

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



Université Echahid Cheikh Larbi
Tébessi. Tébessa
Faculté des Sciences Exactes, des
Sciences
de la Nature et de la Vie



Département des Sciences de la Terre et de l'Univers
Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de

Master

Filière : Géologie

Option : Géologie de l'Ingénieur et Géotechnique

Thème :

Ouvrages annexes d'un barrage ; Faisabilité d'une retenue pour l'écrêtement des averses d'été et la réalimentation artificielle de la plaine de Tébessa

Présenté par :

LAMRAOUI Nour El Houda

GHELLAB Firas

Devant le jury

Pr. BAALI Fethi

Pr. FEHDI Chems eddine

Dr. MOUICI Ridha

Professeur U.C.C.L.T Tébessa

Professeur U.C.C.L.T Tébessa

M.C « B » U.C.C.L.T Tébessa

Président

Examineur

Rapporteur

Session Juin 2024

Dédicace

je dédie ce mémoire à mes parents, pour leur amour inconditionnel, leur soutien sans faille et leurs encouragements constants qui m'ont permis de mener à bien ce projet.

À mes frères, (Kamal moukîm djamal) pour leur compréhension, leur patience et leurs mots de motivation durant les moments difficiles.

À ma sœur, (ahlem mayar) dont la présence réconfortante et les précieux conseils m'ont été d'une grande aide tout au long de ce parcours.

À mes amis (oumaima bata iness sabrine); pour leur soutien indéfectible, leur assistance et les moments de joie partagés qui ont rendu cette aventure plus enrichissante.

Je dédie cette thèse aux martyrs de Gaza et à nos martyrs vertueux.

À mes chers parents.

À tous ceux qui m'ont donné une leçon dans ce monde éphémère.

à mes frères, source de ma joie et de mon bonheur.

à mes amis (Fares, Sharaf al-Din, Ayachi, Islam, Abdul Rahim) pour leurs conseils afin de poursuivre mon voyage.

Je dédie ce travail à l'homme qui m'a appris que les clés du monde sont la science et la connaissance.

Et à tous ceux qui m'ont soutenu dans la réussite de cette étude.

Remerciements

Nous tenons à remercier tout d'abord « ALLAH », qui nous a donné la force de faire ce modeste travail.

Nous tenons à remercier, également, notre encadreur Mr MOUICI Ridha, pour ses orientations, suggestion et pour avoir contribué à l'élaboration de ce présent mémoire.

Nous remercions vivement, le PR C.E FEHDI, d'avoir accepté d'examiner ce travail, ainsi que le PR F. BAALI d'avoir présider le débat de la soutenance de ce travail ;

Nos remerciements s'dressent chaleureusement à MR SOFIANE ZERFAOUI, de nous avoir fournir des documents confidentiels e sensibles de son bureau d'étude ;

Nos remerciements s'adressent à MR B. SAADALI, MR M.R AIT YAHIA ainsi que MR H. LAMRAOUI ;

A la fin nous tenons à remercier l'ensemble de nos enseignants, ainsi que tout le personnel administratif du département des Sciences de la Terre et de l'Univers.

Nos remerciements s'adresse à tout ceux qui ont participé à l'aboutissement de ce travail.

الملخص

يعتبر الماء احد اهم واثمن الموارد في العالم لما له من دور اساسي في مختلف مجالات الحياة, واحد وسائل الحفاظ على هذا المورد السدود التي تلعب دور حيوي في ادارة المياه, حيث تقدم فوائد عديدة مثل: الحماية من الفيضانات, توفير المياه, ونتاج الطاقة الكهرومائية. و كل ذلك بفضل ملحقاتها التي تعمل على استخراج المياه, توجيهها, وتخفيف الضغط عنها.

نركز في دراستنا على إعادة شحن مستوى المياه الجوفية بشكل اصطناعي, لأنها أصبحت التقنية الأكثر أهمية لمواجهة استنزاف طبقات المياه الجوفية باستخدام أساليب وتقنيات فعالة. تُعتبر هذه الأساليب بديلاً لضمان استمرارية مستويات المياه الجوفية.

وأخيراً, نتناول دراسة مشروعين, الأول يهدف إلى جعل مدينة تبسة مُقاومة للفيضانات من خلال بناء سدود لمواجهة التدفقات الصلبة, بينما الثاني يهدف إلى جمع مياه الأمطار لتغذية المياه الجوفية اصطناعياً من خلال احواض الترشيح.

الكلمات المفتاحية: سد, ملحقات, إعادة تغذية اصطناعية للمياه الجوفية, سهل تبسة مرسط, شمال شرق الجزائر.

Abstract

Water is considered one of the most important and precious resources in the world, as it plays a crucial role in various aspects of life. One of the means of preserving this resource is through dams, which play a vital role in water management by providing benefits such as flood protection, water supply, and hydroelectric power generation. All of this is achieved through the work of their dam accessories, which involve extracting, directing, and alleviating pressure on them.

In our study we focus on the artificial recharge of groundwater levels, as it has become the most important technology to address the depletion of groundwater layers using efficient methods and technologies. These methods are considered an alternative to ensuring the maintenance of groundwater levels. Finally, we address the study of two projects.

The first aims to assess the feasibility of protecting the city of Tébessa from floods by constructing dams to cope with solid inflows, while the second aims to collect rainwater to artificially replenish groundwater through filtration basins.

Keywords: Dam, Dam accessories, artificial recharge of groundwater, Tébessa Morsott Plain, Northeast of Algeria.

Résumé

L'eau est considérée comme l'une des ressources les plus importantes et les plus précieuses au monde, car elle joue un rôle essentiel dans divers domaines de la vie, et l'un des moyens de préserver cette ressource passe par les barrages, qui jouent un rôle vital dans la gestion de l'eau, comme ils offrent des avantages tels que la protection contre les inondations, l'approvisionnement en eau et la production d'énergie hydroélectrique ; Tout cela grâce au travail de ses accessoires, qui consiste à extraire, orienter et soulager la pression sur ces derniers.

Résumé

Dans notre étude Nous nous concentrons sur la recharge artificielle du niveau des eaux souterraines, car elle est devenue la technologie la plus importante pour faire face à l'épuisement des couches d'eau souterraine en utilisant des méthodes et des technologies efficaces. Ces méthodes sont considérées comme une alternative pour garantir le maintien des niveaux des eaux souterraines. Exploitable.

Enfin, nous abordons l'étude de deux projets. Le premier visé la faisabilité de protéger la ville de Tébessa des inondations par la construction de barrages permettant de faire face aux apports solides, tandis que le second visé à collecter les eaux de pluie pour alimenter les nappes phréatiques. Artificiellement à travers des bassins d'infiltration.

Mots clés : Barrage, ouvrages annexes, alimentation artificielle des nappes souterraines, plaine de Tébessa Morsott, NE Algérien.

Table des matières

INTRODUCTION.....	1
Chapitre I : Généralités Sur Les Barrages	
1° Introduction	3
2° Définition d'un barrage.....	3
3° Les différents types de barrages	3
3.1° Barrage poids	4
3.2° Barrage voute	6
3.3° Barrage a contreforts	7
3.4° Les barrages en remblais.....	10
Chapitre II : Les Ouvrages Annexes d'un Barrage	
1° Introduction	12
2° Evacuateurs de crues	12
2.1° Définition	12
1.2° Critères de choix de l'évacuateur de crue	13
1.2.1° Les évacuateurs à surface libre.....	14
1.2.2° Les évacuateurs vannés de fond ou de demi-fond.....	14
1.3° Choix de la variante	18
1.4° Dimensionnement de l'évacuateur de crue	18
1.5° Canal d'amenée.....	18
1.6° Seuil déversant - profil déversoir	19
1.6.1° Seuil déversant.....	19
1.6.2° Profil déversoir	20
1.7° Le chenal d'écoulement	22
1.8° Le coursier.....	22
1.9° Bassin d'amortissement	23
1.10° Canal de fuite	23
2° Vidange de fond.....	24
2.1° Bassin d'amortissement après la chambre des vannes.....	25
3° Ouvrage de prise d'eau	26
3.1°Prise d'eau en rivière.....	26
3.2° Prise d'eau sur un lac ou un réservoir	26
3.3° Type de prise	26
3.3.1° Prise d'eau en charge.....	26
3.3.2° Prise d'eau flottante.....	27
4° Autre ouvrages annexes	28

Table des matières

Chapitre III: Alimentation artificielle des nappes

1° Introduction	30
2° La recharge naturelle des nappes.....	30
2.1° La recharge directe.....	31
2.2° La recharge indirecte.....	32
3° Recharge artificielle des nappes	33
3.1° Les types de la recharge artificielle.....	33
3.2° Les méthodes et les techniques de la recharge artificielle des nappes.....	33
3.2.1° Méthode d'infiltration de surface.....	33
3.2.2° Méthode d'infiltration de subsurface	39
3.2.3° Méthode d'injection directe	41
4° Les objectifs recherchés par la recharge artificielle.....	42
5° Conditions naturelles de la recharge artificielle	42
6° Inconvénients de la recharge artificielle des nappes.....	Erreur ! Signet non défini.
7° Avantages de la recharge artificielle des nappes.....	42
8° Avantages économiques de l'alimentation artificielle	42
9° Conclusion.....	43

