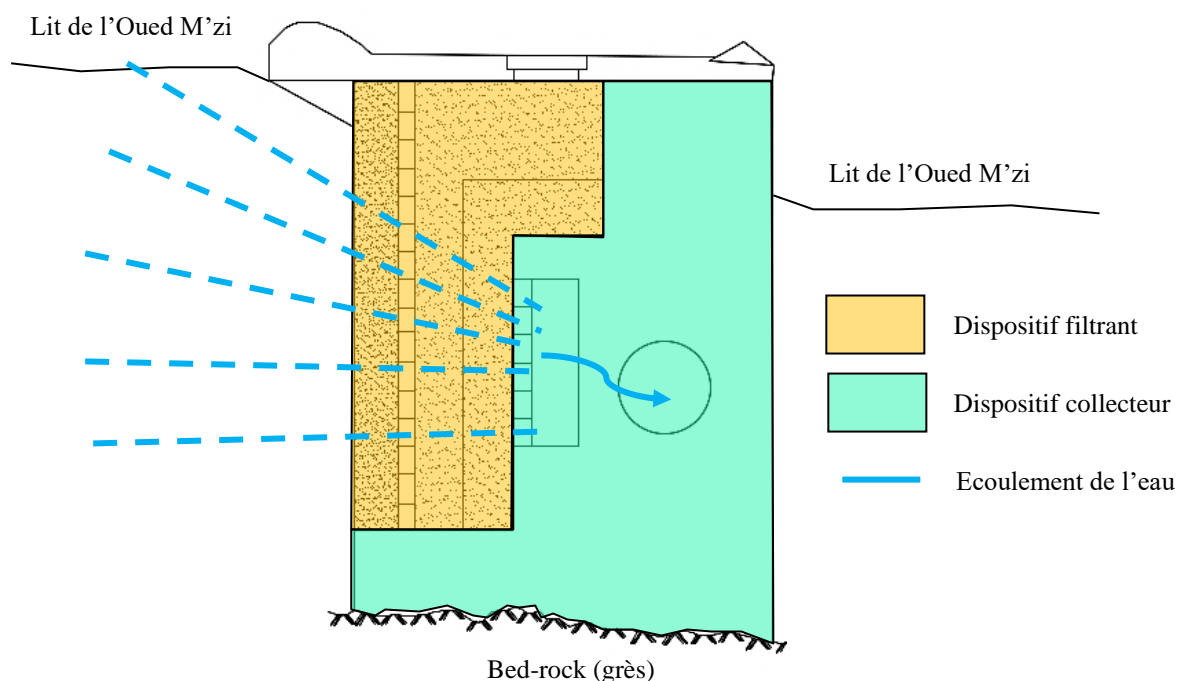


Fig.III. 2 : Schéma présente le fonctionnement du barrage de Tadjmout

Source : auteur

³ Bureau Central d'Etudes pour les Equipements d'Outre-Mer (BCEOM), « LES BARRAGES SOUTERRAINS », Editions du Ministère de la Coopération, 1978, page 113.

⁴ Direction des de ressources en eau de Laghouat, op.cit.



I.2.4 Lecture technique :

Dans ce lit de l'Oued M'zi comblé de sable coulait de l'eau sur une profondeur de 5 mètres environ et une largeur de 300 mètres. Le projet d'un tel barrage dans ces sables repose sur cette technique :

- ✓ Un système filtrant est du type multicellulaire auto-drainant. Il est composé de 27 cellules, chacune d'elles comportant trois alvéoles, et un puisard, les collectent, puis les déversent dans la conduite à 1m de diamètre.
- ✓ Un mur-barrage en béton ayant 300 m de long et 7 m de hauteur maximale, entièrement noyé dans les alluvions aquifères et fondé sur les grès.
- ✓ Deux rideaux de palplanches qui prolongent le mur-barrage sur chacune des rives.
- ✓ Un dispositif filtrant qui constitue la partie la plus originale de l'ouvrage, en utilisant le gravier de l'Oued.
- ✓ Une conduite de 1 m de diamètre, noyée dans le béton du mur, qui amène les eaux captées vers un puisard collecteur, origine de la conduite d'adduction.⁵

Ce barrage ne dépasse que de peu la hauteur du lit de sable de la rivière évitant ainsi d'être emporté par une crue subite, suivi par des ouvrages annexes implantés dans la partie supérieure au-dessus et en aval du barrage, permettant la sécurité et la protection du barrage.

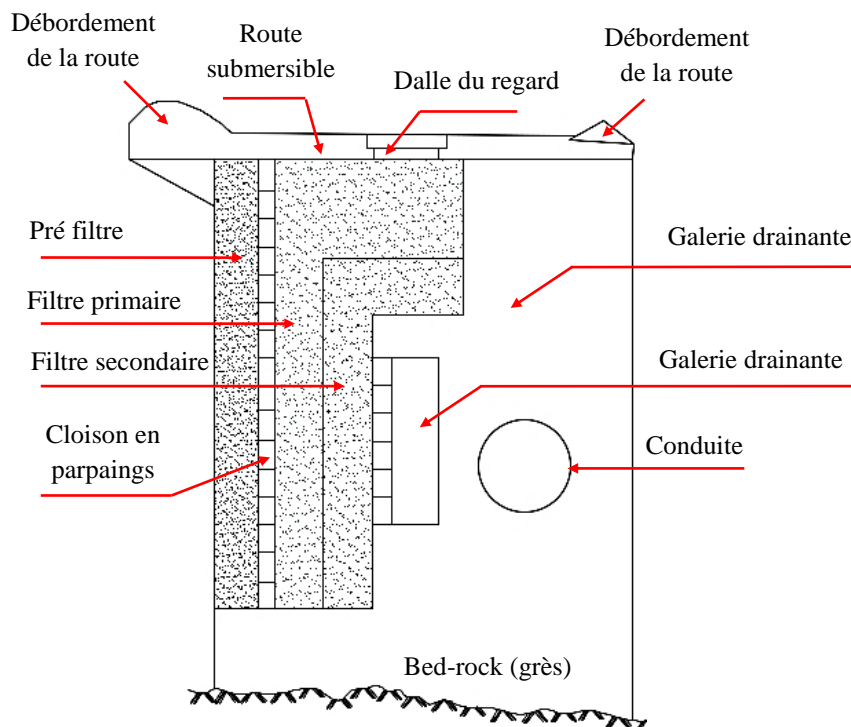


Fig.III. 3 : Schéma présente les éléments de barrage

Source : auteur

⁵ Bureau Central d'Etudes pour les Equipements d'Outre-Mer (BCEOM), op.cit, pages 113-114.

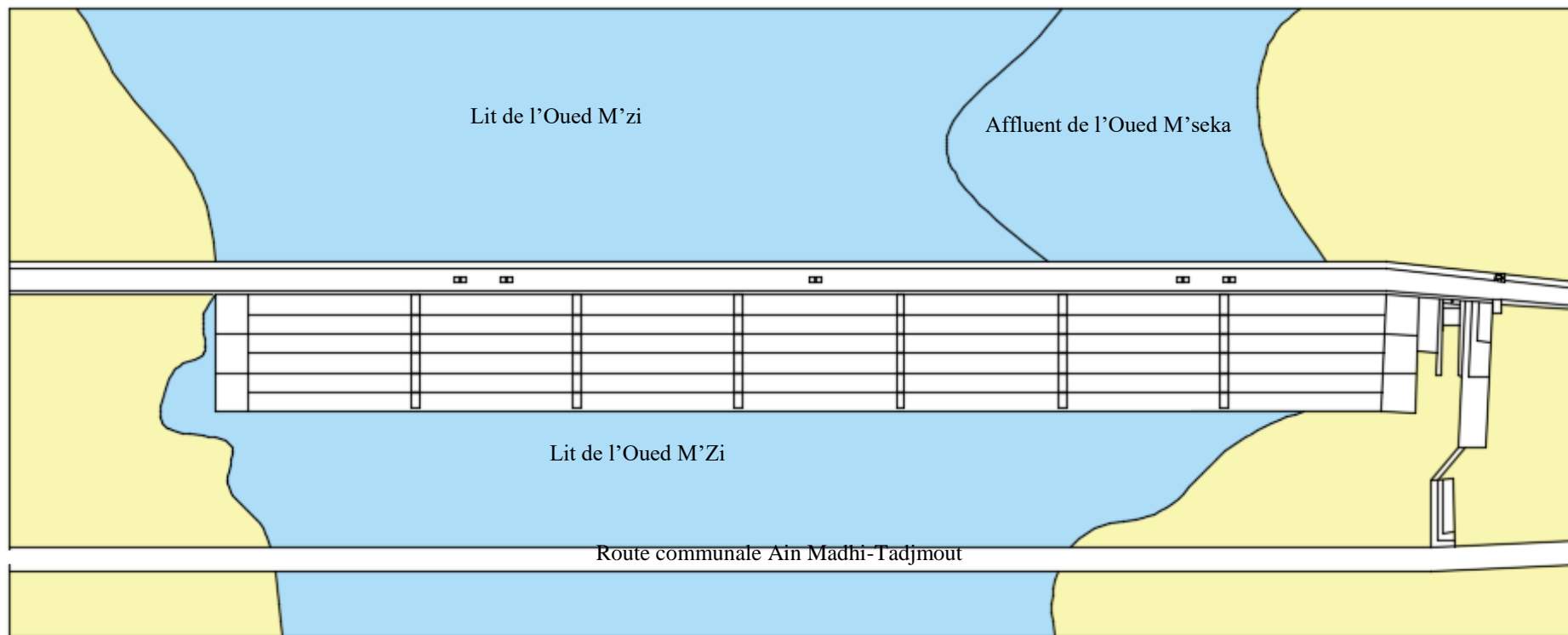


Fig.III. 4 : Schéma de vue en plan du barrage de Tadjmout

Source : auteur

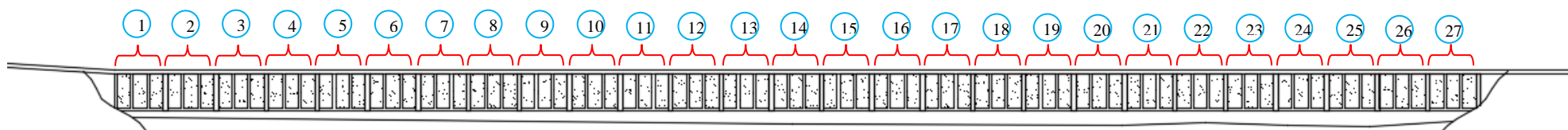


Fig.III. 5 : schéma d'une coupe longitudinale du barrage de Tadjmout

Source : auteur



I.2.5 Etat de conservation du barrage :

La situation du barrage inféroflux de Tadjmout au bord de la route communale (entre Tadjmout et Ain Madhi), permet de voir l'état de dégradation du barrage dès les dernières années. Après une visite au barrage en Février 2021, on a constaté que le barrage souffre de plusieurs pathologies au niveau de la structure supérieure, notamment au niveau de dissipateur d'énergie (bassin de dissipation).



Fig.III. 6 : Vue générale sur le barrage inféroflux de Tadjmout

Source : Photographie de l'auteur (11/02/2021).

I.2.6 Le diagnostic :

Une deuxième visite était programmée en Avril 2021, permet d'élaborer un document photographique et de préciser les symptômes d'instabilité, et de remonter aux causes de l'évolution constatée. Le barrage était en état de dégradation avancé par rapport à la première visite, des travaux de réhabilitation de barrage étaient lancés pour le remettre encore en service, et c'était l'occasion pour découvrir la partie souterraine de barrage, à travers les excavations en amont de barrage. Malgré que les travaux aient consisté à réhabiliter le barrage, ils ont causé de gros dommages à la partie supérieure notamment le dissipateur d'énergie, par la partie détruite de la route submersible au-dessus de barrage.



Fig.III. 7 : Vue sur la partie souterraine du barrage de Tadjmout



Fig.III. 8 : Vue générale sur la partie supérieure endommagée du barrage

Source : Photographie de l'auteur (24/04/2021).

Le barrage souterrain de Tadjmout présente plusieurs problèmes, apparus dans la partie supérieure et la partie souterraine du barrage, le schéma au-dessous résume les pathologies en aval et en amont de barrage, et dans leurs ouvrages annexes, avec les détails de diagnostic présentés dans le tableau qui suit.



I.2.7 Relevé des pathologies :

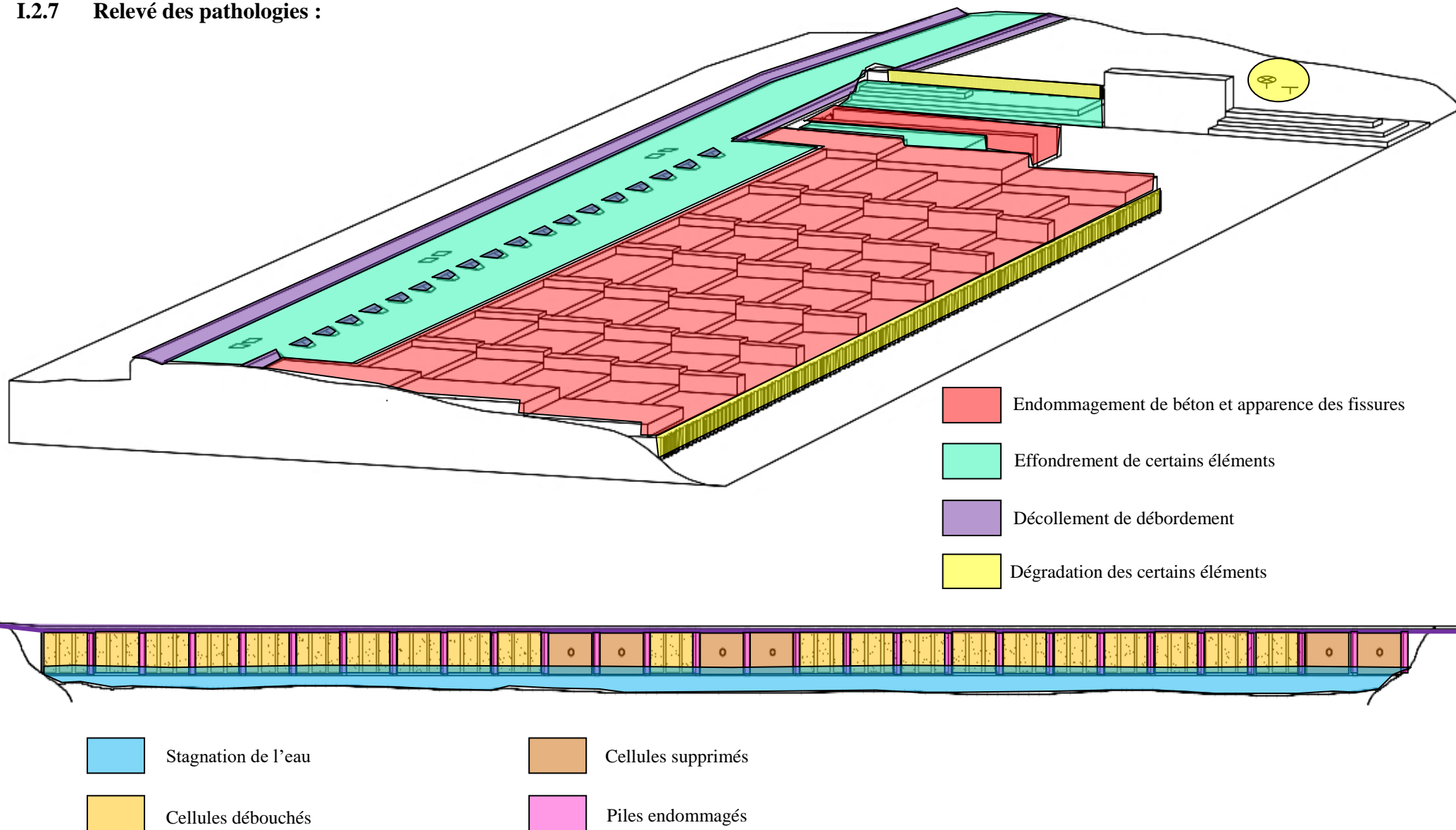


Fig.III. 9 : Schémas illustre les pathologies du barrage souterrain de Tadjmout

Source : auteur




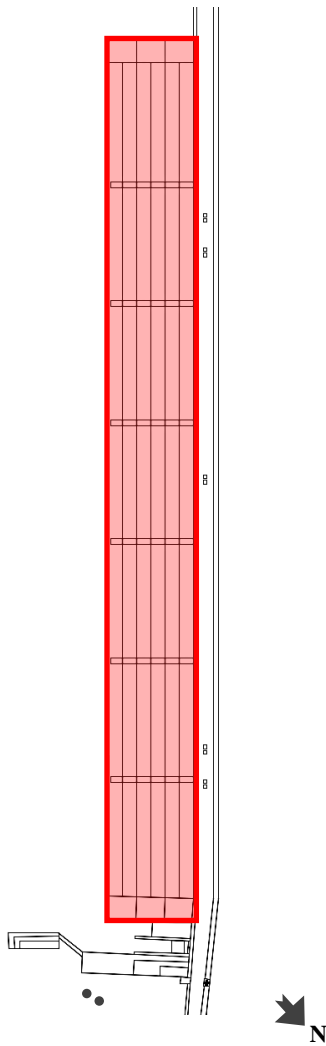

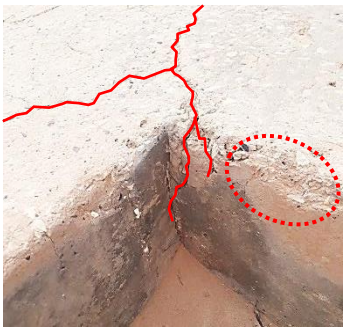
Tableau 3 : les détails de diagnostic du barrage souterrain de Tadjmout




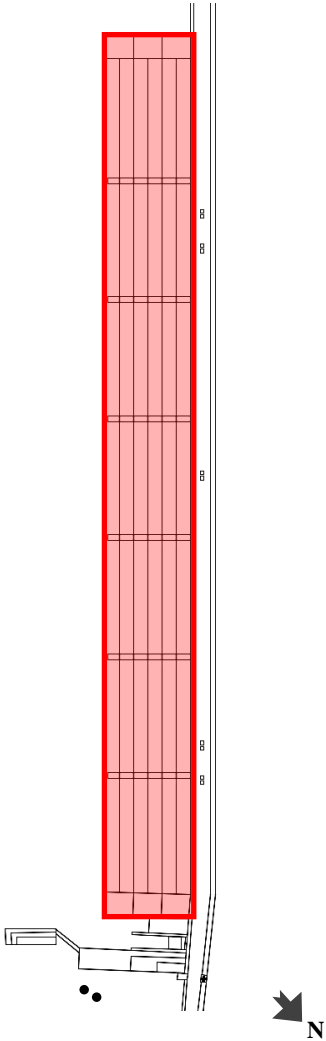

Partie supérieure



Partie souterraine

Désignation	Illustration	Pathologies	Localisation	Cause
En aval		- Dépôt des sédiments (sable de l'oued) dans le cascade du dissipateur d'énergie.		- Le dépôt des sédiments et de transport solide, dues au passage des crues chargées d'impuretés, et au manque d'entretien et de maintenance après chaque crue.
En aval		- Erosion de béton au niveau des cascades du dissipateur d'énergie.		- Les dommages de béton (érosion de béton, apparence des fissures, manque d'enrobage) au niveau de dissipateur d'énergie, dues à la force de l'eau pendant les crues, et peuvent être causés par des défauts de malfaçons au moment de construction.
En aval		- Apparence des fissures verticales et inclinées dans les cascades du dissipateur d'énergie.		



