REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA



Faculté de **T**echnologie

Département du **Génie procédés et environnement**

Mémoire de fin d'études de Master

En vue de l'obtention du diplôme de Master Spécialité HSI

Caractérisation de la sécurité industrielle dans les projets du génie civil cas du barrage de chertioua à la wilaya de BBA

Présentés par :

Laamari Merouane

Badani Chakib

Proposés et Dirigés par :

Dr. Rahmani Ahmed cherif

Promotion 2023-2024

Remerciement

Avant tout nous remercions DIEU le tout puissant de nous Avoir accordé la force et la patiente nécessaire pour finir cette étude dans le cadre de mémoire de fin de cycle master 2 en HSI.

Nous tenons à exprimer notre profonde reconnaissance ainsi Nos tout sincères remerciement à notre promoteur, Monsieur RAHMANI AHMED CHERIF,

Pour sa patience, sa Disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont Contribué à alimenter notre réflexion, et pour la qualité de Son suivi et la confiance qu'il nous a accordé en acceptant de Rapporter ce travail.

Nous tenons également à remercier les membres du jury qui Feront l'honneur de jugé notre travail.

Nous remercions nos familles pour les sacrifices qu'elles ont Faits pour que nous terminions nos études.

Nous adressons de chaleureux remerciements à tous les Enseignants et les travailleurs du département de Génie procédés et environnement.

Nous remercions aussi tous nos amis pour leur aide, leur patience, leur compréhension et leur encouragement.

Dédicace

Je dédie ce travail à :

A mes chers parents Aucune dédicace ne saurait exprimer mon Respect, mon amour éternel et ma considération pour les Sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon Bien être.

A mes chers frères

En témoignage de mon affection fraternelle, de ma profonde tendresse et reconnaissance, je vous souhaite une vie pleine de bonheur et de succès et que Dieu, le tout puissant, vous protège et vous garde.

A mon binôme Chakib et toute sa famille, et à mes amies Anis, Mohamed Habbache, Oussama

A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit possible,

Je vous dis merci

MEROUANE

Dédicace

Je dédie ce travail à :

A mes chers parents Aucune dédicace ne saurait exprimer mon Respect, mon amour éternel et ma considération pour les Sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon Bien être.

A mes chers frères Amine et Walid

En témoignage de mon affection fraternelle, de ma profonde tendresse et reconnaissance, je vous souhaite une vie pleine de bonheur et de succès et que Dieu, le tout puissant, vous protège et vous garde.

A mes grands-parents, mes oncles et mes tantes, cousins et cousines et à mes amies Foufa, Mohamed k et islam.

A la mémoire de mon grand-père, j'aurais souhaité sa présence pour partager ma joie, que son âme repose en paix.

A mon binôme et mon bras droit Merouane et toute sa famille,

A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit possible, je vous dis merci

CHAKIB

ملخص

تلعب السدود دورًا حيويًا في التنمية الاقتصادية والاجتماعية، لكن يجب أن تستوفي معايير السلامة الصارمة في بنائها وتشغيلها وتأخذ في الاعتبار القضايا البيئية والاجتماعية. تعد سلامة السدود مسؤولية جماعية تشمل السلطات العامة والمشغلين والسكان المحليين.

يتناول هذا المشروع توصيف السلامة الصناعية في مشاريع الهندسة المدنية، مع دراسة حالة سد شرتيوة في ولاية برج بوعريريج. تهدف الدراسة إلى تحليل المخاطر المرتبطة ببناء وتشغيل السد، باستخدام منهجية من مرحلتين: تحليل المخاطر الأولي (APR) وتوصيف المخاطر التفصيلي. تتيح النتائج التي تم الحصول عليها تحديد أولويات تدابير إدارة المخاطر ووضع خطة عمل لضمان سلامة السد:

الكلمات المفتاحية: سد, مخاطرة, التوصيف التفصيلي, تشغيل, بناء

Résumé

Les barrages jouent un rôle crucial dans le développement économique et social, mais leur construction et exploitation doivent répondre à des normes de sécurité strictes et prendre en compte les enjeux environnementaux et sociaux. La sécurité des barrages est une responsabilité collective impliquant autorités publiques, exploitants, et populations locales.

Ce projet porte sur la caractérisation de la sécurité industrielle dans les projets de génie civil, avec une étude de cas du barrage de Chetaoui à la wilaya de Bordj Bou Arreridj (BBA). L'étude vise à analyser les risques liés à la construction et à l'exploitation du barrage, en utilisant une méthodologie en deux phases : l'analyse préliminaire des risques (APR) et la caractérisation détaillée des risques. Les résultats obtenus permettent de prioriser les mesures de gestion des risques et d'établir un plan d'action pour assurer la sécurité du barrage.

Mots clés : Barrage, Risque, Caractérisation détaillée, Exploitation, Construction

Abstract

Dams play a crucial role in economic and social development, but their construction and operation must meet strict safety standards and take into account environmental and social issues. Dam safety is a collective responsibility involving public authorities, operators, and local populations.

This project focuses on the characterization of industrial safety in civil engineering projects, with a case study of the Chertioua dam in the wilaya of Bordj Bou Arreridj (BBA). The study aims to analyze the risks associated with the construction and operation of the dam, using a two-phase methodology: preliminary risk analysis (PRA) and detailed risk characterization. The results obtained allow for the prioritization of risk management measures and the establishment of an action plan to ensure the safety of the dam.

Keywords: Dam, Risk, Detailed characterization, Operation, Construction

Sommaire

REMERCIEMENT ..... **II**

RESUME ..... **V**

ABSTRACT ..... **V**

ملخص ..... **V**

LISTE DE FIGURE ..... **IX**

LISTE DE TABLEAU ..... **X**

INTRODUCTION GENERALE **1**

Chapitre 1 :

Généralités sur les barrages, les risques et dangers en génie civil

1.L'EVOLUTION DES BARRAGES ALGERIENS **4**

1.1.HISTORIQUE DES BARRAGES EN ALGERIE 4

1.1.1.La période coloniale 4

2.DEFINITION **7**

2.1.ROLE DES BARRAGES 8

2.2.LES DIFFERENTS TYPES DE BARRAGES 8

2.2.1.Barrages rigides 9

2.2.2.Barrages souples 10

3.CONCEPT DE RISQUE ET DEFINITIONS **12**

3.1.1.Qu'est-ce qu'un risque ? 12

3.1.2.Qu'est-ce qu'un aléa ? 13

3.1.3.Qu'est-ce qu'une vulnérabilité ? 13

4.TYPOLOGIE DES RISQUES **15**

4.1.RISQUES NATURELS (CRUES, SEISMES, GLISSEMENTS DE TERRAIN) 15

4.1.1.Crue exceptionnel 15

4.1.2.SISIME 16

4.1.3.Gilissement de terrain 17

5.DEFINITION DES RISQUES TECHNIQUES : **18**

5.1.RISQUE TECHNIQUE : FUITES SUR BARRAGE 19

5.2.AFFOUILLEMENTS SUR BARRAGE 19

5.3.INSTABILITE DES STRUCTURES SUR BARRAGE 20

6.DEFINITION DU RISQUE HUMAIN : SABOTAGE SUR BARRAGE **21**

7.DEFINITION D'UN ACCIDENT MAJEUR **22**

7.1.LE RISQUE DE RUPTURE DES BARRAGES 23

8.MECANISMES DE RUPTURE DES BARRAGES : 23

8.1.RUPTURE INSTANTANEE OU GRADUELLE : 23
8.2.RUPTURE PAR RENARD 24
8.3.RUPTURE PAR GLISSEMENT 25
8.4.RUPTURE PAR SURVERSE 25

9.RISQUES LIES A LA CONSTRUCTION D'UN BARRAGE : 26

9.1.NUISSANCES :....26
9.2.CHUTES :....26
9.3.TRAVAIL A CHAUD : 26
9.4.RISQUES LIES A L'EXCAVATION 26
9.4.1.Risques d'effondrement et d'éboulement : 26
9.4.2.Risques liés à l'eau :....27

10.AUTRES RISQUES : 27

CHAPITRE 2 :

PRESENTATION DES DONNEES DE SITE ETUDIE

1.DONNEES GEOLOGIQUES....30

1.1.SITUATION GEOGRAPHIQUE DE SITE 30
1.2.AXE DU BARRAGE 31

2.ETUDE GEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE....31

2.1.GEOLOGIE REGIONAL....31
2.2.TECTONIQUE 33
2.3.GEOLOGIE DE SURFACE DU SITE DU BARRAGE....34
2.4.GEOLOGIE DE LA CUVETTE....35

3.HYDROGEOLOGIE 35

4.SEISMICITE....35

5.DONNEES HYDROLOGIQUES....37

5.1.1.Bassin versant....37
5.1.2.Caractéristiques climatiques du bassin versant de barrage de Chertioua 37
5.1.3.Température de l'air 38
5.1.4.Les Vents 38
5.1.5.Humidité de l'air....38
5.1.6.Evapotranspiration....39

6.DESCRIPTION GENERALE DES ELEMENTS DU PROJET....40

6.1.BARRAGE – DIGUE EN TERRE ZONEE....40
6.2.GALERIE DE DERIVATION PROVISOIRE....41
6.3.TOUR DE PRISE D'EAU – VIDANGE DE FOND....41
6.4.EVACUATEUR DE CRUES....42

CHAPITRE 3 :

GESTION DE RISQUE CAS BARRAGE CHERTIOUA BBA

1.LA GESTION DES RISQUES : 50

1.1.DEFINITION 50
1.2.AVANTAGES DE LA GESTION DES RISQUES : 50
1.3.PRINCIPE DE LA GESTION DE RISQUE 51
1.4.LES ETAPES DE LA GESTION RISQUES 51
1.5.OBJECTIFS DE LA GESTION DES RISQUES 52
1.6.METHODOLOGIE D'ANALYSE DES RISQUES 52
1.6.1.Les différentes méthodes d'analyse de risques : 53

2.DEMARCHES DES METHODES D'ANALYSE DES RISQUES : 53

2.1.DEFINITION ET HISTORIQUE DE L'APR 53
2.2.PRINCIPES DE L'APR 54
2.3.DEROULEMENT DE L'APR 54
2.4.LIMITES ET AVANTAGES DE L'APR 54
2.5.L'APPLICATION DU TABALEAU(CYCLE DE VIE , LA PHASE DE REALISATION) 55

CHAPITRE 4 :
CARACTERISATION ET RECOMMANDATION

1.ANALYSE DES DONNEES GEOLOGIQUES ET CARACTERISATION DU RISQUE 64

1.1.GEOLOGIE REGIONALE 64
1.2.GEOLOGIE LOCALE 64
1.3.GEOTECHNIQUE 64
1.4.TECTONIQUE 64
1.5.GEOLOGIE DE SURFACE DU SITE DU BARRAGE 64
1.6.GEOLOGIE DE LA CUVETTE 65
1.7.CARACTERISATION DU RISQUE COMPLEMENTAIRE 65
1.8.RECOMMANDATIONS 65

2.ANALYSE DES DONNEES CLIMATIQUES ET DU CHANGEMENT CLIMATIQUE POUR LA GESTION DU BARRAGE DE CHARTIOUA 66

2.1.ANALYSE DES DONNEES CLIMATIQUES ACTUELLES 66
2.2.IMPACTS POTENTIELS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LE BASSIN VERSANT 67
2.3.CONSEQUENCES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LE BARRAGE DE CHARTIOUA 68
2.4.RECOMMANDATIONS POUR UNE GESTION DURABLE DU BARRAGE FACE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE 68

3.IMPACTS POTENTIELS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LA FAUNE ET LA FLORE 69

3.1.CONSEQUENCES SUR LA BIODIVERSITE ET LES ECOSYSTEMES 69
3.2.RECOMMANDATIONS POUR LA PRESERVATION DE LA FAUNE ET DE LA FLORE 70

4.CARACTERISATION DES RISQUES DE SECURITE PENDANT LA PHASE DE REALISATION DU BARRAGE DE CHARTIOUA 71

4.1.RISQUES ELECTRIQUES 71
4.1.1.Mesures de prévention et de protection 71
4.2.RISQUES LIES A LA MANUTENTION 72
4.2.1.Mesures de prévention et de protection 72
4.3.RISQUES DE NUISANCE 72
4.3.1.Mesures de prévention et de protection 73
5.ORSEC BARRAGE: PLAN D'INTERVENTION EN CAS DE RUPTURE DE BARRAGE 73
5.1.DEFINITION: 73
5.2.FONCTIONNEMENT: 73
CONCLUSION GENERALE 76
BIBLIOGRAPHIE 78

LISTE DE FIGURE

FIGURE 1.1 : LOCALISATION DES BARRAGES EN ALGERIE 7
FIGURE1.3 : BARRAGE VOUTE 10
FIGURE1.4: BARRAGE A CONTREFORTS 10
FIGURE1.5. BARRAGE HOMOGENE 11
FIGURE1.6. BARRAGE A NOYAU ETANCHE 11
FIGURE 1.7. BARRAGE A MASQUE AMONT 12
FIGURE 1.8: RUPTURE PAR RENARD 25
FIGURE 1.9: RUPTURE PAR SURVERSE 26
FIGURE 1.9.:LES CAUSES DES MP 28
FIGURE (2.1) : LOCALISATION DU SITE DU BARRAGE DE CHARTIOUA(SOURCE : A.N.B.T) 30
FIGURE (2.2) : VUE D'ENSEMBLE DU SITE DU BARRAGE(SOURCE A.N.B.T) 31
FIGURE (2.3) : UNITES GEOLOGIQUE D'ALGERIE (D'APRES SONATRACH) SOURCE (A.N.B.T) 32
FIGURE (2.4): SCHEMA STRUCTURAL SIMPLIFIE DE LA REGION (SOURCE A.N.B.T) 33
FIGURE (2.5) : CARTE DE ZONAGE SISMIQUE (RPA99- VERSION 2003) 36
FIGURE (2.6) : PRESENTATION DE LA T° 38
FIGURE (2.7) : HUMIDITE MENSUELLE (%) 39
FIGURE (2.8) : EVAPOTRANSPIRATION SUR LE BASSIN VERSANT DU BARRAGE (CARTE DES EVAPOTRANSPIRATIONS POTENTIELLES MOYENNES ANNUELLES SUR L'ALGERIE DU NORD) 40
FIGURE (2.9) : EVAPORATION MENSUELLE (MM) 40
FIGURE (2.10) : DIGUE EN TERRE ZONEE 41
FIGURE (3.1) : LES ETAPES DE LA GESTION RISQUES 52
FIGURE (3.2) :LES DEMARCHES IND /DED 53

LISTE DE TABLEAU

TABLEAU 1-1: LES BARRAGES ALGERIENS DE PREMIERE GENERATION **(SOURCE : FLAMANT IN PERENNES)** 4
TABLEAU 1-2: LES BARRAGES ALGERIENS DE SECONDE GENERATION 5
TABLEAU 1-3 : EVOLUTION ET REPARTITION DES BARRAGES PAR PERIODE DE REALISATION ET PAR REGIONS 6
TABLEAU 1-4: IMPORTANCE DES BARRAGES ALGERIENS EN TERMES DE CAPACITE INITIALE (SITUATION AU 1°TRIMESTRE 2009).....7
TABLEAU (I.1) :CARACTERISTIQUES GEOLOGIQUES-GEOTECHNIQUES DES SONDAGES MECANIQUES 34
TABLEAU (I.2) : FAILLES ASSOCIEES AUX SEISMES DE PLUS GRANDE MAGNITUDE ENREGISTREE...37
TABLEAU (I.3) : EVOLUTION DES TEMPERATURES DANS LA REGION DU PROJET 38
TABLEAU (I.4) : REPARTITION MENSUELLE DE L'EVAPORATION AU NIVEAU DU PLAN D'EAU DE CHERTIOUA 40
TABLEAU (I.5) : RISQUE LIEE AU CLIMAT 67

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

L'eau tient une place importante dans notre vie. En effet, elle joue un rôle primordial dans tous les phénomènes physiques et biologiques qui entourent l'être humain. Il se trouve que l'eau est une ressource qui devient de plus en plus rare due au changement climatique qui a créé l'irrégularité des précipitations. Beaucoup de situations stipulent qu'il faut la stocker. Pour ce faire, beaucoup d'efforts sont déployés par l'homme pour inventer la construction, sur les cours d'eau, d'ouvrages appelés « barrages » qui sont considérés dans le domaine du génie civil, comme étant des ouvrages d'arts hydrauliques destinés à retenir l'eau, la stocker puis la distribuer pour son utilisation ou alors pour s'en protéger.

Dans cette optique la wilaya de Bordj Bou-Arreridj a bénéficié d'un important projet de réalisation d'un aménagement hydraulique, c'est celui du barrage de «Chertioua». Qui est destiné à l'irrigation de cette région

La réalisation de ces ouvrages a posé d'innombrables problèmes techniques qui induisent de forts risques. C'est pourquoi la réglementation relative à la sûreté des ouvrages hydrauliques prévoit la réalisation de l'étude des dangers dans lesquelles les démarches d'analyse de risques sont requises.

Problématique

Malgré leur rôle crucial dans la gestion des ressources en eau et la production d'énergie, les barrages représentent un risque important pour les populations et les écosystèmes en aval en cas de rupture. Les défaillances structurelles, les événements hydrogéologiques extrêmes et les erreurs humaines figurent parmi les dangers potentiels qui menacent la sécurité des barrages.

Dans ce contexte, l'intégration de la sécurité dès la conception et tout au long du cycle de vie des barrages devient une nécessité impérieuse. Or, force est de constater que la prise en compte de la sécurité dans le secteur des barrages reste souvent insuffisante, exposant ainsi des populations entières à des risques considérables.

Méthodologie

Pour répondre à la problématique de la sécurité des barrages, une méthodologie adaptée en deux phases est proposée :

Phase 1 : Analyse préliminaire des risques (APR)

L'APR permettra d'identifier les dangers potentiels auxquels le barrage Chertioua est exposé et d'évaluer les risques associés à ces dangers. Cette phase se déroulera selon les étapes suivantes :

1.1. Identification des dangers

1.2. Analyse des dangers

1.3. Estimation de l'exposition

1.4. Évaluation du risque

1.5. Proposition de mesures de gestion des risques

Phase 2 : Caractérisation du risque du barrage Chertioua

Sur la base des résultats de l'APR, une caractérisation détaillée du risque du barrage Chertioua sera réalisée. Cette caractérisation permettra de :

- Identifier les dangers critiques pour la sécurité du barrage.
- Prioriser les mesures de gestion des risques à mettre en œuvre.
- Établir un plan d'action pour la gestion du risque du barrage.
- Communiquer les risques résiduels aux parties prenantes.

Cette méthodologie permettra d'adopter une approche structurée et rigoureuse pour l'évaluation de la sécurité du barrage Chertioua. Elle contribuera à la prise de décision éclairée pour la gestion du risque et à l'amélioration de la sécurité globale du barrage.

Dans le Chapitre 1 : nous présentons une introduction générale sur les risques et dangers en génie civil. Nous définissons les concepts de base et présentons une typologie des risques. Nous nous concentrons ensuite sur les risques liés aux barrages, en particulier les risques de rupture, d'érosion, de crues, de séismes et les risques existant à la phase de réalisation. Enfin, nous présentons les phénomènes naturels pouvant affecter la sécurité des barrages.

Chapitre 2 : Dans ce chapitre, nous présentons le barrage Chertioua. Nous décrivons sa localisation, ses données géologiques et sismiques, ses caractéristiques techniques et son historique.

Chapitre 3 : Dans ce chapitre, nous présentons la méthode d'évaluation des risques utilisée, l'APR (Analyse Préliminaire des Risques), et son application au cas du barrage Chertioua. Nous identifions les dangers, analysons les scénarios d'accidents et évaluons les risques.

Chapitre 4 : Dans ce chapitre, nous identifions et hiérarchisons les principaux risques génie civil, analysons leurs causes et conséquences, et proposons des recommandations pour améliorer la sécurité du barrage.

Conclusion : En conclusion, nous synthétisons les principaux résultats de l'étude et présentons ses limites et perspectives futures.

Chapitre 01

Généralités sur les barrages, les risques et dangers en génie civil

1.L'évolution des barrages Algériens

En Algérie, aujourd'hui, les concurrences s'aiguisent entre les différents utilisateurs de l'eau et partout l'accroissement de la demande en eau potable et industrielle. Ces problèmes de l'eau ne se sont imposés que durant ces dernières décennies en raison des besoins domestiques et publics, agricoles et industriels qui se sont accrus considérablement alors que le stock d'eau facilement prélevable était gravement dénaturé par les phénomènes de rareté.