Chapitre IV: FAISABILITE DE LA PLAINE DE TEBESSA

1° Introduction	45
2° Au niveau de la ville	45
3° Au niveau de Hammamet.....	59
Conclusion.....	68
Liste des références	45

Liste des tableaux

Liste des tableaux

N°	Table	Page
01	Précipitations moyennes mensuelles pour la station de Tébessa	46
02	La vitesse moyenne de ruissellement de trois SBV	49
03	La quantité d'eau dans chaque bassin versant	51
04	La superficie en hectare de trois SBV	52
05	Les paramètres de bassin oued sidi Mohamed cherfif	54
06	Des altitudes de bassin versant	54
07	Variation de précipitation moyenne mensuelle de la station de Hammamet	

Liste des figures

List des figures

N°	Figure	Page
01	Complexes hydroélectrique(ikonet.com)	3
02	Les barrages en terre (the constructor.org)	4
03	Coupe d'un barrage poids (Sadiq, 2022)	4
04	Coupe d'un barrage poids (CFBR, 2012)	5
05	Fonctionnement en arc (CFBR, 2012)	6
06	Schéma démonstratif des contreforts (CFBR, 2012)	7
07	(CFBR, 2012)	8
08	(CFBR, 2012)	8
09	(CFBR, 2012)	9
10	Canal d'amenée de centrale hydroélectrique	19
11	Complexes hydroélectrique (ikonet.com)	22
12	Schéma des composants de la vidange de fond du barrage de Ouizert	25
13	Schéma de bassin d'amortissement	25
14	Schéma du barrage de Lavad	27
15	Schéma simplifié différents types de recharge des nappe ^[5]	30
16	Mécanisme de recharge naturel ^[5]	31
17	Figure montrant comment alimenter par infiltration d'eau de pluie	32
18	Figure montrant l'approvisionnement par un cours d'eau	32
19	Diagramme des différentes méthodes de recharge artificielle dans différents environnements hydrogéologiques ^[6]	33
20	Figure de Bassins d'infiltration	34
21	Schéma d'un barrage d'inferoflux	41
22	Figure de Puit d'injection	41
23	Diagramme ombrothémique de la ville	46
24	Extrait de la carte topographique Tébéssa	47
25	Schéma de les trois digues proposés	53
26	Schéma représenté la digue proposée (In THECNOTHAP.)	56
27	Schéma de digues et évacuateur de crue	57
28	Schéma de les démontions d'évacuateur de crue	57
29	Système d'avaloirs (In THECNOTHAP.)	58
30	Précipitations interannuelles de la région de Hammamet sur une période de 22 ans (1983/1984 - 2004/2005)]	60
31	Écoulement d'eau dans l'oued Bouakous Après une pluie orageuse (Décembre, 2004).	61
32	Écoulement de l'eau dans le lit de l'Oued Bouakous après la crue(In seghir.k)	61
33	Niveaux d'eau dans l'Oued pendant et après la crue	62
34	Lac d'eau formé en amont d'oued Bouakous après une Forte pluie dans la région de Hammamet	62
35	Relation oued-Nappe	63
36	Plan schématique de l'ouvrage proposé	64
37	Carte piézométriques de la zone d'étude (Période Hautes Eaux Mai 2006)	64
38	Carte de perméabilités de la zone d'étude ($\times 10^{-4}$ m/s)	65
39	Carte de transmissivités de la zone d'étude ($\times 10^{-3}$ m ² /s)	65
40	Variation du niveau piézométrique en fonction des précipitations Mensuelles	66

Liste des figures

	(AinChabro)	
41	Coupe géo électrique transversale ouest dans la zone d'Ain Chabro	66

Liste des photographies

Liste des photographies

N°	Photographie	Page
01	Les plots verticaux (flickr.com)	5
02	Barrage poids grande-Dixence en suisse le plus haut au monde 284m (Martinez Bres)	6
03	Barrage Katse Lesotho 184m (SkyPixels)	7
04	Vue générale du barrage Roselend France (geosoc.fr)	9
05	Barrage Daniel Johnson 214m, Quebec (JM Chouinard)	10
06	Aménagement de seuils en touche de piano sur l'évacuateur existant du barrage de Charmine (France, 01)	13
07	Optimisation de la dissipation d'énergie en pied de l'évacuateur de crues barrage de Janneh (Liban)	13
08	Evacuateur à entonnement frontal. (Photo C. Curt - INRAE - G2DR).	14
09	Evacuateur à entonnement latéral – Les flèches Indiquent le sens du flux (Photo C. Curt - INRAE - G2DR).	15
10	Exemple d'évacuateur de fond. (Photo INRAE - G2DR).	16
11	Vanne segment. (Photo- INRAE - G2DR).	16
12	Evacuateur de crue en tulipe du barrage de Rouchain (Loire) INRAE – G2DR)	17
13	Structure destinée à casser les plaques de glaces évacuatrices en puits	17
14	Canal d'amenée du lac de Der, Haute-Marne, Champagne, Franc	19
15	Déversoir principal du barrage de la dans le nord de Montréal	20
16	Le déversoir du lac artificiel dans la Serra da Estrela au Portugal. Mai 2022	21
17	Déversoir sur canal de la Marne au Rhin.	21
18	Bassin de dissipation. (Photo INRAE - G2DR)	23
19	Canal de fuite-micro centrale hydrolique	24
20	La vidange du barrage de mériges à débité (france)	24
21	Tour de prise Barrage de Montbel (Ariège) INRAE – G2DR	27
22	Tour de prise Barrage de Trapan (Var) INRAE – G2DR	28
23	Tour de prise (Photo C. Curt - INRAE - G2DR)	28
24	Recharge artificielle par Bassins à végétations	35
25	Recharge par Bassins à sable	36
26	Inondation et irrigation	37
27	Photos de la Recharge par aspersion.	37
28	Une Photos d'un aménagement de cours d'eau	38
29	Photos d'un Fossés et sillons	39
30	Photos d'un Fosses de filtration	40
31	Photos d'un barrage d'inferoflux	40
32	Photo la ville de Tébessa au temps de inondations de 18/09/2018	47
33	SBV SE de Tébessa (In THECNOTHAP.)	55
34	Photos de la route stratégique temps de catastrophe	59

INTRODUCTION

INTRODUCTION

L'eau est considérée comme l'une des ressources les plus importantes et les plus précieuses au monde, en raison de son rôle essentiel dans divers domaines de la vie humaine, économique et environnementale. La gestion efficace de cette ressource vitale est cruciale pour garantir la durabilité et le bien-être des sociétés contemporaines. L'un des moyens les plus efficaces pour préserver et gérer les ressources en eau est la construction et l'utilisation des barrages. Les barrages jouent un rôle central dans la gestion de l'eau, offrant de multiples avantages, notamment la protection contre les inondations, l'approvisionnement en eau potable et industrielle et agricoles, ainsi que la production d'énergie hydroélectrique.

Les barrages sont des structures complexes qui nécessitent un entretien et une gestion continue pour fonctionner de manière optimale. Ils sont accompagnés de plusieurs ouvrages annexes essentiels, tels que les vidanges de fond, les évacuateurs de crues et les tours de prise, qui permettent d'extraire, d'orienter et de réguler la pression de l'eau. Ces accessoires jouent un rôle crucial dans le maintien de l'intégrité et de la sécurité des barrages, assurant ainsi leur efficacité à long terme.

En outre, ce mémoire se concentre également sur la recharge artificielle des nappes, une technologie de plus en plus importante pour faire face à l'épuisement des couches d'eau souterraine. La recharge artificielle consiste à utiliser des méthodes et des technologies spécifiques pour augmenter le niveau des nappes de manière contrôlée et durable. Ces méthodes comprennent l'infiltration contrôlée des eaux de surface, l'injection directe dans les aquifères, et l'utilisation de bassins de recharge. Elles offrent une alternative viable pour garantir la disponibilité continue des eaux souterraines, qui sont essentielles pour l'approvisionnement en eau potable, l'agriculture, et d'autres usages industriels.

Ce modeste travail est organisé en quatre chapitres :

1. Le premier chapitre est consacré à la présentation des différents types de barrages ;
2. Le deuxième chapitre est dédié à la présentation et le fonctionnement des ouvrages annexes ;
3. Le troisième chapitre est dédié à la présentation des différentes techniques d'alimentation artificielle des nappes ;
4. Le quatrième chapitre est destiné aux possibilités d'alimentation artificielle de la nappe du bassin Tébessa Morsott.

Dans ce contexte, ce mémoire examine deux projets spécifiques. Parmi d'autres qui se sont avérés infructueux :

1. Le premier projet évalue la faisabilité de protéger la ville de Tébessa contre les inondations par la construction d'un système de digues à l'amont de la ville. Ce projet analyse les avantages potentiels des barrages pour gérer les apports solides

INTRODUCTION

et réduire les risques d'inondation, tout en tenant compte des impacts environnementaux et sociaux ;

2. Le deuxième projet se concentre sur la collecte des eaux de pluie pour reconstituer artificiellement les nappes. Il explore l'utilisation de bassins d'infiltration pour capter et infiltrer les eaux pluviales, contribuant ainsi à la recharge des aquifères et à la gestion durable des ressources en eau.