<p>En aval</p>		<p>- Apparence des fissures mixte en faïençage au niveau de dissipateur d'énergie.</p>		<p>- Les dommages de béton (érosion de béton, apparence des fissures, manque d'enrobage) au niveau de dissipateur d'énergie, dues à la force de l'eau pendant les crues, et peuvent être causés par des défauts de malfaçons au moment de construction.</p>
<p>En aval</p>		<p>- Manque d'enrobage du béton et apparence de ferrailage avec des fissures inclinées en périphérie, au niveau de dissipateur d'énergie.</p>		



<p>En aval</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Effondrement des parties de dissipateur d'énergie. - Apparence des fissures au niveau de cascade du dissipateur d'énergie. - Apparence de ferrailage. 		<ul style="list-style-type: none"> - Les derniers travaux de réhabilitation mal appliqués du barrage, et le manque de maintenance après les crues, causés des grands dommages à la partie supérieure du barrage, et aux ouvrages d'annexe (le dissipateur d'énergie, les palplanches).
<p>En aval</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Dégradation et mouvement des palplanches (ouvrage de soutènement et de protection contre l'action de l'eau). 		


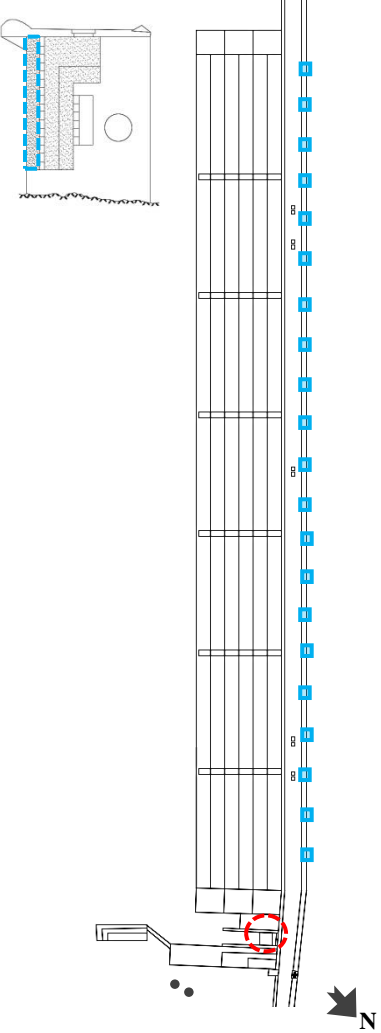



<p>En amont</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Effondrement d'une partie de la route submersible et la dalle des regards au-dessus du barrage. - Décollement d'une partie de débordement de la route submersible, et apparence des fissures sur l'autre partie. 		<ul style="list-style-type: none"> - Les derniers travaux de réhabilitation mal appliqués du barrage, causés des grands dommages à la partie supérieure du barrage et aux ouvrages d'annexe (le dissipateur d'énergie, les palplanches).
<p>En amont</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Décollement d'une partie de l'autre débordement de la route submersible, et apparence de ferrailage. 		



<p>En amont</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Débouchement des cellules filtrantes. - Stagnation de l'eau souterraine en amont des cellules. 		<ul style="list-style-type: none"> - Dans des circonstances normales, l'eau s'écoule sous le terrain, et s'infiltre par les cellules filtrantes. Mais à cause de mal choix des filtres, et de manque d'entretien après les fortes crues, les cellules débouchées et l'eau se stagne devant les cellules.
<p>En amont</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Des cellules supprimés et remplacés par des murs en pierre. 		<ul style="list-style-type: none"> - Explosion des six cellules filtrantes était en 1950 durant la colonisation.



<p>En amont</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Erosion de béton et apparence de salpêtre sur les piles qui séparent les cellules. 		<ul style="list-style-type: none"> - La présence de l'eau vis-à-vis les éléments en béton causée le phénomène de la remonté capillaire présenté par l'érosion du béton et l'apparence de salpêtre.
<p>Ouvrage annexe</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Apparence des fissures diagonales dans les faces internes de l'évacuateur des crues. - Décollement de crépissage. - Présence des déchets solides au niveau de l'évacuateur des crues. 		<ul style="list-style-type: none"> - L'écoulement des eaux et le passage des crues, avec le manque de maintenance et d'entretien, causés des dommages au niveau de l'évacuateur des crues.



<p>Ouvrage annexe</p>		<p>- Effondrement des gabions en pierre dans la partie latérale du barrage.</p>		<p>- L'effondrement des gabions, due aux fortes crues et au manque de maintenance à travers le temps.</p>
<p>Ouvrage annexe</p>		<p>- Dégradation et corrosion des vannes relatives au barrage.</p>		<p>- La dégradation et la corrosion des vannes, dues au vieillissement des matériaux exposés aux intempéries.</p>



I.2.8 Schéma d'intervention :

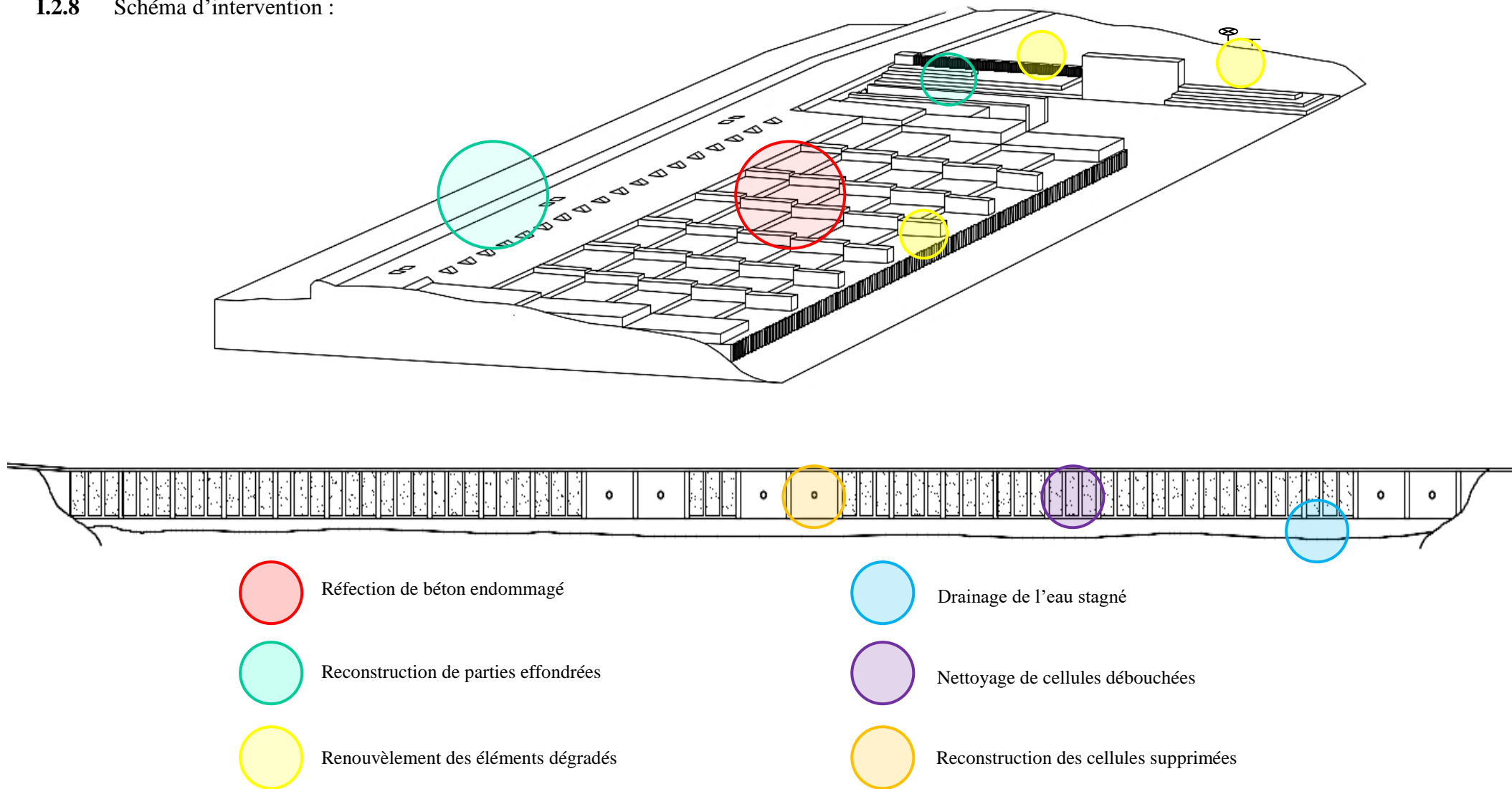


Fig.III. 10 : Schémas d'intervention du barrage de Tadjmout

Source : auteur



I.2.9 Détail d'intervention :

○ **Drainage de l'eau stagné :**

Pour assurer une bonne intervention sur l'ouvrage notamment la partie souterraine, il faut d'abord drainer l'eau stagné en amont des cellules, à l'ide du système de pompage.

○ **Nettoyage de cellules débouchées :**

Le nettoyage des cellules débouchées permet de changer le filtre utilisé sert du gravier de concasseur inadéquat, par un autre filtre d'un gravier d'oued, en nettoyant les vides de mur de parpaing qui permettant l'écoulement de l'eau.

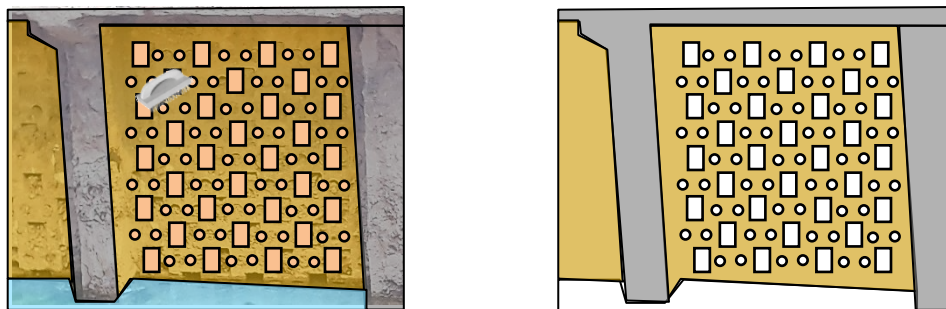


Fig.III. 11 : Schéma de nettoyage de cellules débouchées

Source : auteur

○ **Reconstruction des cellules supprimées :**

On va reconstruire les cellules supprimées avec la même méthode des autres cellules filtrantes, pour assurer un ensemble complet de 27 cellules fonctionnelles, en remplaçant les mur en pierre utilisés pour fermer les cellules, par des mur en parpaing présentés des vides pour la filtration.

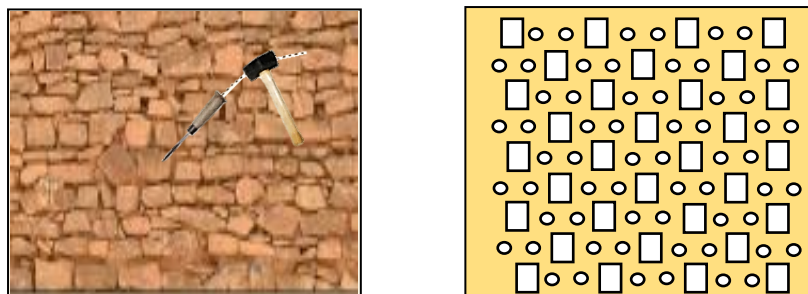


Fig.III. 12 : Schéma de reconstruction des cellules supprimées

Source : auteur



○ **Réfection de béton endommagé :**

Une grande partie de barrage notamment le dissipateur d'énergie est endommagée, on va intervenir par la reconstruction des certaines parties effondrés, et par la consolidation de la cascade du dissipateur d'énergie avec une grille de ferrailage et un collage de béton hydrofuge pour améliorer la résistance à la présence de l'eau.

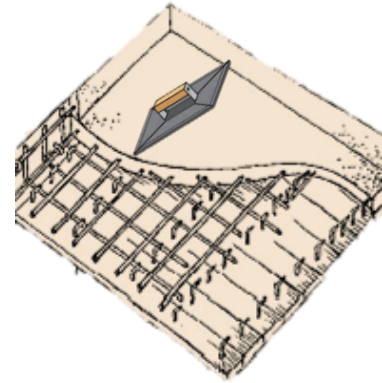


Fig.III. 13 : Schéma de réfaction de béton endommagé

Source : auteur

○ **Reconstruction de parties effondrées :**

La route submersible notamment leurs débordements sont effondrés ou endommagés, On va reconstruire ces derniers en assurant leur ancrage dans le barrage, et en utilisant le béton hydrofuge pour le collage.

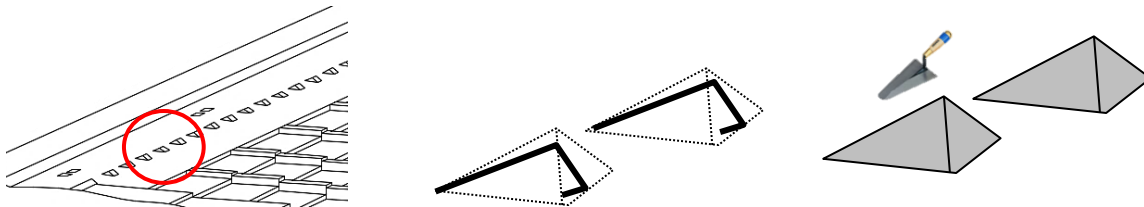


Fig.III. 14 : Schéma de reconstruction de parties effondrées

Source : auteur

○ **Renouèlement des éléments dégradés :**

Le barrage face à leur exposition aux crues, certains de leurs éléments sont endommagés tels que les rideaux de palplanches, ainsi les vannes relatives au barrage qui nécessitant un renouèlement permet de les remplacer par des rideaux de palplanches nouveaux et des nouvelles vannes fonctionnelles.

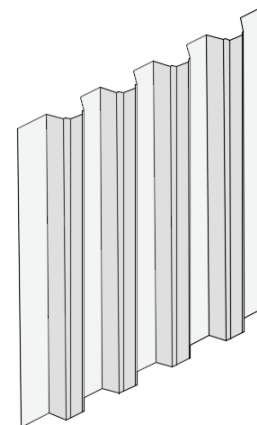


Fig.III. 15 : Schéma de palplanche nouveau

Source : auteur



I.3 Barrage de Milok :⁶

I.3.1 Situation et géologie :

Le Djebel Milok s'allonge sur une vingtaine de kilomètres de longueur en bordure de l'Oued Metlili, à l'ouest de Laghouat. Le Djebel Milok (qui vient du mot Mailak qui signifie écuelle ou cuvette) dépeint admirablement l'architecture de cette chaîne de montagnes formant une cuvette d'une superficie de 50 km², ne possède qu'un exutoire, la cluse de l'Oued Milok, ou le barrage était implanté.



Fig.III. 16 : Situation du barrage de Milok

Source : Satellite pro.

Le barrage de Milok est un barrage écrêteur de crues ayant pour rôle essentiel de supprimer les dommages que causait périodiquement l'oued dans la traversée et en aval de la cluse présentée par Ksar El-Marhoun, et les terrains agricoles proches.



Fig.III. 18 : Vue aérienne sur le Barrage de Milok



Fig.III. 17 : Vue aérienne sur Ksar El-Marhoun

Source : Photos prise par Laghouat News

⁶ Archive de direction des ressources en eau de Laghouat.



I.3.2 Lecture architecturale :

Ce barrage n'a que la prétention de régulariser les écoulements dévastateurs des orages. Il est réalisé suivant une technique originale. Au vu de la difficulté d'accès au site, les pentes étant relativement faibles (fruit 0,10 à l'amont et 0,70 à l'aval), la capacité (volume de l'eau stocké) est de 1.600.000 m³, ce qui correspond à un ouvrage de 9 m de hauteur.

Un processus utilisé permet la construction des parements amont, aval en maçonnerie suivant un appareillage d'opus incertum à l'extérieur et avec arrachements à l'intérieur du massif, en forment le corps du barrage.



Fig.III. 19 : Schéma d'une vue en plan du barrage de Milok

Source : auteur

I.3.3 Lecture technique :

La construction en elle-même est simplifiée : un mur en maçonnerie est édifié en amont et en aval. L'intérieur est rempli de rochers, d'une couche d'environ 0,90 mètres et par des tubes mis en place mètre par mètre par lesquels le colgrout est injecté. La mise en place du squelette pierreux entre les parements servant de coffrage sur la hauteur de la tranche à injecter.

Le liant employé est le colgrout, mélange de plusieurs éléments : 50 kg de ciment, 90 litres de sable fin, 34 litres d'eau. Le dosage est de 526 kg de ciment par m³. Ce mélange est expédié par air comprimé de la vallée jusqu'au fait du barrage par pression.



Le colgrout a l'avantage, vu sa préparation spéciale de ne pas se mélanger à l'eau, des cailloux dans une cuve remplie d'eau, le colgrout est versé par un tube dans le fond, il s'étale, remonte, expulsant l'eau, sans s'y mélanger.