1.1.Historique des barrages en Algérie

1.1.1.La période coloniale

Les premiers ouvrages remontent au 19 eme siècle où quelques barrages de petite taille ont été réalisés dans la partie occidentale du pays. Ces réalisations n'ont pas du tout

concerné l'Est algérien. Les premiers barrages construits dans cette région le furent au milieu du 20 siècles : Foum El Gueiss (Khenchela) en 1939, suivi du K'son (M'sila) en 1940 et du Zardezas (Skikda) en 1945. Cependant, les techniques de construction de l'époque n'étant pas au point, certains d'entre eux ont été vite emportés par les oueds et d'autres ont été reconstruits plusieurs fois (Cheurfas, Tlelat, Fergoug). Au moins trois raisons peuvent expliquer cela :

- La technique des barrages n'était pas encore maîtrisée.
- Le régime des cours d'eau était mal connu

Tableau 1-1: Les barrages Algériens de première génération **(Source : Flamant in PERENNES)**

Nom	Oued	Année de construction	Volume initial (hm^3)
Meurad	Djabroun	1852-1959	0.8
Tlelat	Tlelat	1860	-
Tlelat	Tlelat	1869-1870	0.7
Fergoug	Habra	1865-71 puis 1882	30
Cheurfas	Sig	1880-1882	3
Cheurfas	Sig	1886-1892	18
Djidiouia	Djidiouia	1857-1877	0.7
Hamiz	Hamiz	1869-1894	14

Entre 1932 et 1948, neuf (9) barrages seront construits (Tab : 1-2). Ce sont des ouvrages de grandes et moyennes capacités (excepté celui de Foum El Gueiss de petite taille) qui ont, alors, été édifiés : Oued Fodda (1932), Boughzoul (1934), Bakhadda (1936), Ghrib et Foum El Gueiss (1939), K'sob (1940), Zardezas (1945) et Beni Bahbel (1946), Bouhanifia (1948). Durant la

même période, on procède à la surélévation de deux barrages de première génération : Hamiz et Cheurfas.

Tableau 1-2: Les barrages algériens de seconde génération

Nom	Oued	Année de mise en service	Volume initial (hm^3)
O.Fodda	Fodda	1932	228
Boughzoul	Chelif	1934	55
Bakhadda	Mina	1936	56
Ghrib	Chelif	1939	280
Foum El Gueiss	Gueiss	1939	3.4
K'sob	K'sob	1940	12.4
Zardezas	Saf-saf	1946	14.9
Beni bahbel	Tafna	1946	63
Bouhanifia	Hammam	1948	73

La période entre 1962-1980

La situation héritée a prévalu jusqu'au début des années 1980 et l'Algérie indépendante a donc, d'une certaine façon, reconduit la politique coloniale, puisque durant les 20 premières années, de 1962 à 1980, seuls trois nouveaux barrages ont été construits (la Cheffia en 1965, DjorfTorba en 1969, Sidi Mohamed Ben Aouda en 1970) mais qui ont porté la capacité de stockage de 910 { 1.660 hm3. Or, pendant cette période, l'héritage de l'époque coloniale n'a fait que se dégrader. En effet, l'envasement, { lui seul, faisait perdre, annuellement, à ces barrages 2 à 3 % de leur capacité utile. Il fallait donc, afin de préserver ce potentiel, soit surélevé l'ouvrage (Zardezas en 1974, K'sob en 1977), soit procédé à leur dévasement, opération excessivement onéreuse et, qui plus est, immobilise le barrage durant les travaux, ce qui n'est pas sans préjudice pour les utilisateurs, soit enfin les reconstruire entièrement (Fergoug et Cheurfas).

La période entre 1980-1999

A partir des années 1980, Il s'est ensuivi la réalisation de 19 barrages en à peine 10 ans (1980-1990), la période prolifique est celle située entre 1985 et 1989 ou pas moins de 15 barrages sont entrés en service, soit 3 barrages par an, portant le total à 37 ouvrages et un volume déstockage égal { 3,9 milliards de ce. 11 se situaient { l'ouest, 9 dans le Cheliff, 7 au centre et 10 { l'est. 15 barrages sont entrés en service, soit 3 barrages par an, portant le total à 37 ouvrages et un volume déstockage égal { 3,9 milliards de ce. 11 se situaient { l'ouest, 9 dans le Cheliff, 7 au centre et 10 { l'est.

A partir de 2000

Entre 2000 et 2006 pas moins de 13 barrages furent mis en eau. Ainsi, chaque année 1 ou 2 barrages sont mis en service donnant, en 2009, 60 barrages en exploitation dont 58 avec une capacité supérieure à 10 millions de m3 chacun et un volume régularisé global de plus de 7 milliards de m3. Ce sont des ouvrages qui atteignent rarement les 300 millions de m3. Les barrages algériens sont, donc, de moyenne capacité, les plus grands d'entre eux ont une capacité de 450 Hm3 pour le barrage de Gargar (Relizane), 640 hm^3 pour Koudiat Acerdoune (Bouira) et 795 Hm3 pour le barrage de Beni Haroun (Mila). Les experts soulignent que les conditions naturelles en Algérie ne permettent pas d'avoir des barrages de plus grandes capacités comme c'est le cas par exemple du Maroc (avec 5 barrages dépassant le milliard de m3 chacun) de la Syrie et son barrage deTabqa (12 km^3) ou de l'Egypte avec le barrage d'Assouan (162 km3).

Tableau 1-3 : Evolution et répartition des barrages par période de réalisation et par régions

	Ouest	**Cheliff**	**Centre**	**Est**	**Total**
Jusqu'en 1962	5	4	2	4	15
1962-1980	7	4	2	5	18
1980-1990	11	9	7	10	37
1990-2000	13	9	8	14	44
2000-2009	16	12	12	20	60

Aujourd'hui, le nombre et la capacité initiale des barrages mis en service ont sensiblement augmenté puisque les 57 ouvrages mis en eau emmagasiner près de 6,5 milliards de m^3. 8 autres ouvrages sont en cours de réalisation et 5 en voie de lancement. Si l'on ajoute les retenues gérées par l'ANRH et qui sont considérés comme des barrages, on atteint les 110 unités. À titre indicatif, il existe près de 48.000 grands barrages recensés dans le monde (633 de plus de 500 hm3). Parmi ces barrages, 22.000 en Chine, plus de 6.500 aux États-Unis, plus de 4.000 en Inde et près de 3.000 au Japon . Ainsi, 75% des barrages mondiaux sont situés dans quatre (4) pays.

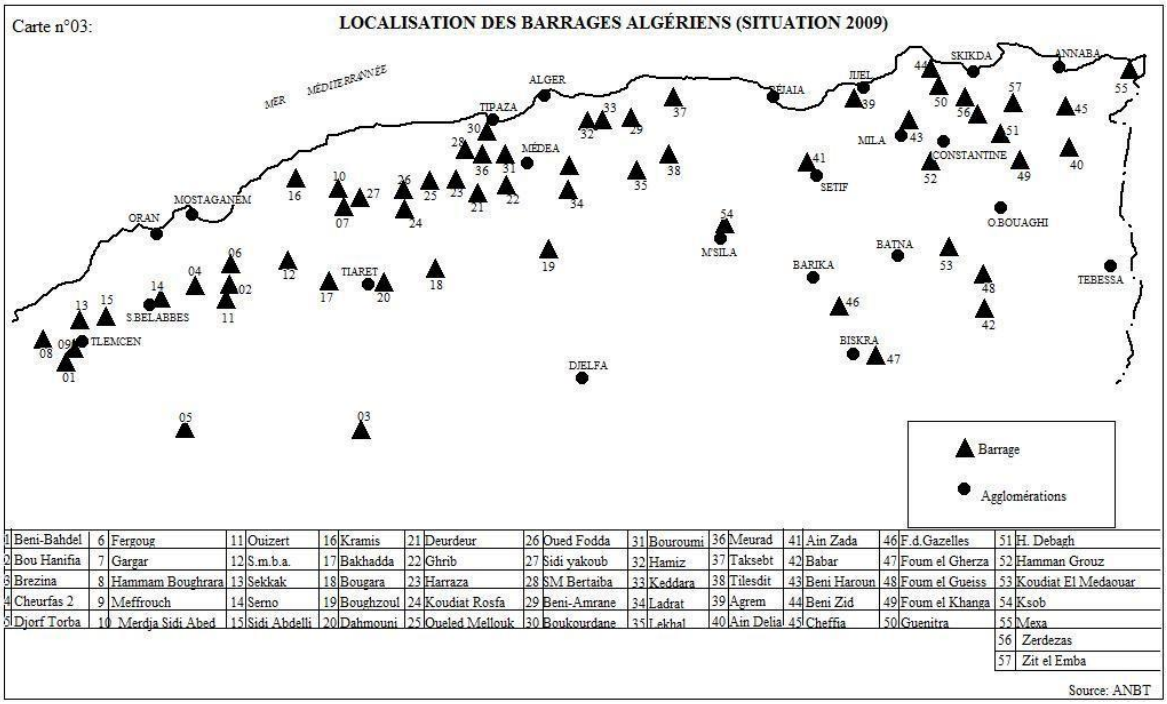


Figure 1.1 : Localisation des barrages en Algérie

Tableau 1-4: Importance des barrages algériens en termes de capacité initiale (situation au 1°trimestre 2009)

Capacité (hm3)	Nombre	Capacité totale (hm3)	% Capacité
>200	8	2.838	44.02
151-200	6	1.032	16.00
101-150	8	985.1	15.27
50-100	15	1.060.4	16.45
<50	20	532.38	08.26
Total	57	6.447.88	100.00

2.Définition

Un barrage est un ouvrage d'art artificiel (ou naturel), établi en travers d'un cours d'eau et destiné à entretenir l'eau. La géologie (nature des roches sur lesquelles sera édifié le barrage, agrégats extraits sur place) et la topographie (large de la vallée) construisent un ensemble indissociable pour la réalisation d'un barrage. Selon la commission internationale des grands barrages (CIGB) si la hauteur du barrage est **supérieure ou égale à 20 m** et **la retenue d'eau supérieure à 15 millions de m^3**, il est appelé « grand barrage » sinon c'est un « petit barrage ». **[6]**

Les barrages sont constitués de :

- ✓ D'une fondation étanche en amont, perméable en aval,
- ✓ D'un corps de forme variable,
- ✓ D'ouvrages annexes évacuateurs de crue, vidanges de fond, prises d'eau …etc.

On rencontre deux familles primordiales de barrages qui sont :

- ✓ Les barrages rigides (Barrage en béton)
- ✓ **Les barrages souples** (Barrage en remblai).

2.1.Rôle des barrages

Par la construction de barrages, l'homme influence de manière prépondérante l'écoulement naturel des eaux de ruissellement. Quatre raisons principales peuvent justifier cette action. Ce sont : La création d'une retenue, la régulation de l'apport, la surélévation du plan d'eau d'une rivière, la création d'un plan d'eau.

Création d'une retenue : selon le volume utile de la retenue, le débit des apports et le mode d'utilisation de l'eau stockée, on distinguera les accumulations journalières, hebdomadaires, saisonnières ou inters saisonnière

Régulation des apports : dans la plupart des régions du monde, les précipitations sont concentrées sur des périodes courtes. Ces apports sont souvent très irréguliers d'une année à l'autre alors que les besoins en eau sont répartis de manière plus homogène sur l'année. Il s'ensuit donc une succession de périodes de pénurie et d'excès que seule la réalisation d'une retenue permet de compenser. Par ailleurs, la régulation permet de prévenir des inondations encas de crue.

Surélévation du plan d'eau d'une rivière : la mise en place d'un barrage en travers d'un cours d'eau a pour effet de surélever le plan d'eau à l'amont. Cet effet ; est bien entendu utiliser pour la production hydroélectrique, mais également pour gérer la dérivation des eaux d'une rivière vers une prise d'eau, puis un canal d'amenée pour l'irrigation ou l'alimentation en eau potable.

Création d'un plan d'eau : la réalisation d'un lac artificiel permet de disposer d'une surface qui peut, entre autres, être destinée aux loisirs, au tourisme, à la pisciculture, à la navigation, à la protection incendie **[5]**

2.2.Les différents types de barrages

On distingue deux grandes familles de barrages selon les matériaux qui les composent :

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

2.2.1.Barrages rigides

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

- **Barrage poids**

Les barrages poids sont parmi les types les plus anciens et ils en existent un grand nombre dans les pays industrialisés, ces barrages résistent à la poussée de l'eau par leur propre poids et par leur forme trapézoïdale (figure 1.1), ils ont connu une certaine désaffection en raison de leur volume et de leur coût relatif, jusqu'au développement récent de la technique du béton compacté au rouleau (BCR) qui leur a donné une nouvelle jeunesse depuis 1980.**[1]**

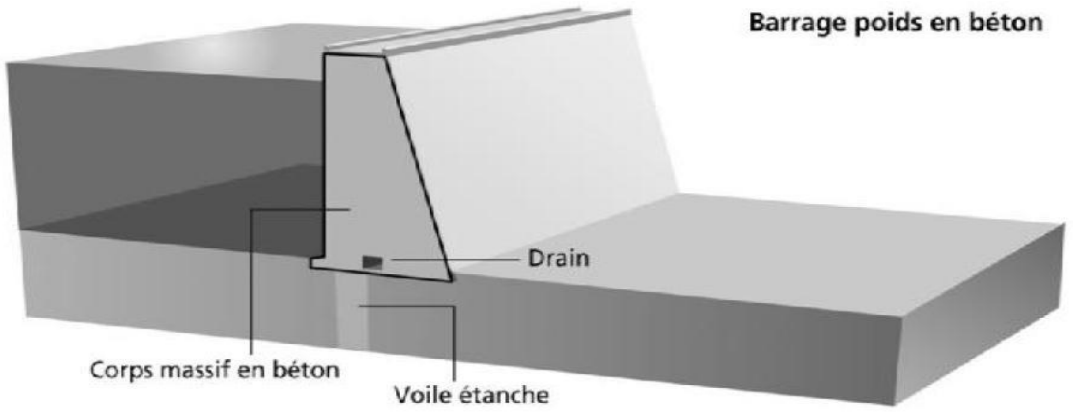


Figure1.2: Barrage poids

- **Barrage voûte**

De former arquée tournée vers l'amont (figure 1.2), le barrage voûte permet de reporter la pression de l'eau du réservoir sur les rives. Cela permet également de diminuer le volume de béton et d'utiliser au mieux ses capacités { supporter la compression.

De ce fait, c'est un barrage extrêmement sûr et la seule rupture connue (Malpasset, 1959) a été due non à la voûte elle-même, mais { la défaillance en profondeur d'une rive, dans des conditions de structure géologique, de pétrographie et de pressions interstitielles très particulières. **[1]**

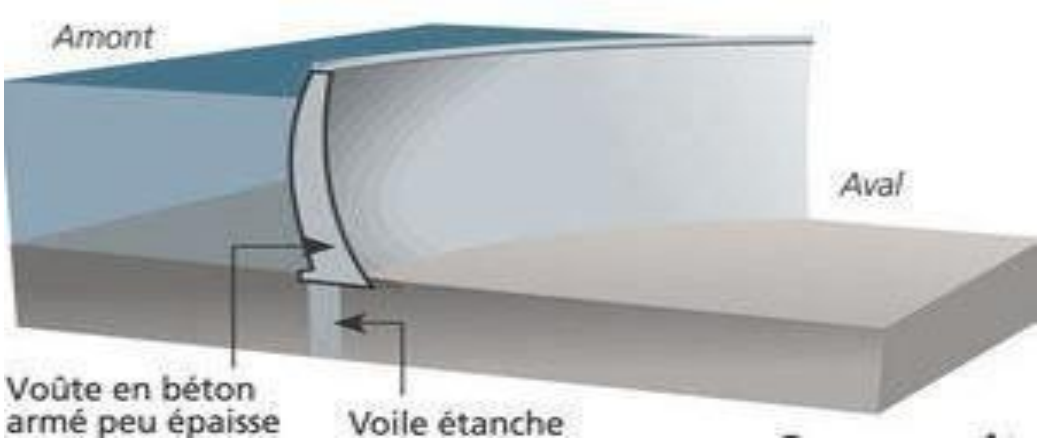


Figure1.3 : barrage voute

- **Barrage à contreforts**

C'est un grand mur en béton qui s'appuie sur des contreforts en laissant des évidements, économisant ainsi du béton. Les contreforts, relativement minces, conduisent les efforts jusqu'aux fondations.

Ce mode de construction se subdivise en sous-catégories; contreforts à têtes arrondies à masque amont, à voûtes multiples. **[1]**

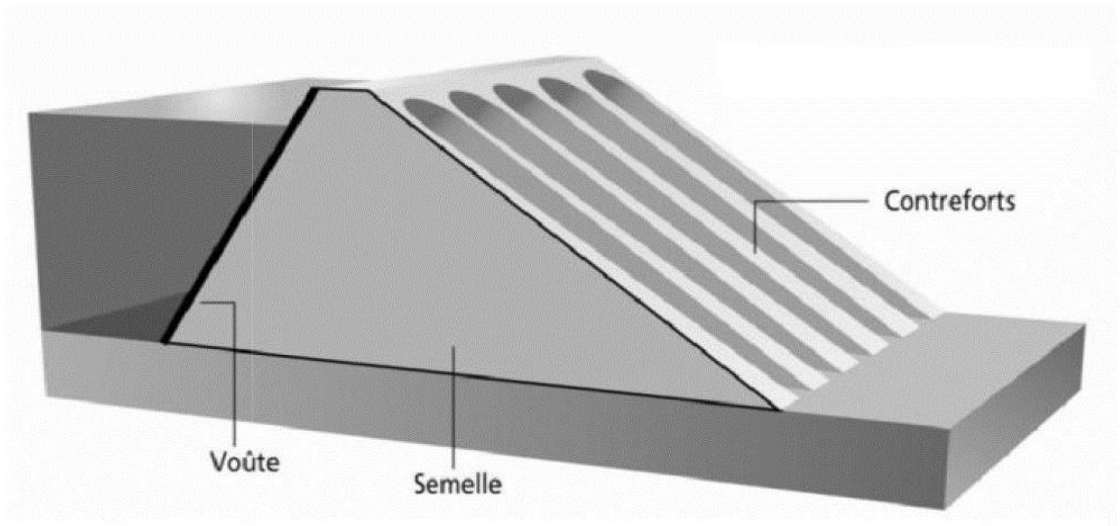


Figure1.4: Barrage à contreforts

2.2.2.Barrages souples

Il existe trois schémas principaux de structure de barrage souple:

- **Barrage homogène**

Le barrage en terre homogène est constitué d'un seul matériau meuble suffisamment imperméable pour assurer à la fois l'étanchéité et la résistance, la terre est généralement mise en place par compactage.

La structure de ces barrages est souvent complétée par un dispositif de drains dans sa partie aval et d'une protection mécanique contre l'érosion dans sa partie amont. **[1]**

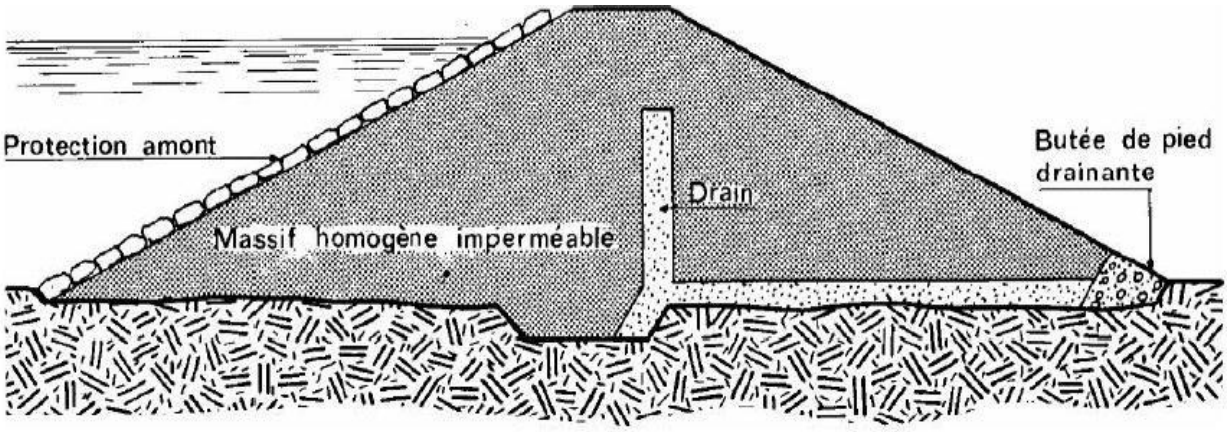


Figure1.5. Barrage homogène

- **Barrage à noyau étanche**

Souvent l'hétérogénéité des matériaux disponibles sur place ou leurs caractéristiques géotechniques ne permettent pas d'envisager une digue homogène étanche. Dans ce cas, une solution couramment adoptée consiste à concevoir un massif en plusieurs zones (figure 1.5), dont chacune est constituée d'un matériau différent suivant le rôle que doit jouer chaque zone. L'étanchéité est assurée par un noyau imperméable constitué de terres argileuses, d'argile, de terres caillouteuses ou tout autre matériau terreux comportant une forte proportion de matériaux fins lui conférant une faible perméabilité. Cette technique permet de faire de grandes économies dans les volumes mis en œuvre etd'utiliser au mieux les matériaux disponibles sur le site. **[1]**

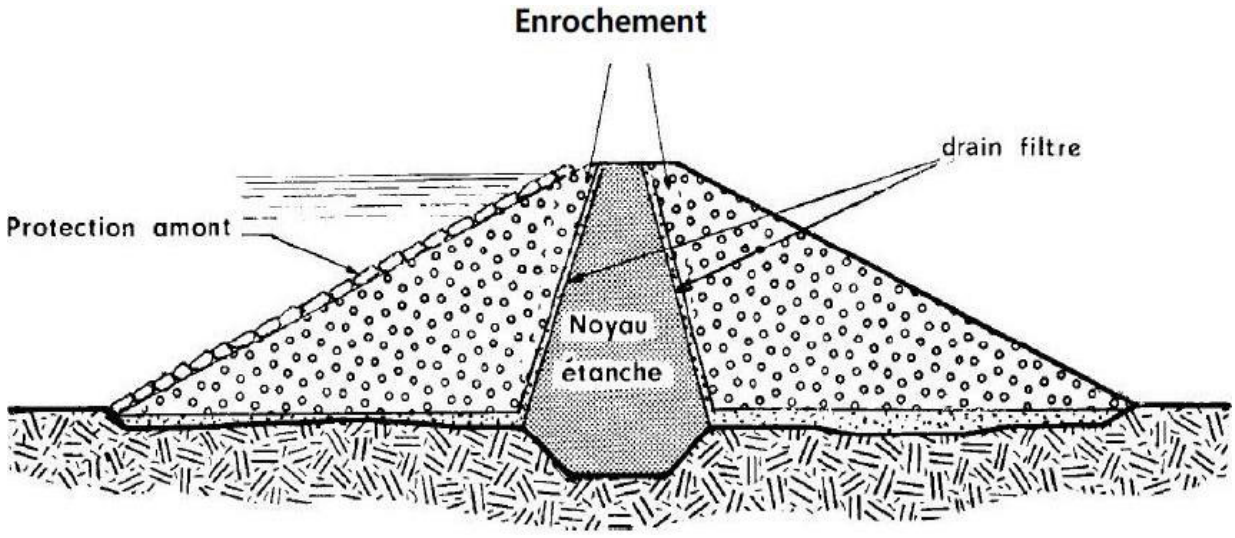


Figure1.6. Barrage à noyau étanche

- **Barrage à masque amont**

La réalisation d'une digue { noyau étanche peut présenter des difficultés telles que l'indisponibilité de matériaux conformes et la difficulté de mise en oeuvre, cette technique devrait être alors comparée { celle d'une digue homogène { masque amont étanche.