Chapitre I

Généralités Sur Les Barrages

1° Introduction

Les barrages sont des infrastructures essentielles pour la gestion des ressources en eau, fournissant une multitude d'avantages, tels que la production d'énergie hydroélectrique, la régulation des cours d'eau, l'irrigation, le contrôle des inondations et l'approvisionnement en eau potable. Ce chapitre est consacré à citer les différents types de barrages selon les matériaux de Construction et leurs formes.

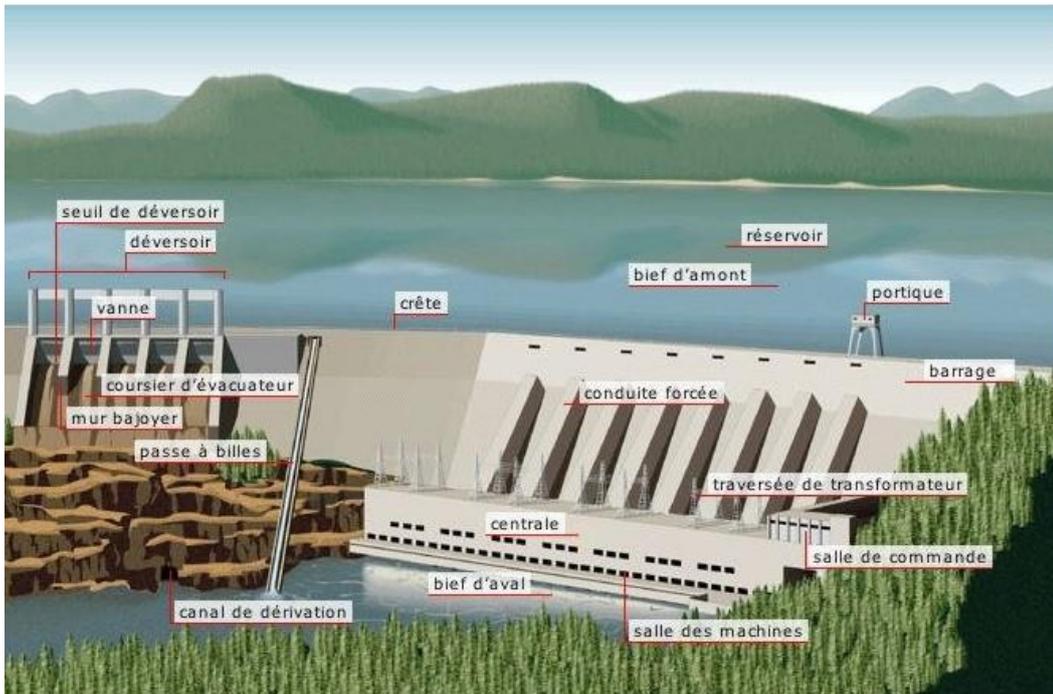


Figure N° 01 : Complexes hydroélectrique (ikonet.com)

2° Définition d'un barrage

Un barrage est un ouvrage d'Art placé en travers d'un cours d'eau, destiné à retenir et stocker de l'eau. Il sert également, à l'écrêtement de certains cours d'eau sauvages. Un barrage destiné, en plus, à produire de l'électricité est un Ouvrage hydro électrique.

3° Les différents types de barrages

Les deux principaux types de barrages sont les barrages en remblai et les barrages en béton. La structure et les matériaux de construction du barrage jouent un rôle essentiel dans la manière dont il s'oppose aux principales forces hydrauliques ou dans la résistance à l'érosion et aux pressions dues à l'infiltration d'eau.

Les barrages en béton et les barrages en remblai sont complètement différents dans leur conception structurale et leur susceptibilité à certaines ruptures. Pour comprendre les causes et les

méthodes de prévention des défaillances et des incidents des barrages, il est important de comprendre d'abord leur conception et leur composition en matériaux

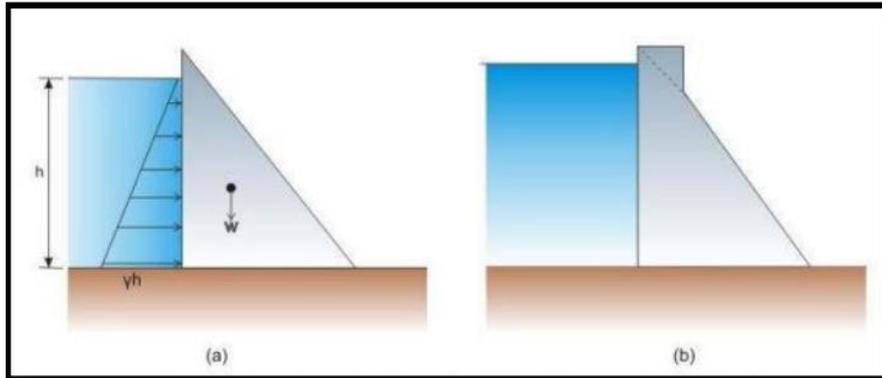


Figure N° 02 : Les barrages en terre (the constructor.org)

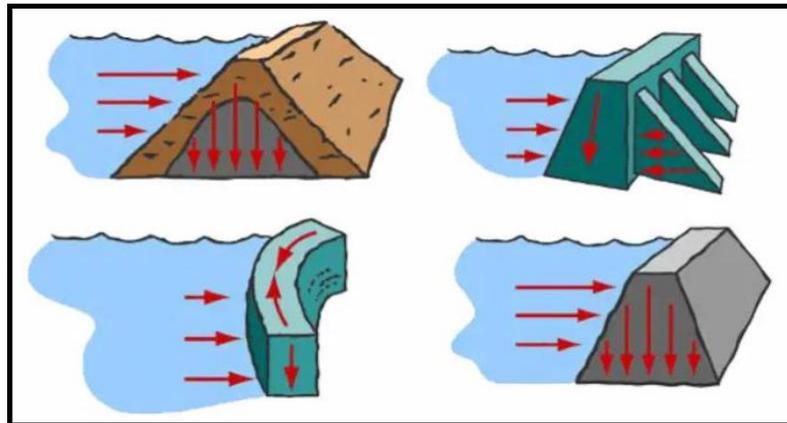


Figure N° 03 : coupe d'un barrage poids (Sadiq, 2022)

3.1° Barrage poids

Un barrage-poids est un bloc (en maçonnerie ou en béton), conçu de telle sorte que son poids soit suffisant pour assurer la stabilité contre les effets de toutes les forces imposées.

La maçonnerie a été utilisée dans de nombreux barrages dès le XVIIe siècle.

Cependant, le béton est devenu plus courant à partir de 1900 où la théorie de l'élasticité et la résistance des matériaux, commença à être définie avec les études de MERY (1840), SAZILLY (1853), DELOCRE (1865), RANKINE (1872-1873) et LEVY (1885). (CFBR, 2012).

Une coupe transversale d'un barrage-poids présente généralement une forme triangulaire.

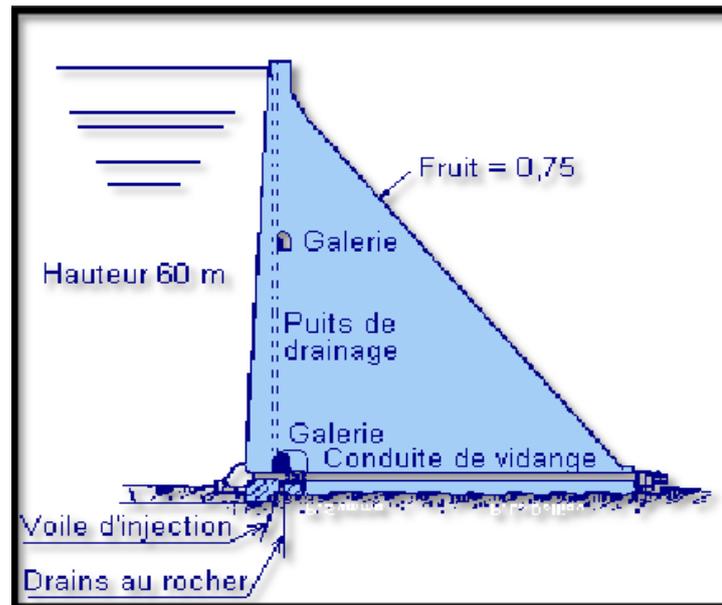


Figure N°04 : coupe d'un barrage poids (CFBR, 2012)

Les barrage-poids étaient à l'époque construits en maçonnerie de moellons ; en suite été réalisés en béton. Il s'agit de béton non armé, très peu dosé pour réduire les phénomènes thermiques lors de la prise du béton.

A la construction, le barrage est découpé en plots verticaux. Des étanchéités entre les plots sont mis en œuvre avant le remplissage de la retenue. (CFBR, 2012).