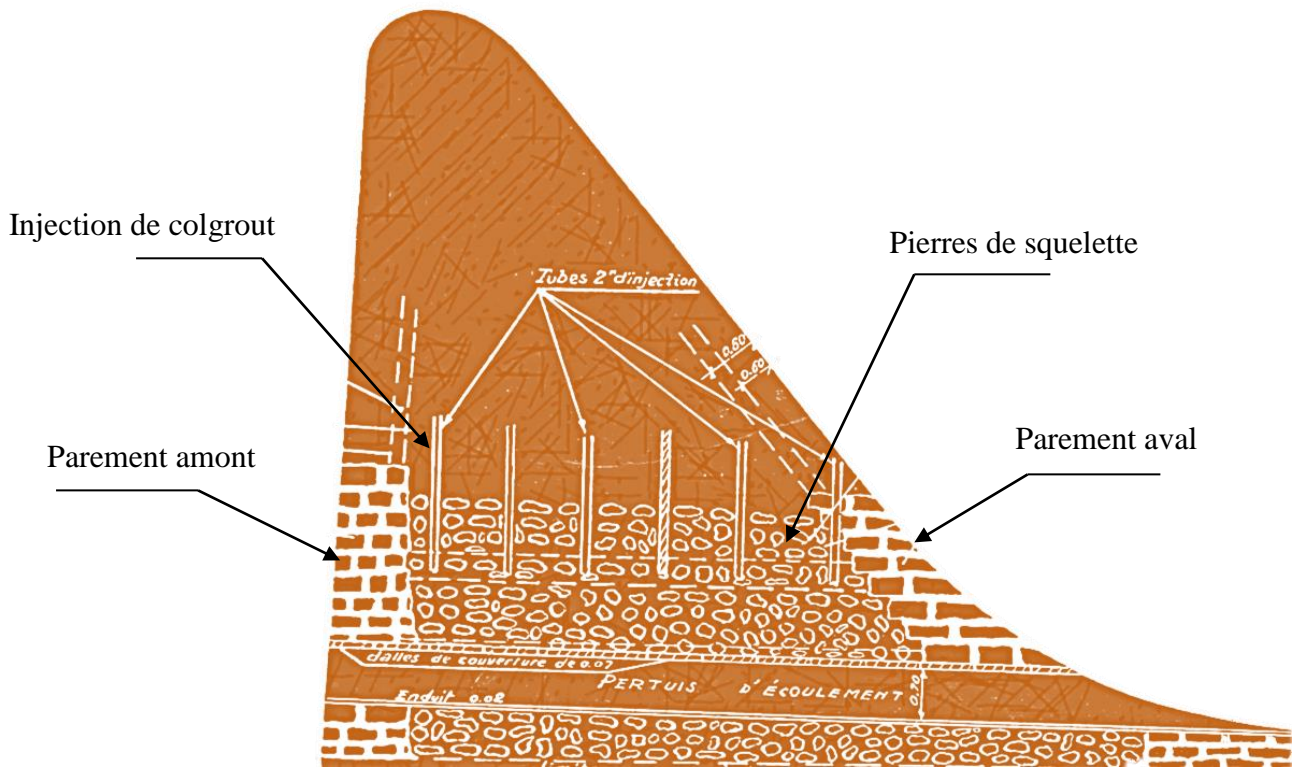


Fig.III. 20 : Schéma d'une coupe du barrage de Milok

Source : Direction des ressources en eau,
archive colonial, traité par l'auteur.



I.3.4 Etat de conservation du barrage :

La première visite du barrage de Milok était en Février 2021, on a arrivé sur le site après avoir parcouru une distance considérable à pied, suivant le rythme de la nature accidentée de site.

On a constaté que le barrage ne nécessite pas des travaux d'urgence, le corps du barrage est compatible ne souffre pas des grandes détériorations, mais en considérant qu'il est hors service depuis longtemps, il y aura des travaux préliminaires avant de le rendre encore en service.



Fig.III. 21 : Vue de face du barrage de Milok

Source : Photographie de l'auteur (11/02/2021).

I.3.5 Le diagnostic :

Une autre visite faite en Avril 2021, pour faire diagnostiquer le barrage de Milok, à l'aide d'un document photographique, et de relever les pathologies qu'elles seront présentés d'une manière détaillée plus tard.



Fig.III. 22 : Vue générale du barrage de Milok

Source : Photographie de l'auteur (24/04/2021).

Le barrage historique de Milok présente des certaines pathologies apparus avec le temps, le schéma au-dessous résume les pathologies apparus dans le corps de barrage, et dans leurs ouvrages annexes en aval du barrage, ainsi le tableau qui suit présente les détails de diagnostic.



I.3.6 Relevé des pathologies :

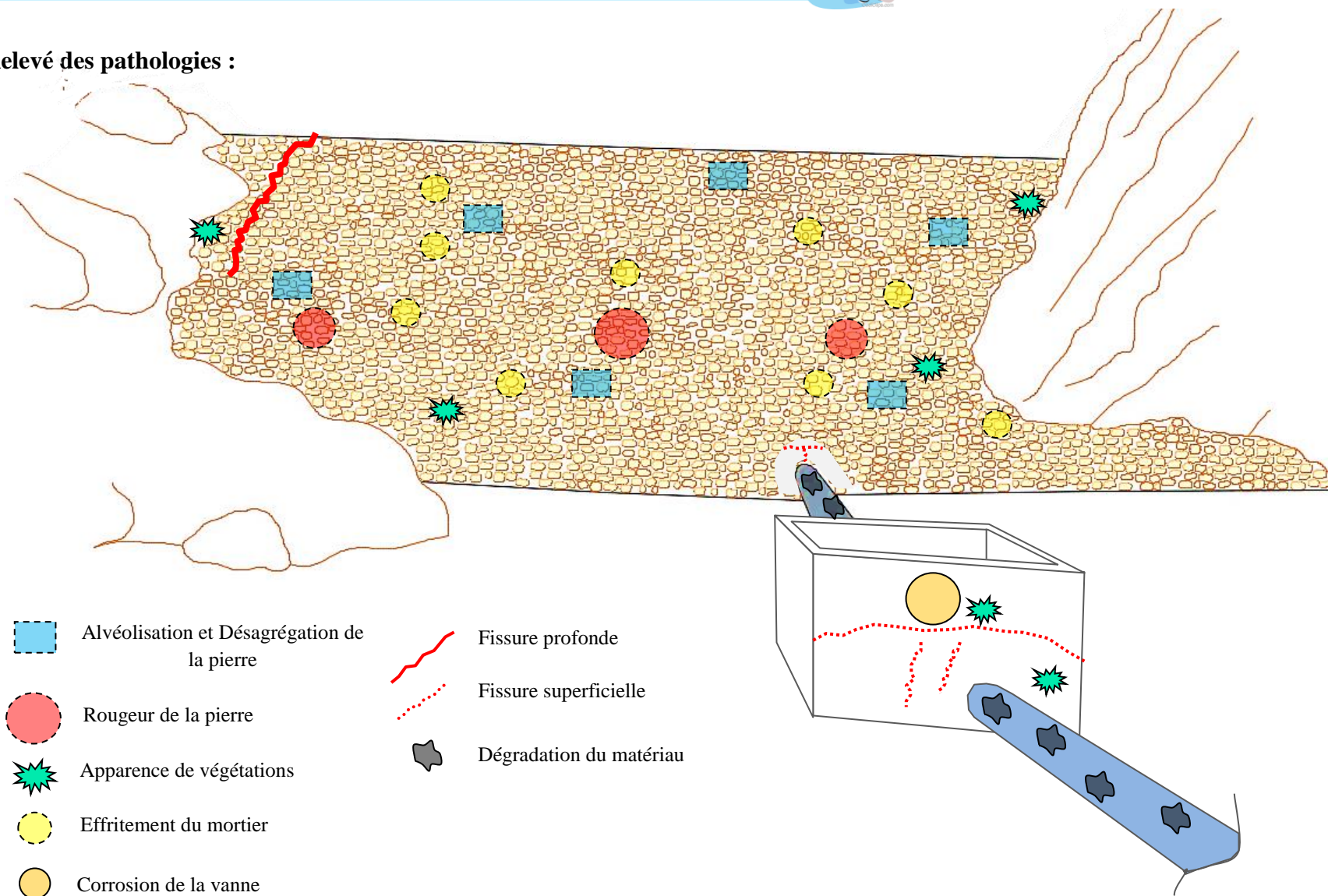


Fig.III. 23 : Vue générale du barrage présente les différentes pathologies

Source : Auteur



Tableau 4 : détails de diagnostic du barrage de Milok

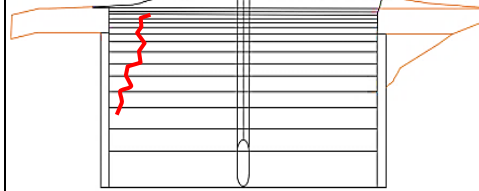
Illustration	Pathologies	Localisation	Cause
	<p>- Apparence de phénomène d'alvéolisation dans la pierre et la désagrégation de certaines pierres dans le mur en aval du corps de barrage.</p>		<p>- Les aléas climatiques (les précipitations, les vents et le soleil) forment avec le temps des cavités dans la pierre, et parfois mener à la désagrégation de la pierre.</p>
	<p>- Apparence des traces d'oxydation (Rougeur) sur quelques pierres dans le mur en aval du corps de barrage.</p>		<p>- les traces d'oxydation due à la corrosion du quadrillage en fer ancré dans la maçonnerie de mur en aval, par l'effet d'infiltration des eaux.</p>



	<p>- Phénomène d'efflorescence présenté par des végétations apparus dans le mur en aval du corps de barrage.</p>		<p>- Les infiltrations des eaux à l'intérieur du corps de barrage.</p>
	<p>- Effritement du mortier et la dégradation des joints entre les pierres dans le mur en aval du corps de barrage.</p>		<p>- Les écarts de température et le cycle gel-dégel au fil du temps, affectent sur le comportement du mortier, il s'effrite et perd de son étanchéité.</p>



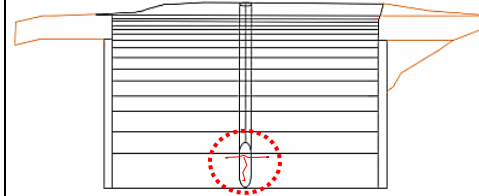
- Apparence d'une fissure profonde en lézarde de 45°, au niveau de la partie haute dans le mur en aval du corps de barrage.



- La fissure profonde peut être due aux problèmes de fragilisation des fondations (tassement différentiel) par les infiltrations des eaux.



- Apparence des fissures superficielles, horizontales et diagonales dans la partie basse cimentée du corps de barrage.



- Les fissures dans la partie cimentée (qui assure l'adhérence entre le corps du barrage et la conduite de dérivation) dues à l'hétérogénéité des matériaux qui sont exposés aux intempéries.



	<ul style="list-style-type: none"> - Dégradation de la conduite de dérivation et érosion de leur couche externe en aval de barrage. 		<ul style="list-style-type: none"> - La dégradation de la conduite de dérivation due au vieillissement de matériau de construction qui est exposé aux intempéries.
	<ul style="list-style-type: none"> - Dégradation du regard qui abrite la vanne de vidange en aval de barrage. - Apparence des fissures horizontales et verticales dans les faces intérieure et extérieure du regard et l'apparence des végétations. - Corrosion de la vanne de vidange. 		<ul style="list-style-type: none"> - La dégradation du regard ainsi la corrosion de la vanne de vidange, dues au vieillissement des matériaux de construction qui sont exposés aux intempéries, et au manque de maintenance.

Source : auteur



I.3.7 Schéma d'intervention :

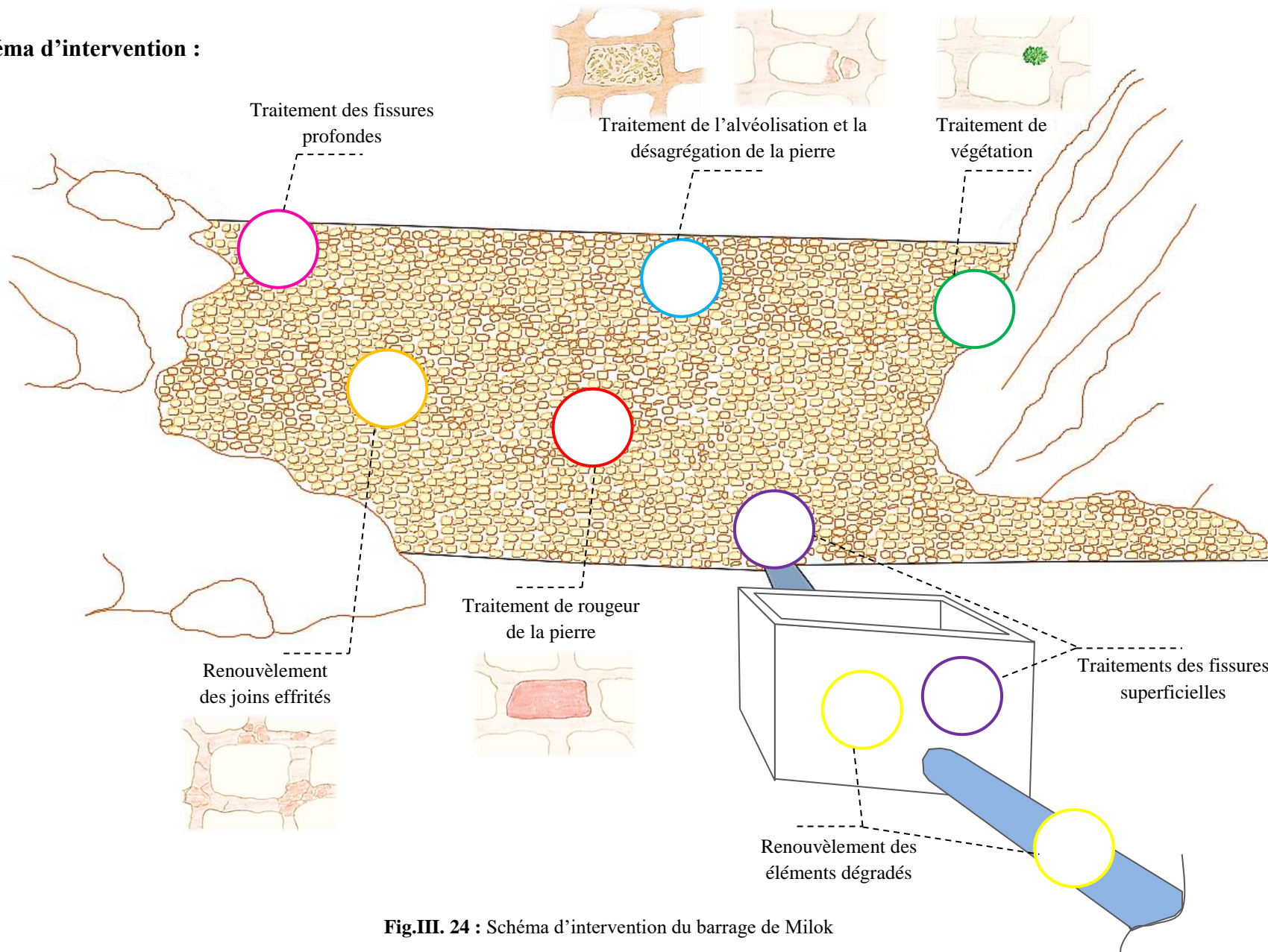


Fig.III. 24 : Schéma d'intervention du barrage de Milok

Source : auteur



I.3.8 Détail d'intervention :

Avant d'intervenir pour traiter les pathologies précédentes, il faut d'abord traiter les fondations sous le corps du barrage, et vérifier l'imperméabilité du sol contre les infiltrations de l'eau pour assurer la bonne marche du barrage après la thérapie.

a. Traitement des fissures :

Fissures superficielles :

Les fissures superficielles sont apparues dans les parties en béton (la partie qui assure l'adhérence entre le corps du barrage et la conduite de vidange, ainsi dans le regard qui abrite la vanne de vidange), et pour les traiter on applique les étapes suivantes :

1. Enlever toute la partie endommagée par les fissures jusqu'à atteindre la partie saine.
2. Nettoyer et humidifier la surface du travail.
3. Coller le béton dans la partie nettoyer et rendre la surface lisse.

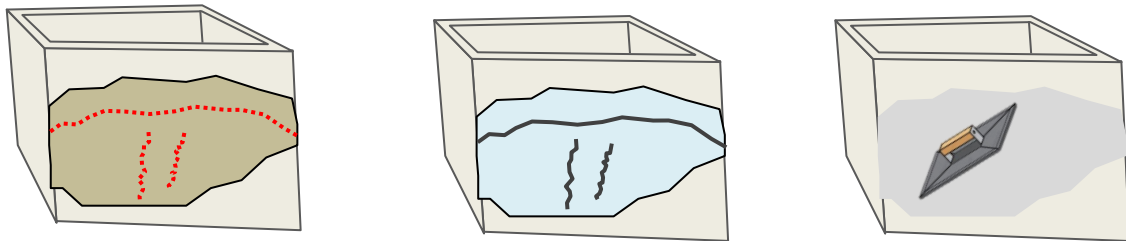


Fig.III. 25 : Schéma de traitement des fissures superficielles

Source : auteur

Fissures profondes :

Dans le cas de fissure importante, On a besoin de tester leur activité pour constater s'elle est vivante ou bien stable, en utilisant l'un des témoins permettant de mesurer l'évolution de son ouverture. Ensuite on traite les fissures comme suit :

1. Humidifier la zone à réparer et creuser la fissure pour supprimer tout élément friable, avec un grattoir.
2. Posez des agrafes perpendiculairement à la fissure tous les 50 à 80 cm, en prenant soin de les introduire dans une zone intacte du mur.
3. Colmater la fissure par reboucher l'espace vide existant avec le mortier.



Fig.III. 26 : Schéma de traitement des fissures profondes

Source : auteur



b. Réfection de parties endommagées de mur du barrage :

Le mur en aval de barrage connu des certains problèmes tels que l'alvéolisation et la désagrégation de la pierre, ainsi la rougeur de cette dernière, La réfection de ces parties consiste à remplacer les pierres endommagées par d'autres dont les caractéristiques seront similaires, suivant ces étapes :

1. Enlever les pierres endommagées
2. Nettoyer les surfaces dégagées.
3. Renouveler les joints entre les nouvelles pierres.

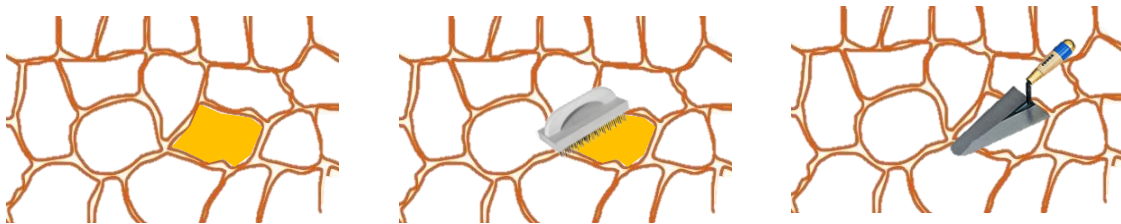


Fig.III. 27 : Schéma de réfection de parties endommagées

Source : auteur

c. Traitement de végétation :

Pour traiter le phénomène d'efflorescence ou l'apparence de végétation dans le mur de barrage, il faut suivi l'une de deux méthodes, par arrachement ou par injection.

- La première méthode consiste à arracher la végétation apparue dans le corps, puis colmater l'emplacement de végétation par injection du mortier similaire à celui qui est utilisé dans le barrage.
- Hors que la deuxième méthode consiste à injecter des produits chimiques pour tuer les racines de végétation, ensuite l'enlever par arrachement, et en fin colmater le vide par injection du mortier similaire à celui qui est utilisé dans le barrage.