Le masque amont (figure 1.6) est une paroi étanche posée sur le talus amont du barrage, il peut être de nature très différente: béton armé, matériel bitumineux, "bâche" et même tôle d'acier. Le corps du barrage assurant la stabilité peut être en matériau quelconque pour autant qu'il soit peu déformable. **[1]**

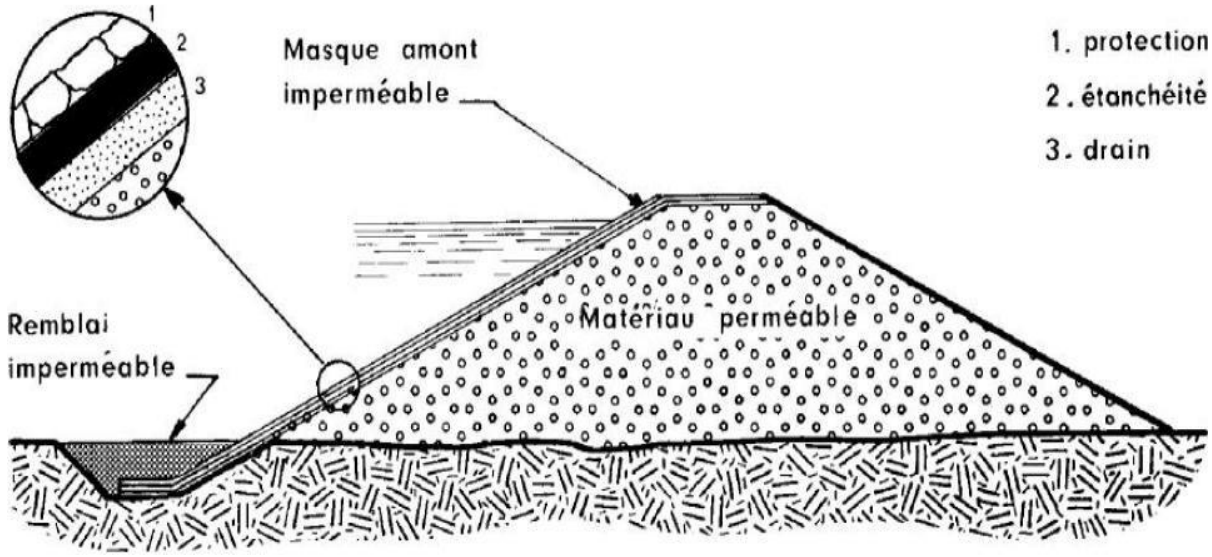


Figure 1.7. Barrage à masque amont

3.Concept de risque et définitions

Avec le développement technique, économique et social du 19ème et 20ème siècle, le risque à envahi notre quotidien avec son lot de catastrophes et occupe aujourd'hui une place sans précédent dans la décision publique.

Enfin, l'impact des catastrophes naturelles et industrielles n'ayant cessé de croître, la prise en compte des risques et de leur gestion n'en a été que de plus en plus nécessaire dans les sociétés modernes

3.1.1.Qu'est-ce qu'un risque ?

« Possibilité, probabilité d'un fait, d'un événement considéré comme un mal ou un dommage. Danger, inconvénient plus ou moins probable auquel on est exposé.» selon le dictionnaire Larousse.

« Un risque est l'effet de l'incertitude sur l'atteinte des objectifs » Selon la norme ISO 31000, 2009. C'est-à-dire la possibilité qu'il y ait un écart positif (opportunité) ou négatif (menace) par rapport à une attente.

Le risque est parallèlement lié aux conséquences de l'événement. Celles-ci sont évidemment multiples. Elles se décrivent d'abord en termes de vies humaines, mais aussi en termes économique (y compris les pertes d'exploitation), social, environnemental…

L'objectif est alors de définir des priorités d'intervention, en vue de diminuer la probabilité d'occurrence d'événements indésirables.

3.1.2.Qu'est-ce qu'un aléa ?

« Un phénomène dangereux, une substance, activité humaine ou condition pouvant causer des pertes de vies humaines, des blessures ou d'autres effets sur la santé, des dommages aux biens, des pertes de moyens de subsistance et des services, des perturbations socio-économiques, ou des dommages à l'environnement. » selon UNISDR

3.1.3.Qu'est-ce qu'une vulnérabilité ?

« Les caractéristiques et les circonstances d'une communauté ou d'un système qui le rendent susceptible de subir les effets d'un danger. » selon UNISDR

La norme ISO définie la vulnérabilité comme suite : « Propriétés intrinsèques de quelque chose entraînant une sensibilité à une source de risque pouvant induire une conséquence. » (ISO Guide 73/2009).

Les expressions suivantes pour définir le risque, sont souvent rencontrées :

Risque = probabilité(p) x Conséquence(C).

Dans le domaine industriel.

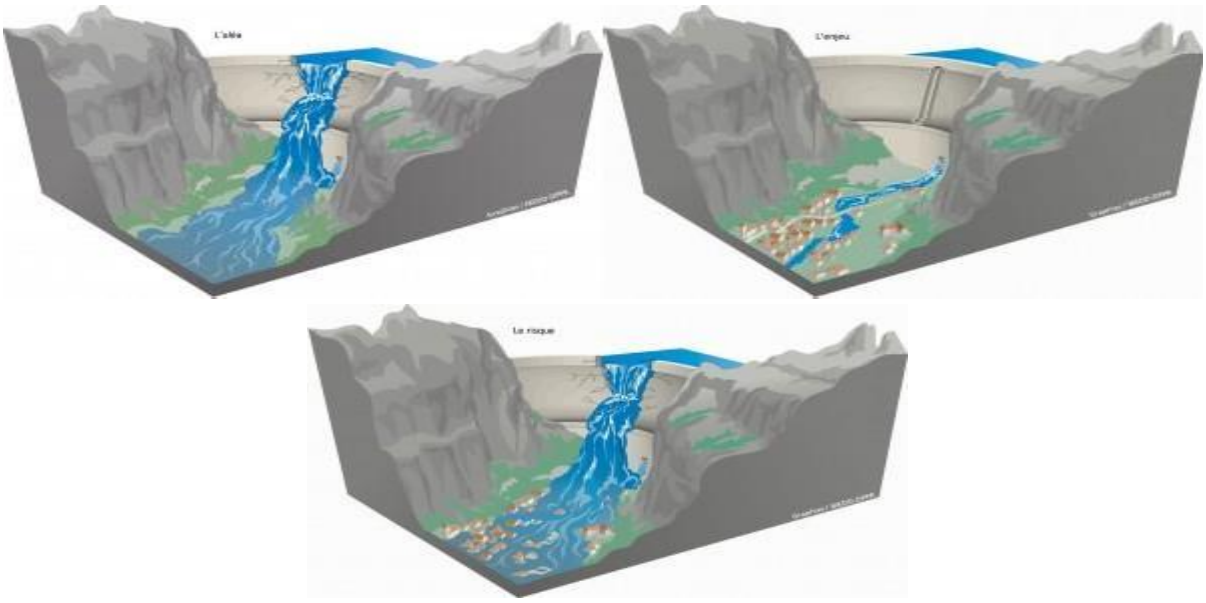
Risque= Probabilité x Gravité

Pour les risques naturels :

Pour les risques naturels :

Risque = Aléa x Vulnérabilité

Le risque total d'un système correspond à la somme de tous les risques individuels en relation



avec les causes primaires (évènements initiateurs).

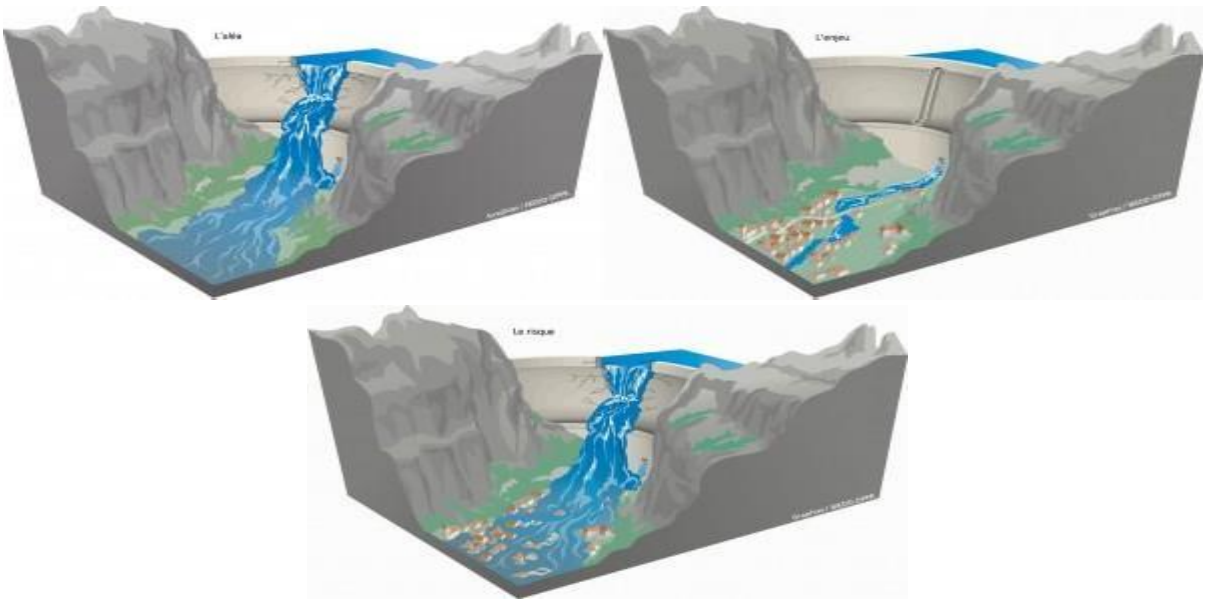
Il faut relever que différents concepts ont été proposés pour caractériser le risque. À titre d'exemple, en associant le risque à des conditions de charges particulières (tels que les crues, séisme, ou statique), le risque peut être exprimé par :

$\boldsymbol{Risque} = (\boldsymbol{p1} \times \boldsymbol{p2}) \times (\boldsymbol{conséquences})$ Avec :

$\boldsymbol{p1}$: Probabilité d'occurrence de l'évènement initiateur,

$\boldsymbol{p2}$: Probabilité de rupture si l'évènement initiateur se produit.

Risque = Aléa x Vulnérabilité



Le risque total d'un système correspond à la somme de tous les risques individuels en relation avec les causes primaires (évènements initiateurs).

Il faut relever que différents concepts ont été proposés pour caractériser le risque. À titre d'exemple, en associant le risque à des conditions de charges particulières (tels que les crues, séisme, ou statique), le risque peut être exprimé par :

$\boldsymbol{Risque} = (\boldsymbol{p1} \times \boldsymbol{p2}) \times (\boldsymbol{conséquences})$ Avec :

$\boldsymbol{p1}$: Probabilité d'occurrence de l'évènement initiateur,

$\boldsymbol{p2}$: Probabilité de rupture si l'évènement initiateur se produit.

Dans le cadre de la gestion du risque, nous ne pouvons pas intervenir pour modifier la probabilité d'occurrence d'un évènement naturel, il faut chercher à réduire :

D'une part, les chances d'occasionner des effets néfastes (par exemple, la rupture d'un barrage en cas de crue extrême),

D'autre part, les conséquences en mettant en place des mesures adéquates pour atténuer les effets dommageables (par exemple, concept d'urgence) (Schleiss et Pougatsch, 2011).

4.Typologie des risques

Les type de risque existant :

4.1.Risques naturels (crues, séismes, glissements de terrain)

4.1.1.Crue exceptionnel

- Définition:

Une crue exceptionnelle dans un barrage est un événement rare et catastrophique qui survient lorsque le niveau d'eau d'un barrage dépasse sa capacité de stockage, ce qui entraîne sa rupture. Cette rupture provoque des inondations dévastatrices en aval du barrage, avec des conséquences graves pour les populations et les biens.**[7]**

Causes des crues exceptionnelles dans les barrages:

1. Combinaison de facteurs extrêmes:

- Précipitations intenses et durables, dépassant largement les capacités de stockage du barrage.
- Fonte des neiges exceptionnellement rapide, augmentant le volume d'eau à gérer.
- Inondations marines simultanées, réduisant la capacité de stockage disponible.

2. Défaillances structurelles du barrage:

- Défauts de construction ou usure du temps fragilisant la structure du barrage.
- Dégâts causés par des événements naturels tels que des tremblements de terre ou des glissements de terrain.
- Erreurs de conception ou de maintenance inadéquates.

3. Mauvaise gestion du barrage:
    - Décisions inappropriées de gestion du niveau d'eau, comme un remplissage trop rapide ou une vidange mal contrôlée.
    - Défaillances des systèmes de surveillance ou de contrôle du barrage.
    - Manque de communication ou de coordination entre les autorités responsables.

Typologie des crues exceptionnelles dans les barrages:

- **Rupture par débordement:** Le niveau d'eau dépasse la crête du barrage, entraînant un déversement incontrôlé de l'eau.
- Rupture structurelle:

Effondrement d'une partie du barrage, libérant soudainement un immense volume d'eau.

Inondations catastrophiques, avec des vagues pouvant atteindre des hauteurs considérables.

- Rupture par érosion:

Erosion des fondations du barrage, fragilisant sa structure et provoquant son effondrement.

Inondations progressives, mais pouvant tout de même causer des dommages importants.

4.1.2.SISIME

Définition:

Un risque sismique pour un barrage est la probabilité qu'un séisme provoque des dommages à sa structure, ce qui peut entraîner sa rupture ou des fuites importantes. Cela peut avoir des conséquences graves pour les populations et les biens en aval du barrage. **[7]**

Causes des risques sismiques pour les barrages:

- Activité sismique de la région:

Fréquence et intensité des séismes dans la zone où se situe le barrage.

Présence de failles actives pouvant générer des tremblements de terre.

Type de sol et de roche, influençant la propagation des ondes sismiques.

- Caractéristiques du barrage:

Type de barrage (poids, voûte, etc.)

Âge et état du barrage

Conception et construction du barrage, tenant compte des risques sismiques

- Caractéristiques du séisme:

Magnitude du séisme

Distance du séisme par rapport au barrage

Type de faille et mécanisme de rupture

Fréquences et amplitudes des vibrations sismiques

Typologie des dommages sismiques aux barrages:

- Défaillances par cisaillement:

Rupture du barrage le long d'une faille activée par le séisme.

Inondations catastrophiques, avec des vagues pouvant atteindre des hauteurs considérables.

- Défaillances par renversement:

Perte de stabilité du barrage due aux vibrations sismiques.

Effondrement du barrage, provoquant des inondations soudaines et massives.

- Liquéfaction du sol:

Perte de capacité portante du sol sous les fondations du barrage.

Enfoncement ou glissement du barrage, pouvant entraîner sa rupture.

4.1.3.Gilissement de terrain

Définition:

Un risque de glissement de terrain pour un barrage est la probabilité qu'une masse de terrain se déplace en aval du barrage, menaçant sa stabilité et pouvant entraîner sa rupture ou des fuites importantes. Cela peut avoir des conséquences graves pour les populations et les biens en aval du barrage. **[7]**

Causes des risques de glissement de terrain pour les barrages:

- **Caractéristiques du terrain:**

Pente du terrain en aval du barrage

Type de sol et de roche, influençant la stabilité des pentes

Présence de failles ou de zones d'affaiblissement du terrain

Niveau de la nappe phréatique, pouvant affecter la cohésion des sols

- **Caractéristiques du barrage:**

Hauteur et poids du barrage

Conception et construction du barrage, tenant compte des risques de glissement de terrain

Présence de réservoirs d'eau en amont du barrage, augmentant la charge sur les pentes

- **Facteurs déclenchants:**

Fortes précipitations, pouvant saturer les sols et réduire leur cohésion

Fonte des neiges, augmentant le volume d'eau dans les sols

Tremblements de terre, pouvant déstabiliser les pentes

Modifications du niveau d'eau du réservoir, affectant la distribution des contraintes sur les pentes

Typologie des glissements de terrain pour les barrages:

- **Glissements de talus:**
  - Déplacement de la couche superficielle du terrain en aval du barrage.
  - Inondations localisées, pouvant toucher des zones situées au pied du barrage.
- **Glissements de versant:**
  - Déplacement d'une masse importante de terrain en aval du barrage.
  - Inondations étendues, pouvant menacer des villages ou des infrastructures en aval.
- **Glissements sous-marins:**
  - Déplacement de sols sous la surface du réservoir, pouvant fragiliser les fondations du barrage.
  - Rupture potentielle du barrage, avec des conséquences catastrophiques.

5.Définition des Risques Techniques :

Les risques techniques sur les barrages regroupent les dangers liés à la défaillance des structures, des fondations ou des systèmes de contrôle de ces ouvrages. Ces défaillances peuvent entraîner des fuites, des affouillements ou une instabilité des structures, menant potentiellement à des ruptures de barrages aux conséquences graves.

Typologie des Risques Techniques:

5.1.Risque Technique : Fuites sur Barrage

1. Définition du Risque Technique : Fuites sur Barrage

Les fuites sur barrage désignent l'infiltration d'eau à travers les parois ou les fondations d'un barrage, entraînant une perte progressive de la retenue d'eau. Ce phénomène peut avoir des conséquences graves, fragilisant la structure du barrage et augmentant le risque de rupture. **[7]**

Typologie des Fuites sur Barrage:

- **Fuites internes:** Infiltration d'eau à l'intérieur du barrage, généralement à travers des fissures, des joints ou des défauts de construction.
- **Fuites externes:** Infiltration d'eau sur la face aval du barrage, pouvant se manifester par des suintements, des résurgences ou des écoulements visibles.
- **Fuites de fond:** Infiltration d'eau sous les fondations du barrage, particulièrement dangereuse car elle peut fragiliser les sols et menacer la stabilité de l'ouvrage.

2. Causes des Fuites sur Barrage:

- **Facteurs de conception et de construction:** Choix inadéquats des matériaux, défauts de conception, erreurs de construction, joints mal étanches, fondations insuffisantes.
- **Vieillissement et dégradation des matériaux:** Altération du béton, corrosion des armatures métalliques, érosion des joints d'étanchéité.
- **Sollicitations excessives:** Crues exceptionnelles, séismes, tassements du terrain, vibrations dues aux activités humaines.
- **Défauts d'exploitation et de maintenance:** Surveillance insuffisante, manque d'entretien régulier, réparations négligées.