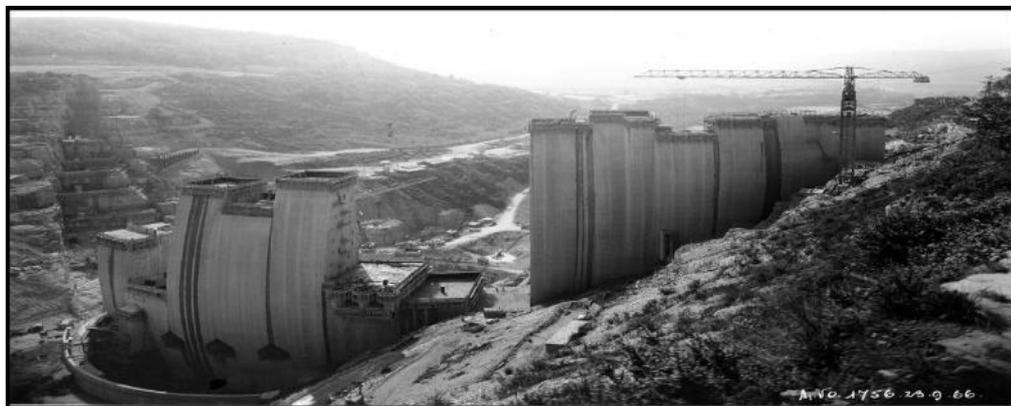


Photo N° 01 : les plots verticaux (flickr.com)



Photo N° 02 : barrage poids grande-Dixence en suisse le plus haut au monde 284m (Martinez Bres)

3.2° Barrage voûte

Les barrages-voûtes sont des ouvrages remarquables par leurs dimensions et leur finesse. Les barrages-voûtes sont constitués d'un seul mur en béton en forme d'arc, avec une courbe convexe vers l'amont.

L'effet de voûte permet de transférer la pression de l'eau et d'autres forces aux rives. La crête d'un barrage-voûte est approximativement triangulaire, comme celle d'un barrage-poids, mais elle est comparativement plus mince. Les barrages-voûtes conviennent parfaitement aux vallées étroites et profondes. Des masses rocheuses solides dans les pentes sont nécessaires pour résister aux forces transférées par l'action de la voûte.

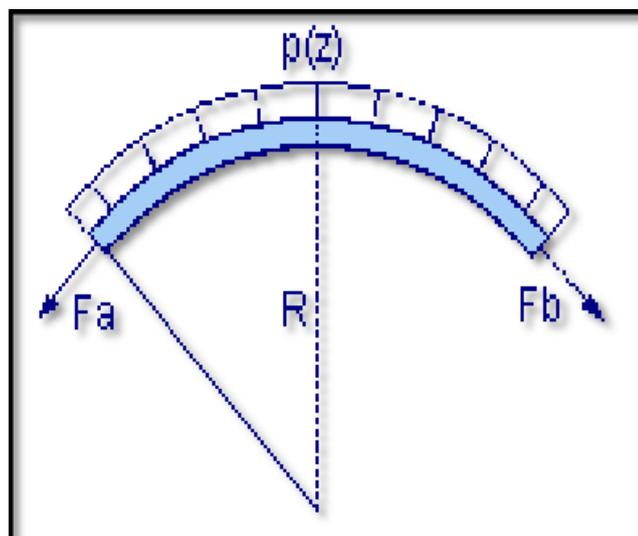


Figure N° 05 : fonctionnement en arc (CFBR, 2012)

C'est le type de barrage le plus achevé en ce sens que c'est celui qui utilise le mieux les matériaux employés. Ses progrès sont allés de pair avec l'amélioration de la qualité des ciments et la maîtrise de la fabrication et de la mise en place des bétons. (CFBR ,2012)



Photo N°3 : barrage Katse Lesotho 184m (SkyPixels)

3.3° Barrage a contreforts

Les barrages à contreforts sont un type de barrage qui utilise une série de contreforts en béton armé pour supporter le poids du barrage et résister à la force de l'eau qui pousse contre lui.

Les barrages à contreforts sont constitués :

- Des murs, ayant généralement une forme triangulaire, construits dans la vallée parallèlement à l'axe de la rivière
- Des bouchures entre les contreforts pour maintenir l'eau de la retenue. Ces bouchures s'appuient sur les contreforts auxquelles elles transmettent la poussée de l'eau.

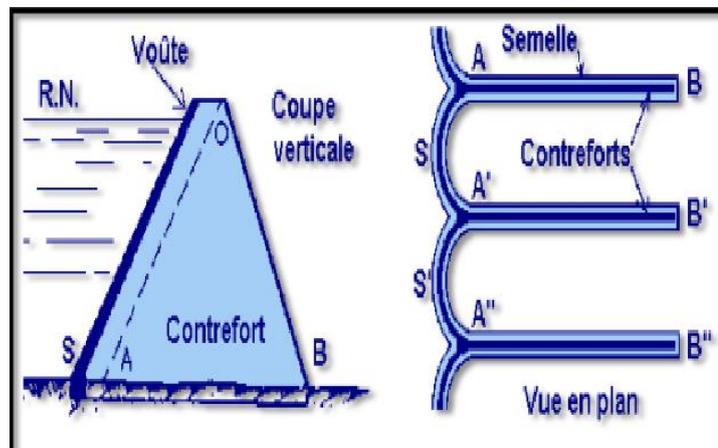


Figure N° 06 : schéma démonstratif des contreforts (CFBR, 2012)

- Bouchure : Élément mobile d'un barrage dont la manœuvre permet de régler le niveau
- Amont du cours d'eau. (Larousse)

Les bouchures sont très souvent inclinées vers l'aval pour que la poussée de l'eau soit orientée vers le bas de façon à améliorer la stabilité des contreforts. Elles-mêmes peuvent être de plusieurs types :

- Un épaissement amont du contrefort.

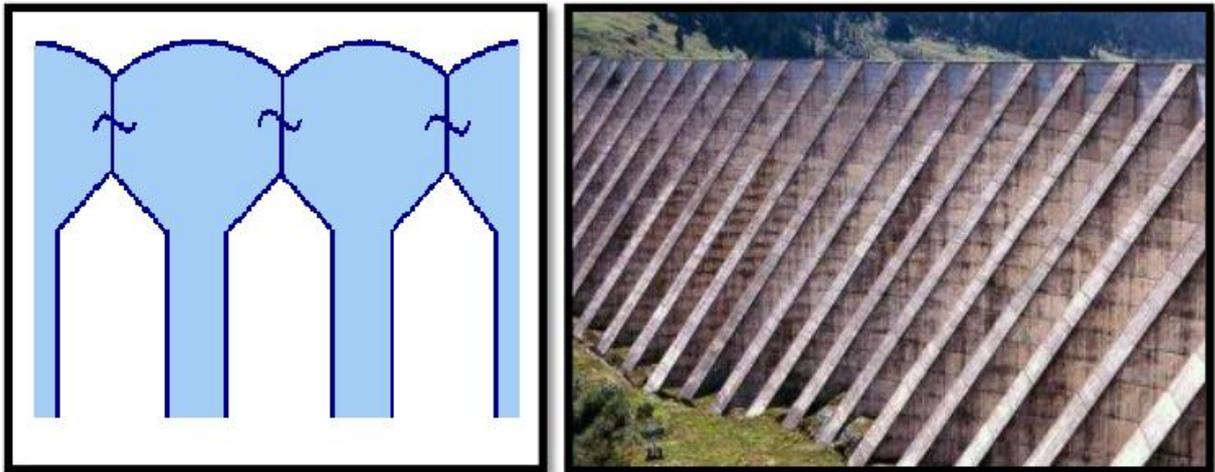


Figure N° 07 : (CFBR, 2012)

- Une dalle plate en béton armé.

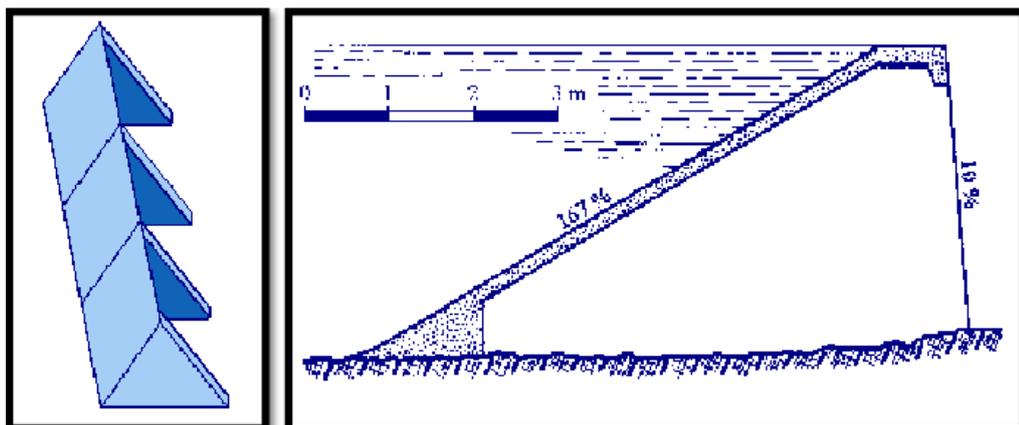


Figure N° 08 : (CFBR, 2012)

- Une voûte de faible dimension.



Figure N° 09 : (CFBR, 2012)

Les barrages à contreforts nécessitent moins de béton et de matériaux de construction, ce qui en fait une option rentable par rapport à un barrage-poids de même hauteur.