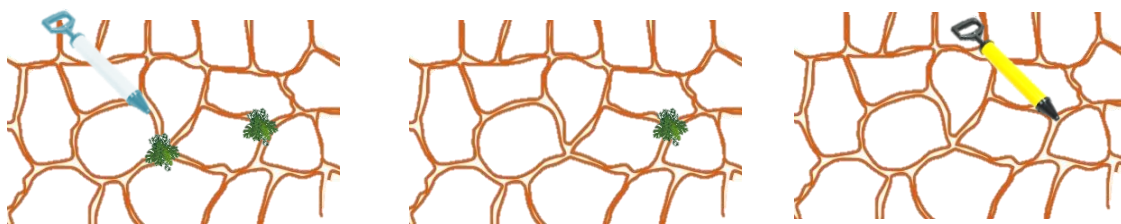


Fig.III. 28 : Schéma de traitement de végétation

Source : auteur



d. Renouveau des joints effrités :

Le renouvellement des joints ou du mortier effrité consiste à rejointoyer au mortier les parties détériorées par l'érosion ou par les racines de plantes qui ont poussé entre les pierres, suivant ces étapes :

- Enlever les parties endommagées de l'ancien mortier.
- Nettoyer les joints à l'aide d'une brosse dure, et l'humidifier jusqu'à la saturation pour obtenir un mortier consistant.
- Préparer la pâte du mortier avec les mêmes composants de l'ancien mortier, et puis s'étaler dans les joints vides.

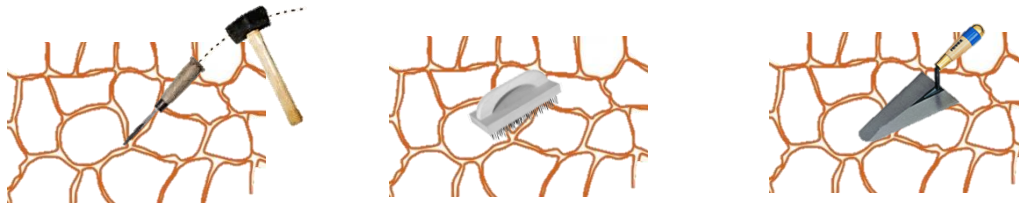


Fig.III. 29 : Schéma de renouvellement des joints

Source : auteur

e. Renouveau des éléments dégradés :

Les éléments des ouvrages annexes puisque sont indépendants du corps de barrage historique, et à cause de leurs dégradations, on va les renouveler par :

- Remplacer la conduite dégradée par une nouvelle, en assurant les mêmes dimensions avec des caractéristiques similaires.
- Remplacer la vanne endommagée par une autre vanne fonctionnelle, en assurant les mêmes dimensions avec des caractéristiques similaires.



Synthèse :

La richesse de ces deux barrages historiques, ainsi leurs situations près des sites patrimoniaux avec leurs techniques originales, malgré leur dégradation qui nécessite des travaux d'intervention adéquate, permettant de créer des destinations touristiques assurent la découverte et l'identification de ces ouvrages exceptionnels.



II. Mise en valeur de la région de l'Oued M'ZI :

La région de L'Oued M'ZI (ou la ville de Laghouat est implantée sur leur rive droite) en tant que région historique (dans le domaine des ouvrages hydrauliques), est pleine par les essais de nos ancêtres et par les expériences du colonialisme, et pour leur mise en valeur on va proposer un projet basé sur trois volés :

- ✓ Des travaux préparatoires pour offrir un environnement convenable au projet.
- ✓ Une conception d'un barrage sur l'Oued M'ZI.
- ✓ Un aménagement des berges de l'Oued M'ZI et de site El-Merdja.

II.1 Présentation de la région d'étude:

La région de notre étude est située au bord de la ville de Laghouat sur l'Oued M'Zi, l'un des plus importants oueds dans le pays, caractérisée par la présence des chaînes montagneuses (Djebel de Ras el Ayoun, Kef Dekhla et Djebel Tezgrarine), ainsi la végétation dense de site El-Merdja, et limitée par les deux routes nationale n°01 et communale mène vers El-Assafia, ainsi par les deux berges de l'Oued M'ZI la rive droite et la rive gauche.

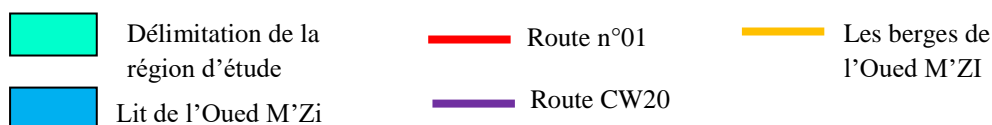


Fig.III. 30 : Situation de la région d'étude

Source : Satellite pro traité par l'auteur



II.1.1 Aperçu historique :

La région de l'Oued M'ZI a connu plusieurs stations historiques importantes :

- Les premiers barrages de la région:

Depuis un temps immémorial, l'oasis de Laghouat est arrosée par des eaux captées dans le lit de l'Oued Mzi, à l'aide de barrages volants qui détournent la presque totalité de leur cours apparent au profit des canaux d'irrigations.⁷

Laghouat est traversée par l'Oued-Lekhier, dérivation de l'Oued-Mzi, dont les eaux apportent la fertilité dans les jardins, grâce à la construction de plusieurs barrages. Un premier barrage arabe, en pierres sèches et terre, dérive les eaux de l'Oued-Mzi et les amène, par une conduite particulière, dans l'oasis Sud à travers l'échancrure sur laquelle est bâtie Laghouat. Un deuxième barrage arabe, situé à une petite distance en aval du précédent et construit de la même façon, dérive les eaux qui ont échappé au premier et les amène, par une deuxième conduite, dans l'oasis Nord. Ces deux barrages n'ont aucune solidité et sont emmenés par les grandes crues.⁸

- Construction d'un nouveau barrage européen:

Des réparations furent faites aux deux barrages indigènes qui déviaient les eaux de l'Oued-M'zi dans l'oasis ; et le capitaine Vincent, du génie, entreprit des sondages pour rechercher l'endroit le plus favorable à la construction d'un barrage européen.⁹

Depuis l'occupation française, un troisième barrage a été construit à l'extrémité du contrefort qui porte Laghouat. Il se compose de sables et de touffes d'alfa maintenues par des piquets. Sur la rive droite, il s'attache directement au rocher dolomitique du Djebel-Tisgrarine, et dévie naturellement les eaux de ce côté pour l'irrigation des terres de l'oasis Sud. Sur la rive gauche, il s'attache à un mur en maçonnerie, placé transversalement au cours de la rivière.¹⁰

⁷ Gauckler Philippe-Gaspard _« ORIGINE DES EAUX QUI SERVENT A L'IRRIGATION DE LAGHOUAT », In: Annales de Géographie, t. 17, n°91, 1908,page 83.

⁸ E. MANGIN ,« Note sur l'histoire de Laghouat ».

⁹ Description de Fromentin, qui visita Laghouat au mois de juin 1853– E. MANGIN ,« Note sur l'histoire de Laghouat ».

¹⁰ E. MANGIN , op.ct.



Le grand barrage construit par la France sur l'oued M'zi a rendu possible la culture en céréales, d'une grande partie (1 000 hectares) de la vaste et fertile plaine restée inculte jusque-là.¹¹

- Des études d'un deuxième barrage qui n'a vu le jour après la découverte des nouvelles sources d'eau :

En 1905, après une grande sécheresse, le débit des eaux avait considérablement diminué à Laghouat; la question de la construction du barrage semblait prendre un certain caractère d'urgence. Une reconnaissance géologique faite par Mr G.-B.-M. Flamand, professeur à l'École supérieure des Sciences d'Alger, a montré que les eaux de Laghouat proviennent des couches supérieures du Turonien, situées dans la région du Dakhla au Nord de l'Oued M'zi (rive gauche de la rivière) et des couches analogues situées à l'Ouest de Ras el Aioun sur la rive droite de la même rivière.

Des recherches directes, faites à l'aide de vastes tranchées, ont permis de trouver sur la rive gauche de l'Oued M'zi des sources importantes (plus de 100 litres à la seconde), à un niveau plus élevé que celui de la rivière.¹²

Ils ont utilisé les sources d'eau pour alimenter la ville en eau potable par l'installation d'un réservoir de 2000 m³ sur Djebel Dakhla à côté de tranchées Flamand, le réservoir est lié à une conduite de dérivation.










¹¹ https://fr.geneawiki.com/index.php?title=Alg%C3%A9rie_-_Laghouat&mobileaction=toggle_view_desktop, consulté le 04/05/2021.

¹² Gauckler Philippe-Gaspard « ORIGINE DES EAUX QUI SERVENT A L'IRRIGATION DE LAGHOAT », In: Annales de Géographie, t. 17, n°91, 1908, page 84.



II.1.2 Délimitation de l'air d'étude :

Légende :

-  Oued M'ZI
-  La ville de Laghouat
-  Terrains agricoles de Bordj El-Snoui
-  Daia El-Gheblia
-  Site El-Merdja (domaine public)
-  Site El-Merdja (domaine privé)
-  Terrain rocheux
-  Pont de l'Oued M'ZI
-  Pont de Sidi Hakoum

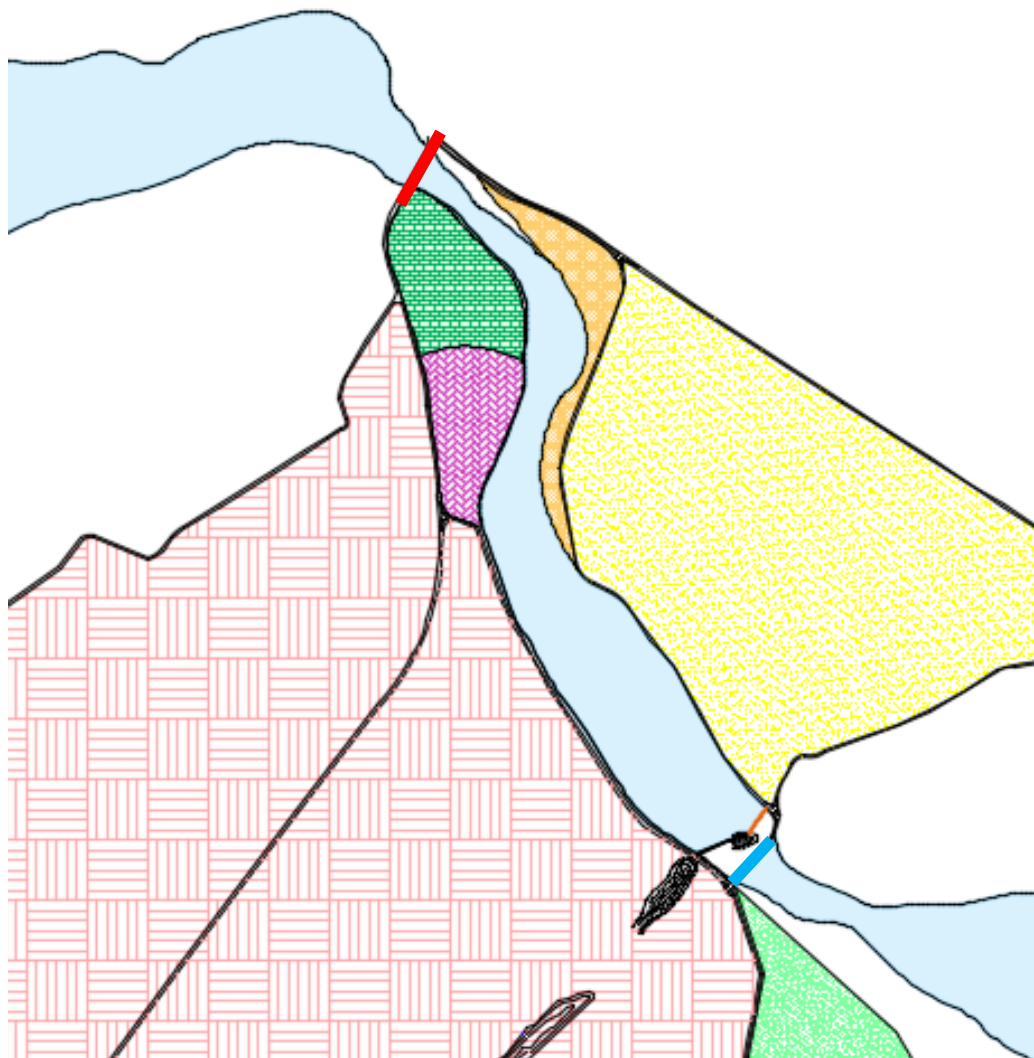


Fig.III. 31 : Schéma représente la délimitation de l'air d'étude

Source : auteur



II.2 Analyse du projet par la méthode AFOM (SWOT) :

- **Méthode AFOM (SWOT) :**

L'AFOM (SWOT en anglais) est une méthode d'analyse stratégique qui peut être utilisée dans le cadre de l'évaluation de projets. Elle consiste à l'identification et la comparaison des facteurs positifs et négatifs d'origine interne et externe.

Ses objectifs :

- ✓ Evaluer ou réorienter un projet en cours.
- ✓ Prendre en compte les facteurs qui influent sur l'implantation du projet (qui lui sont internes et externes) dans son évaluation ou dans sa mise en place pour faciliter sa mise en œuvre.

- **Application de la logique AFOM :**

Pour appliquer la logique, il faut compléter le tableau d'AFOM et faire les deux diagnostics :

- **Interne** : qui identifie les atouts et les faiblesses de l'école pour mettre en place le projet.
- **Externe** : qui identifie les opportunités et les menaces avec lesquelles il faut composer.

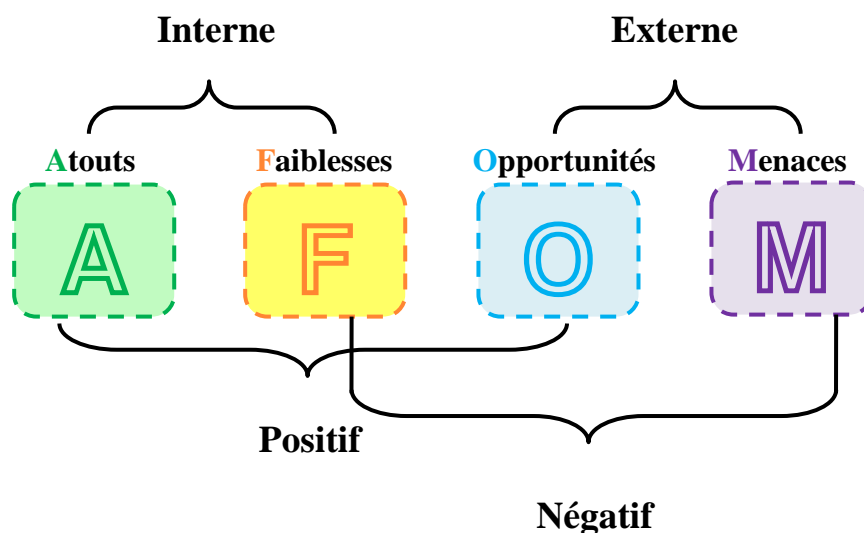


Fig.III. 32 : Schéma de la logique AFOM

Source : auteur



Chapitre III: Etude de mise en valeur des barrages de la région de Laghouat

On peut résumer les deux diagnostics (interne et externe) du projet par l'application de la méthode AFOM dans le tableau suivant

Tableau 5 : les diagnostics du projet par la méthode AFOM

Facteur / Diagnostic	Positif	Négatif
Interne	<ul style="list-style-type: none">- La région d'étude est considérée comme une région historique par excellence témoigne des expériences précédentes dans le domaine des ouvrages hydrauliques.- Situation stratégique de la région au bord de la ville de Laghouat chef-lieu de la wilaya, et sur l'un des importants Oueds des pays « L'Oued M'ZI ».- La région d'étude située à côté de la route nationale RN°01 « la colonne vertébrale du pays » qui relie le nord avec le sud.	<ul style="list-style-type: none">- Le climat aride (chaud et sec) de la région de Laghouat influe sur les plans d'eau surfaciques par l'effet de l'évaporation.- l'expérience précédente échouée du colonialisme présentée par l'obligation de démolir un barrage en maçonnerie (au niveau de notre région d'étude de l'Oued M'ZI) qui était formé un obstacle vis-à-vis les crues de l'Oued et conduit à l'inondation d'une partie de la ville.
Externe	<ul style="list-style-type: none">- Une occasion pour commémorer le patrimoine hydraulique de la région.- La possibilité de créer un microclimat à travers la retenue d'eau proposée.- La région par sa position offre des projets à vocation touristique.	<ul style="list-style-type: none">- le risque d'inondation probable par les fortes crues de l'Oued M'ZI.

Source : auteur



Synthèse :

D'après le tableau précédent, on peut bénéficier des points positifs dans notre projet et permet de gérer les points négatifs, ou laquelle on va résoudre l'expérience précédente échouée par une autre réussite, ainsi le risque des crues probable qui va se diminuer grâce à la construction de nouveau barrage de Seklafa, qui permet de retenir un immense volume en amont, et au prévisions du climat qui facilite l'intervention avant les crues.



II.1 Les travaux préparatoires du projet :

La région de l'Oued M'ZI au bord de la ville de Laghouat connu des certains problèmes représentent dans le lit et les berges de l'Oued, il forme un réceptacle de toutes sortes de déchets, y compris les déchets solides qui se trouvaient sur les berges de l'oued, et les rejets des eaux d'égout qui se faisaient sans aucun contrôle.



Fig.III. 33 : Les déchets et la conduite d'assainissement dans le lit de l'Oued M'ZI

Source : photographie de l'auteur

Avant d'entamer au projet, Il faut d'abord faire un entretien de lit et des berges de l'Oued de toutes sortes des déchets, ensuite il faut assurer la sécurité des berges par la proposition d'une protection des berges de l'Oued.

II.3.1 Entretien de lit et des berges de l'Oued :

Le confort visuel et olfactif est nécessaire pour bénéficier de la présence de l'eau dans l'Oued, il peut être assuré par l'entretien de l'Oued qui sera fait suivant des étapes, il consiste à :

- ✓ Éliminer toutes les déchets solides existants dans l'Oued et faire sensibiliser les gens sur la nécessité de garder l'environnement de l'Oued propre y compris le lit et les berges.
- ✓ Entamer parallèlement par la prise en charge de tous les rejets des eaux de l'égout et faire orienter la conduite d'assainissement vers la station d'épuration de Laghouat (situé sur la route qui mène vers El-Assafia) pour améliorer la qualité de l'eau et l'utiliser pour l'irrigation.



II.3.2 Protection des berges d'Oued :

La berge rive droite de l'Oued M'ZI était protégée depuis l'époque coloniale (1952) contre l'érosion de sol et le glissement des terrains, par pierre maçonné sur talus de digue au bord de la chaussé et par des rideaux de palplanche ou les rives n'opposent pas un contact avec la chaussé à côté d'El-Merdja, (la protection en pierre maçonné joue le rôle d'un mur de soutènement pour la sécurité des gens piétons et carrossables).