5.2.Affouillements sur Barrage

Les affouillements sur barrage désignent l'érosion des sols en aval du barrage due aux courants d'eau, fragilisant les fondations et augmentant le risque de rupture. Ce phénomène peut avoir des

conséquences graves, compromettant la stabilité de l'ouvrage et menaçant la sécurité des populations en aval. **[7]**

Typologie des Affouillements sur Barrage:

- **Affouillements généraux:** Érosion uniforme du lit de la rivière en aval du barrage, affectant l'ensemble de la largeur du cours d'eau.
- **Affouillements locaux:** Érosion concentrée à des points précis en aval du barrage, généralement à proximité de piliers, de culées ou d'autres structures.
- **Affouillements de fond:** Érosion des sols sous les fondations du barrage, particulièrement dangereuse car elle peut menacer directement la stabilité de l'ouvrage.

Causes des Affouillements sur Barrage:

- **Courants d'eau puissants:** Écoulements d'eau rapides en aval du barrage, générés par des crues, des lâchures d'eau ou des modifications du débit naturel de la rivière.
- **Caractéristiques géologiques du terrain:** Nature des sols (sols meubles, sables, graviers), présence de failles ou de cavités souterraines.
- **Vibrations dues aux activités humaines:** Vibrations provoquées par des explosions, des forages ou des trafics routiers, pouvant fragiliser les sols et accentuer l'érosion.
- **Modifications du lit de la rivière:** Dépôts de sédiments, construction d'ouvrages hydrauliques en amont ou en aval du barrage, modifications du profil du lit de la rivière.

5.3.Instabilité des Structures sur Barrage

L'instabilité des structures sur barrage désigne la dégradation ou la déformation des éléments constitutifs du barrage, compromettant sa solidité et augmentant le risque de rupture. Ce phénomène peut avoir des conséquences graves, menaçant la sécurité des populations en aval et provoquant des dommages environnementaux importants. **[7]**

Typologie de l'Instabilité des Structures sur Barrage:

- **Dégradation des matériaux:** Altération du béton due à la carbonatation, à la sulfatation ou aux cycles gel-dégel, corrosion des armatures métalliques, érosion des joints d'étanchéité.

- **Déformations excessives:** Fissurations, tassements, déformations importantes des parois ou des fondations du barrage, pouvant survenir sous l'effet de sollicitations excessives ou de phénomènes géologiques.
- **Rupture des structures:** Rupture de câbles, de poutres, de piliers ou d'autres éléments structuraux du barrage, entraînant une défaillance catastrophique de l'ouvrage.

2. Causes de l'Instabilité des Structures sur Barrage:

- **Vieillissement et dégradation des matériaux:** Altération naturelle des matériaux du barrage au fil du temps, fragilisation des structures par les intempéries et les agressions chimiques.
- **Sollicitations excessives:** Crues exceptionnelles, séismes, tassements du terrain, vibrations dues aux activités humaines, surcharge en eau ou en neige.
- **Défauts de conception ou de construction:** Erreurs de dimensionnement, choix inadéquats des matériaux, vices de construction, défauts d'étanchéité.
- **Manque d'entretien et de maintenance:** Surveillance insuffisante de l'état du barrage, absence de réparations nécessaires, négligence des procédures de maintenance.

3. Aléa de l'Instabilité des Structures sur Barrage:

- **Fréquence:** La fréquence des défaillances dues à l'instabilité des structures est relativement faible, mais les conséquences peuvent être dramatiques.
- **Facteurs influençant la fréquence:** Âge du barrage, qualité des matériaux, conditions d'exploitation, événements extrêmes (crues, séismes), qualité de la maintenance.
- **Intensité:** L'intensité des défaillances peut varier de simples fissures à des ruptures majeures de structures, menant à une rupture catastrophique du barrage.
- **Impact:** Les défaillances dues à l'instabilité des structures peuvent avoir des conséquences dévastatrices, avec des pertes humaines importantes, des dommages matériels considérables et des impacts environnementaux majeurs.

6.Définition du Risque Humain : Sabotage sur Barrage

1. Définition

Le sabotage sur barrage désigne un acte intentionnel visant à endommager ou à détruire un barrage, mettant en danger la sécurité des populations en aval et provoquant des dommages

environnementaux importants. Ce type d'acte malveillant peut être perpétré par des individus ou des groupes motivés par des raisons politiques, idéologiques, économiques ou criminelles. **[7]**

2. Typologie des Actes de Sabotage sur Barrage:

- **Attaques physiques:** Utilisation d'explosifs, d'incendies ou d'autres moyens pour endommager les structures du barrage, les vannes, les systèmes de contrôle ou les équipements de surveillance.
- **Cyberattaques:** Intrusion dans les systèmes informatiques de contrôle du barrage, modification des données de mesure ou des instructions de commande, visant à perturber le fonctionnement normal de l'ouvrage.
- **Manipulation malveillante:** Altération ou destruction de capteurs, de vannes ou d'autres équipements critiques, introduction de substances nuisibles dans l'eau du réservoir.
- **Désinformation et propagande:** Diffusion de fausses informations ou de rumeurs visant à semer la panique ou à discréditer les autorités responsables de la gestion du barrage.

3. Causes du Sabotage sur Barrage:

- **Motivations politiques ou idéologiques:** Actes de sabotage perpétrés par des groupes extrémistes, des mouvements rebelles ou des individus motivés par des revendications politiques ou des idéologies radicales.
- **Motivations économiques:** Sabotage visant à extorquer de l'argent, à perturber des activités économiques ou à faire pression sur des gouvernements ou des entreprises.
- **Motivations criminelles:** Sabotage lié à des activités criminelles telles que le trafic de drogue, le terrorisme ou la criminalité organisée.
- **Motivations individuelles:** Actes de sabotage perpétrés par des individus isolés, motivés par la vengeance, la haine ou des troubles mentaux.

Tous les risques précédents peuvent enchainer un accident majeur (rupture de barrage)

7.Définition d'un accident majeur

Un accident majeur est un événement qui a des **conséquences graves** pour les personnes, l'environnement ou les biens matériels, et qui est **imprévu et non intentionnel**. Il s'agit d'un événement qui **dépasse les mesures de prévention et de protection** normalement mises en place pour limiter les risques.

7.1.Le risque de rupture des barrages

Le risque de rupture brusque et imprévue est aujourd'hui extrêmement faible. La situation de rupture pourrait plutôt venir de l'évolution plus ou moins rapide d'une dégradation de l'ouvrage. Une rupture progressive laisserait le temps de mettre en place les procédures d'alerte et de secours des populations.

En revanche, une rupture partielle ou totale brusque produirait une onde de submersion très destructrice dont les caractéristiques (hauteur, vitesse, horaire de passage...) ont été étudiées en tout point de la vallée.

Les facteurs menaçant l'ouvrage sont:

- les accidents géologiques dont le poids de l'eau retenue en est parfois la cause (ex. : glissements de terrain),
- la perturbation du fonctionnement de la rivière (crues moins fréquentes surprenant les riverains),
- la libération potentielle de la quantité d'eau retenue.

8.Mécanismes de rupture des barrages :

8.1.Rupture instantanée ou graduelle :

La rupture d'un barrage est rarement instantanée. Que cela soit pour un barrage en béton ou bien en remblai, il y a eu généralement la formation d'une brèche dans le barrage, qui s'agrandit progressivement. La libération de l'eau se fait donc de façon graduelle. Ce processus de formation de brèche dans un barrage ou une digue a fait

l'objet de plusieurs études pour en étudier la dynamique. Cela reste un processus complexe et en général, on fait l'hypothèse que le volume d'eau est lâché instantanément (c-à-d effacement du barrage).

Cette hypothèse va dans le sens de la sécurité, mais peut induire à majorer le risque hydraulique induit par l'onde de crue, en particulier pour les barrages en remblai (qui sont majoritaires) ; pour des barrages en remblai, on observe que la largeur de la brèche est généralement située dans la fourche $hb \leq L \leq 3hb$, où hb est la hauteur du barrage. Pour ces barrages, le temps nécessaire à former une brèche varie de façon considérable (de quelques

minutes à quelques heures) selon le matériau et la cause de la rupture. **[4]**

Les spécialistes recommandent de procéder pour le scénario de rupture :

- Pour les barrages-voûtes et barrage-poids : rupture totale et instantanée de tout le barrage ;
- Pour les digues : formation d'une brèche de forme trapézoïdale de base égale deux fois la hauteur d'eau et avec une pente de talus de 1:1 (en veillant que la surface ne soit pas plus grande que la digue elle-même) ;
- Pour les barrages mobiles : rupture totale ou partielle en fonction du type de construction.

8.2.Rupture par renard

Les ruptures consécutives à une érosion interne (effet renard) sont peu fréquentes. La rupture par effet renard est fréquente lorsque les matériaux constitutifs du barrage ont pour propriétés d'être (a) perméables ou (b) fortement érodables.

Les barrages naturels sont constitués de matériaux hétérogènes ayant été peu compactés en comparaison aux barrages de construction. De ce fait, ces barrages sont souvent poreux, non imperméabilisés et non drainés. Il y a donc présence d'écoulements internes. Ces écoulements peuvent entraîner de l'érosion interne, qui peut aboutir à une rupture par renard.

Des suintements sont souvent observés à la base de nombreux barrages. Mais ces suintements sont rarement assez importants pour provoquer un « renard ».

L'érosion interne peut aussi provoquer un affaissement partiel du barrage, suivi du débordement, de la formation d'une brèche et de la rupture (rupture par surverse). Il y a peu d'exemple de rupture par renard car celle-ci arrive rarement. En 1966, rupture de l'éboulement ayant entraîné la formation du lac Yashinkul sur la rivière Isfayramsay (Centre sud de l'ex URSS) et en 1906 rupture de l'éboulement sur le cache creek (Californie).

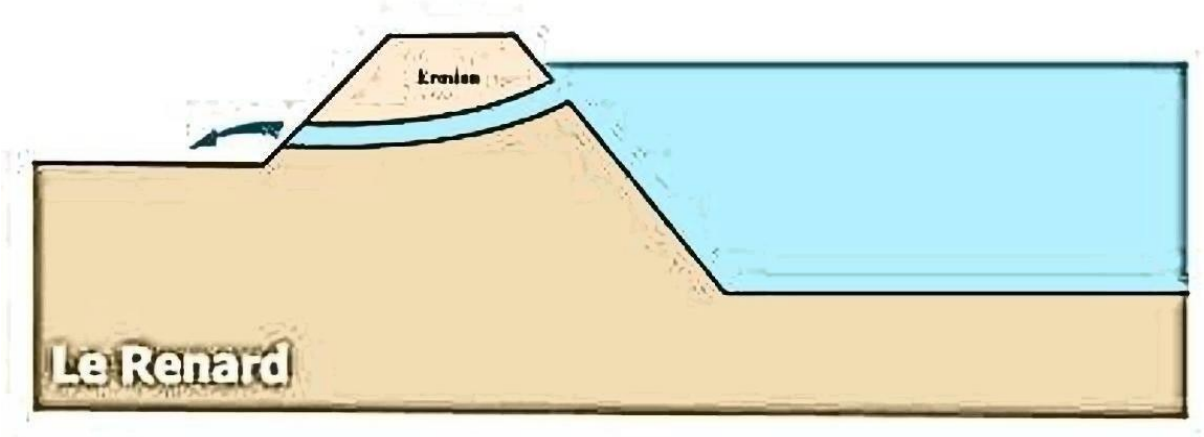


Figure 1.8: Rupture par renard

8.3.Rupture par glissement

Il existe peu de cas de rupture par glissement des pentes du barrage. Ceci est dû au fait que naturellement les pentes du barrage se sont formées à un état d'équilibre naturel. Les glissements sont observés dans les cas où les pentes du barrage s'avèrent trop raides. Les masses éboulées avec leurs pentes relativement douces sont souvent peu vulnérables au glissement. Un seul cas de glissement semble avoir été identifié, celui du Cerro Condor-Sencca au Pérou sur la rivière Mantaro, bien qu'il soit possible que la rupture fût due à un effet renard. **[4]**

8.4.Rupture par surverse

La surverse est la principale cause de rupture de barrages naturels. Elle représente 92 à 95 % des cas de rupture observés. S'il n'y a pas d'infiltration d'eau dans le barrage, le barrage se remplit jusqu'au déversement. Il y a alors apparition d'un écoulement, sur le parement aval de la masse éboulée. L'écoulement emporte progressivement les matériaux constituants le barrage pour aboutir par érosion régressive à la formation d'une brèche. Une fois la brèche formée, la rupture du barrage et la vidange de la retenue peuvent alors être très rapides. La brèche due à la surverse se forme localement

au point le plus bas ou le plus faible de la crête du barrage, puis se développe jusqu'au point bas du barrage, avant de s'élargir jusqu'une situation d'équilibre (qui n'atteint pas la largeur totale du barrage).

Il est rare que la brèche descende jusqu'au niveau d'origine du cours d'eau car la présence de matériaux grossiers au sein de l'éboulement limite l'incision. **[4]**

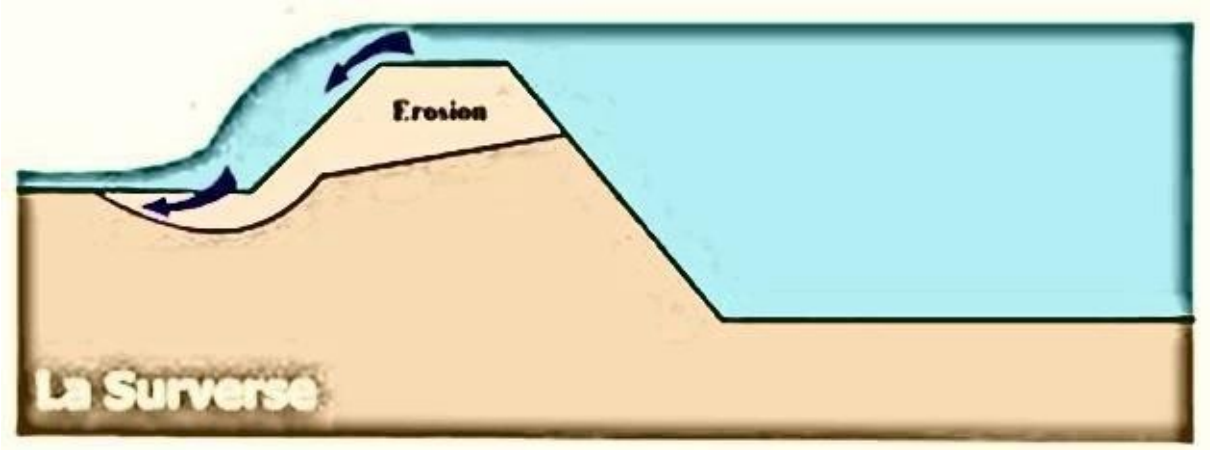


Figure 1.9: Rupture par surverse

9.Risques liés à la construction d'un barrage :

9.1.Nuissances :

- Bruit important dû aux engins de chantier et aux explosions
- Poussière et pollution de l'air
- Vibrations dues aux explosions et aux engins de chantier
- Perturbation de la vie sauvage et des habitats naturels

9.2.Chutes :

- Risque de chute de hauteur depuis des échafaudages, des structures élevées ou des engins de chantier
- Glissements de terrain sur les chantiers en pente

9.3.Travail à chaud :

- Risques de brûlures graves dues aux soudures, à la découpe de métal et à la manipulation de matériaux en fusion
- Risques d'inhalation de fumées toxiques

9.4.Risques liés à l'excavation

9.4.1.Risques d'effondrement et d'éboulement :

Instabilité des parois de tranchée: Les parois de tranchée peuvent s'effondrer ou s'ébouler si elles ne sont pas étayées correctement, surtout en cas de sols meubles ou humides. Cela peut entraîner des blessures graves ou mortelles pour les travailleurs qui se trouvent dans la tranchée.

Vibrations: Les vibrations causées par les engins de chantier ou par des activités à proximité peuvent fragiliser les parois de tranchée et augmenter le risque d'effondrement.

9.4.2.Risques liés à l'eau :

Infiltrations d'eau: Les infiltrations d'eau dans la tranchée peuvent créer des conditions de travail dangereuses et ralentir les travaux. Elles peuvent également fragiliser les parois de tranchée et augmenter le risque d'effondrement.

Noyades: Les travailleurs qui se trouvent dans la tranchée peuvent se noyer si elle se remplit d'eau soudainement, par exemple en cas de fortes pluies ou de rupture d'une digue.

10.Autres risques :

- **Blessures par des machines et des outils:** Les travailleurs qui manipulent des engins de chantier ou des outils tranchants risquent de se blesser gravement.
- **Exposition à des substances dangereuses:** Les sols excavés peuvent contenir des substances dangereuses telles que l'amiante ou des hydrocarbures, qui peuvent causer des problèmes de santé si elles ne sont pas manipulées correctement.
- **Accidents de la route:** Les camions transportant les matériaux excavés peuvent être impliqués dans des accidents de la route, ce qui peut causer des blessures aux travailleurs et à d'autres usagers de la route.

- **Les** troubles musculosquelettiques (TMS) sont la première cause de maladies professionnelles dans le secteur du BTP. Au-delà des douleurs initiales, ces pathologies peuvent donner lieu à des incapacités plus ou moins handicapantes.

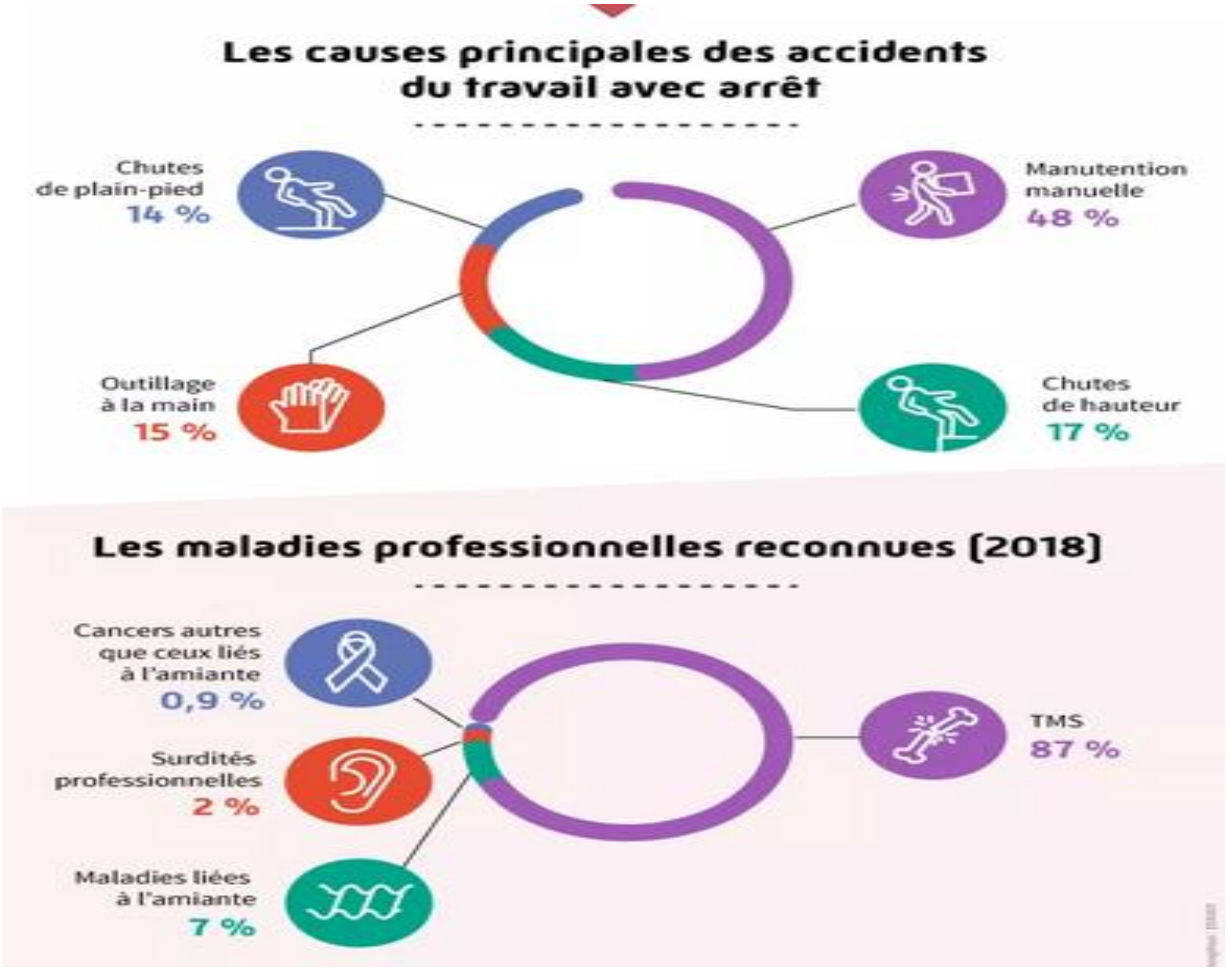


Figure 1.9.: Les causes des MP

.