Bien que les contreforts en béton armé offrent une grande stabilité, il existe un risque d'instabilité si le barrage n'est pas correctement réalisé et aussi ils sont plus sensibles aux effets thermiques et aux séismes et qui nécessitent une attention particulière pour le contact avec le rocher de fondation. (CFBR, 2012)



Photo N° 04 : vue générale du barrage Roselend France (geosoc.fr)



Photo N° 05 : barrage Daniel Johnson 214m, Quebec (JM Chouinard)

3.4° Les barrages en remblais

Les barrages en remblai sont des barrages constitués de matériaux meubles allant de l'argile fine à des éléments très grossiers (roche). Ils regroupent plusieurs catégories en fonction de la méthode employée pour assurer l'étanchéité. Ce type d'ouvrage très ancien est le plus communément utilisé. (AIT YAHIA Mohammed Ridha 2023)

Chapitre II

Les Ouvrages Annexes d'un Barrage

1° Introduction

Les ouvrages annexes d'un barrage sont des structures essentielles qui accompagnent le barrage principal. Ils sont conçus pour diverses fonctions telles que l'évacuation des crues, la vidange, la prise d'eau, et d'autres besoins liés au barrage.

Ces ouvrages annexes sont cruciaux pour assurer le bon fonctionnement et la sécurité du barrage. L'Association canadienne des barrages souligne l'importance des ouvrages annexes et des systèmes associés pour garantir la sécurité et le bon fonctionnement des barrages, en mettant l'accent sur le partage de connaissances techniques et la résolution collective des problèmes liés aux barrages.

Les ouvrages annexes prévus pour la retenue seront :

1. L'évacuateur de crues ;
2. La Vidange de fond ;
3. La tour de prise d'eau.

2° Evacuateurs de crues**2.1° Définition**

Un évacuateur de crue est une structure hydraulique conçue pour permettre l'écoulement contrôlé de débits excessifs d'eau à travers ou autour d'un barrage. L'objectif principal d'un évacuateur de crue est de protéger le barrage en cas de crues importantes en permettant la libération contrôlée de l'excès d'eau pour éviter toute surcharge ou rupture de la structure.

Un évacuateur de crue peut prendre différentes formes, telles qu'un canal bétonné, un tunnel, une conduite forcée ou un chenal.

Lorsque le niveau d'eau atteint un seuil critique, l'évacuateur de crue est activé pour dériver l'excès d'eau en toute sécurité autour du barrage, protégeant ainsi les zones en aval de tout risque d'inondation.

Les évacuateurs de crue jouent un rôle crucial dans la gestion des risques hydrologiques liés aux barrages en assurant la sécurité des populations en aval et en préservant l'intégrité de la structure du barrage lors de conditions météorologiques extrêmes.

L'évacuateur de crues doit être en mesure de débiter la plus grande crue calculée, sans que le barrage soit submergé et sans créer d'érosion en aval risquant d'endommager l'ouvrage.



Photo N° 06 : Aménagement de seuils en touche de piano sur l'évacuateur existant du barrage de Charmine (France, 01)



Photo N° 07 : Optimisation de la dissipation d'énergie en pied de l'évacuateur de crues du barrage de Janneh (Liban)

1.2° Critères de choix de l'évacuateur de crue

Les principaux critères à prendre en considération pour le choix de l'évacuateur de crues sont :

- La sûreté et la sécurité de fonctionnement.
- Les difficultés de réalisation.
- Les exigences topographiques du site.
- Les exigences géologiques de la fondation.
- La facilité d'entretien.
- La facilité de modification.
- Le coût de l'ouvrage.

Les évacuateurs de crues se divisent en deux catégories :

1. Les évacuateurs à surface libre, appelés déversoirs ;
2. Les évacuateurs vannés de fond ou de demi-fond.

1.2.1° Les évacuateurs à surface libre

Evacuateurs de crues de surface ou latéraux : Les déversoirs à seuils libre se révèlent la meilleure option en termes de fiabilité, simplicité, sécurité, coûts de construction et maintenance.

Ils ne nécessitent aucune intervention humaine pour leur fonctionnement et ne sont donc pas susceptible de tomber en panne en cas de crue, L'évacuateur de surface est le plus répandu en raison de sa facilité d'implantation et ses avantages hydrauliques, on distingue^[1] :

Ces évacuateurs comportent un seuil épais sur lequel l'eau vient se déverser, suivi d'un canal à surface libre appelé coursier.

Ils peu- vent être disposés sur les côtés du barrage, avec des profils bien optimisés pour que le jet puissant de l'eau évacuée ne crée pas de dommages aux berges ou aux structures en aval.

Ils peuvent être aussi aménagés tout simplement sur la crête d'un barrage, là aussi avec un profil bien étudié pour que l'énergie de la chute soit dissipée en aval sans dommages.

Les évacuateurs à surface libre peuvent être vannés ou non vannés. Les premiers sont mis en service par ouverture d'une vanne.

1.2.2° Les évacuateurs vannés de fond ou de demi-fond : par puits noyés.

1 Évacuateur de crue latéral à entonnement frontal

L'Évacuateur de crue latéral à entonnement frontal a un seuil disposé face à la rivière : l'écoulement ne change pas de direction



Photo N° 08 : Evacuateur à entonnement frontal. (Photo C. Curt - INRAE - G2DR).

2. Evacuateur de crue latérale à entonnement latéral

L'évacuateur est à entonnement latéral lorsque le seuil est disposé parallèlement à la rivière : l'écoulement change de direction à 90°.

Lorsque le débit de crue est important, le seuil est en principe très long, ce qui conduit en général à choisir ce type d'évacuateur



Photo N° 9 : Evacuateur à entonnement latéral – Les flèches Indiquent le sens du flux(Photo C. Curt - INRAE - G2DR).

3° Evacuateurs vannés de fond ou de demi-fond

Les évacuateurs de crues de demi-fond ou de fond comportent une partie verticale en forme de puits qui se prolonge par une galerie ou une conduite qui passe sous l'ouvrage ou sous l'un de ses appuis et rejoint la vallée au pied du barrage.



Photo N°10 : Exemple d'évacuateur de fond. (Photo INRAE - G2DR).



Photo N° 11 : Vanne segment. (Photo- INRAE - G2DR).

4° Évacuateur de crues en puits (tulipe)

Dans ce type d'ouvrage, le déversoir lui-même est circulaire ou semi-circulaire, il se prolonge par un puits coudé suivi d'une galerie ou d'une conduite à écoulement à surface libre et un dissipateur d'énergie aval.

Ce type d'ouvrage équipe le plus souvent les grands barrages. (Actes du colloque SHF-CFBR)



Photo N° 12 : Evacuateur de crue en tulipe du barrage de Rouchain (Loire) INRAE – G2DR)



Photo N° 13 : Structure destinée à casser les plaques de glaces évacuateur en puits

5° Evacuateur de crues en siphon

Ce type d'ouvrage est à écoulement en charge, poser sur le corps du barrage ^[2]

6° Écluses

Des écluses de navigation sont nécessaires lorsque le fleuve barré par un aménagement hydroélectrique est un fleuve navigable. Bien souvent, le barrage est à but multiple, et permet de rendre le fleuve navigable, ou d'améliorer les conditions de navigation.

Les écluses sont mentionnées ici simplement pour mémoire ; ce ne sont pas des ouvrages spécifiques aux aménagements hydroélectriques.

1.3° Choix de la variante

L'évacuateur est un évacuateur de surface à seuil libre à entonnement latéral.

Il est placé sur la rive droite qui présente des conditions topographiques favorables par rapport à la rive gauche.

Le choix de la rive droite est imposé par la présence d'un glissement important sur la rive gauche pour lequel des dispositions de stabilisation sont adoptées dans le projet d'exécution.

1.4° Dimensionnement de l'évacuateur de crue

- L'évacuateur de crues est constitué d'éléments suivants :
- Un canal d'approche.
- Un déversoir.
- Un chenal.
- Un convergent.
- Un coursier.
- Un bassin de dissipation.

1.5° Canal d'amenée

Un canal d'amenée est une structure artificielle conçue pour transporter de l'eau d'une source vers un lieu où elle est nécessaire, comme une zone agricole ou une ville.

Les canaux d'amenée sont souvent utilisés pour l'irrigation des cultures, l'alimentation en eau potable, la production d'énergie hydroélectrique ou d'autres besoins en eau.

Ils sont généralement construits en suivant un tracé spécifique pour garantir un flux d'eau constant et régulier. Les canaux d'amenée peuvent être de différentes tailles et formes, en fonction des besoins en eau et de la topographie du terrain.

Le canal d'amenée ou d'approche est un dispositif qui permet de réduire au minimum les pertes de charge et guider calmement la crue vers le seuil déversant. Généralement, l'écoulement est fluvial avec une vitesse faible.

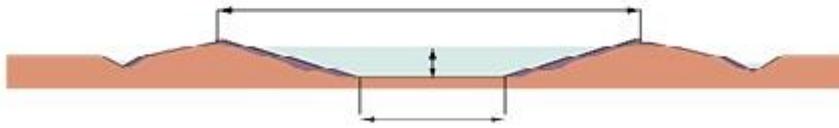


Figure N° 10 : canal d'amenée de centrale hydroélectrique



Photo N° 14 : Canal d'amenée du lac de Der, Haute-Marne, Champagne, France

1.6° Seuil déversant - profil déversoir

Le seuil déversant et le profil déversoir sont des éléments clés dans la gestion des eaux, notamment pour les barrages, les canaux et les ouvrages hydrauliques.