Fig.III. 34 : Schémas protection des berges

Source :<http://hmf.enseeiht.fr/travaux/CD0102/travaux/optsee/bei/1/g11/pa03.htm>, consulté le 01/06/2021.

Actuellement l'ancienne protection devient dégradée (effet de temps et le passage des crues), et une nouvelle protection est lancée en mur de béton armé, elle est en cours de réalisation (juin 2021).



Fig.III. 35 ; la protection actuelle des berges de l'Oued M'ZI

Source : Photographie de l'auteur

La protection en mur de béton armé est une solution adéquate pour des raisons de sécurité et de résistance, mais il perd la valeur historique de l'ancienne protection de l'époque coloniale.

En vertu de la préservation du patrimoine, on a proposé un habillage de mur par la pierre pour garder un aspect historique et valoriser l'ancienne protection en pierre, ainsi de proposer une nouvelle protection pour la berge rive gauche de l'Oued M'ZI de la même façon.



Chapitre III: Etude de mise en valeur des barrages de la région de Laghouat

II.2 Proposition d'une conception de barrage sur l'Oued M'ZI :

D'après la synthèse obtenue par l'analyse de la région d'étude à l'aide de la méthode AFOM et selon les données climatiques de la région de Laghouat qui est caractérisée par un climat aride ainsi les expériences précédentes sur l'Oued M'ZI, on va proposer une conception d'un barrage (retenue d'eau) sur l'Oued M'ZI (à côté de la ville de Laghouat).

II.2.1 Choix de site du barrage :

A l'emplacement de l'ancien barrage Marguerite ou barrage de Fort Morand (qui sert à augmenter le niveau de l'eau pour l'irrigation de Daïa El-Gheblia à l'époque), nous avons choisi le site de notre barrage actuel pour valoriser et réanimer cet ouvrage hydraulique, malgré que l'expérience de barrage en maçonnerie n'a pas duré longtemps à cause l'une des crues de l'Oued M'ZI qui ont attaqué l'Oued et donc la ville était inondée, la chose que les oblige de détruire le barrage et le bombardé par un canon (ce canon est exposé aujourd'hui dans l'un des carrefours de la ville de Laghouat). Actuellement on peut corriger l'expérience à l'aide de solutions (techniques) présentées par le barrage proposé qui n'étaient pas existés jadis et la rendre plus sécurisée pour la ville.

Selon la topographie de site, le meilleur emplacement pour le barrage est entre le pied de mont Tizgrarine (au bord de la chaussée) et le mamelon de Sidi Hakoum, en barrant l'autre côté de mamelon par une digue en terre pour retenir l'eau sur le long de lit de l'Oued M'ZI, suivant le profil de terrain.

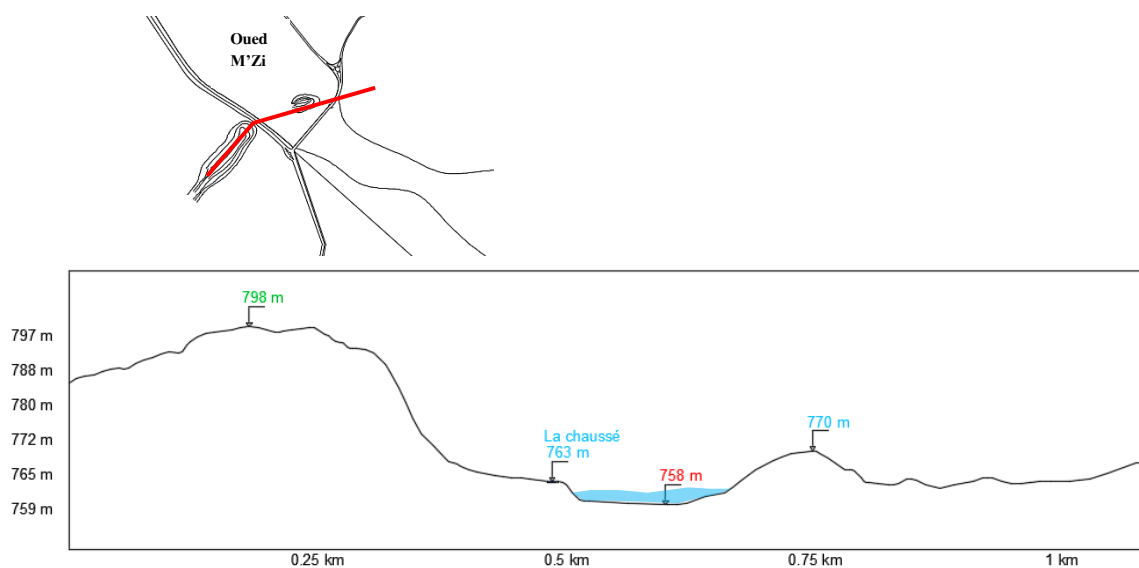


Fig.III. 36 : Schéma d'un profil en long à l'emplacement du barrage proposé

Source : auteur



Chapitre III: Etude de mise en valeur des barrages de la région de Laghouat

II.2.2 Choix de type de barrage :

Plusieurs critères influents sur le choix de type du barrage, le barrage gonflable était notre choix d'après les critères suivants:

- La forme de vallée : qui est large et étalée donc tous les types de barrages peuvent être envisagés sauf le barrage voute.
- La séismicité: Laghouat est classée dans la zone I ou l'activité sismique est faible
- La géologie : selon les études précédentes, la géologie de la région présente des couches de sables profondes avant la couche solide de calcaire. Le barrage gonflable ne présente pas beaucoup des charges appliquées.
- La faisabilité de construction et la disponibilité des matériaux : la région de Laghouat présente un barrage de même type gonflable « Kheneg Sidi Brahim » à Gueltet Sidi Saad ce qui montre la disponibilité des matériaux dans la région.
- Les conditions climatiques : le barrage gonflable contient une couche de recouvrement présente une meilleure résistance aux sollicitations climatiques.
- Les crues à maîtriser : comme on a déjà dit, le barrage de Seklafa qui était implanté en amont sur le même Oued M'ZI permet de réduire les risques des crues probables, ainsi le principe de fonctionnement de barrage gonflable a une certaine mobilité consiste à faire passer les crues en sécurité.



Fig.III. 37 : Barrage gonflable

Source : <http://www.saint-georges.ca/2020/09/22/abaissement-du-barrage-gonflable/> ,consulté le 01/07/2021.



II.2.3 Origine du barrage gonflable :

Le principe du barrage gonflable en caoutchouc a été inventé et breveté par Mr.MESNAGER, ingénieur hydro-électricien français, en 1947. La conception du barrage se caractérise par une paroi souple attachée par ses deux extrémités et gonflée à l'eau ou à l'air.

La Compagnie Nationale du Rhône charge alors la société Kleber Colombes de concevoir un prototype. Cette société va mettre au point une membrane adaptée à cette fonction, en combinant les qualités des textiles tels que le nylon avec celles du polychloroprène (résistance au vieillissement, imperméabilité, allongement à la rupture, adhérence aux tissus,...).

Kleber Colombes puis le Joint Français réalisent en France ce type de membranes en insérant une couche de nylon au sein de deux couches de polychloroprène ou deux couches de nylon liées par une gomme et enserrées de deux couches de polychloroprène. Malgré des essais positifs, ce projet reste sans suite.

C'est aux Etats-Unis, en 1956, que Mr.IMBERTSON invente et fait breveter le « Fabridam », une membrane mise au point par Firestone et constituée d'une feuille de tissu caoutchouté, repliée sur elle-même deux, trois voire quatre fois selon la résistance désirée. Le premier barrage gonflable voit ainsi le jour en 1959 pour l'alimentation en eau de la ville de Los Angeles. Le gonflage se fait alors uniquement à l'eau.¹³

II.2.4 Domaines d'application :

Les principaux domaines d'application des barrages gonflables sont les suivants :¹⁴

- Usage récréatif : il peut permettre de maintenir un plan d'eau pour des activités nautiques, de baignade ou halieutiques.
- Irrigation : ce barrage peut permettre de maintenir un plan d'eau pour des besoins en irrigation.
- Production d'énergie : Le barrage gonflable peut être associé à une centrale hydroélectrique.
- Protection contre les crues : il peut être mis en place en zone inondable afin de protéger les habitants d'un débordement de fleuve.
- Régulation de cours d'eau pour la navigation : il permet de maintenir le niveau d'un bief amont pour des besoins de navigation et permet une transparence hydraulique de l'ouvrage lors du passage des crues.

¹³ Direction de l'Infrastructure, de l'Eau et de l'Environnement, Guide « Barrages gonflables avec ou sans volets métalliques », page 15.

¹⁴ Idem, page 12.



II.2.5 Conception de barrage :

La conception de barrage gonflable suivant des données géologiques, est divisée en deux parties superposées forment la structure de base pour le barrage:

- ✓ Une partie inférieure fixe forme un socle pour barrage.
- ✓ Une partie supérieure mobile forme une baudruche gonflable (gonflée, dégonflée).

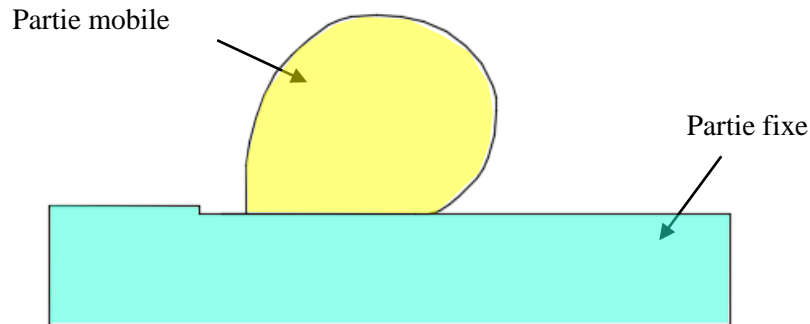


Fig.III. 38 : Schéma présente la conception du barrage gonflable

Source : auteur

II.2.6 Principe de fonctionnement :

Le principe de fonctionnement de barrage gonflable, basé sur le système de baudruche selon la nécessité d'utilisation est requis :

- Dégonflée, la baudruche s’efface et l’écoulement est libre ;
- Gonflée, elle permet de retenir la charge hydraulique.

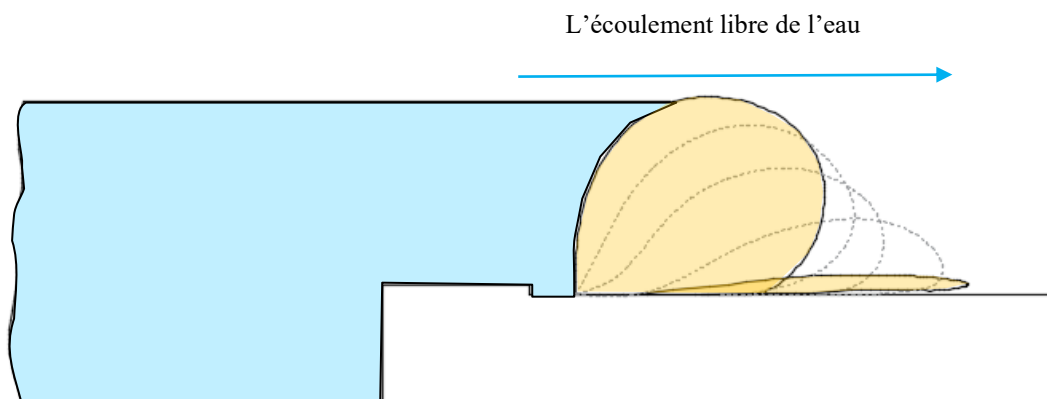


Fig.III. 39 : Schéma de fonctionnement du barrage gonflable

Source : auteur



II.2.7 Technique et matériau de construction : ¹⁵

Le barrage gonflable se compose d'une membrane formant une boudruche, qui est ancrée sur un radier en béton au fond du cours d'eau. Cette boudruche est gonflée au moyen d'air (BGA : Barrage Gonflable à l'Air), d'eau (BGE : Barrage Gonflable à l'Eau).

a. La Membrane :

La membrane d'un barrage gonflable est un matériau composite de 4 à 16mm d'épaisseur constitué d'une ou plusieurs nappes de fibres de **polymère*** , selon la résistance désirée, noyées dans un **élastomère***.

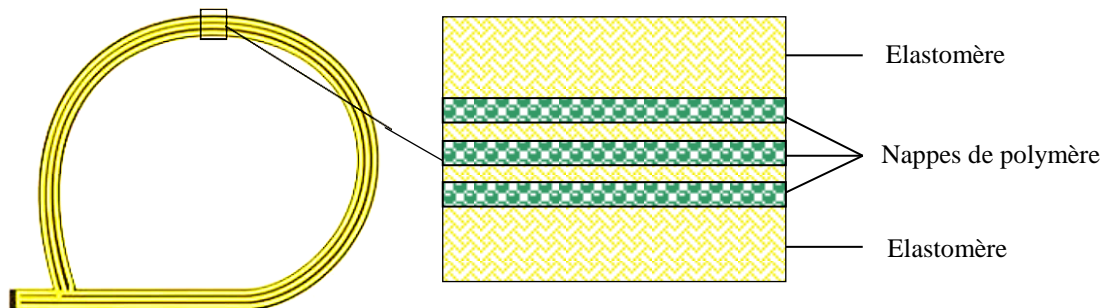


Fig.III. 40 : Schéma présente la composition de la membrane du barrage gonflable

Source : Direction de l'Infrastructure et de l'Eau et de l'Environnement, Guide « Barrages gonflables avec ou sans volets métalliques» - traité par l'auteur.

Chaque couche parmi les couches composant la membrane présente un rôle supplémentaire :

- Les nappes de fibres ont pour fonction de reprendre les efforts de traction induits par les différentes charges.
- Les couches d'élastomère jouent un rôle différent en fonction de leur position et peuvent donc être constituées différemment :

¹⁵ Direction de l'Infrastructure, de l'Eau et de l'Environnement, op.cit, pages 18-19-20-24.

* **Le polymère**, usuellement appelé fibre synthétique, présente des propriétés mécaniques et chimiques lui conférant une bonne résistance mécanique et une bonne adhérence avec l'élastomère. Les polymères employés pour constituer les membranes des barrages gonflables sont : le polyester (PES), le polyamide (PA), plus connu sous le nom de nylon.

* **L'élastomère**, usuellement appelé caoutchouc, présente des propriétés élastiques lui permettant de supporter de très grandes déformations avant rupture. Les types utilisées dans les barrages gonflables sont : le caoutchouc naturel (NR), le styrène-butadiène (SBR), le chloroprène (CR), l'éthylène-propylène-diène-monomère (EPDM), le polyéthylène chlorosulfoné (PECS).



- La couche extérieure joue le rôle de protection aux différents types d'agressions apportés par l'eau, les UV, la chaleur, et surtout le passage des sédiments (résistance à l'abrasion).
- La ou les couche(s) intermédiaire(s) (dans le cas de plusieurs nappes de fibres) joue le rôle d'adhésion vis-à-vis des nappes de fibres et d'étanchéité vis-à-vis de l'eau extérieure.
- La couche intérieure joue le rôle d'étanchéité vis-à-vis du fluide de remplissage et de protection pour la nappe de fibre intérieure. Une résistance à l'ozone peut également être requise dans le cas du gonflage à l'air, mais dans une moindre mesure que pour la couche extérieure.

b. Le Radier :

Le radier permet de reprendre les charges de la boudruche à proprement parler, les charges transmises par la bouchure et les sous-pressions. Il présente une face plane au droit de l'emprise de la membrane avec une éventuelle échancrure en partie aval afin que cette dernière puisse s'y déposer, et l'adaptation de radier pour pouvoir accueillir la bouchure en position dégonflée.

Le bord amont peut être légèrement surélevé pour pouvoir inscrire l'ancrage amont de la boudruche dans le génie civil. Son épaisseur est fonction des charges nommées précédemment et de la géologie de fondation.

Le radier est généralement construit en béton.



c. Les ouvrages annexes et les aménagements à prévoir :

Pour assurer un fonctionnement complet et correct de barrage, il nécessite un ensemble des ouvrages et aménagements supplémentaires, on peut les résumer comme suit:

- **Piles :**

Les piles sont des réservations dans le radier pour rôle de permettre le passage des conduites d'alimentation et l'implantation des boulons d'ancrage, il est recommandé d'incliner les bajoyers des piles afin d'assurer l'étanchéité latérale de la boudruche, ainsi pour permettre une meilleur tenue de la boudruche en position gonflée et une meilleure dépose de la boudruche en position dégonflée .

- **Fosse de dissipation :**

De la même manière que pour les autres systèmes de bouchure fonctionnant en surverse, le barrage gonflable nécessite l'aménagement d'un ouvrage de dissipation à l'aval du barrage afin de limiter les affouillements de pied.

- **Tapis de protection (en aval de radier) :**

Il est recommandé la mise en œuvre d'un tapis de protection en élastomère disposé sur le radier plaqué sur le béton au pied du barrage pour protéger la sous face de la membrane vis à vis du risque de poinçonnement.

- **La pompe :**

Le gonflage de barrage est assuré par une **pompe** située dans un local technique sur berge, Elle alimente grâce à de l'eau prélevée en amont, une colonne d'eau dont la hauteur détermine l'importance du gonflage et la hauteur de rétention d'eau.

- **Conduites de remplissage/vidange :**

Conduites permettant respectivement de remplir ou de vider la boudruche. Les diamètres varient suivant la taille de la boudruche, le nombre de conduite, le fluide de remplissage (air ou eau), etc.

- **Rainure à batardeaux :**

Permet de faciliter les opérations de maintenance, et la prise en compte d'un espace d'accès et de travail créé à l'aide de batardeau en amont de barrage.

- **Défecteurs :**

La mise en œuvre de déflecteurs sur les bouchures gonflables permet d'améliorer notablement leur stabilité face aux écoulements (risques de vibration notamment).