Chapitre 02

Présentation des données de site étudié

1.Données Géologiques

Dans les projets de grandes envergures tell que la construction des Barrage des études géologiques et géotechniques sont nécessaires, basée sur les travaux de reconnaissances au niveau du site et les essais géotechniques de laboratoire, afin de prévenir des éventuelles risques d'infiltrations et d'instabilité de digue, l'infection quantitative et qualitative et/ou l'infiltration souterraine des eaux d'une retenue menace la stabilité de la digue, de ce fait pour y remédier la reconnaissance et l'étude géologique et géotechnique (amont, aval et au niveau de la digue) s'impose d'elles même.

L'objectif de cette dernière et de réduire au minimum les risques précédemment cités par des procédures approprié à chaque problème. **[2]**

Description du site de barrage

1.1.Situation géographique de site

Le site du Barrage de notre étude c'est à dire Chartioua se situe sur L'oued du même nom, affluent de l'oued Mahadjar et Bousselam dans la Wilaya de Bordj Bou Arreridj, se situe à 2 km de la commune de Bordj Zemmoura et a 35 km au nord de Bordj Bou Arreridj,route nationale N^0 76(RN76).

Les coordonnées (Nord Sahara 1959 UTM zone 31 N) de site sont : X= 666 393 m ; Y= 4 013 407 m ; Z=688 NGA

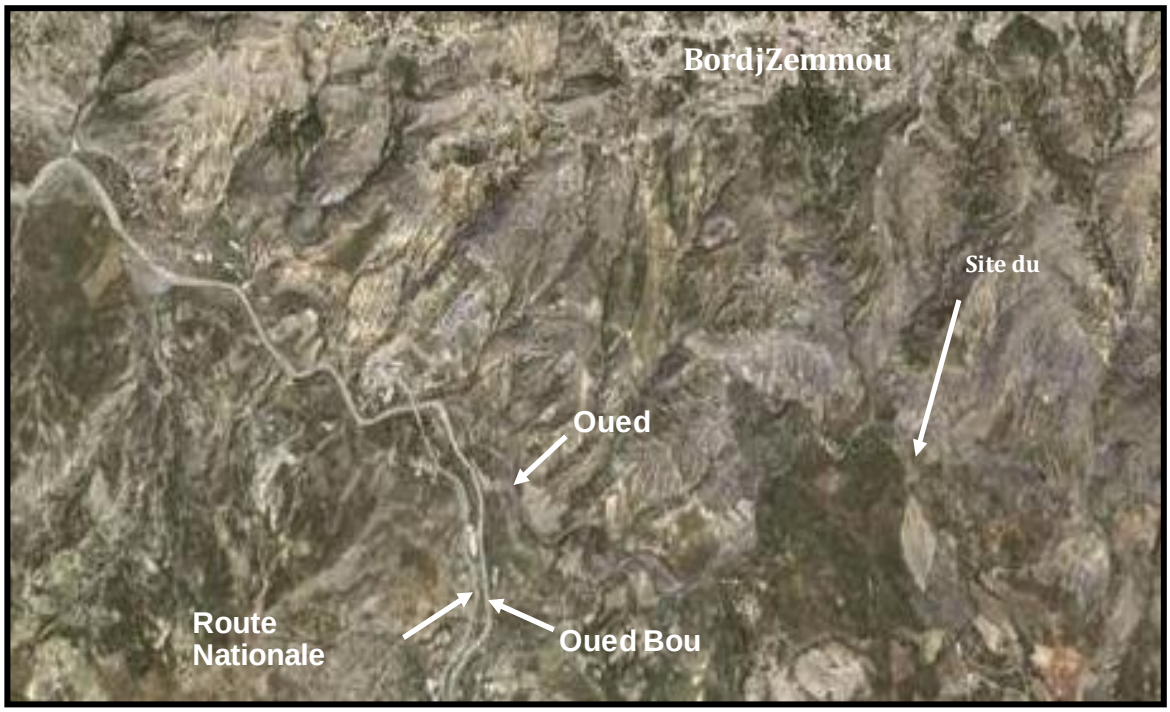


Figure (2.1) : Localisation du site du Barrage de Chartioua(Source : A.N.B.T)

1.2.Axe du barrage

Sur la base des résultats géologiques et géotechniques il se trouve que l'axe le plus économique et le plus stable a comme coordonnées **UTM** :

X=666 393 m ; Y=4 013 407 m ; Z=688 NGA



Figure (2.2) : Vue d'ensemble du site du barrage(Source A.N.B.T)

2.Etude géologique et géotechnique

2.1.Géologie régional

La zone d'étude se situe au Nord de l'Algérie, dans le domaine morphologique de L'Atlas Tellien (ou le Tell) et dans l'unité tectonique majeure alpine, séparée de la plate-forme saharienne, relativement stable, où la tectonique est moins prononcée, par la faille sud-atlasique.

Dans l'unité tectonique du Nord de l'Algérie on distingue plusieurs sous-secteurs, limités par des structures tectoniques (charriages et chevauchements) et différenciés par des raisons structurelles et par l'évolution géomorphologique :

- Au Sud, l'Atlas saharien, une chaîne de montagnes d'origine alpine ;
- Au centre, des plates-formes comme la Meseta oranaise à l'Ouest et le môle d'Ain Regada à l'Est ;
- Dans la partie septentrionale, l'Atlas tellien constitué de nappes mises en place au

Miocène inférieur ; des bassins néogènes tardifs comme le Chélif et le Hodna se sont installés sur ces nappes.**[2]**

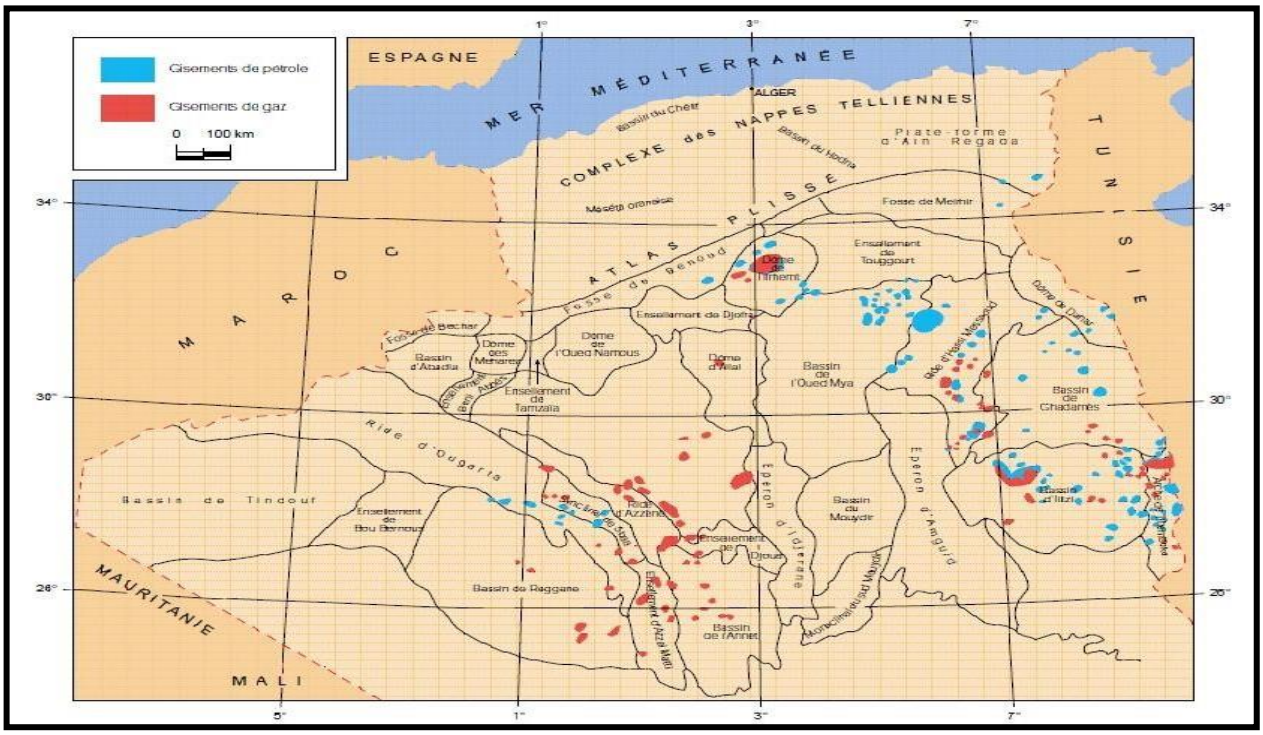


Figure (2.3) : Unités géologique d'Algérie (d'après sonatrach) source (A.N.B.T)

Le sous-secteur de la zone l'Atlas Tellien en étude est, d'après la Carte Géologique 1/50 000, feuille 92 – Bousselam (1977), divisé dans des différentes nappes, dont celles Bibanique et de Draa el Arba intègre le site du barrage.

La nappe bibanique occupe le coin nord-ouest de la feuille de Bousselam et elle intègre la Biban de Zemmoura (1 503 m). Elle comprend une série pélitique à intercalations marno-calcaires schisteuses du Crétacé inférieur, des alternances de calcaires marneux noirs et de marnes grises de l'Albien-Vraconien-Cénomanien basal, une série marno-calcaire à silex du Cénomanien-Turonien et des couches marno-calcaires à boules jaunes du Sénonien (Coniacien à Maestrichtien).

La nappe du type Draa el Arba se développe largement entre Bordj Zemmoura à l'Ouest et Bousselam à l'Est et elle est, en partie, masquée par les terrains mio-pliocènes du Dra Er Ragouba et Dra Et Dahlia dans le secteur Est. Elle comprend une puissante série marneuse à boules jaunes à intercalations calcaires du Sénonien et des marnes brunes et des marno-calcaires du Cénomanien.

Le contact de ces nappes, qui intéressent la région de l'aménagement, avec la Nappe de Djemilla à NE, avec la Nappe des FlyschsMaurétanien et Massylien à SE, avec la Nappe du type Béni Abdallah au Sud et le Trias Exotique et la Unité Inferieur à Matériel Éocène à SO, est du type charriage et chevauchement.**[2]**

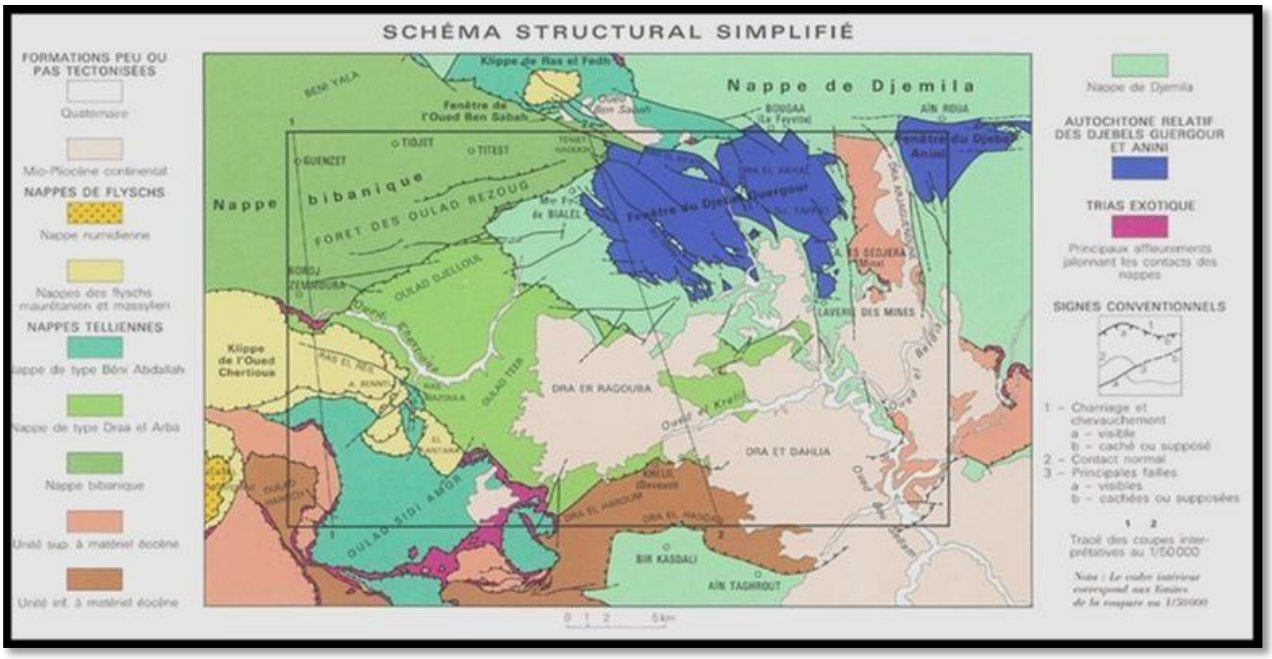


Figure (2.4): Schéma structural simplifié de la région (Source A.N.B.T)

2.2.Tectonique

Le Nord de l'Algérie fait partie de l'orogénie alpine d'Afrique du Nord. Elle est comprise entre le bassin océanique de la Méditerranée occidentale, créé à l'Oligocène et la flexure sud- atlasique qui la sépare de la Plate-forme Saharienne.

La structure de cette région est caractérisée par des reliefs jeunes et par une sismicité active. On voit, en plusieurs endroits du Tell à la lisière du Sahara, des terrains pliocènes et quaternaires redressés à la verticale. Le système orographique est guidé par deux longues chaînes situées au Sud et au Nord du 35ème parallèle et culminent vers 2 000 m. L'une, correspondant à l'Atlas Saharien, allongée NE-SO, l'autre, au Tell, de direction E-O.

Outre les frontières structurales que l'on vient de définir, l'édifice orogénique est marqué aussi par l'existence de plusieurs familles d'accidents d'importance régionale et de direction parallèle aux chaînes, ou franchement transverse à celles-ci.

L'accident sud-atlasique sépare le domaine alpin de la Plate-forme Saharienne. Mais, on peut se référer à deux autres conditionnant la sismicité régionale :

- L'accident sud-mésétien, véritable frontière entre le sillon subsidient de l'Atlas Saharien et la Méséta Oranaise, formant une plate-forme rigide durant le Mésozoïque
- L'accident nord-atlasique qui divise la Chaîne Atlasique en deux parties égales.

La structure tectonique alpine actuelle de la région de la retenue comprend les événements paroxysmaux Eocène supérieur-Miocène et les phases préliminaires et tardives qui les encadrent.

La monotonie de faciès de la nappe du type Draa el Arba où dominent les marnes à micrites, rend conjecturale toute tentative de déchiffrage de sa structure interne. Les intercalations

calcaires qui marquent le Maestrichtien près des OuladDjelloul indiquent toutes une structure tranquille et asse lourde. Aucune charnière n'est visible. Le contact de base n'est jalonné par du Trias qu'au Sud de Bordj Zemmoura.

La nappe bibanique est disposée comme un vaste anticlinal plissée isoclinalement couché vers le Sud, avec des nombreux replis isoclinaux à vergence Sud qui compliquent cette structure. Au niveau du site du barrage, où dominent les marnes grises écailleuses, la structure semble être monotone.

2.3.Géologie de surface du site du barrage

Le site du barrage et des ouvrages annexes correspond à une zone de rétrécissement de la vallée, avec les rives asymétriques et le fond de la vallée pratiquement plat sur une largeur de l'ordre de 40 m.

L'oued Chertioua constitue un cours d'eau permanent, tandis que ses affluents sont temporairement actifs de régime torrentiel, et il s'expose avec des lits encaissés dans les terrains de couverture, mais le substratum n'étant que faiblement entaillé. En effet, l'érosion se traduit par une succession de phénomènes d'affouillement et d'éboulement des rives, en résultant que les talus du lit mineur de l'oued se présentent, en générale, abrupts.

Les résultats des sondages réalisés au niveau de la phase des études de faisabilitésont résumés dans le Tablau ci-après

Tableau (I.1) : Caractéristiques géologiques-géotechniques des sondages mécaniques

Sondage	Profondeur (m)	Description
S1	0,0-8,8	Colluvions
	8,8-20,0	Massif marneux identifié par la présence d'une argile carbonatée noirâtre noduleuse, indurée localement tendre altérée, récupérée en débris avec des fissures obliques remplies de calcite
S2	0,0-8,8	Terrasses avec une alternance fin-grossière
	8,8-16,0	Massif marneux fortement altéré
	16,0-31,5	Massif marneux altéré
S3	0,0-4,0	Alluvions à galets
	4,0-40,0	Massif marneux altéré
S4	0,0-8,0	Dépôts de terrasse limono-sableuses
	8,0-40,0	Massif marneux avec fissures remplis de calcite

Les sondages réalisés montrent un substratum marneux avec des caractéristiques géotechniques compétentes au niveau de la fracturation et de l'altération.

En-dessous de l'horizon des sols de couverture et indépendamment du versant considéré, les zones de qualité géotechnique plus défavorable (sols très compacts et/ou un massif altéré à très altéré et avec des fractures d'espacement très étroit ne dépassent pas, en général, des épaisseurs supérieures à 5,0 m). Par ailleurs, ce qui est plus fréquent s'est d'observer dans la fondation un massif moyennement altérée à altérée entre 5 et 20 m, avec des caractéristiques mécaniques aptes à servir d'assise aux ouvrages prévus, malgré la fracturation intense en profondeur. Au-delà des 20 m de profondeur le massif est de bonne qualité géotechnique, montrant une altération faible à moyenne

2.4.Géologie de la cuvette

Le levé géologique-géotechnique de surface effectué le long de la future cuvette a permis d'apporter des précisions tels que, la cuvette couvre un bassin allongé que s'étend sur environ 2,5 km de longueur, avec des formes globalement douces et des versants de faibles pentes longitudinales et peu boisées; Avec un substratum marneux à micrites et marno-calcaire d'âge Crétacé, juxtaposées par contact anormal au fond de la vallée, surmonté par des alluvions actuelles et récentes au fond de la vallée et par des terres arables (colluvions et terrasses), la cuvette se présente avec une relative monotonie lithologique.

Proche du site du barrage, le substratum marneux à micrites et marno-calcaire devient tendre et altéré, ce qui a permis le développement de versants doux et des zones relativement plates aux baisses cotes de la vallée, où les matériaux d'emprunt pourront être exploit

3.Hydrogéologie

La prédominance au niveau du site de l'aménagement hydraulique de formations de nature marneuse et le morcellement des bancs de micrites et de calcaires, empêchent le développement d'aquifères importants.

De la même manière, l'épaisseur réduite des alluvions et le caractère pratiquement imperméable des dépôts colluvion aires disposés le long des versants ne facilitent pas le développement de réserves d'eau importantes. Ces conditions réduisent fortement l'aptitude hydrogéologique de la nappe du type Draa el Arba, la rendant très débile.

Aux alentours de la région de la retenue, se connaissent quelques sources notables comme à Bordj Zemmoura, alimentées par les banques calcaires replissés mais continus. Les dépôts mio-pliocènes qui masquent dans le secteur Est la nappe du type Draa el Arba, contiennent eux, une nappe superficielle fragile qui est déjà surexploité. **[2]**

4.Séismicité

D'après la Carte de Zonage Sismique du Territoire National Algérien,on constate que la région de Bourdj Bou Arréridj se situe dans la zone IIa, c'ést-à-dire, dans une zone de risque

sismique modéré (0,10 à 0,25 g d'accélération de pointé du sol).

Sur la carte suivante est défini 04 zones sismiques classées comme suite:

1. Zone I: sismicité négligeable;
2. Zone IIa: sismicité faible;
3. Zone IIb: sismicité moyenne;
4. Zone III: sismicité élevée.

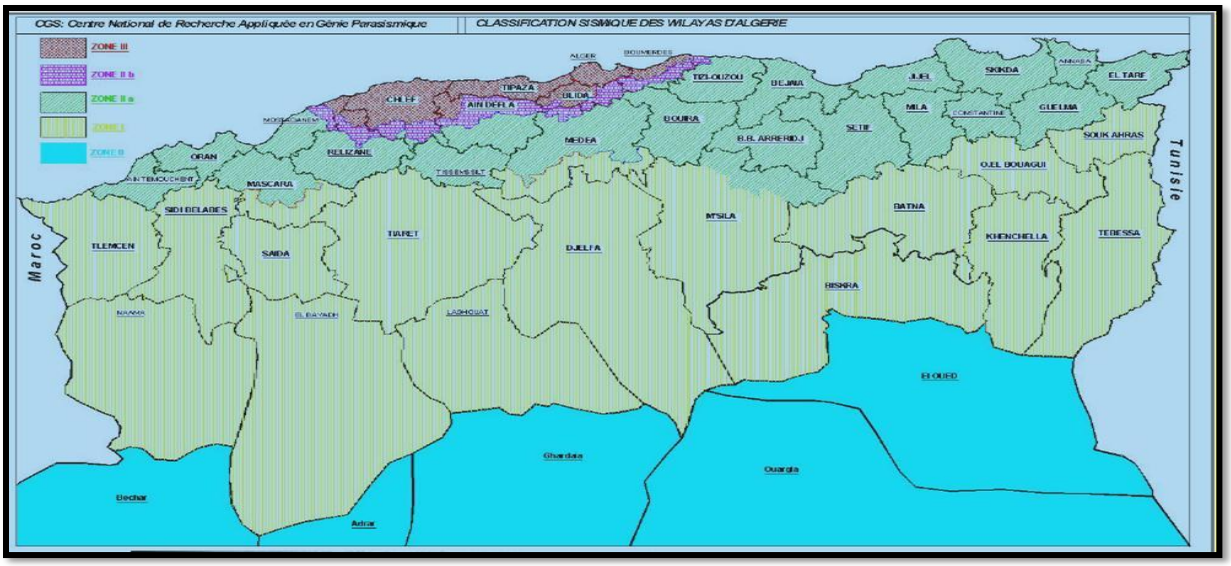


Figure (2.5) : Carte de zonage sismique (RPA99-version 2003)

En tenant compte des caractéristiques de la néotectonique et morphostructurelles de la région de l'aménagement, de la distribution spatiale et des caractéristiques des séismes, le site de l'aménagement entre dans le domaine maritime et l'Atlas Tellien (le Tell)qui est caractérisées par la manifestation de la plus grande partie de l'activités sismique de l'Algérie du nord, Elle constitue la région la plus exposée aux séismes violents et dévastateurs, puisque la majorité de la population algérienne y réside,celle-ci constitue celle qui affecte le site de Chertioua de manière déterminante et qui participe le plus pour la caractérisation de l'aléa sismique du site.