1.6.1° Seuil déversant

- C'est une structure hydraulique conçue pour permettre l'évacuation contrôlée de l'excès d'eau d'un réservoir ou d'un canal.
- Il agit comme un dispositif de sécurité pour éviter les débordements et les dommages potentiels en aval.
- Le seuil déversant peut être de différents types, tels que :

1.6.1.1° Seuil à crête libre : L'eau s'écoule librement par-dessus la crête du seuil.

1.6.1.2° Seuil à vannes : Des vannes sont utilisées pour réguler le débit d'eau évacué.

1.6.1.3° Seuil siphon : L'eau est évacuée par un siphon intégré au seuil.



Photo N° 15 : Déversoir principal du barrage de la dans le nord de Montréal.

1.6.2° Profil déversoir

- C'est la forme géométrique de la crête du seuil déversant.
- Le profil influence la relation entre le niveau d'eau amont et le débit d'eau évacué.

Différents profils existent, chacun avec ses caractéristiques hydrauliques spécifiques :

1.6.2.1° Profil rectangulaire : Simple à construire, mais moins efficace hydrauliquement.

1.6.2.2° Profil trapézoïdal : Offre une meilleure capacité d'évacuation que le profil Rectangulaire

1.6.2.3 Profil parabolique : Optimise le débit d'évacuation pour un niveau d'eau donné.

1.6.2.4° Profil ogee : Profil complexe offrant une excellente capacité d'évacuation et une faible turbulence.



Photo N° 16 : Le déversoir du lac artificiel dans la Serra da Estrela au Portugal. Mai 2022

Facteurs influençant le choix du profil :

- **Débit d'eau à évacuer** : Le profil doit être capable de gérer le débit maximal prévu.
- **Hauteur de chute** : Le profil doit minimiser les risques d'érosion et de cavitation.
- **Conditions d'écoulement** : Le profil doit être adapté aux conditions d'écoulement, telles que la présence de débris ou de sédiments.
- **Contraintes de construction** : Le choix du profil peut être limité par les contraintes de construction et les coûts.

Le seuil déversant et le profil déversoir jouent un rôle essentiel dans la gestion des eaux et la sécurité des ouvrages hydrauliques. Le choix du profil approprié est crucial pour assurer un fonctionnement optimal et une évacuation efficace de l'excès d'eau.



Photo N° 17 : Déversoir sur canal de la Marne au Rhin.

1.7° Le chenal d'écoulement

Un chenal d'écoulement est une structure linéaire conçue pour faciliter le drainage des eaux de pluie ou des eaux de ruissellement. Ces canaux sont généralement aménagés le long des routes, des terrains agricoles ou des zones urbaines pour évacuer rapidement l'eau et prévenir les inondations.

Les chenaux d'écoulement peuvent être en béton, en pierre, en métal ou en matériaux naturels, et sont souvent équipés de grilles ou de barrières pour empêcher les débris de bloquer le flux d'eau. Ils jouent un rôle important dans la gestion des eaux pluviales et contribuent à protéger les infrastructures et les habitations des dommages liés aux inondations.

C'est la partie qui relie le déversoir avec coursier, La forme rectangulaire est la plus adoptée pour le chenal, parce qu'il est la disposition Hydraulique la plus intéressante après un déversoir. L'écoulement dans ce chenal n'est généralement pas uniforme, car le chenal est trop court.

Il s'établit un ressaut, juste à l'aval du déversoir, qui conduit à un écoulement fluvial.

1.8° Le coursier

Le coursier est une structure qui contrôle le débit de l'eau qui passe à travers le barrage. Il s'agit d'une ouverture réglable située à la base ou sur le côté du barrage, permettant de réguler la quantité d'eau qui est relâchée en aval. En ajustant l'ouverture du coursier, les gestionnaires du barrage peuvent contrôler le niveau de l'eau en amont, la quantité d'eau qui est retenue ou relâchée, ainsi que la vitesse de l'écoulement. Cela permet de maintenir la stabilité du barrage et de gérer efficacement les ressources en eau.

C'est la partie comprise entre le chenal d'écoulement et le bassin d'amortissement. Il a une section rectangulaire d'une largeur de 3.5 m construit d'une façon qui permet le transport de l'eau, tel que la ligne de ce dernier ne dépasse pas la hauteur critique pour assurer la torrencialité de l'écoulement. Le coursier est un seul tronçon a une longueur de 65 m.

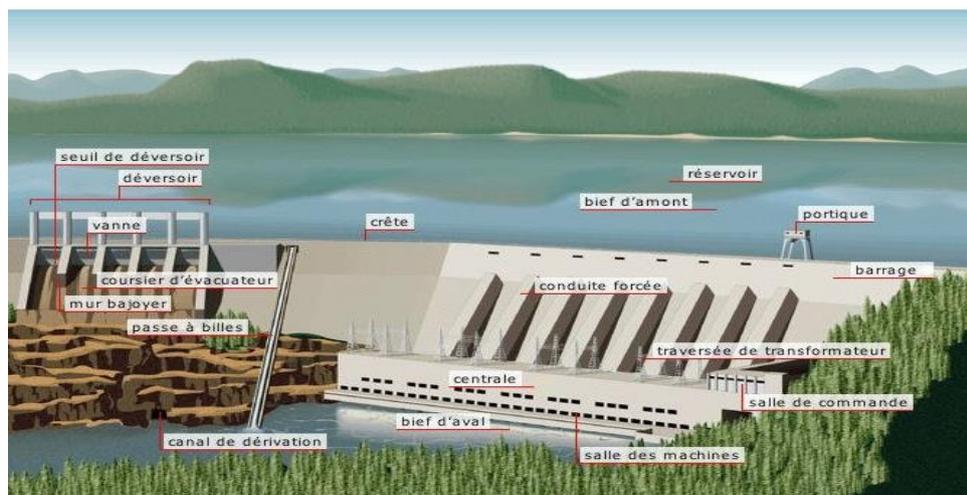


Figure N° 11 : Complexes hydroélectrique (ikonet.com)

1.9° Bassin d'amortissement

Le bassin d'amortissement est une zone conçue pour recueillir et stocker temporairement les eaux pluviales afin de réduire les risques d'inondation. Il permet de ralentir l'écoulement des eaux de pluie et de les filtrer avant qu'elles ne rejoignent les cours d'eau ou les réseaux d'assainissement. Le bassin d'amortissement contribue ainsi à protéger l'environnement en limitant les risques de pollution et en préservant la qualité de l'eau.

C'est un dispositif situé en aval du déversoir destiné à :

- Dissiper l'énergie due au déversement ;
- Amélioration partielle de la répartition des vitesses et des débits ;
- La méthodologie qu'on présente s'appuie sur les données connues suivantes :
- Débit de projet.
- Largeur du dissipateur.
- Hauteur de l'écoulement d'eau en aval (imposée par l'oued ou le canal de sortie).
- Hauteur de l'écoulement d'eau à l'entrée du dissipateur.



Photo N° 18 : Bassin de dissipation. (Photo INRAE - G2DR)

1.10° Canal de fuite

Un canal de fuite est une structure conçue pour permettre à l'eau de s'écouler en toute sécurité en cas d'urgence ou de surverse dans un barrage ou une retenue d'eau. Ce canal est généralement situé à côté du barrage et est conçu pour évacuer rapidement l'eau excédentaire afin de prévenir les inondations ou les dommages structurels. Le canal de fuite est dimensionné pour gérer des débits importants et est équipé de dispositifs de contrôle pour réguler le flux d'eau en fonction des besoins.

Il constitue un élément essentiel de la sécurité des barrages et des retenues d'eau, permettant de prévenir les risques de rupture ou de débordement.

Le canal de fuite fait suite directement au bassin de dissipation, il sert à conduire l'eau jusqu'au cours d'eau naturel. Le canal de fuite projeté est de section trapézoïdale.

Le but de son calcul est la détermination de la hauteur normale d'eau dans le canal, pour calculer cette hauteur, on utilise la formule de « MANNING ».



Photo N° 19 : Canal de fuite-**micro centrale hydrolique**

2° Vidange de fond

La vidange de fond est un processus contrôlé de libération de l'eau stockée dans un réservoir, un barrage ou une retenue en ouvrant une vanne ou une ouverture située au niveau le plus bas de la structure. Cette opération permet de réduire la quantité d'eau retenue et de contrôler le niveau d'eau dans le réservoir.

La vidange de fond peut être utilisée pour des raisons de maintenance, de sécurité, de gestion des crues ou pour libérer de l'eau pour l'irrigation ou d'autres usages.



Photo N° 20 : La vidange du barrage de mériges à débité (France)

Il est important de planifier et d'exécuter la vidange de fond de manière contrôlée pour éviter les inondations, les dommages aux infrastructures ou les impacts sur l'environnement.

Afin d'édifier le barrage à l'abri de l'eau courante dans l'oued ou d'une éventuelle crue, il est nécessaire de prévoir un chemin d'écoulement au débit quelques soit leur provenance. Ce chemin d'écoulement ne doit pas entraver ni gêner les travaux de construction de la digue et des ouvrages annexes.