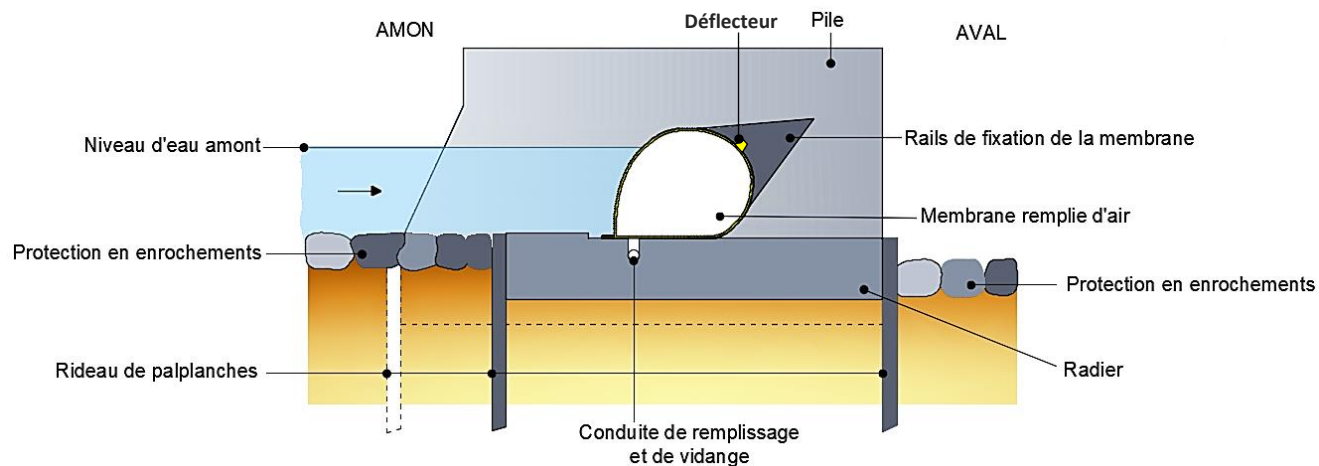


Fig.III. 41 : Schéma d'une coupe transversale du barrage gonflable

Source : auteur

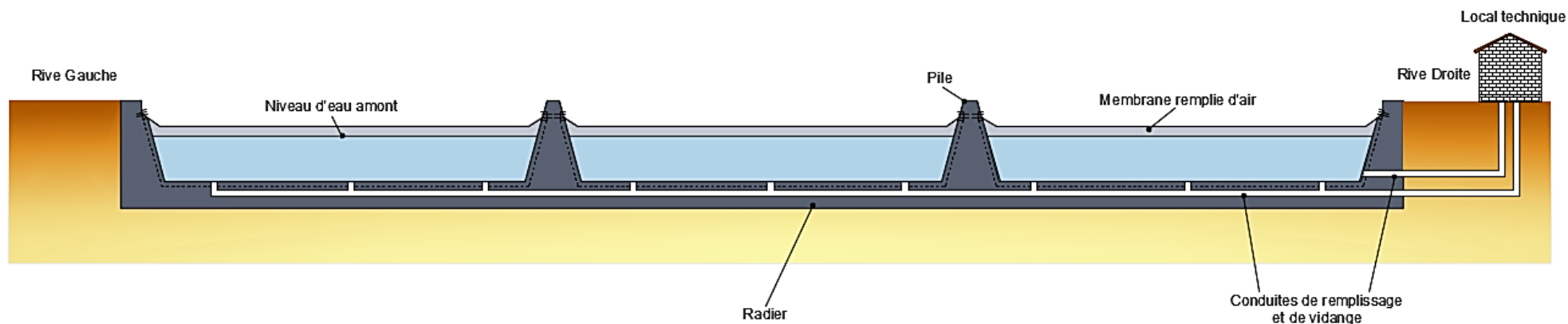


Fig.III. 42 : Schéma d'une coupe longitudinale du barrage gonflable

Source : auteur



II.2.8 Mode de de gonflage entre le BGA et le BGE :

Le choix de mode de gonflage qui sera adopté pour notre barrage gonflant entre le barrage gonflé à l'air et celui gonflé à l'eau, selon les données qui suit :

○ L'emprise de la membrane :

Celle gonflée à l'air nécessite un périmètre de membrane moins important pour une même hauteur utile, en comparaison aux membranes gonflées à l'eau. Cela résulte de la compressibilité de l'air qui permet de monter plus facilement en pression à l'intérieur de la membrane ainsi que du poids de l'eau qui s'exerce sur la paroi interne de la membrane.

○ La largeur de radier :

Le radier d'un barrage gonflé à l'eau est donc plus large, de l'ordre de 2,4 fois la hauteur utile, afin de pouvoir accueillir sur sa surface la membrane dégonflée. Pour le gonflage à l'air ce rapport passe à 1,8.

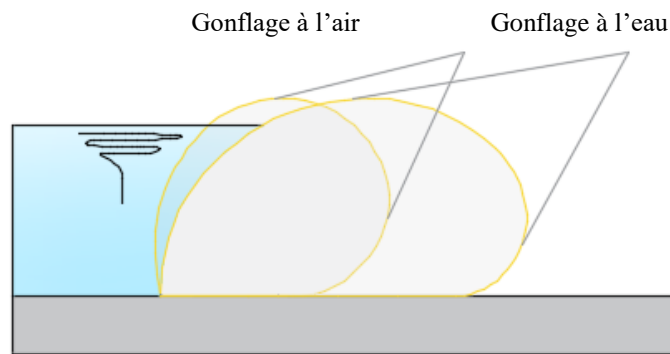


Fig.III. 43 : Schéma du mode de gonflage

Source : auteur

○ Temps de gonflage/dégonflage :

Le gonflage à l'eau est quatre à six fois plus lent que celui à l'air, par contre le temps de dégonflage est en moyenne, par rapport au temps de gonflage :

-Gonflage à l'air : similaire à légèrement plus court.

-Gonflage à l'eau : une à deux fois plus court (selon le niveau aval).

Temps approximatif	Barrage gonflable à l'air	Barrage gonflable à l'eau
Gonflage	30 minutes	2 à 3h
Dégonflage	30 minutes	1 à 2h



○ L'Ancrage :

Dans le gonflage à l'air, l'ancrage de la membrane sur la fondation en béton se fait par une ligne d'ancrage à l'amont de la boudruche qui est alors constituée d'une membrane repliée sur elle-même.

Par contre pour le gonflage à l'eau, les lignes d'ancrages de la membrane de barrages gonflés à l'eau sont doubles, mais la membrane n'est pas repliée sur elle-même, l'étanchéité inférieure de la boudruche est alors assurée par le seuil en béton.



Gonflage à l'air
Gonflage à l'eau
Fig.III. 44 : Schéma d'encrage des deux barrages gonflables à l'air et à l'eau

Source : Direction de l'Infrastructure et de l'Eau et de l'Environnement, Guide « Barrages gonflables avec ou sans

II.2.9 Avantages de barrage gonflant :

Les principaux avantages de ce type de barrage sont :

- ✓ Coûts de réalisation plus faibles que les solutions classiques (type vanne ou clapet métallique).
- ✓ Faibles coûts de maintenance (pas de problème de corrosion), d'exploitation et de fonctionnement (consommation énergétique).
- ✓ Sécurité vis-à-vis de l'affaissement de la bouchure à l'approche des crues.
- ✓ Antipollution, le barrage permet assez facilement le transport de solides par l'effacement de la bouchure lors de crues ou lors d'opérations d'entretien (temps de gonflage court).
- ✓ Intégration paysagère.

II.2.10 Limites de fonctionnement :

La vulnérabilité est un facteur probable dans les barrages gonflables, à cause de son exposition aux vandalismes même si les cas sont rares et sans gravité, et par le passage d'arbres et des corps solides lors des crues.

Ces contraintes sont sensibles mais peuvent être résolues par des petits travaux de maintenance (fuites souvent minimales compensées par un sur-pompage) ou de renouvellement de la membrane qui permettent une meilleure résistance qu'il y a 20 ou 30 ans.



Synthèse et recommandations :

On a opté pour un barrage gonflable à la région de Laghouat pour les raisons de simplicité et de disponibilités de matériaux de construction, avec le mode de gonflage à l'air qui assure le compromis économique et technique, et par ce que cette technique déjà utilisé au niveau de site de « Kheneg Sidi Brahim » à Gueltet Sidi Saad ce qui montre son efficacité et son avantages par rapport à d'autres types des barrages.

Ce barrage gonflable sert à une technique récente permet de conçu un barrage mobile, contrôlable, qu'a la rigueur remplit les conditions techniques suivantes :

- avoir une imperméabilité suffisante, insoluble dans l'eau, et ne se fissurer pas sous l'effet des tassements.

Et donc, il va contribué à la réussite de l'ancienne expérience de cette région historique, ainsi leur simplicité qui nous permet d'assurer le cachet historique de l'ancien barrage détruit, en utilisant la maçonnerie comme habillage sur le radier du barrage, ou bien comme un motif imprimé sur la membrane s'il est possible, pour valoriser notre patrimoine des ouvrages hydrauliques.

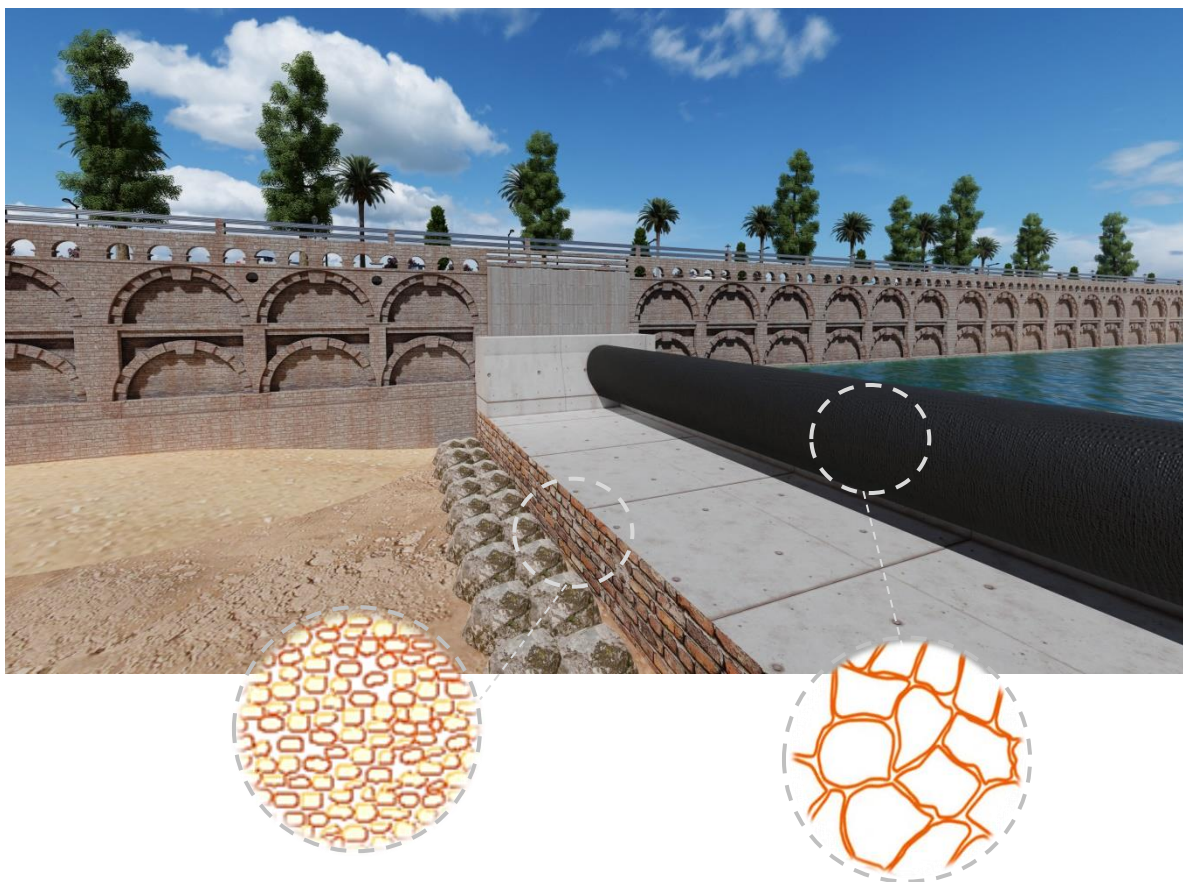


Fig.III. 45 : Image de synthèse du barrage conçu traité

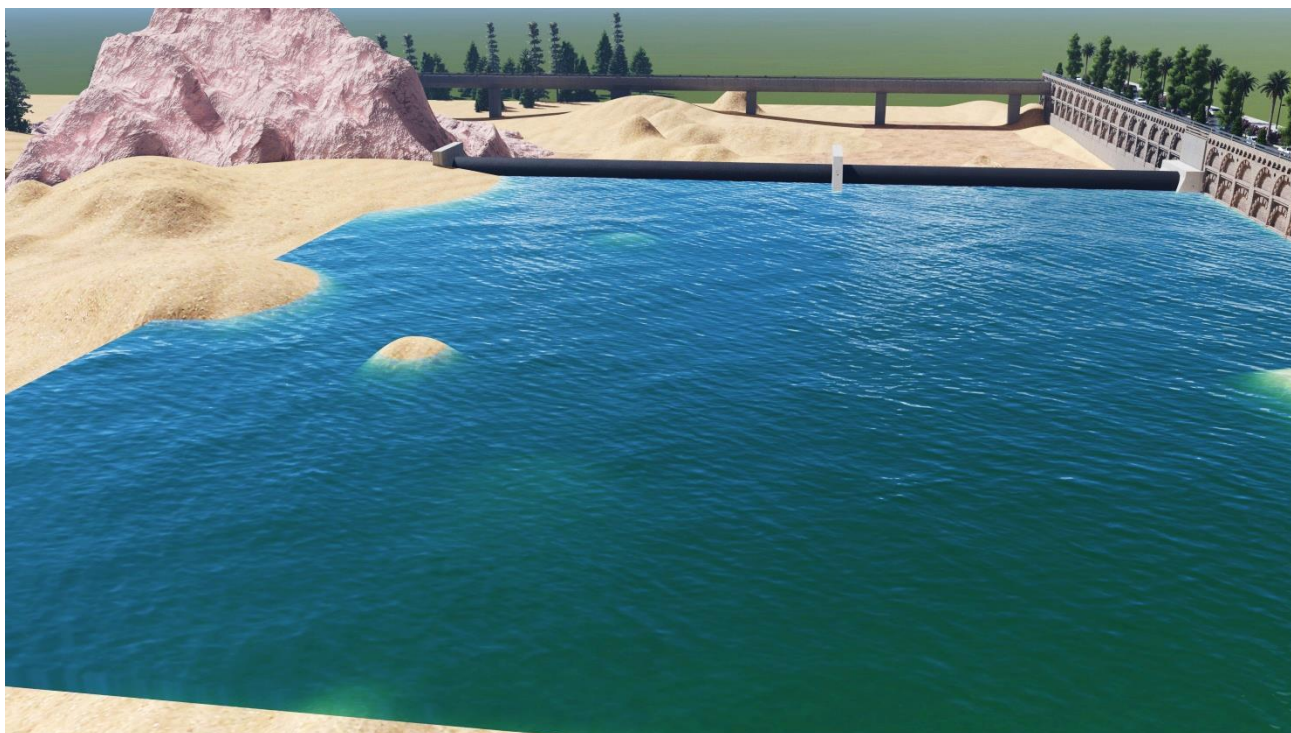


Fig.III. 47 : Image de synthèse en amont du barrage gonflable

Source : auteur

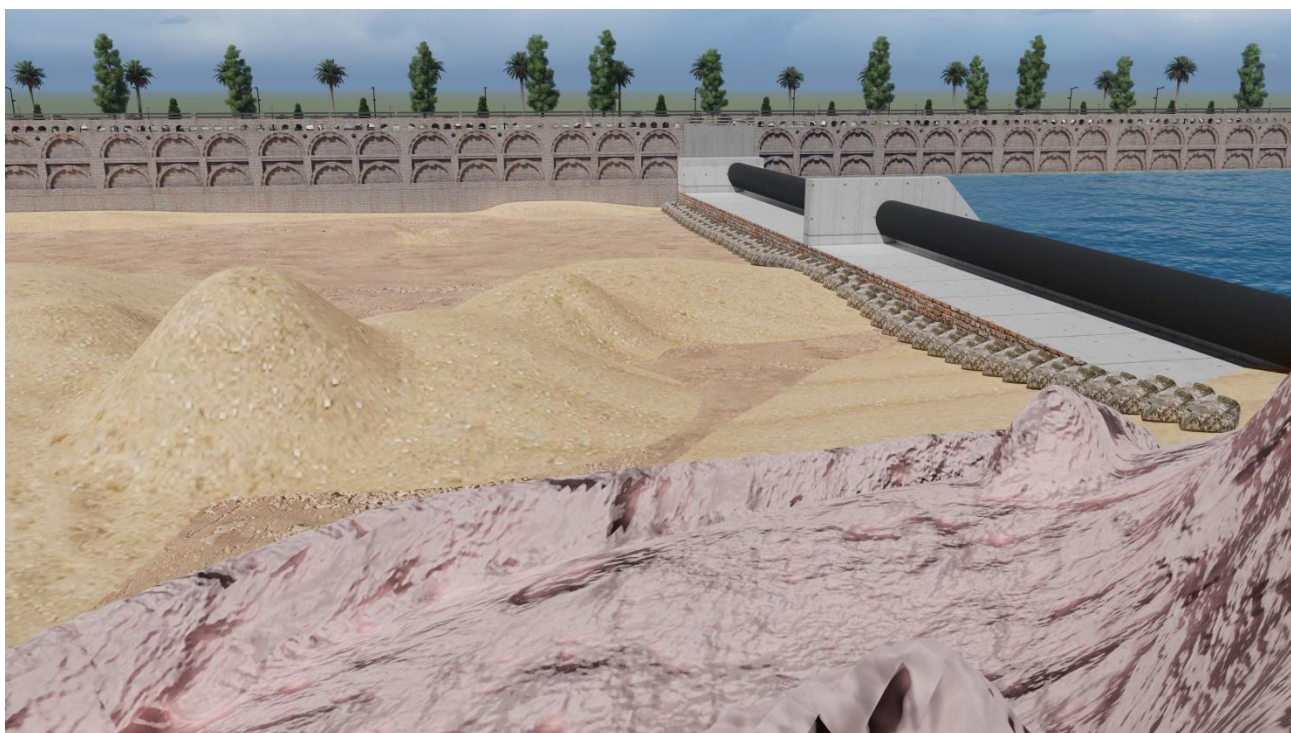


Fig.III. 46 : Image de synthèse en aval du barrage gonflable

Source : auteur



III. Exploitation de la retenue d'eau par l'aménagement des sites environnants le barrage :

Le barrage proposé sur l'Oued M'ZI par la présence de l'eau, offre une possibilité d'animer la région en amont par un aménagement proposé sur l'environnement du barrage et de rendre la région une destination pour les habitants ainsi pour les touristes.

III.1. Aménagement des berges de l'Oued M'ZI :

III.1.1. Etat de lieu :

La berge rive droite de l'Oued M'ZI possède une voie piétonne avec quelques mobiliers urbains, hors que la rive gauche ne possède aucun aménagement, ce qui fait de cette zone inanimée et peu fréquentée par les gens, sauf au moment des crues de l'Oued M'ZI.

III.1.2. Proposition d'aménagement :

La présence permanent de l'eau dans l'Oued donne une grande importance aux berges de l'Oued qui seront devenus un lieu d'attraction et de promenade qui invitent les gens.