Dans le tableau ci-après, on présente les failles principales au niveau du Tell et qui peuvent affecter la région de l'aménagement, et les séismes associés à ces failles

Tableau (I.2) : Failles associées aux séismes de plus grande magnitude enregistrée

Faille	$L_{failles}$ *(km)*	*Séisme associé*	
		Date	$M_{enregistré}$
Faille Soummam	140	3 Déc. 1885	5,7
Faille d'IsserBouira	138	24 Jun 1910	6,6
Faille du séisme de M'sila	93	1 Jan 1965	5,5
Faille du séisme de Tizi-Ouzou	47	9 fév. 1850	6,5
Faille Batna	125	16 Mar. 1924	5,6
Faille Ain Smara	120	27 Oct. 1985	6,0
Faille de Thenia	74	4 Sep 1963	6,3
Faille Zemmouri	65	21 Mai 2003	6,8
Faille Sud-Atlastique secteur Biskra-Negrine	194	16 Nov. 1869	6,5
Faille Sahel	67	3 Fév. 1716	7,5
Faille de La Mitidja	48	2 Mar 1942	5,2

5.Données hydrologiques

L'étude hydrologique a pour objectif d'estimer les différentes caractéristiques morpho-métriques, hydrographiques et climatologiques du bassin versant, d'étudier statistiquement les précipitations maximales journalières afin d'estimer le débit maximales probable de projet et de chantier et les précipitations total annuel afin d'estimer les écoulements moyen interannuel, les écoulements fréquentiel interannuel et l'écoulement solide ainsi leur répartitions temporaires.

5.1.1.Bassin versant

Le bassin versant de l'oued de Chertioua, au site du barrage, couvre une superficie de 110 km^2, un périmètre de 49 Km, et un cours d'eau principal (talweg) de 27 Km. dont l'altitude moyenne est de 998 m. Il est situé dans la partie amont du bassin de l'oued El Main, affluent important de l'oued Bousselam.

La surface, le périmètre, la langueur du bassin versant ont été calculés à l'aide d'une projection sur la carte d'état-major d'Algérie Bordj Bou-Arreridj 1/25 000 par le Logiciel Map-Info

5.1.2.Caractéristiques climatiques du bassin versant de barrage de Chertioua

L'étude climatologique a pour objectif de fournir des données concernant la température de l'air, l'évaporation du plan d'eau, la vitesse du vent et la répartition de la pluie mensuelle dans le site d'étude. Ces données sont nécessaires pour effectuer une étude hydrologique fiable.

5.1.3.Température de l'air

Nous disposant des donnes climatiques de la station de Zemmoura, les valeurs de températures sont designer par « m » pour les minimale et par « M » pour les maximale, la valeur moyenne est calculer par :

$$moyenne = \frac{m + M}{2}$$

La température inter annuelle moyenne se situe autour de 16,1 °C.

Tableau (I.3) : Evolution des températures dans la région du projet

Mois	Jan	Fév.	Mrs	Avr	Mai	Juin	Juil.	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	Année
M	2,3	3,9	3,7	8,0	11	16,6	19,1	19,4	14,9	11,7	4,5	1,7	9,7
(M+m)/2	8,5	9,1	9,1	13,2	17,9	24,6	27,7	27,3	22,0	17,0	9,85	6,75	16,1
M	14,7	14,3	14,3	18,5	24,9	32,7	36,3	35,3	29,2	22,4	15,2	11,8	22,5

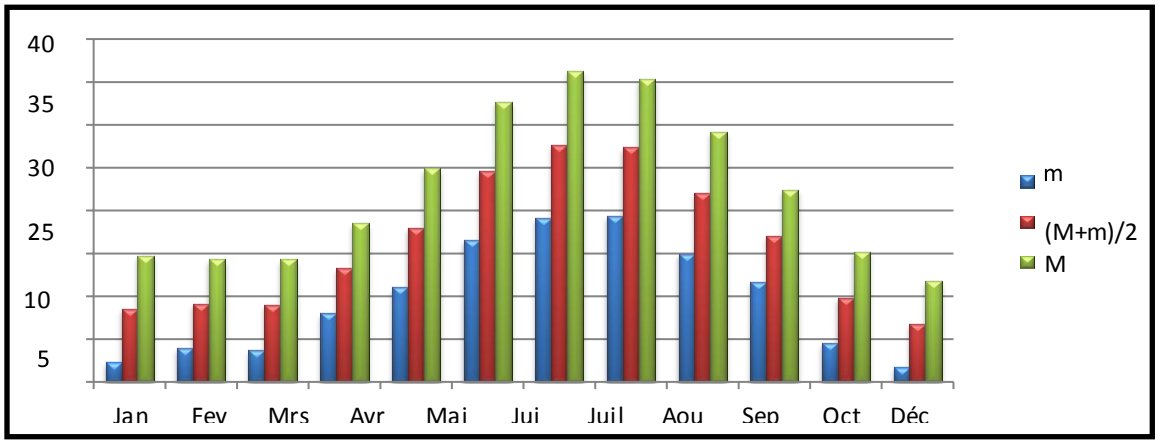


Figure (2.6) : présentation de la T°

5.1.4.Les Vents

A l'instar de la région de Bordj Bou Arreridj, la commune de Bordj Zemmoura est généralement traversée par des vents de direction Nord-Ouest et de Sud-est pendant la grande partie de l'année, tandis que les vents venant du Sud (Sirocco) sont fréquents en été.

5.1.5.Humidité de l'air

L'humidité relative moyenne dans la région de Bordj Zemmoura est de 77,2%. Ce taux

d'humidité anormalement élevé pour une région située loin de la mer (près de 50 km à vol d'oiseau), est essentiellement dû à l'altitude de la région évoluant entre 990 et 1200 m, ainsi qu'à la situation du barrage d'Ain Zada à 29 km au sud-est de la région, soit dans les axes des vents dominants de Bordj Zemmoura. **[2]**

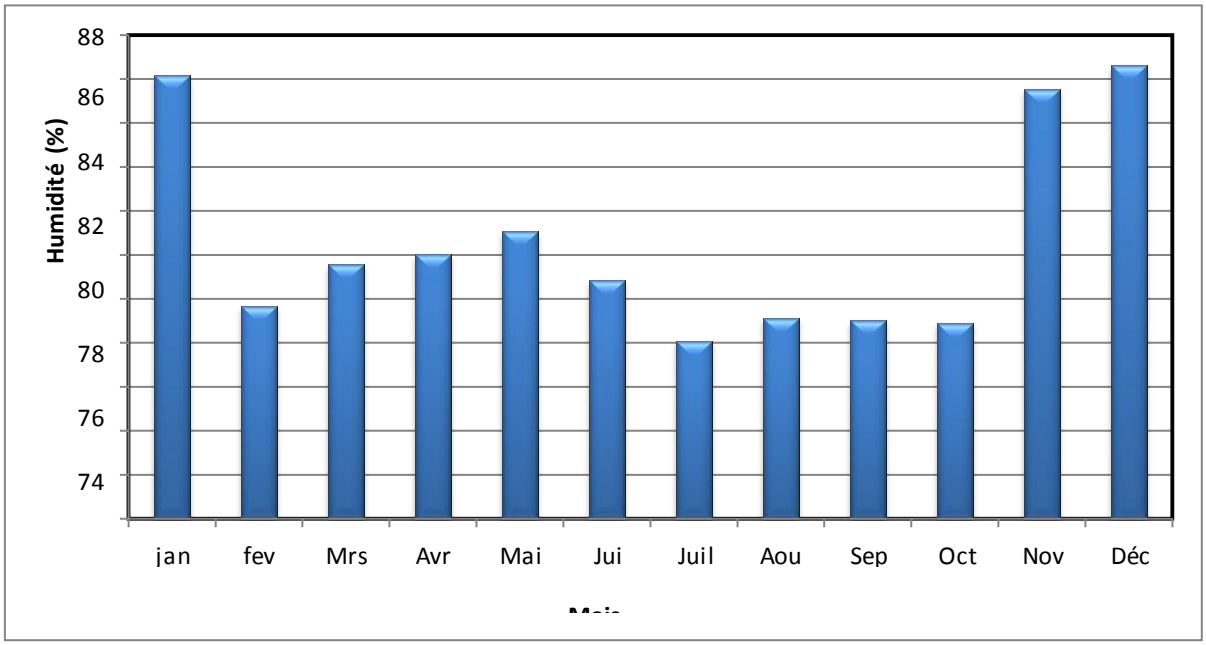


Figure (2.7) : Humidité mensuelle (%)

5.1.6.Evapotranspiration

Les pertes d'eau de la surface sont estimer par la carte de l'évapotranspiration au nord de l'Algérie, élaborer par les services de l'ANRH, elles sont estimer a 1300 mm.

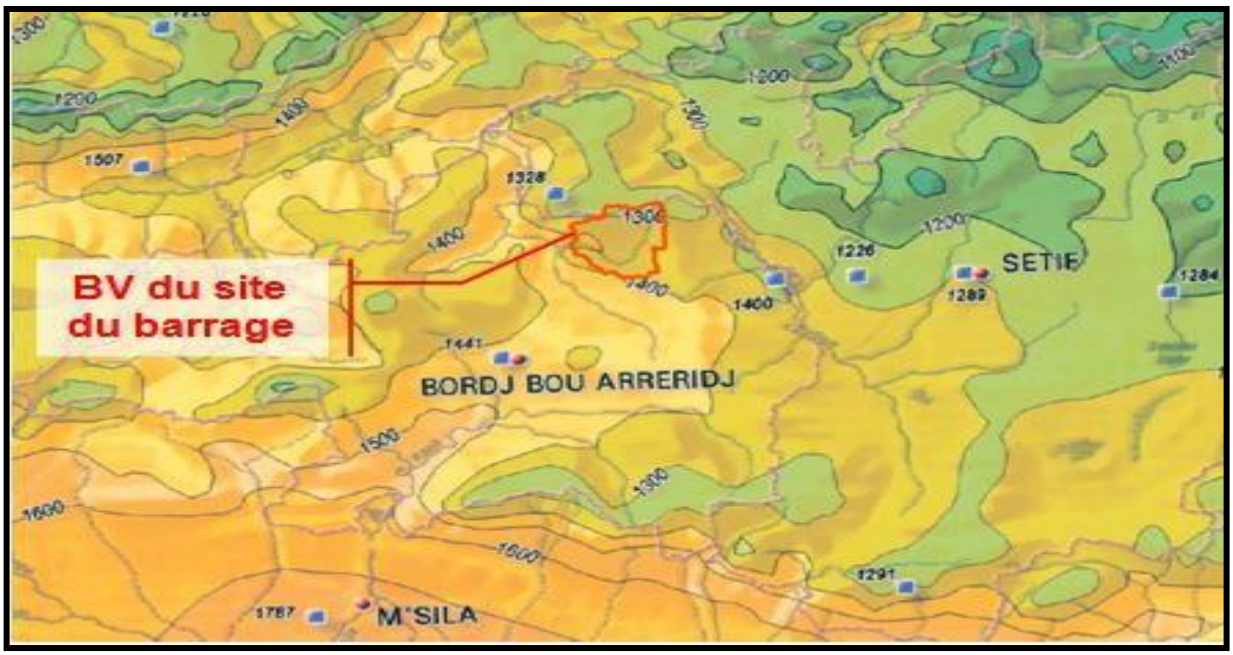


Figure (2.8) : Evapotranspiration sur le bassin versant du barrage (Carte desévapotranspirations potentielles moyennes annuelles sur l'Algérie du Nord)

La répartition mensuelle considérée pour l'évaporation au niveau du plan d'eau de Chertioua, c'est la même que celle mesurée dans le barrage de Ain Zada (barrage plus proche de Chertioua). Elle est comme suit :

Tableau (I.4) : Répartition mensuelle de l'évaporation au niveau du plan d'eau de Chertioua

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mrs	Avr	Mai	Jun	Jul	Aout	Année
ETP(%)	10,4	6,3	3,0	1,6	1,9	2,8	5,5	7,7	11,0	15,9	18,8	15,1	100
ETP	135	82	39	21	25	36	72	100	143	207	244	196	1300

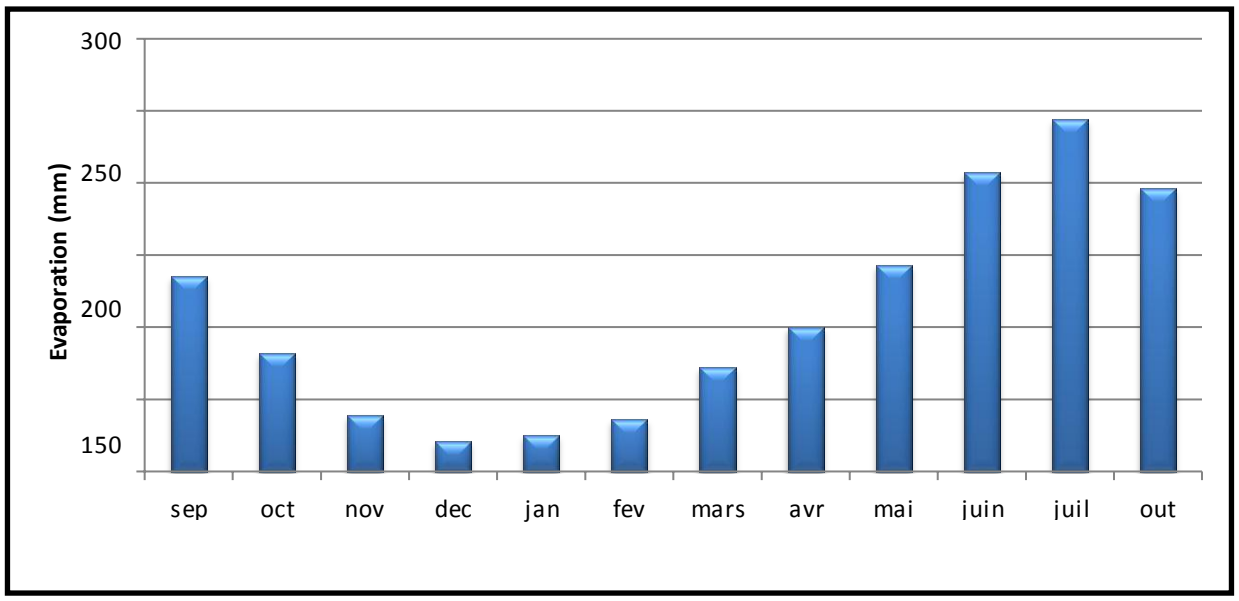


Figure (2.9) : Evaporation mensuelle (mm)

6.Description générale des éléments du projet

6.1.Barrage – Digue en terre zonée

Aux études de la Mission 4 ont été analysées les variantes digue en terre zonée (DT) et digue mixte terre-enrochement (DMTE), pour le barrage. La variante sélectionnée, ensuite décrite, a été la solution de digue en terre (DT2).

Le profil-type consiste, ainsi, dans une digue zonée, intégrant un noyau central étanche, construit avec des argiles, contrebuté à l'amont et à l'aval par des massifs en alluvions sablograveleuses, incorporant à l'amont le batardeau pour la dérivation provisoire de l'oued (PLAN 2).

On présente sur la Figure 4 le profil-type.**[3]**

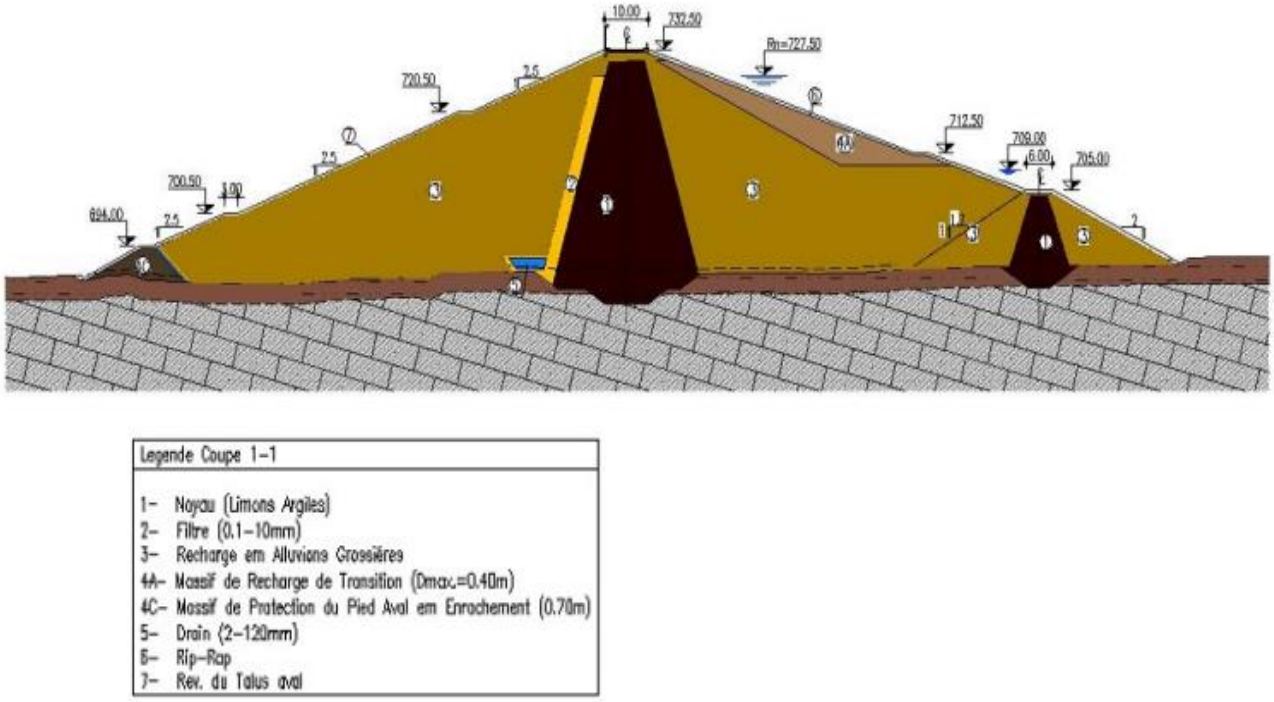


Figure (2.10) : Digue en terre zonée

6.2.Galerie de dérivation provisoire

La galerie de dérivation provisoire (DP2) profite des conditions topographiques, géologiques et géotechniques favorables de la rive gauche du site du barrage, pour y creuser un tunnel. Le creusement du tunnel se fera par la méthode NATM, à partir de deux fronts d'attaque: le front amont et le front aval.

La dérivation se fait par secours d'un tunnel avec une section qui mieux se prête pour la

Restitution à l'aval des débits et pour une meilleure insertion des portails, particulièrement pour celui d'entonnement. La longueur de la galerie reste influencée par la taille du barrage dans la variante digue en terre. Il présentera 250 m. L'extension du tunnel de 210 m de longueur sera concrétisée par la construction d'un faux tunnel ou galerie, à l'amont.

Pour un débit régularisé de 300 m3/s, le DP2 devra porter un diamètre nominal de 6 m, de façon à avoir une digue-batardeau de 15 m de hauteur. **[3]**

6.3.Tour de prise d'eau – vidange de fond

En phase définitive, la galerie DP2 sera équipée pour assurer les fonctions de vidange de fond et de prise d'eau. La solution envisagée pour la prise d'eau et pour la manœuvre des

organes d'entrée dans la vidange de fond consiste dans une tour avec un diamètre de l'ordre de 5,0 m, munie de plusieurs pertuis de prise**[3]**

6.4.Evacuateur de crues

L'évacuateur de crues EC1 est un évacuateur de surface, bétonné, implanté en rive droite avec 250 m de longueur. La crue de projet (crue deca-millénaire), dont le débit de pointe naturel, évalué aux études préliminaires est de 675 m3/s, aura un débit laminé para la retenue du barrage de 640 m3/s. La longueur du seuil déversant, conformément aux calculs hydrauliques réalisés au niveau de l'Étude Comparative de Variantes, sera de 55 m.