Se basant sur la capacité du déversoir, le gabarit et les dimensions du barrage et pour des raisons d'économie, l'évacuation des eaux pendant le chantier se fait à l'aide de la conduite de vidange de fond à condition que les travaux soient entamés en début de la période sèche et que l'ouvrage d'entrée ne soit réalisé qu'après l'achèvement des travaux de la digue[...]

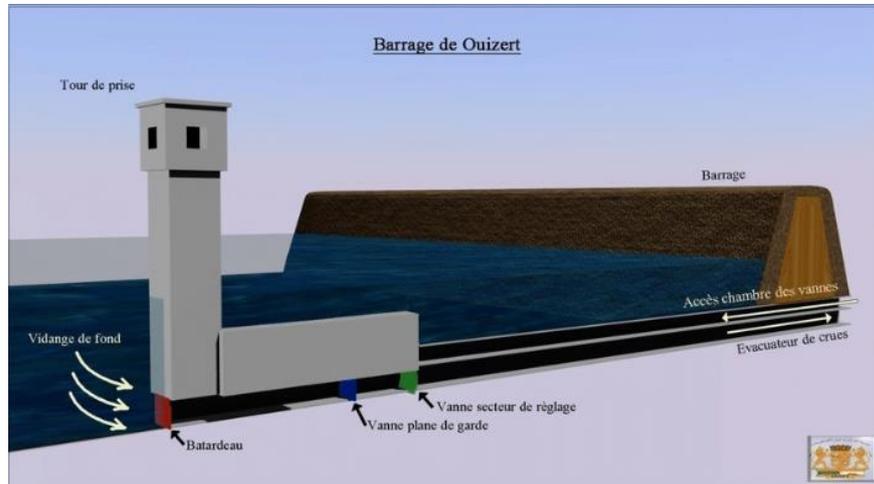


Figure N° 12 : Schéma des composants de la vidange de fond du barrage de Ouizert

2.1° Bassin d'amortissement après la chambre des vannes

Le débit à vidangé = 10 m³/s, avec une vitesse $V_{vid} = 8.85$ m/s, lors de la vidange, la vitesse d'écoulement peut provoquer des problèmes à l'aval (érosion) ce qui nous a amené à projeter un ouvrage de dissipation, on fait projeter des enrochements à la sortie de la vidange de fond jusqu'au débouchement du cours d'eau.

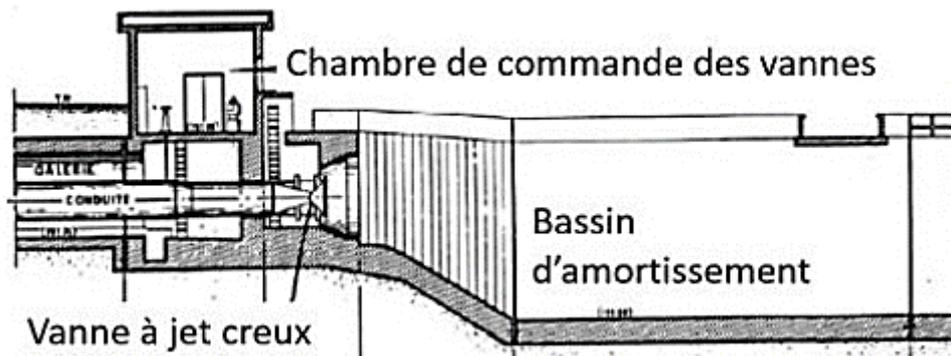


Figure N° 13 : schéma de bassin d'amortissement

3° Ouvrage de prise d'eau

À l'origine d'une chute, il y a :

- Soit un lac naturel d'altitude ;
- Soit un lac ou un réservoir aménagé grâce à un barrage ;
- Soit une prise d'eau sur une rivière ou un torrent d'altitude, voire sur un torrent sous-glaciaire ou sur l'exutoire de fonte d'un glacier.

3.1° Prise d'eau en rivière

Une telle prise d'eau comprend :

un ouvrage d'entrée, en général constitué d'un seuil ou d'un petit barrage sur la rivière ou le torrent dont on dérive l'eau ; la fonction de ce petit barrage est de maintenir un niveau d'eau suffisant au droit de la prise ; en amont de ce seuil ou de ce barrage, part un canal qui dérive la partie souhaitée de l'eau ; l'endroit idéal pour faire partir ce canal est sur la rive extérieure d'un coude de la rivière (pour profiter de la force centrifuge), mais si la rivière ne s'y prête pas, ce canal peut être dans l'alignement de la rivière ;

Des vannes de réglage du débit dérivé ;

Des ouvrages d'épuration, permettant d'éliminer les graviers, corps flottants (grille) et autres sédiments (par exemple, bassin de décantation).

3.2° Prise d'eau sur un lac ou un réservoir

Une prise d'eau sur un lac ou un réservoir est constitué d'une galerie dans laquelle l'eau peut circuler « en charge » (c'est-à-dire sous pression, sans surface libre) si la prise d'eau est située sous la surface, ou bien à surface libre si la prise est réalisée en surface.

Elle peut être aménagée :

- À l'intérieur de la structure même du barrage, en particulier lorsque l'usine est intégrée au barrage ou accolée à sa face aval ;
- Sous le lac, selon une technologie assez répandue qui conduit à réaliser un tunnel qui perce le fond du lac ;
- Creusée latéralement dans la roche constituant la rive d'un réservoir.

Le but de cet ouvrage est d'assurer le débit de pointe que satisfaire les besoins en irrigation des terres agricoles de la région. Pour bien la dimensionner, on devrait tenir compte de la répartition des besoins mensuels d'irrigation à satisfaire. (Ginocchio, R)

3.3° Type de prise

3.3.1° Prise d'eau en charge

Ce type est représenté par une conduite sous le remblai en « âme tôle » ou en acier enrobé de béton. Ce type d'ouvrage est très économique, permettant une prise d'eau avec faible perte de charge et donne l'avantage du regroupement des organes de commande au pied aval de la digue.

En outre l'inconvénient majeur est le niveau unique de prise et la fonction non séparée avec la vidange.



Photo N° 21 : Tour de prise Barrage de Montbel (Ariège) INRAE – G2DR

3.3.2° Prise d'eau flottante

Dans cette variante, les fonctions de prise et de vidange sont séparées, le prélèvement d'eau s'effectue à une profondeur constante ; l'inconvénient de celle-ci et celui du coût important de sorte qu'elle nécessite des mécanismes relativement sophistiqués nécessitant un entretien périodique de pièces hydromécaniques.

Cette variante représente l'avantage du prélèvement à différents niveaux, la séparation des fonctions (prise-vidange), mais du point de vue économique elle est plus coûteuse (la tour plus la passerelle), ainsi que la sensibilité aux secousses dues aux séismes ^[3].

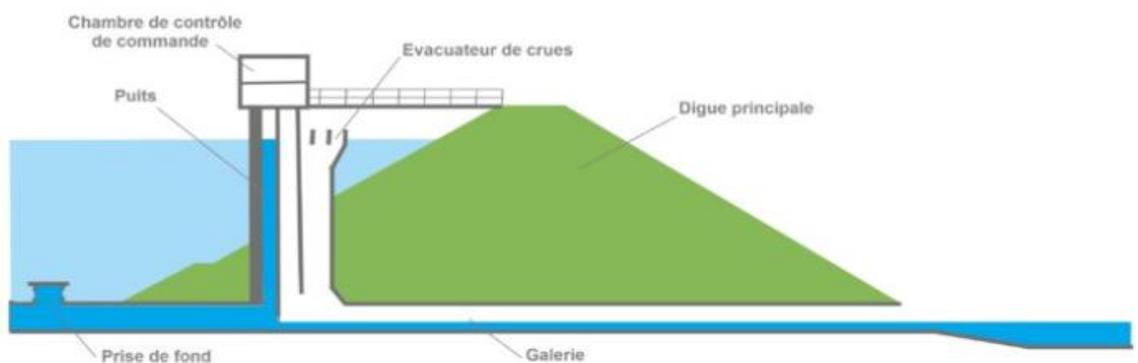


Schéma du barrage de Lavaud

Figure N° 14 : schéma du barrage de lavaud



Photo N° 22 : Tour de prise Barrage de Trapan (Var) INRAE – G2DR



Photo N° 23 : Tour de prise (Photo C. Curt - INRAE - G2DR)

4° Autre ouvrages annexes

Passes à poissons

Les passes à poisson. ont pour objet de permettre le franchissement des ouvrages par les poissons migrateurs à la montaison . L'efficacité d'une passe à poisson dépend beaucoup de la faculté qu'ont les poissons à en trouver l'entrée le plus rapidement possible. Elles sont de plusieurs types, adaptées au type de poisson et à la configuration du site :

- Passes à bassins successifs ; cette passe consiste à fractionner la chute en plusieurs chutes de faible hauteur, que les poissons puissent franchir ; il s'agit d'une série de bassins communiquant entre eux, reliant le pied de la chute au bief amont ; les communications entre bassins peuvent être à déversoirs, à orifices noyés ou à fentes verticales ; c'est le type de passe le plus rencontré de par le Monde ;
- Passes à ralentisseurs, constituées d'un canal à forte pente de déflecteurs régulièrement espacés destinés à constituer des zones de remous et à ralentir la vitesse de l'eau ;

- Passes dites « naturelles » ou « rustiques » ; elles comportent divers types de dispositifs construits avec des blocs en enrochement, par exemple, qui essayent de reproduire les caractéristiques d'un torrent naturel ;
- Ecluses à poisson ;
- Ascenseurs à poissons ;
- Passes spécifiques à l'anguille, constitués de caniveaux à forte pente garnis d'un revêtement adapté à la reptation des jeunes anguilles, et avec un faible débit d'eau.
- Pour la dévalaison, le principe consiste à guider ou à attirer les poissons dans un by-pass de contournement de la turbine (grilles, barrières comportementales).(GINOCCHIO M.)
-

Chapitre III
Alimentation
artificielle des nappes

1° Introduction

Le but de ce chapitre est de décrire et de définir la recharge naturelle du niveau des eaux souterraines. Après cela, nous concentrerons sur la recharge artificielle du niveau des eaux souterraines, où ses types, méthodes et techniques seront mentionnés, ainsi que les objectifs poursuivis. Cette dernière recherche.