On a proposé un aménagement pour les berges de l'Oued, une voie piétonne le long de la zone inondée et à côté de la route qui borde l'oued sur les deux rives.

On va améliorer la rive droite et aménager la rive gauche en assurant une deuxième vue panoramique sur l'Oued, par l'implantation des arbres ombrageux ainsi les arbustes qui contribuent à l'équilibre écologique et l'amélioration des conditions d'existence de la population des régions arides, Ils peuvent agir aussi pour la protection des berges par stabiliser le sol et empêcher leur érosion.



Fig.III. 48 : Voies sur berge de l'Oued

Source : <https://www.leblogauto.com/2018/03/voies-berge-a-paris-mairie-persiste.html>, consulté le 24/06/2021.



Fig.III. 49 : Arbre et arbuste pour l'aménagement

Source : <https://fr.pngtree.com/free-tree-png>, consulté le 24/06/2021.



Chapitre III: Etude de mise en valeur des barrages de la région de Laghouat

Pour garder un aspect historique sur les berges de l'Oued, et toujours dans le cadre de valorisation des ouvrages hydrauliques, en inspirant de la forme des aqueducs doublés comme habillage en pierre sur le mur de soutènement.

Et pour assurer la continuité visuelle sur l'eau de l'Oued ainsi pour casser l'opacité du mur de soutènement par des petites arcades trouées dans la partie supérieure du mur. En n'oubliant pas la sécurité des gens qui peut être assuré par la présence d'une main courante le long de mur de soutènement.



Fig.III. 50 : La forme des aqueducs doublés

Source : <https://www.tourisme-lot.com/offres/journees-europeennes-du-patrimoine-visite-commentees-de-laqueduc-romain-de-vers-saint-gery-vers-fr-2601236/>, consulté le 24/06/2021.



Fig.III. 51 : Image de synthèse de l'aménagement de la berge rive droite de l'Oued M'ZI traité.

Source : auteur



Fig.III. 52 : Image de synthèse d'une vue générale sur le barrage et l'aménagement de berge rive droite de l'Oued M'ZI

Source : auteur



III.2. Aménagement de site El-Merdja :

III.2.1. Choix de site El-Merdja:

Le choix de site El-Merdja est selon leur situation à côté du retenue d'eau créée par notre barrage proposé d'une part, et selon leurs emplacement stratégique (à l'entrée de la ville au bord de la route nationale N°01) ainsi leur cachet écologique (une végétation dense) d'une autre part, Ce qui fait de ce site une destination pour les résidents de la ville pour se promener et respirer de l'air frais, ainsi une destination pour les touristes.



Fig.III. 53 : Site El-Merdja

Source : Photographie de l'auteur.

III.2.2. Type de projet d'aménagement :

La plupart des projets d'aménagement public abritent des espaces de détente et de loisirs ou se concentrent les activités chaotiques et de nuisances sonores. Et puisque notre région de Laghouat contient ce type de projets (site El-Merigha), on va créer une destination déférente de l'ordinaire.

On a opté pour un aménagement de site El-Merdja avec la dominance de la nature (en préservant le cachet écologique de site), les arbres majestueux et ombrageux, l'air frais et l'écoulement de l'or bleu "l'eau". Des espaces abritent les activités calmes et de relaxation pour les adultes ainsi les activités de créativité (dessin, lecture...) destinés aux adolescents, il peut être aussi une destination pour les étudiants pour faire leurs recherches et leurs études en plein air.



Fig.III. 55 : Aménagement de site en plein air
Source :<https://www.pinterest.com/pin/790663278315962310/>,consulté le 01/06/2021.



Fig.III. 54 : Mobilier pour l'étude en plein air
Source :<https://www.pinterest.com/pin/177329304055923786/>,consulté le 01/06/2021.



III.2.3. Genèse de l'idée :

L'idée de projet est inspirée de l'ancienne ville de Laghouat où les maisons entourées par les jardins et Oued El-khier offre la fertilité de ces derniers, On a proposé des zones distinctes sur El-Merdja, une zone d'exposition sous abris entourés par des zones de détente et de relaxation en plein air, avec une cour d'eau traverse le site en forme des grands séguias.

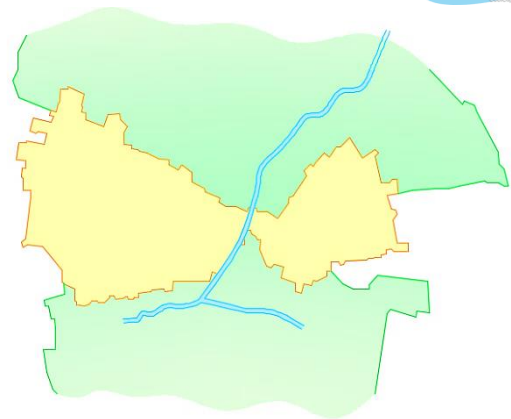


Fig.III. 56 : Schéma illustratif de l'ancienne ville de Laghouat

Source : auteur

La zone sous abris forme le noyau historique (l'ancien Ksar de Laghouat) au centre du projet destinée à l'exposition de tout type d'ouvrage hydraulique et surtout les barrages de la région de Laghouat et pour faire sensibiliser les gens sur l'importance de ce genre des constructions. Une couverture légère et gigantesque caractérise la zone d'exposition avec l'implantation des murs en état brute pour l'exposition.

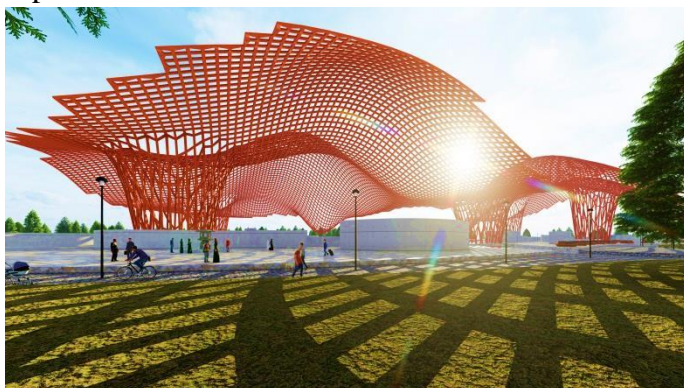


Fig.III. 57 : Image de synthèse de la couverture de la zone d'exposition.

Source : auteur

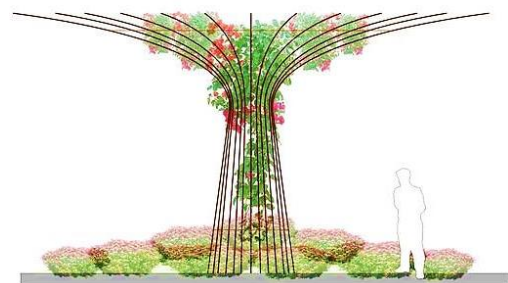


Fig.III. 58 : Source d'inspiration de la couverture gigantesque

Source : <https://www.pinterest.com/pin/687080486887888516/>, consulté le 01/06/2021.

On assure l'alimentation des cours d'eau par une noria installée sur l'Oued et liée par une série des aqueducs doublés pour transporter l'eau de l'Oued vers la partie supérieure d'El-Merdja.



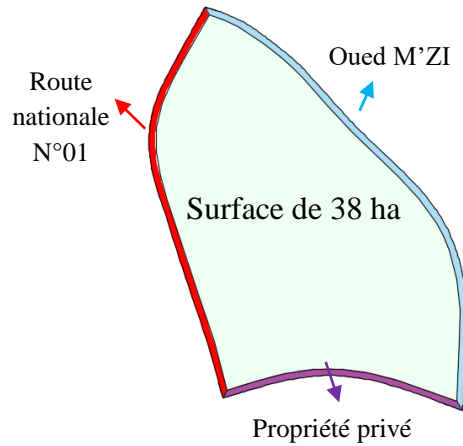
Fig.III. 59 : Image de synthèse de la noria suivie par les aqueducs

Source : auteur

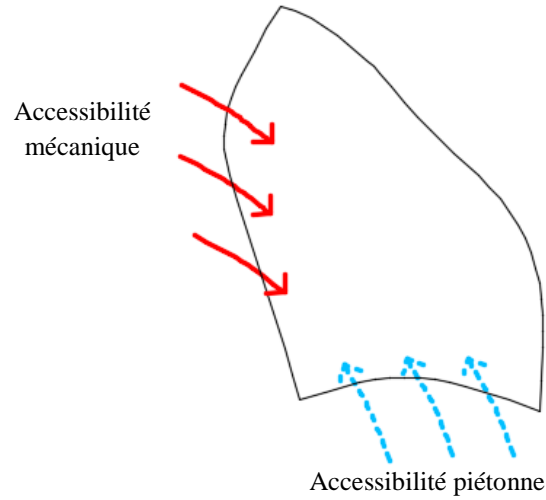


III.2.4. Processus de projet :

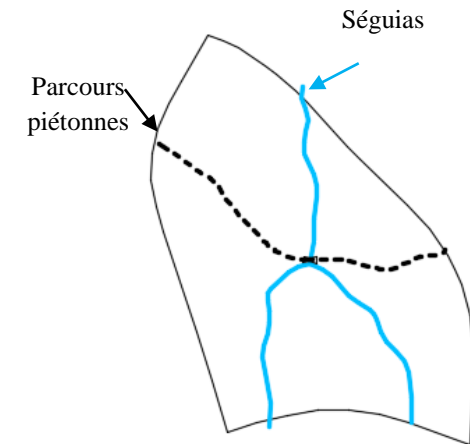
Etape n°1 : Délimitation de site



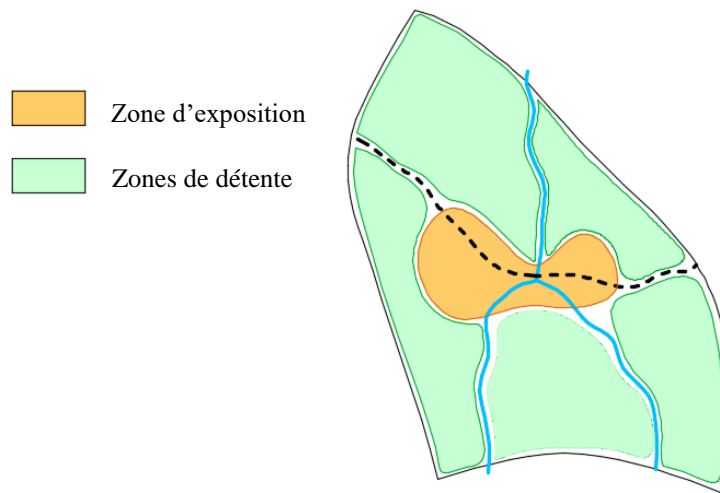
Etape n°2 : Accessibilité



Etape n°3 : Schéma de structure



Etape n°4 : Zoning



Etape n°5 : Résultat finale

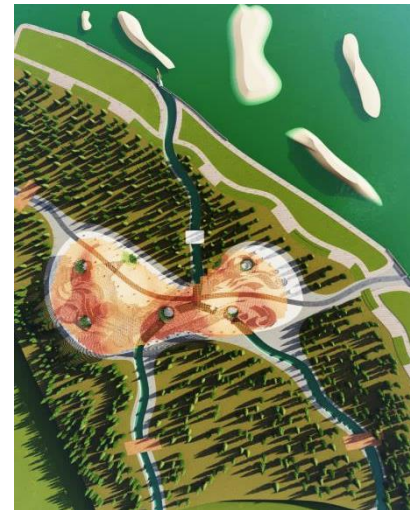


Fig.III. 61 : Schéma présente le processus de projet

Source : auteur

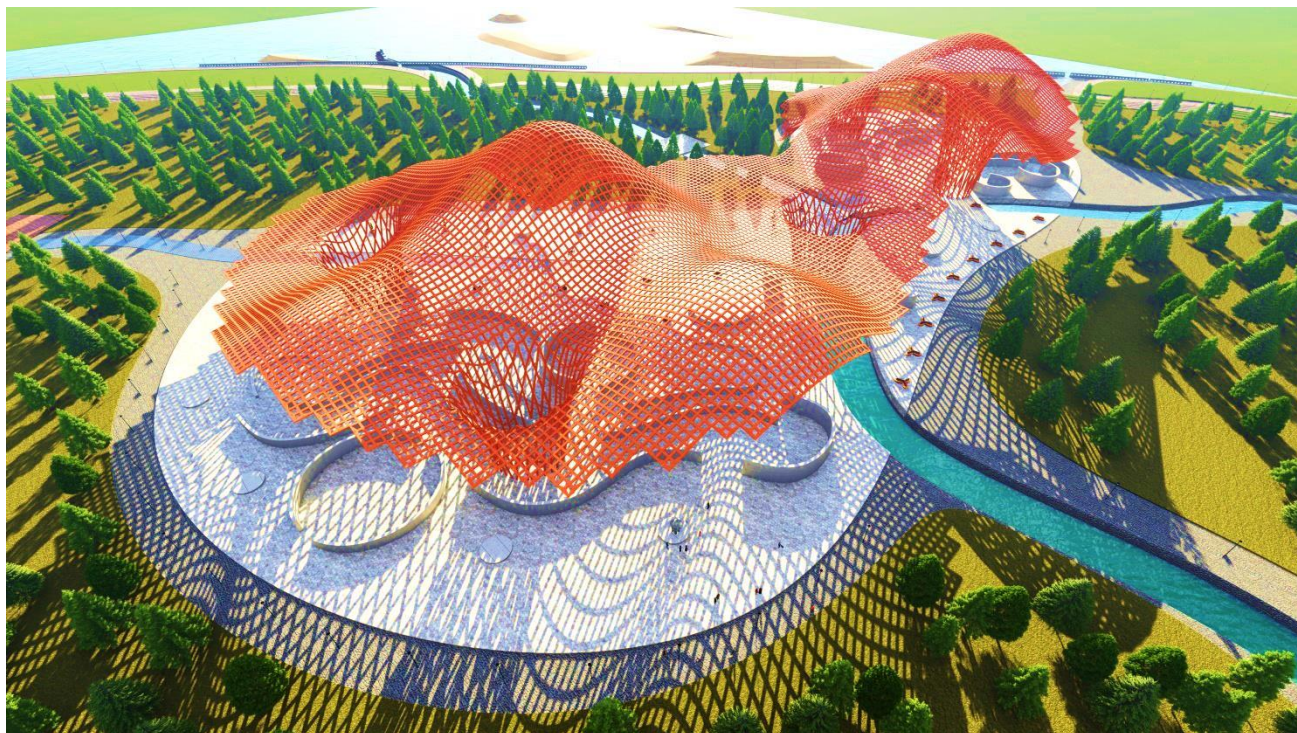


Fig.III. 62 : Image de synthèse présente une vue générale de l'aménagement de site El-Merdja

Source : auteur

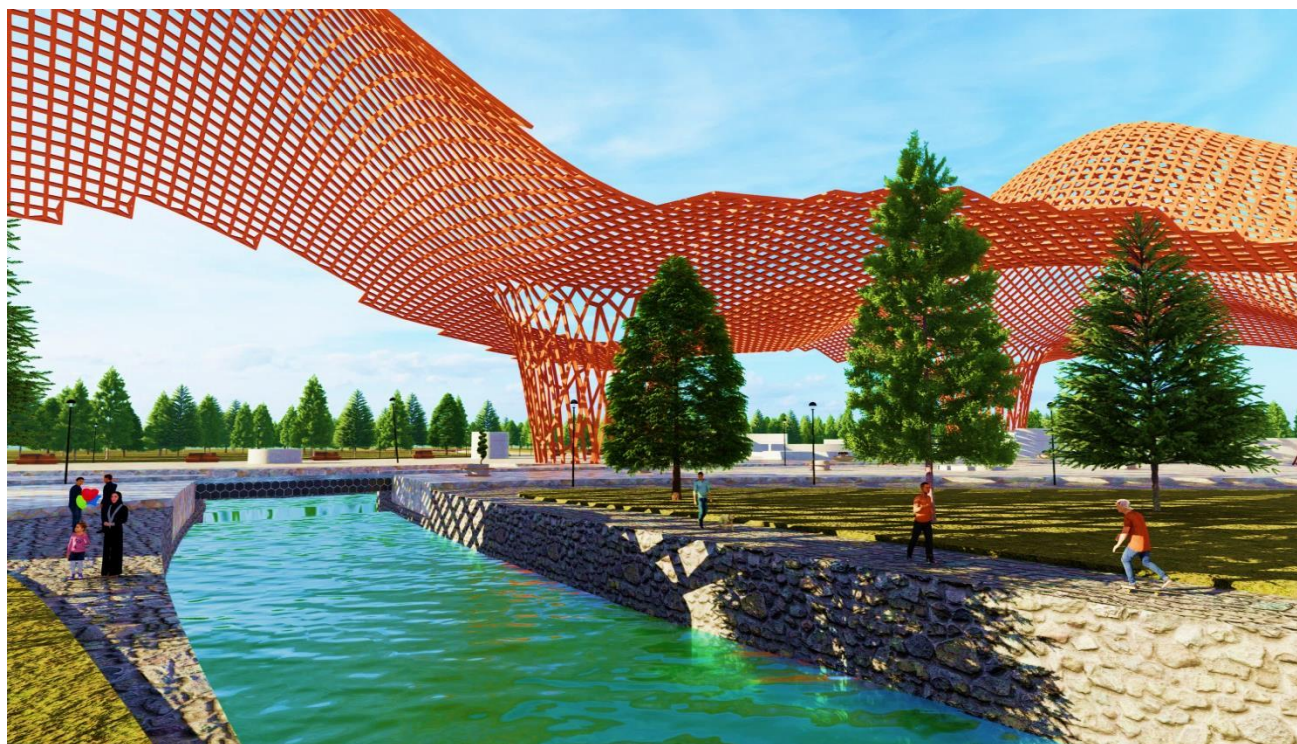


Fig.III. 63 : Image de synthèse présente la ségua

Source : auteur



Conclusion :

La lecture de l'histoire d'un barrage, ainsi la consultation de leurs documents techniques tout en observant leur état actuel, permet de préciser le diagnostic et de bien intervenir pour améliorer leurs fonctionnalités, et pour le valoriser qu'au possible, aussi bien qu'elle offre la possibilité de concevoir des nouveaux barrages en gardant l'aspect patrimoniale, et en utilisant les nouvelles technologies, en n'oubliant pas l'environnement de barrage de l'aménager afin d'encourager le tourisme hydraulique.

Conclusion générale



Conclusion:

Les pyramides utiles « les barrages » sont parmi les plus grands ouvrages réalisés par l'homme depuis longtemps, il forme un patrimoine hydraulique jouent et joueront toujours un rôle majeur d'assurer les besoins vitaux de l'être humain, notre région de Laghouat avait l'honneur de visualiser ce riche héritage à savoir les premières expériences traditionnelles de nos ancêtres, ainsi les travaux de service de génie de la colonisation, par les différentes techniques originales utilisées, qui reflète les compétences d'étude étrangère et de réalisation locale.