L'implantation de l'ouvrage dans cette rive a été déterminée pour des raisons d'ordre géologique. En effet elle permet d'envisager un déversoir latéral suivi d'un coursier bien fondés dans les marnes. L'hauteur des bajoyers varie de 4 m à 13 m. **[3]**

Chapitre 03 :
Gestion de risque cas Barrage Chertioua BBA

1.La gestion des risques :

1.1.Définition

La gestion des risques est une démarche essentielle pour toute organisation qui souhaite **protéger ses actifs, sa réputation et ses employés**. Elle permet d'identifier, d'analyser et de hiérarchiser les risques potentiels auxquels l'organisation est exposée, puis de mettre en place des stratégies pour les minimiser ou les éliminer.

En résumé, la gestion des risques consiste à :

- **Identifier les risques potentiels :** Il s'agit de la première étape de la gestion des risques. Elle consiste à examiner attentivement les activités de l'organisation et son environnement afin de déterminer les événements susceptibles de causer des dommages.
- **Analyser les risques :** Une fois les risques identifiés, il est nécessaire de les analyser en détail afin d'évaluer leur probabilité d'occurrence et leur impact potentiel sur l'organisation.
- **Hiérarchiser les risques :** Tous les risques ne sont pas créés égaux. Il est donc important de les hiérarchiser en fonction de leur probabilité et de leur impact, afin de concentrer les efforts sur les risques les plus importants.
- **Mettre en place des stratégies de gestion des risques :** Il existe différentes stratégies de gestion des risques, telles que l'évitement, la réduction, le transfert et l'atténuation. Le choix de la stratégie la plus appropriée dépendra du risque spécifique en question.
- **Surveiller et revoir les risques :** La gestion des risques est un processus continu. Il est donc important de surveiller régulièrement les risques et de revoir les stratégies de gestion des risques au besoin.

1.2.Avantages de la gestion des risques :

La mise en place d'une démarche de gestion des risques présente de nombreux avantages pour les organisations, notamment :

- **Réduction des pertes financières :** La gestion des risques permet de minimiser les pertes financières dues à des événements imprévus, tels que des accidents, des incendies ou des interruptions d'activité.

- **Amélioration de la prise de décision :** En comprenant mieux ses risques, une organisation peut prendre des décisions plus éclairées en matière d'investissement, de stratégie et de gestion opérationnelle.
- **Renforcement de la confiance des investisseurs et des parties prenantes :** Une gestion des risques efficace peut rassurer les investisseurs et les parties prenantes sur la solidité financière et la viabilité de l'organisation.
- **Création d'une culture de la sécurité :** La gestion des risques peut contribuer à créer une culture de la sécurité au sein de l'organisation, ce qui peut réduire le nombre d'accidents et de blessures.
- **Amélioration de la conformité réglementaire :** De nombreuses réglementations exigent des organisations qu'elles mettent en place une gestion des risques efficace.

1.3.Principe de la gestion de risque

La gestion du risque est un processus itératif qui inclut notamment les phases suivantes :

- Appréciation du risque (analyse et évaluation du risque)
- Acceptation du risque.
- Maîtrise ou réduction du risque.

1.4.Les étapes de la gestion risques

Il y'a cinq étapes de la gestion des risques sont :

1. Analyse des risques
2. Estimation des risques
3. L'évaluation des risques
4. Acceptabilité des risques
5. Réduction du risque

L'évaluation des risques devrait suivre l'approche d'étape dans cet ordre de préférence donnée.

Les trois premières étapes de l'évaluation des risques sont désignées souvent collectivement sous le nom de l'analyse des risques.

Une décision peut être prise si les mesures ramènent le risque à un niveau acceptable. Il est, galement essentiel de vérifier que les mesures réduisant le risque sont efficaces.

Par conséquent une bouche de rétroaction de maîtrise ou de réduction de risque À l'identification doit être faite

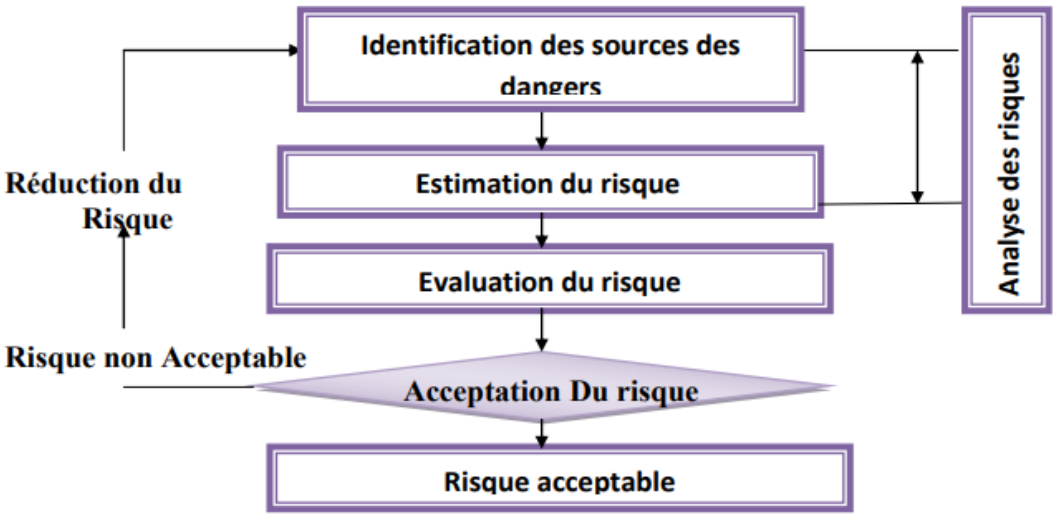


Figure (3.1) : Les étapes de la gestion risques

1.5.Objectifs de la gestion des risques

- Améliorer la sécurité des tâches et activités courantes des opérateurs.
- Sécuriser les interfaces et les interventions au poste de travail et dans son environnement.
- Mettre en œuvre des actions correctives et préventives.
- Corriger les écarts à l'origine des accidents.
- Réduire les accidents du travail.
- Mesurer la performance en matière de sécurité.
- Établir un catalogue des risques identifiant les risques par poste de travail.

1.6.Méthodologie d'analyse des risques

1. Décomposer le travail en tâches élémentaires
2. Identifier les dangers pour chaque tâche
3. Évaluer le niveau de risque
4. Déterminer les mesures de prévention et de protection
5. Évaluer le niveau de risque résiduel
6. Établir des priorités d'action
7. Former une appréciation valable des risques et des mesures nécessaires
8. Documenter et communiquer les conclusions
9. Mettre en œuvre et surveiller les mesures de contrôle
10. Examiner et mettre à jour les évaluations des risques périodiquement

1.6.1.Les différentes méthodes d'analyse de risques :

Classement des méthodes d'analyse des risques :

1. Méthodes qualitatives
2. Méthodes quantitatives

2.Démarches des méthodes d'analyse des risques :

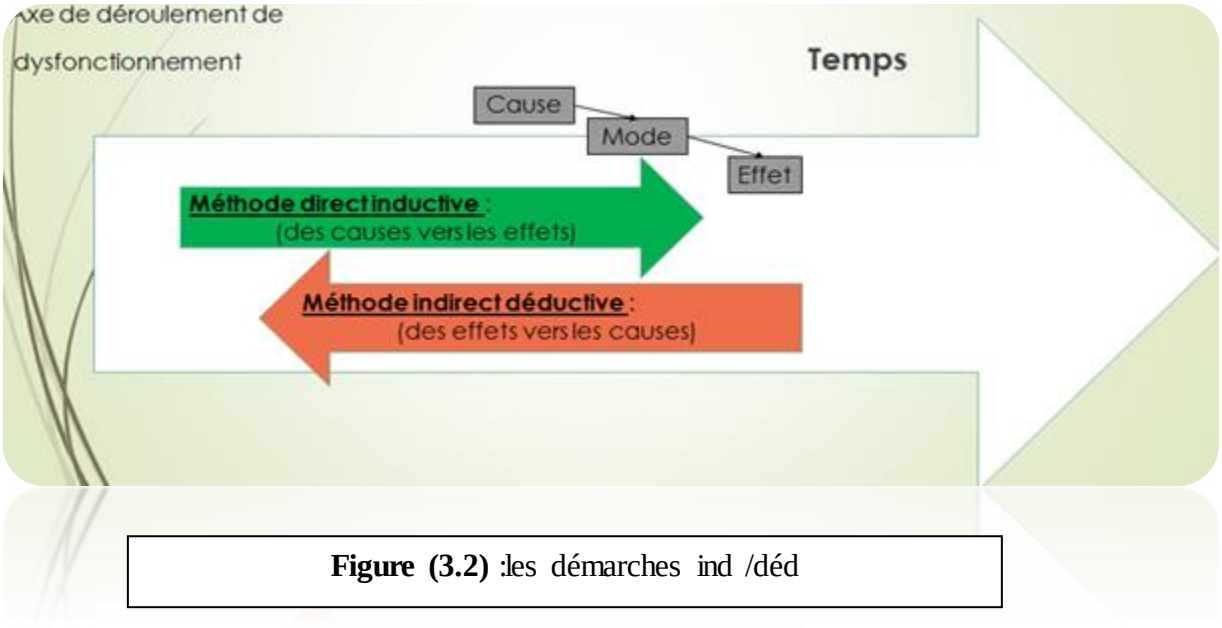


Figure (3.2) :les démarches ind /déd

2.1.Définition et historique de l'APR

L'analyse préliminaire des risques (APR), également connue sous le nom d'analyse préliminaire des dangers (APD), est une méthode d'identification des risques couramment utilisée dans les phases préliminaires de conception d'une installation ou d'un projet. Elle a été développée dans les années 1960 dans les domaines aéronautiques et militaires et est désormais utilisée dans de nombreuses industries, notamment l'industrie chimique. En France, l'Union des Industries Chimiques (UIC) en recommande son utilisation depuis le début des années 1980.

L'APR est une méthode d'analyse qualitative qui permet d'identifier les dangers potentiels associés à une installation ou à un projet en se basant sur une connaissance générale de son fonctionnement. Elle ne nécessite pas une connaissance approfondie et détaillée de l'installation étudiée, ce qui en fait une méthode relativement rapide et économique à mettre en œuvre.

2.2.Principes de l'APR

L'APR repose sur les principes suivants :

1. **Identification des éléments dangereux :** La première étape consiste à identifier les éléments de l'installation qui présentent un danger potentiel, tels que les substances dangereuses, les équipements dangereux et les opérations dangereuses.
2. **Identification des situations de danger :** Pour chaque élément dangereux identifié, il est nécessaire d'identifier les situations de danger potentielles. Une situation de danger est définie comme une situation qui, si elle n'est pas maîtrisée, peut conduire à des dommages aux personnes, aux biens ou à l'environnement.
3. **Analyse des causes et des conséquences :** Pour chaque situation de danger identifiée, il est nécessaire d'analyser les causes potentielles et les conséquences possibles.
4. **Identification des sécurités existantes :** Il est ensuite nécessaire d'identifier les mesures de sécurité existantes pour prévenir ou atténuer les risques liés aux situations de danger identifiées.
5. **Évaluation du risque résiduel :** Si les mesures de sécurité existantes sont jugées insuffisantes, il est nécessaire d'évaluer le risque résiduel et de proposer des mesures d'amélioration.

2.3.Déroulement de l'APR

L'APR est généralement réalisée à l'aide d'un tableau de synthèse qui permet de résumer les résultats de l'analyse. Ce tableau comprend généralement les informations suivantes :

- Élément dangereux
- Situation de danger
- Causes potentielles
- Conséquences possibles
- Sécurités existantes
- Risque résiduel
- Mesures d'amélioration

2.4.Limites et avantages de l'APR

L'APR présente plusieurs avantages, notamment :

- **Simplicité et rapidité d'exécution :** L'APR est une méthode relativement simple et rapide à mettre en œuvre, ce qui en fait un outil précieux pour l'identification préliminaire des risques.
- **Faible coût :** L'APR ne nécessite pas un niveau de description du système étudié très détaillé, ce qui en fait une méthode relativement économique.
- **Adaptabilité :** L'APR peut être adaptée à des installations de toutes tailles et de tous types de complexité.

Cependant, l'APR présente également certaines limites, notamment :

- **Caractérisation limitée des événements accidentels :** L'APR ne permet pas de caractériser finement l'enchaînement des événements susceptibles de conduire à un accident majeur pour des systèmes complexes.
- **Nécessité d'une expertise :** L'efficacité de l'APR dépend de l'expérience et de l'expertise du groupe de travail chargé de la réaliser.

Fonction ou système :									Date :	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
N°	Produit ou équipement	Situation de danger	Causes	Conséquences	G_0*	Mesures de sécurité existantes	P*	G*	Propositions d'améliorations	Observations

*G_0 : gravité *a priori* ; P : probabilité ; G : gravité.

2.5.L'application du tabaleau(cycle de vie , la phase de réalisation)

	Fonction ou système : barrage cherrtioua (R: naturel/technique /humain)						Date :	
Produit ou équipement	Risque	Description	Causes	Conséquences	C0 *	Mesures préventives	Mesures d'urgence	Observation
La digue de barrage	Glissement de terrain	Déplacement massif de terre en amont du barrage	Pluies torrentielles, fonte des neiges inhabituelle, séismes, déforestation	Dommages au barrage, ruptures de digues, perturbations de l'exploitation du barrage		Études géotechniques approfondies avant la construction du barrage Systèmes de drainage : Surveillance et instrumentation :	Mise en place d'un système d'alerte précoce pour avertir les populations en cas de danger imminent Fermeture du barrage pour limiter les écoulements d'eau.	
	Crue exceptionnelle	Inondation d'une ampleur exceptionnelle	Pluies torrentielles, fonte des neiges inhabituelle, séismes	Inondations catastrophiques en aval, dommages au barrage, ruptures de digues		Gestion des crues : Régulation des écoulements d'eau par les vannes du barrage, stockage de l'eau excédentaire dans des réservoirs de retenue.	Mise en place d'un système d'alerte précoce pour avertir les populations en cas de danger imminent. Évacuation des populations à risque en	

						Surveillance et prévisions météorologiques : Surveillance du niveau des rivières et des précipitations, mise en place d'un système d'alerte précoce.	aval du barrage. Fermeture du barrage pour limiter les écoulements d'eau. Réparation du barrage ou construction d'un nouveau barrage	
	Affouillement	Erosion du sol à la base du barrage par le courant de l'eau	Cavitations, Erosion hydraulique, Défauts de construction	Dommages ou Rupture du barrage		Utilisation de matériaux résistants à l'érosion Mise en place (parpaings, enrochements). Vidange du barrage	Fermeture du barrage pour limiter les écoulements d'eau.	

	Séisme	Vibrations du sol pouvant affecter la stabilité du barrage	Failles sismiques actives à proximité du barrage (Sud-Atlas Et Faille du Tell	Dommages au barrage, Inondations en ava		• urveillance sismique • onception du barrage pour résister aux séismes		
	Erosion interne (dynamique interne)	Dégradation progressive des matériaux du barrage par l'eau, pouvant affecter sa stabilité	Infiltrations d'eau, Cavitations, Corrosion	Affaiblisseme nt du barrage, Fuites d'eau, Rupture du barrage		Conception du barrage pour limiter l'érosion interne Surveillance et inspection du barrage : Détection des signes d'érosion interne,	Réparation du barrage ou construction d'un nouveau barrage	

Système barrage	Défaillance technique	Dysfonctionnement des équipements du barrage	Vieillissement des installations, Erreurs de maintenance, Sabotage	Vieillissement des installations, Erreurs de maintenance, Sabotage		Plans d'urgence : Intervention rapide en cas de défaillance, Réparation ou remplacement des équipements défaillants.	Mise en place d'un système d'alerte précoce pour avertir les populations en cas de danger imminent.	
	Evaporation	L'évapotranspiration élevée dans la région peut entraîner une perte importante d'eau du réservoir du barrage	Températures élevées, faible couverture nuageuse, vent	Perte d'eau du réservoir, changement de climat dans le bassin versant		Optimisation de la gestion des ressources en eau pour minimiser les pertes par évaporation.	Mise en œuvre de techniques de réduction de l'évaporation, telles que la couverture du réservoir par des boules noires ou l'utilisation de films anti-évaporation	

Fonction ou système : barrage cherrtioua au cours de la réalisation						Date	
Produit ou équipement	Risque	Causes	Conséquance	C0*	Mesures de sécurité existant	Proposition d'amélioration	Observation
générateurs	Électrocution	Défauts d'isolation, Mauvaise utilisation des équipements électriques, Panne de courant	Blessures graves, Décès		EPI Formation et sensibilisation des travailleurs aux dangers de l'électricité.	Mettre en place un système de détection de défauts électriques Réaliser des simulations d'accident d'électrocution	
	Court-circuit incendiaire	Surcharges électriques, Défauts de fabrication des équipements électriques, Mauvaise utilisation des	Incendie, Dégâts matériels, Blessures, Décès		Les extincteur classe (A ,B ,C et D)	Formation et sensibilisation des travailleurs aux dangers des incendies Installer un système d'extinction automatique	

		rallonges				d'incendie	
Equipement de chantier (échafaudages, marteaux ….etc)	Chute de hauteur	Travaux en hauteur, Échafaudages instables, Sol glissant,	Blessures graves, Fractures, Décès		EPI	Mise en place de protections collectives contre les chutes de hauteur	
	Blessures par outils	Mauvaise formation des travailleurs, Utilisation d'outils défectueux, Absence d'EPI	Coupures, Lacérations, Fractures		EPI	Mettre en place un système de gestion des outils	
engins de chantier (bildozers et autres)	Nuisance sonore	Utilisation d'engins de chantier bruyants, Travaux de dynamitage, Vibrations	Troubles auditifs, Stress, Fatigue, Diminution de la concentration		**	Mise en place de mesures de réduction du bruit à la source EPI (casque anti bruit)	
engins de chantier	Effondrement de	Sol instable,	Ensévelisement		EPI	Réaliser des	

(bildozers et autres)	tranchée	Mauvaise conception des talus, Vibrations dues aux engins de chantier, Infiltrations d'eau	des travailleurs, Blessures graves, Décès, Dégâts matériels		Étude géotechnique approfondie du sol avant les travaux	simulations d'effondrement de tranchée blindages de tranchée	
engins de chantier (bulldozers et autres)	Blessures par engins de chantier (bulldozers et autres)	Absence de signalisation	Blessures graves, Fractures, Décès			Mise en place d'un plan de circulation des engins	
	Inhalations de poussières	La nature des travaux	Problème respiratoire, allergie ….etc)		**	EPI (masque respiratoire)	

Chapitre 04: Caractérisation et Recommandation

1.Analyse des données géologiques et caractérisation du risque

1.1.Géologie régionale

La zone d'étude se situe dans l'Atlas tellien, une chaîne de montagnes d'origine alpine caractérisée par des nappes chevauchantes. Le site du barrage de Chartioua est situé dans la nappe de Draa el Arba, qui est recouverte par des formations mio-pliocènes dans le secteur Est.

1.2.Géologie locale

Le site du barrage est constitué de formations sédimentaires d'âge Crétacé et Paléogène. Les formations les plus anciennes sont des marnes et des calcaires marneux du Crétacé inférieur, suivies par des alternances de calcaires marneux noirs et de marnes grises de l'Albien-Vraconien-Cénomanien basal, une série marno-calcaire à silex du Cénomanien-Turonien et des couches marno-calcaires à boules jaunes du Sénonien (Coniacien à Maestrichtien).

1.3.Géotechnique

Les études géotechniques ont révélé que les formations sédimentaires du site sont généralement meubles et présentent une faible résistance au cisaillement. Les sols sont également très sensibles à l'érosion.

1.4.Tectonique

L'information fournie sur la tectonique de la région apporte des éléments importants pour comprendre la structure géologique du site du barrage de Chartioua. La présence de failles majeures, telles que l'accident sud-atlasique, l'accident sud-mésétien et l'accident nord-atlasique, indique une zone de sismicité active.

1.5.Géologie de surface du site du barrage

Les descriptions détaillées des rives droite et gauche du site, ainsi que les résultats des sondages, permettent d'affiner la connaissance de la géologie locale. On note la présence de deux tronçons distincts sur la rive droite, avec des pentes différentes et des affleurements rocheux plus ou moins importants. La rive gauche présente une structure plus complexe, avec trois sections distinctes et des variations de pente. Les sondages révèlent un substratum marneux avec des caractéristiques géotechniques variables, mais généralement compétentes.

1.6.Géologie de la cuvette

La description de la cuvette met en évidence sa forme allongée, ses versants doux et son substratum marneux. La présence de terres arables et de terrasses recouvre le substratum marneux, en particulier dans les zones plates du fond de la vallée.

1.7.Caractérisation du risque complémentaire

Sur la base des données géologiques et géotechniques, le site du barrage de Chartioua présente un risque géologique modéré à élevé. Les principaux risques géologiques sont les suivants :

- **Risque sismique:** La présence de failles actives dans la région implique un risque sismique modéré à élevé pour le site. Un séisme de magnitude importante pourrait affecter la stabilité du barrage.
- **Instabilité des versants:** Les pentes des rives, en particulier la rive droite, et la présence de zones marneuses tendres et altérées augmentent le risque de glissements de terrain, surtout lors de fortes pluies.
- **Érosion:** L'érosion des sols et des rives, notamment due aux crues torrentielles des affluents de l'oued Chertioua, peut fragiliser les fondations du barrage et les infrastructures annexes.
- **Affouillement du lit de l'oued:** Le lit encaissé de l'oued et la présence de dépôts alluviaux peuvent favoriser l'affouillement des fondations du barrage lors de crues importantes.
- **Glissements de terrain:** La pente raide du site et la faible résistance au cisaillement des formations sédimentaires font craindre des glissements de terrain, en particulier lors de fortes pluies.

1.8.Recommandations

Sur la base de la caractérisation du risque, il est recommandé de mettre en œuvre les mesures suivantes pour réduire le risque géologique pour le barrage de Chartioua :

- **Études sismiques approfondies:** Réaliser des études sismiques approfondies pour déterminer l'aléa sismique du site et concevoir le barrage en conséquence.
- **Surveillance des versants:** Mettre en place des systèmes de surveillance des versants et des pentes pour détecter tout mouvement anormal.

- **Protection contre les glissements de terrain:** Concevoir des mesures de protection contre les glissements de terrain, telles que des murs de soutènement ou des drains.
- **Lutte contre l'érosion:** Mettre en œuvre des mesures de lutte contre l'érosion, telles que des plantations d'arbres ou des enrochements.
- **Protection du lit de l'oued:** Protéger le lit de l'oued contre l'affouillement, par exemple par des enrochements ou des structures en béton.
- **Suivi et maintenance:** Mettre en œuvre un programme de suivi et de maintenance régulier pour le barrage, y compris des inspections régulières des structures et des mesures de surveillance des paramètres géotechnique

2.Analyse des données climatiques et du changement climatique pour la gestion du barrage de Chartioua

Le climat du bassin versant du barrage de Chartioua joue un rôle crucial dans la gestion efficace de cet ouvrage hydraulique. Les données climatiques, incluant les précipitations, les températures, l'évapotranspiration et les informations sur le changement climatique, sont des éléments essentiels pour évaluer la disponibilité de la ressource en eau, anticiper les risques potentiels et optimiser l'exploitation du barrage.

2.1.Analyse des données climatiques actuelles

- **Précipitations:** Les données pluviométriques de la station de Zemmoura indiquent une précipitation moyenne annuelle d'environ 488 mm, répartie de manière inégale sur l'année. Les précipitations se concentrent en hiver (décembre à février) et diminuent considérablement en été (juillet et août).
- **Températures:** Les données de température de la station météorologique de Laghouat suggèrent une température moyenne annuelle d'environ 18°C. Les températures les plus élevées sont observées en été (juillet et août), pouvant dépasser 30°C, tandis que les plus basses sont enregistrées en hiver (janvier et février), pouvant descendre en dessous de 5°C.
- **Évapotranspiration:** L'évapotranspiration potentielle (ETP) dans la région est estimée à environ 1 600 mm par an, indiquant un climat potentiellement aride. L'ETP réelle est généralement inférieure à l'ETP potentielle en raison de la limitation en eau disponible.

Paramètre	Valeur moyenne	Unité	Variabilité saisonnière
Précipitations annuelles	488	mm	Concentrées en hiver (décembre à février), faibles en été (juillet et août)
Température moyenne annuelle	16	°C	Températures les plus élevées en été (juillet et août), les plus basses en hiver (janvier et février)
Évapotranspiration potentielle (ETP)	1600	mm/an	Élevée toute l'année
Risque de sécheresse	Fréquent	--	Plus élevé en été
Risque d'inondation	Modéré	--	Plus élevé en hiver

Tableau (I.5) : risque liée au climat

2.2.Impacts potentiels du changement climatique sur le bassin versant

Le changement climatique est susceptible d'avoir des impacts significatifs sur le climat du bassin versant du barrage de Chartioua, notamment :

- **Augmentation des températures:** Les modèles climatiques prédisent une augmentation progressive des températures moyennes, pouvant atteindre plusieurs degrés Celsius d'ici la fin du siècle.
- **Modification des précipitations:** Les projections climatiques indiquent une tendance à une diminution des précipitations annuelles, avec une variabilité accrue et une augmentation de la fréquence des événements extrêmes tels que les sécheresses et les inondations.
- **Augmentation de l'évapotranspiration:** L'augmentation des températures et la diminution des précipitations devraient conduire à une augmentation de l'évapotranspiration potentielle, accentuant le stress hydrique dans la région.

2.3.Conséquences du changement climatique sur le barrage de Chartioua

Les impacts potentiels du changement climatique sur le barrage de Chartioua pourraient inclure :

- **Diminution de l'apport en eau:** La réduction des précipitations et l'augmentation de l'évapotranspiration pourraient entraîner une diminution de l'apport d'eau au barrage, affectant sa capacité d'approvisionnement en eau.
- **Augmentation du risque de sécheresse:** Les sécheresses plus fréquentes et plus sévères pourraient menacer la disponibilité de l'eau pour le remplissage du barrage, augmentant les risques de rupture d'approvisionnement.
- **Inondations plus intenses:** Les épisodes pluvieux intenses, bien que moins fréquents, pourraient générer des crues plus importantes, augmentant les risques de dépassement du niveau d'eau maximal du barrage et de dommages aux infrastructures.
- **Modification de la qualité de l'eau:** L'augmentation des températures et la diminution des débits d'eau pourraient favoriser la prolifération d'algues et la dégradation de la qualité de l'eau dans le réservoir du barrage.

2.4.Recommandations pour une gestion durable du barrage face au changement climatique

Face aux impacts potentiels du changement climatique, il est crucial de mettre en place des stratégies d'adaptation pour assurer une gestion durable du barrage de Chartioua, notamment :

- **Développement de modèles hydrologiques sophistiqués:** Intégrer les données climatiques actuelles et futures dans des modèles hydrologiques pour simuler l'apport en eau au barrage et anticiper les variations de disponibilité de la ressource.
- **Mise en œuvre de mesures de gestion de la demande en eau:** Promouvoir des pratiques d'utilisation rationnelle de l'eau, réduire les pertes en eau et optimiser l'irrigation agricole pour minimiser la pression sur la ressource, utiliser les boules noires pour réduire L'Evaporation
- **Amélioration des infrastructures du barrage:** Renforcer les infrastructures du barrage pour résister aux crues plus intenses et aux événements climatiques extrêmes.

- **Mise en place de systèmes de surveillance de la qualité de l'eau:** Surveiller en permanence la qualité de l'eau du réservoir du barrage et mettre en place des mesures correctives si nécessaire.
- **Renforcement de la coopération et de la communication:** Favoriser la collaboration entre les différentes

3.Impacts potentiels du changement climatique sur la faune et la flore

Le changement climatique est susceptible d'avoir des impacts significatifs sur la faune et la flore du bassin versant du barrage de Chartioua, avec des conséquences directes sur la biodiversité et les écosystèmes. Les principaux impacts potentiels incluent :

- **Modification des habitats:** L'augmentation des températures et la modification des régimes de précipitations pourraient modifier les habitats naturels de la faune et de la flore, entraînant une perte de biodiversité et une fragmentation des écosystèmes. Les espèces sensibles aux changements de température et d'humidité pourraient être particulièrement menacées.
- **Stress hydrique:** La diminution des précipitations et l'augmentation de l'évapotranspiration pourraient accentuer le stress hydrique pour les espèces végétales et animales, affectant leur reproduction et leur survie. Les espèces dépendantes des milieux aquatiques pourraient être particulièrement vulnérables.
- **Prolifération d'espèces invasives:** L'augmentation des températures et la modification des habitats pourraient favoriser la prolifération d'espèces invasives, menaçant les espèces locales et perturbant les équilibres écologiques.
- **Augmentation des risques d'incendies:** La hausse des températures et la diminution de l'humidité pourraient augmenter la fréquence et l'intensité des incendies de forêt, affectant les habitats naturels et la faune.

3.1.Conséquences sur la biodiversité et les écosystèmes

Les impacts du changement climatique sur la faune et la flore du bassin versant du barrage de Chartioua pourraient avoir des conséquences importantes sur la biodiversité et les écosystèmes de la région, notamment :

- **Perte d'espèces:** La modification des habitats, le stress hydrique et la prolifération d'espèces invasives pourraient entraîner la disparition d'espèces locales, réduisant la biodiversité et affectant les équilibres écologiques.
- **Fragmentation des habitats:** La modification des habitats naturels pourrait fragmenter les populations d'espèces végétales et animales, limitant leurs déplacements et leur accès aux ressources.
- **Perturbation des chaînes alimentaires:** La modification des populations d'espèces pourrait perturber les chaînes alimentaires, affectant les relations entre les prédateurs et les proies et fragilisant les écosystèmes.
- **Diminution des services écosystémiques:** La perte de biodiversité et la perturbation des écosystèmes pourraient réduire les services écosystémiques fournis par la nature, tels que la purification de l'eau, la pollinisation des cultures et la régulation du climat.

3.2.Recommandations pour la préservation de la faune et de la flore

Face aux impacts potentiels du changement climatique sur la faune et la flore, il est crucial de mettre en place des mesures de préservation et d'adaptation pour assurer la conservation de la biodiversité et des écosystèmes du bassin versant du barrage de Chartioua. Ces mesures devraient inclure :

- **Renforcement des aires protégées:** Étendre et renforcer les aires protégées pour protéger les habitats naturels et les espèces menacées.
- **Gestion durable des forêts:** Mettre en œuvre des pratiques de gestion forestière durable pour préserver la diversité des arbres et des arbustes et favoriser la régénération naturelle.
- **Restauration des habitats naturels:** Restaurer les habitats naturels dégradés par l'activité humaine ou le changement climatique pour créer des corridors de migration et des zones de refuge pour la faune et la flore.
- **Lutte contre les espèces invasives:** Mettre en place des programmes de lutte contre les espèces invasives pour limiter leur prolifération et protéger les espèces locales.
- **Sensibilisation et éducation:** Sensibiliser le public aux enjeux de la conservation de la biodiversité et promouvoir des pratiques respectueuses de l'environnement.
- **Recherche et suivi:** Mener des recherches scientifiques pour mieux comprendre les impacts du changement climatique sur la faune et la flore et développer des stratégies d'adaptation efficaces.

4.Caractérisation des risques de sécurité pendant la phase de réalisation du barrage de Chartioua

La construction du barrage de Chartioua implique une multitude d'activités qui présentent des risques potentiels pour la sécurité des travailleurs, des riverains et de l'environnement. Il est crucial d'identifier et d'évaluer ces risques afin de mettre en place des mesures de prévention et de protection adéquates.

4.1.Risques électriques

- **Contact avec des lignes électriques aériennes ou souterraines:** Les travaux de terrassement, de transport de matériaux et d'installation d'équipements peuvent exposer les travailleurs à des risques de contact électrique.
- **Défaillance des installations électriques temporaires:** Des installations électriques mal entretenues ou endommagées peuvent provoquer des courts-circuits, des incendies ou des électrocutions.
- **Utilisation d'équipements électriques défectueux ou non conformes:** L'utilisation d'outils électriques défectueux ou non conformes aux normes de sécurité peut entraîner des risques d'électrocution ou d'incendie.

4.1.1.Mesures de prévention et de protection

- **Signalisation et délimitation des zones de danger:** Identifier et signaler clairement les zones à risque électrique, en particulier à proximité des lignes électriques aériennes ou souterraines.
- **Formation et sensibilisation des travailleurs aux risques électriques:** Dispenser une formation adéquate aux travailleurs sur les dangers de l'électricité, les procédures de travail sécurisées et l'utilisation correcte des équipements électriques.
- **Mise en place de protections techniques:** Installer des protections appropriées, telles que des disjoncteurs différentiels, des mises à la terre et des dispositifs de coupure d'urgence, pour minimiser les risques de contact électrique et de décharge accidentelle.
- **Maintenance régulière des installations électriques:** Effectuer des inspections et des maintenances régulières des installations électriques temporaires et des équipements électriques pour garantir leur bon état de fonctionnement.

4.2.Risques liés à la manutention

- **Chutes de charges lors du levage et du transport:** Le levage et le transport de matériaux lourds, d'équipements et de coffrages peuvent présenter des risques de chutes et de blessures graves pour les travailleurs à proximité.
- **Renversement d'engins de chantier:** Le renversement d'engins de chantier, tels que des grues, des camions ou des pelles mécaniques, peut entraîner des accidents graves, voire mortels, pour les conducteurs et les personnes se trouvant à proximité.
- **Blessures par outils manuels ou machines-outils:** L'utilisation d'outils manuels coupants ou d'outils électriques non contrôlés peut causer des blessures graves, telles que des coupures, des fractures ou des écrasements.

4.2.1.Mesures de prévention et de protection

- **Élaboration de plans de manutention sécurisés:** Établir des plans de manutention détaillés pour chaque opération, en tenant compte des charges à transporter, des moyens de levage et des zones de travail sécurisées.
- **Formation et habilitation des conducteurs d'engins:** Dispenser une formation adéquate aux conducteurs d'engins de chantier sur les règles de sécurité, les techniques de conduite et les procédures d'urgence.
- **Mise en place de protections techniques:** Installer des barrières de sécurité, des zones de stockage délimitées et des systèmes d'arrimage appropriés pour prévenir les chutes de charges et les renversements d'engins.
- **Utilisation d'équipements de protection individuelle (EPI):** Fournir aux travailleurs des EPI adaptés, tels que des casques, des gants de protection, des chaussures de sécurité et des lunettes de protection, pour minimiser les risques de blessures.

4.3.Risques de nuisance

- **Bruit:** Les activités de chantier, telles que le dynamitage, le forage et le transport de matériaux, peuvent générer des nuisances sonores importantes pour les riverains.
- **Poussière:** Les travaux de terrassement, de concassage de granulats et de transport de matériaux peuvent générer des dégagements importants de poussières, affectant la qualité de l'air et pouvant causer des problèmes respiratoires.

- **Vibrations:** Les explosions, le battage de pieux et le fonctionnement d'engins lourds peuvent générer des vibrations qui peuvent être ressenties par les riverains et affecter les structures des bâtiments voisins.

4.3.1.Mesures de prévention et de protection

- **Mise en œuvre de mesures de réduction du bruit:** Limiter les activités bruyantes aux heures autorisées, utiliser des équipements moins bruyants et mettre en place des barrières acoustiques si nécessaire.
- **Mise en œuvre de mesures de lutte contre la poussière:** Arroser régulièrement les chantiers, utiliser des brumisateurs et couvrir les stockages de matériaux pour minimiser les dégages

Autre Recommandation :

5.ORSEC Barrage: Plan d'Intervention en cas de Rupture de Barrage

5.1.Définition:

Le plan ORSEC Barrage est un dispositif français spécifique qui s'inscrit dans le cadre du plan ORSEC global. Il s'agit d'un ensemble de mesures et de procédures visant à organiser la réponse des autorités en cas de rupture d'un barrage. Son objectif principal est de protéger les populations et les biens situés en aval du barrage en cas de rupture accidentelle.

5.2.Fonctionnement:

Le plan ORSEC Barrage est déclenché par le préfet du département concerné, sur la base de plusieurs critères, tels que:

- **L'alerte donnée par les systèmes de surveillance du barrage:** Des capteurs et des instruments de mesure sont installés sur les barrages pour surveiller leur état et détecter d'éventuels signes de défaillance.
- **L'observation visuelle de signes d'avarie:** Des patrouilles de surveillance peuvent être mises en place pour observer l'état du barrage et détecter d'éventuels dommages.
- **L'information provenant de sources extérieures:** Des informations sur l'état du barrage peuvent également provenir de sources extérieures, telles que des médias ou des citoyens.

Une fois le plan ORSEC Barrage déclenché, les autorités mettent en œuvre une série de mesures, dont:

- **L'alerte de la population:** Les populations situées en aval du barrage sont informées du danger et des consignes de sécurité à suivre. Cela peut se faire par le biais de sirènes, de messages radio ou télévisés, de SMS, etc.
- **L'évacuation des zones menacées:** Les personnes vivant dans les zones les plus menacées par l'inondation sont évacuées vers des points de rassemblement sûrs.
- **La mise en place de barrages routiers:** Les routes menant au barrage sont fermées à la circulation afin d'éviter d'entraver les opérations de secours.
- **La mobilisation des moyens de secours:** Les pompiers, les ambulanciers, les forces de l'ordre et d'autres services de secours sont mobilisés pour intervenir sur les lieux de la catastrophe.
- **La gestion de l'inondation:** Des mesures sont prises pour gérer l'inondation, telles que l'ouverture des vannes de vidange du barrage ou la construction de digues de protection.

Le plan ORSEC Barrage est un outil essentiel pour garantir la sécurité des populations en cas de rupture de barrage. Il permet de coordonner l'action des différents acteurs impliqués dans la gestion de la crise et de mettre en œuvre des mesures efficaces pour protéger les personnes et les biens.

Conclusion Générale

Conclusion Générale

L'analyse approfondie du site du barrage de Chartioua a permis de mettre en évidence des risques géologiques et climatiques importants qui nécessitent une attention particulière pour garantir la sécurité de l'ouvrage. La mise en œuvre de mesures préventives et de protection adaptées, ainsi qu'une gestion rigoureuse des risques pendant la phase de réalisation et d'exploitation du barrage, sont essentielles pour minimiser les risques d'accident et protéger les populations et les biens situés en aval.

Renforcement de la prise en compte de la sécurité dans le secteur des barrages :

Face aux risques croissants liés aux barrages, il est crucial de renforcer la prise en compte de la sécurité dans ce secteur. Cela implique :

Amélioration des connaissances géologiques et géotechniques: Mener des études géologiques et géotechniques approfondies pour mieux comprendre les caractéristiques des sites et identifier les risques potentiels.

Intégration du changement climatique dans la conception et la gestion des barrages: Prendre en compte les impacts potentiels du changement climatique sur les ressources en eau, les crues et la stabilité des barrages.

Renforcement des normes et des réglementations: Élaborer et mettre à jour des normes et des réglementations plus strictes pour la conception, la construction, l'exploitation et la maintenance des barrages.

Développement de systèmes de surveillance et d'alerte précoce: Mettre en place des systèmes de surveillance efficaces pour détecter les signes de défaillance des barrages et alerter les populations en cas de danger imminent.

Formation et sensibilisation du personnel: Dispenser une formation adéquate au personnel impliqué dans la conception, la construction, l'exploitation et la maintenance des barrages.

Promotion d'une culture de la sécurité: Encourager une culture de la sécurité dans le secteur des barrages, en mettant l'accent sur la prévention des accidents et la protection des vies humaines et des biens.

En conclusion, la sécurité des barrages est un enjeu majeur qui exige une vigilance constante et une mobilisation collective de tous les acteurs impliqués. En renforçant la prise en compte de la sécurité à toutes les étapes du cycle de vie des barrages, il est possible de minimiser les risques d'accident et de garantir la protection des populations et des biens

Bibliographie

Bibliographie

1. **Carrère, A.** (2000). *Techniques de l'Ingénieur*. Bureau d'Ingénieurs Conseils COYNE et BELLIER.

2. **LATRECHE-LASTI**. *Étude de Faisabilité du Barrage de Chertioua*.

3. **Étude d'Avant Projet Détaillé du Barrage de Chertioua** (Wilaya de Bordj Bou Arreridj).

4. **Alla-Bouchehed**. *Évaluation des Risques d'Inondations Associées à la Rupture du Barrage*.

5. **Schleiss, A. et Pougatsch, H.** (2011). *Traité de Génie Civil, Volume 17 : Les Barrages, du Projet à la Mise en Service*.

6. **Commission Internationale des Grands Barrages (CIGB)**. (2016). *Petits Barrages : Conception, Surveillance et Réhabilitation*. Bulletin 157, Comité Français des Grands Barrages.

7. - Le site du **Ministère de la Transition Écologique et de la Cohésion des Territoires** : [Géorisques](https://www.georisques.gouv.fr/)

Le site du **Comité Français des Barrages et des Ouvrages Hydrauliques (CFBOH)** : [CFBOH](https://www.barrages-cfbr.eu/)

Le rapport de l'**Inspection Générale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Développement Durable (IGEAD)** sur la sécurité des barrages en France : [Rapport sur la Sécurité des Barrages](https://www.assemblee-nationale.fr/13/rap-oecst/synthese_barrage.pdf)

Autres Sources

- **UNISDR**. (Le Bureau des Nations Unies pour la Réduction des Risques de Catastrophe, créé en décembre 1999).

- **Agence Nationale des Barrages et Transferts (ANBT)**. (Ingénierie et Construction).