Notre but d'elle début est consacré d'identifier et de montrer ce type des merveilleux ouvrages au grand public, notamment les plus anciens qui sont aujourd'hui trouvés face à la marginalisation et à l'abandon, et qui souffrent de dégradation et de la manque d'attention. Dans ce modeste travail, on a essayé de trouver des solutions adéquates pour rendre nos barrages animés, présentés par les différentes interventions précises proposées sur les deux barrages historiques de Tadjmout et de Milok encore existants, dans le but de les remettre à leur état d'origine et d'améliorer leurs fonctionnalités.

Notre travail ne s'est pas arrêté là, en essayant de valoriser notre patrimoine hydraulique, à travers laquelle on a proposé un projet de mise en valeur de la région d'Oued M'ZI, à l'entrée de la ville de Laghouat témoin des anciennes expériences des ouvrages hydrauliques, par la conception d'un nouveau barrage exceptionnel, suivi par l'aménagement des berges de l'Oued et de site El-Merdja dans le cadre de développement touristique de toute la région de Laghouat.

Recommandations :

Ce modeste travail permet d'ouvrir une fenêtre sur un type de patrimoine hydraulique, on espérant de :

- ✓ Prendre en considération les interventions précédentes proposées sur les deux barrages historiques « Barrage de Tadjmout et Barrage de Milok » pour encourager le tourisme local.
- ✓ Proposer les deux barrages historiques étudiés au classement par leur rôle majeur.
- ✓ Continuer les études sur les ouvrages hydrauliques et préciser des autres cas d'études.

Bibliographie

Bibliographie

- [1] <http://www.toupie.org/Dictionnaire/Patrimoine.htm>, consulté le 12/02/2021.
- [2] Notice pédagogique, Flache ton patrimoine « Histoire de la notion de patrimoine ».PDF
- [3] <https://whc.unesco.org/fr/apropos/>, consulté le 09/06/2021.
- [4] Necissa Yamina-Chabbi Chemrouk Naima, « Application de la méthode d'évaluation contingente pour l'estimation de la valeur économique du patrimoine du parc de Tlemcen », Revue DIRASSAT, numéro économique, V. 6 N. 2, Juin 2015, Université de Laghouat.
- [5] Journal officiel de la république Algérienne« JORA», N°44_Loi n°98-04 de 20 Safar 1419 correspondant à 15 Juin 1998 relative à la protection de patrimoine culturel.
- [6] <https://www.culture-et-patrimoine-thorame-basse.fr/quelques-definitions-du-patrimoine>, consulté le 10/06/2021.
- [7] BENSEDDIK-SOUKI- HABIBA «La valorisation des monuments historiques en algerie le cas du palais de l'Agha a Ferdjioua », UNIVERSITE MENTOURI, Mémoire de MAGISTER-Juin 2012.
- [8] Manuel méthodologique « Indicateurs Unesco de la Culture pour le développement ».PDF
- [9] Loi n° 11-02 du 14 Rabie El Aouel 1432 correspondant au 17 février 2011 relative aux aires protégées dans le cadre du développement durable.
- [10] https://issuu.com/delphmagnan/docs/patrimonialisation_de_la_ville_europ_enne_m_moir/s/10807471, consulté le 10/06/2021.
- [11] <https://www.icomos.org/fr/chartes-et-normes/179-articles-en-francais/ressources/charters-and-standards/425-la-charte-dathenes-pour-la-restauration-des-monuments-historiques-1931>, consulté le 10/06/2021.
- [12] <https://www.culture.gouv.fr/Sites-thematiques/Conservation-restauration/Principes-et-methodes/Organismes-chartes-et-recommandations-internationales>, consulté le 10/06/2021.
- [13] <https://fr.scribd.com/doc/256913983/Jardins-Historiques-La-Charte-de-Florence>, consulté le 10/06/2021.
- [14] <https://www.icomos.org/fr/179-articles-en-francais/ressources/charters-and-standards/173-charte-internationale-pour-la-sauvegarde-des-villes-historiques>, consulté le 10/06/2021.
- [15] ICOMOS-Conseil international des monuments et des sites_Charte internationale pour la gestion du patrimoine archéologique (1990).PDF
- [16] <https://fr.unesco.org/about-us/introducing-unesco>, consulté le 14/02/2021.
- [17] <https://www.icomos.org/fr/a-propos-de-licomos/mission-et-vision/licomos-en-bref-2>, consulté le 14/02/2021.
- [18] <https://www.iccom.org/fr/propos/en-bref/quest-ce-que-cest-liccom>, consulté le 14/02/2021.

Bibliographie

- [19] https://www.memoireonline.com/05/14/8885/m_Pour-une-reconnaissance-politique-et-sociale-des-valeurs-des-abords-du-patrimoine-bti-en-Algerie47.html, consulté le 11/06/2021.
- [20] <http://ogebc.dz/index.php/fr/about>, consulté le 11/06/2021.
- [21] <https://www.m-culture.gov.dz/index.php/fr/agence-national-des-secteurs-sauvegard%C3%A9s>, consulté le 11/06/2021.
- [22] http://www.opvm.dz/10_Articles/123_OPVM/124_Presentation/d, consulté le 11/06/2021.
- [23] <http://www.pcca.dz/index.php/parcs-clulturels-algeriens/pc-de-l-atlas-saharien/pc-de-l-atlas-saharien>, consulté le 11/06/2021.
- [24] BRIK Bouthaina et SMAALI Amira « La réhabilitation des Ksours de la vieille ville de Nigrine, cas d'étude : Type des maisons ksourienne », Mémoire de Master en Architecture-2015/2016
- [25] ouverte.fr_Vincent Farges « La valorisation du patrimoine bâti ordinaire lors d'opérations d'amélioration de l'habitat », Droit. 2016. PDF
- [26] Glossaire « Termes relatifs aux interventions sur les monuments historiques », République Française, Ministère de la culture et de la communication, direction générale des patrimoines, janvier 2013.PDF
- [27] <https://www.rencontreunarchi.com/article/quest-ce-quune-rehabilitation/>, consulté le 12/06/2021.
- [28] Charte internationale sur la conservation et la restauration des monuments et des sites (Charte de Venise - 1964).
- [29] BENSEDDIK SOUKI HABIBA «La valorisation des monuments historiques en algerie le cas du palais de l'Agha a Ferdjioua », Mémoire de MAGISTER, Juin 2012, UNIVERSITE MENTOURI.
- [30] <https://www.xpair.com/lexique/definition/hydraulique.htm>, consulté le 12/06/2021.
- [31] D. SMADHI et L. ZELLA - « HISTOIRE DE LA GOUVERNANCE DE L'EAU » (DEUXIEME PARTIE)-Laboratoire de Recherche en Hydraulique Souterraine et de Surface-Larhyss/Journal n°05, Juin 2006.
- [32] <https://www.aquaportail.com/definition-12963-ouvrage-hydraulique.html>, consulté le 12/06/2021.
- [33] https://fr.wikipedia.org/wiki/Agriculture_en_M%C3%A9sopotamie, consulté le 12/06/2021.
- [34] <https://educalingo.com/fr/dic-fr/chadouf>, consulté le 12/06/2021.
- [35] <https://www.persiaadvisor.travel/about-persia/persian-qanat/>, consulté le 13/06/2021.
- [36] Remini.B , « De la foggara au barrage souterrain, la nappe inferoflux, une solution pour les regions arides » ,Larhyss Journal, 41 (2020).

Bibliographie

- [37] <https://www.agire.dz/foggaras/>, consulté le 12/06/2021.
- [38] <https://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/pont-aqueduc-17455/>, consulté le 12/06/2021.
- [39] <http://www.anales.org/archives/cofrhigeo/eaux-souterraines.html>, consulté le 13/06/2021.
- [40] https://artsandculture.google.com/entity/m025svb_?hl=fr, consulté le 13/06/2021.
- [41] <https://cnrtl.fr/definition/noria>, consulté le 13/06/2021.
- [42] https://fr.wikidia.org/wiki/Moulin_%C3%A0_eau, consulté le 13/06/2021.
- [43] Jacques BONNIN « Histoire de l'eau aménagée par les hommes », Les Cahiers du MURS n°8 - Printemps 1987.
- [44] Anton J.Schleiss et Henri Pougatasch « LES BARRAGES –Du projet à la mise en service », Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne, mai 2011.
- [45] https://www.icold-cigb.org/FR/barrages/role_des_barrages.asp, consulté le 14/06/2021.
- [46] Cfbr (comité français des barrages et réservoirs) « L'histoire des barrages », Document technique, Juin 2013.
- [47] Swissdams, « Les différents types de barrages », comité swiss des barrages.PDF
- [48] https://encyclopedie-afn.org/Barrage_-_Kef, consulté le 13/06/2021.
- [49] D r. LEHBAB et BOUKEZZI ZAKIA « Les barrages en remblai de terre », Département d'Hydraulique - Université des Sciences et de la Technologie d'Oran Mohamed BOUDIAF.
- [50] Dr. BESSEDIK Madani -Cours ouvrages hydrauliques – faculté de technologie – Université Aboubekr Belkaid.
- [51] Remini.B - « De la foggara au barrage souterrain, la nappe inferoflux, une solution pour les régions arides » - Larhyss Journal, 41 (2020).
- [52] <https://www.edf.fr/groupe-edf/espaces-dedies/l-energie-de-a-a-z/tout-sur-l-energie/produire-de-l-electricite/les-differentes-formes-de-barrages>, consulté le 15/06/2021.
- [53] Anton J.Schleiss et Henri Pougatasch-« LES BARRAGES –Du projet à la mise en service »-Presses Polytechniques et Universitaires Romandes_Lausanne, mai 2011.
- [54] <http://www.planete-tp.com/barrages-en-remblai-a122.html>, consulté le 15/06/2021.
- [55] Société du Canal de Provence, « Le barrage de Bimont fait peau neuve », 28 mai 2018.
- [56] <https://bimontfaitpeauneuve.fr/>, consulté le 21/02/2021.
- [57] Autorité environnementale du CGEDD, Avis délibéré du 8 juillet 2015 sur le projet de rénovation du barrage de Bimont et de ses ouvrages annexes.

Bibliographie

- [58] <https://bimontfaitpeauneuve.fr/>, consulté le 21/02/2021.
- [59] <https://barragedebimont.com/les-travaux/>, consulté le 21/02/2021.
- [60] <http://www.lacdupaty.fr/site-lac-du-paty/le-barrage>, consulté le 20/02/2021.
- [61] http://wikydro.developpementdurable.gouv.fr/index.php/Wikibardig:R%C3%A9habilitation_et_confortement, consulté le 20/02/2021.
- [62] <http://www.lacdupaty.fr/site-lac-du-paty/le-barrag>, consulté le 20/02/2021.
- [63] <http://www.lacdupaty.fr/site-lac-du-paty/le-barrage>, consulté le 20/02/2021.
- [64] L'eau richesse de Caromb.PDF
- [65] Guide touristique « LAGHOUAT carrefour des cultures », Direction du tourisme et de l'artisanat Laghouat
- [66] Monographie de La Wilaya de Laghouat Edition 2020 - Le D.P.S.B.
- [67] AMARA Yacine, Etude Bio-écologique des peuplements de fourmis dans la région de Laghouat, Thèse de diplôme du Magister en sciences agronomiques, Ecole nationale supérieure agronomique El-Harrach – ALGER
- [68] شريفي حاتم, " تصميم مشروع حضري بيئي في إطار تهيئة حواف واد مزي ", مذكرة نيل شهادة ماستر في الهندسة المعمارية , جامعة عمار تليجي-الأغواط 2020
- [69] Guide touristique, « LAGHOUAT tourisme richesse et potentialité », Direction de Tourisme de la wilaya de Laghouat.
- [70] <https://www.radioalgerie.dz/news/fr/article/20170108/99551.html-article> « Transport ferroviaire : renforcement du réseau à Laghouat », consulté le 26/05/2021
- [71] Guide touristique, « LAGHOUAT tourisme richesse et potentialité » DTA Laghouat.
- [72] Monographie de la wilaya de Laghouat 2020- Le D.P.S.B.
- [73] <https://fr.climate-data.org/afrique/algerie/laghouat> (d'après la classification des climats selon Köppen-Geiger), consulté le 28/05/2021
- [74] Zohra HOUYOU « Impact de la mise en culture en pluvial sur la dégradation du sol par érosion éolienne dans la steppe centrale (cas de la région de Laghouat) », Mémoire de Doctorat en Sciences Agronomiques- ECOLE NATIONALE SUPERIEURE AGRONOMIQUE EL-HARRACH-ALGER , Juin 2015 ..
- [75] Guide touristique, « LAGHOUAT tourisme richesse et potentialité »-Direction de Tourisme de la wilaya de Laghouat..
- [76] <https://babzman.com/le-crater-de-talemzane-ou-crater-de-madna/>, consulté le 16/06/2021.
- [77] La direction de la culture de Laghouat.
- [78] Guide touristique, « LAGHOUAT tourisme richesse et potentialité »-Direction de Tourisme de la wilaya de Laghouat.

Bibliographie

[79] Odette Petit, « LAGHOuat Essai d'histoire sociale », Paris, Collège de France. 1976.

[80] BENARFA Kamal-« Développement urbain et préservation de la palmeraie Cas de Laghouat », Mémoire de Doctorat-Université Mohamed Khider – Biskra-Juin 2018.

[81] Archive colonial de la direction de ressources en eau de Laghouat.

[82] JEAN MELIA, « LAGHOuat OU LES MAISONS ENTOUREES DE JARDINS » PARIS Librairie Plon.

[83] Aouissi Hadjer, « La mise en valeur paysagère du site historique et naturel D'El Ghicha-Cas d'étude : Restauration et récupération du mécanisme du moulin hydraulique », Mémoire de master- Juin 2019.

[84] <http://ancienssportifsdelaghouat.over-blog.com/2017/12/mon-oasis-d-antan.html>, consulté le 20/05/2021.

[85] les paroles de Mr. KherchaTaher (Ingénieur en Hydraulique dans la direction des ressources en eau de Laghouat).

[86] <https://www.facebook.com/TadjemoutNews/posts/639423119831469/>, consulté le 17/06/2021.

[87] https://www.cinematheque-bretagne.bzh/Base-documentaire-barrage-d-inf%C3%A9roflux-du-Tadjemout_Le_-426-13167-0-49.html? , Consulté le 16/12/2020.

[88] Bureau Central d'Etudes pour les Equipements d'Outre-Mer (BCEOM), « LES BARRAGES SOUTERRAINS », Editions du Ministère de la Coopération, 1978, page 113. Gauckler Philippe-Gaspard _« ORIGINE DES EAUX QUI SERVENT A L'IRRIGATION DE LAGHOuat »-In: Annales de Géographie, t. 17, n°91, 1908.

[89] E. MANGIN – « Note sur l'histoire de Laghouat ».

[90] Gauckler Philippe-Gaspard _« ORIGINE DES EAUX QUI SERVENT A L'IRRIGATION DE LAGHOuat »-In: Annales de Géographie, t. 17, n°91, 1908.

[91] Direction de l'Infrastructure, de l'Eau et de l'Environnement, Guide « Barrages gonflables avec ou sans volets métalliques ».

Annexe

Annexe 01 : statistiques des barrages selon la direction des ressources en eau**2.2/ Situation et état des retenues collinaires existantes :**

- Nombre de retenues collinaires existantes : 11
- Nombre de retenues collinaires exploitées : 02

N°	Retenue collinaire	Commune	Capacité (M3)	Superficie à irriguer (Ha)	Mode d'exploitation	Nombre d'Agriculteurs	État de l'ouvrage
1	EL GUEL ET	SIDI MAKHLOUF	120.000	50	/	10	Non exploité ouvrage envasé
2	AIN BOUBKEUR	OUED MORRA	120.000	50	/	21	Non exploité ouvrage envasé
3	BOUGTAIF	EI BEIDHA	63.000	75	Association en cours de constitution	15	Exploité
4	MAROUANE	SIDI BOUZID	55.000	65	Association en cours de constitution	10	Non exploité
5	KHENEG	AFLOU	99.000	120	/	25	Non exploité ouvrage envasé
6	CHELLAL	EI BEIDHA	100.000	120	/	25	Non exploité ouvrage envasé
7	LALMAYA	TADJROUNA	200.000	68	Association en cours de constitution	55	Exploité.
8	SEBGAG	SEBGAG	50.000	100	/	50	Non Exploité. Absence de réseau d'irrigation
9	REGGANE	HASSI DELAA	330.000	/	Association en cours de constitution	/	Non exploité
10	AGNAB	HADJ MECHRI	200.000	90	/	10	Non Exploité. Absence de réseau d'irrigation
11	AIN MADANI	HADJ ELMECHRI	90.000	50	/	25	Non Exploité. Absence de réseau d'irrigation

2.3/ Situation et état des Petits barrages existants :

- Nombre de Petits barrages existants : 06
- Nombre de Petits barrages exploités : 02

N°	Petits barrages	Commune	Capacité (M3)	Superficie à irriguer (Ha)	Mode d'exploitation	Nombre d'Agriculteurs	État de l'ouvrage
1	INFERO-FLUX	TADJMOUT	150 l/s (débit)	150	Gestion communale	150	Exploité.
2	KHENEG SIDI BRAHIM	GUEL TET SIDI SAAD	4.000.000	500	Gestion ONID	150	Exploité
3	DKHEILA	EI BEIDHA	55.000	65	Association en cours de constitution	10	Non exploité Absence de réseau d'irrigation
4	EL KHANGA	AFLOU	282.000	50	/	10	Non exploité Absence de réseau d'irrigation
5	EL MELEZ	AFLOU	238.000	50	/	10	Non exploité Absence de réseau d'irrigation
6	GLIB EL BIA	AFLOU	280.000	50	/	10	Non exploité Absence de réseau d'irrigation

2.4/ Situation et état des digues existantes :

- Nombre de digues existantes : 06
- Nombre de digues exploitées : 04

N°	Digues	Commune	Capacité (M3)	Superficie à irriguer (Ha)	Mode d'exploitation	Nombre d'Agriculteurs	État de l'ouvrage
1	AIN ARRAR	OUED MORRA	2.500	50	Gestion communale	10	Exploité (irrigation)
2	AIN TAIBA	EL GHICHA	3.750	20	Gestion communale	5	Exploité (irrigation)
3	AIN RAMDANE	TAOUIALA	2.500	60	Gestion communale	20	Exploité (irrigation)
4	BAKHDACHE 1	SIDI MAKHLOUF	2.500	22	Gestion communale	10	Exploité (irrigation)
5	BAKHDACHE 2	SIDI MAKHLOUF	2.500	13	/	5	Non Exploité (réhabilitation en cours)
6	EL HOUITA	EI HOUITA	200.000	60	/	20	Non Exploité (fuites).

Annexe 02 : les images de synthèse