Les conditions naturelles de la recharge artificielle. Les aspects négatifs et positifs de ce processus. Les enjeux économiques de la recharge artificielle.

La figure suivante (figure N°15) montre les différents types d'alimentation ou de recharge des nappes souterraines.

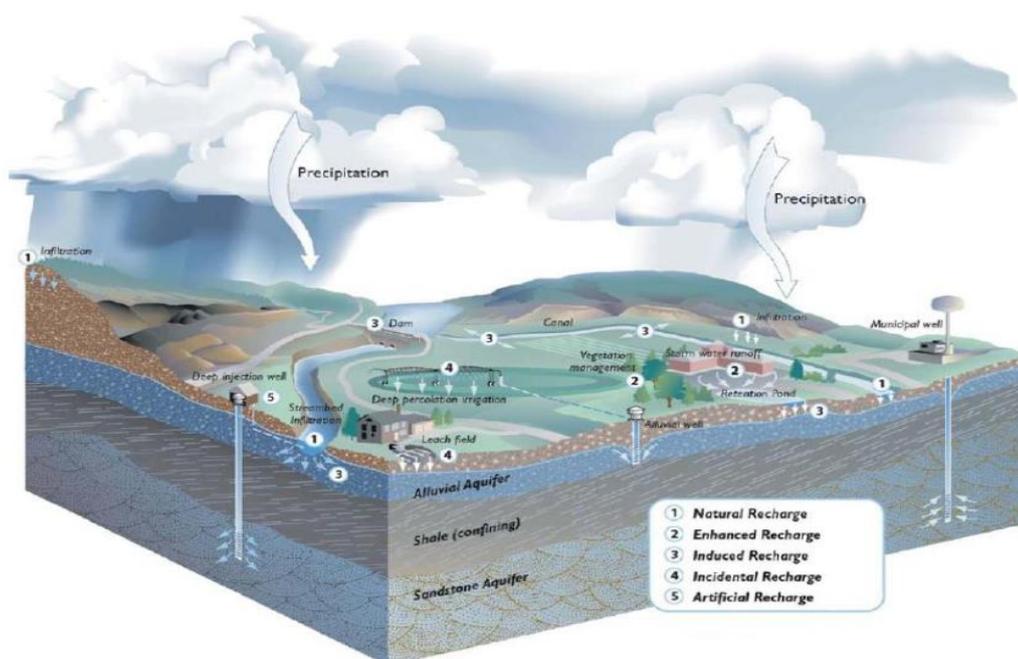


Figure N° 15 : Schéma simplifié différents types de recharge des nappes (ABAIDIA, S. 2008)

2° La recharge naturelle des nappes

Le processus de recharge naturelle des eaux souterraines est considéré comme l'un des processus hydrologiques dans lesquels l'eau se déplace de la surface vers le fond.

Ce processus se produit par la fonte des neiges et les précipitations en quantités efficaces (la quantité produite après déduction du taux d'évaporation et du ruissellement de surface). (Et dans une moindre mesure par les eaux de surface (rivières et lacs). Il en existe deux types : directs et indirects. (Karima, S. 2008.)

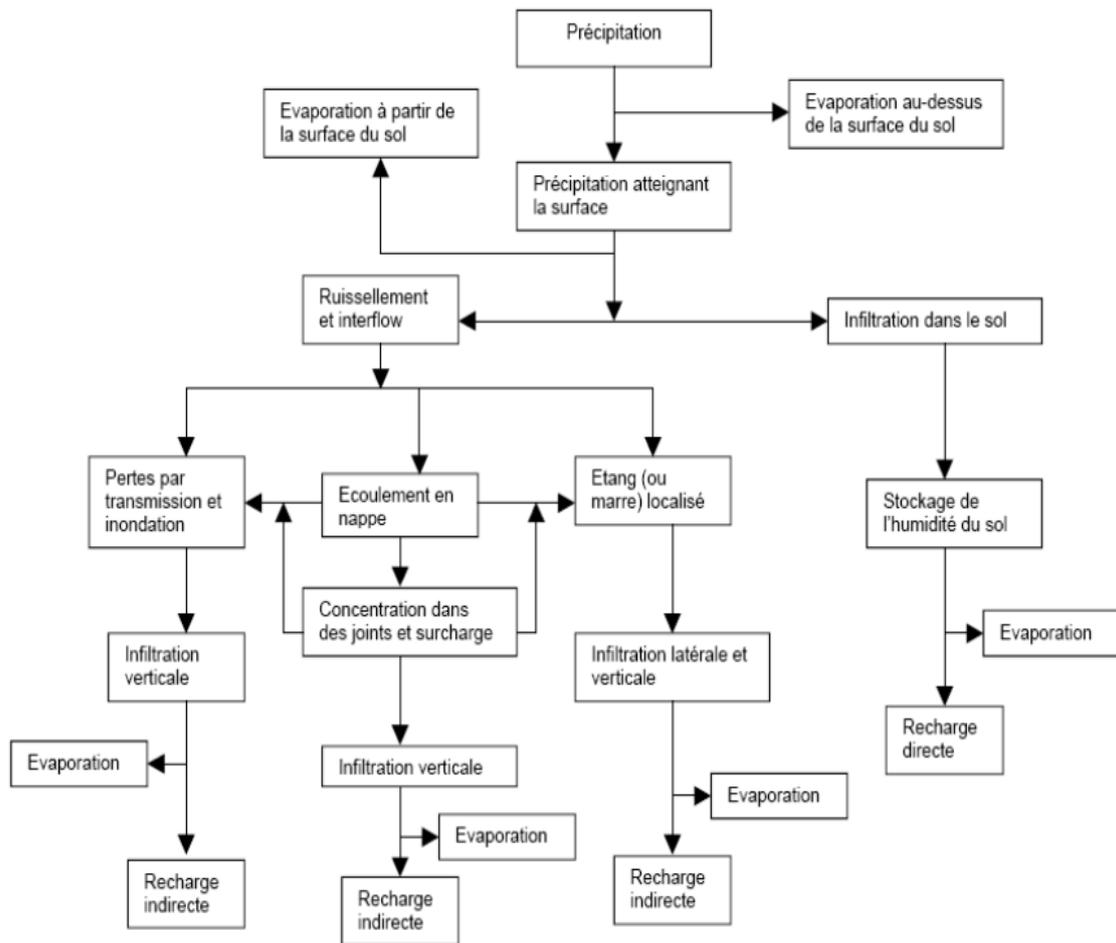


Figure N16: Mécanisme de recharge naturel (ABAIDIA, S. 2008)

2.1° La recharge directe

Le concept de la recharge directe est l'infiltration efficace, c'est-à-dire la partie de la pluie qui s'infiltré de la surface jusqu'à la nappe phréatique par, infiltration des eaux de pluie ; Par ce processus, nous entendons l'infiltration des eaux pluviales, qui consiste à laisser passer l'eau de pluie à partir du sol, ce qui peut contribuer à recharger les nappes phréatiques et réduire les risques d'inondation. (ABAIDIA, S. 2008)

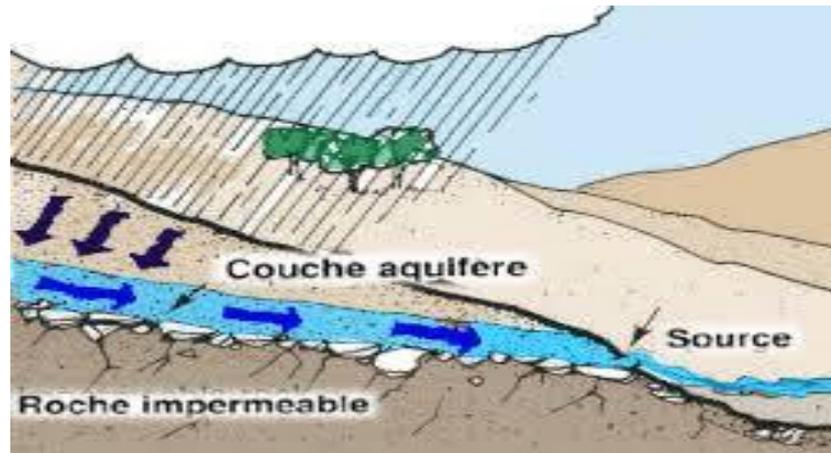


Figure N° 17 : Figure montrant comment alimenter par infiltration d'eau de pluie (Sources et puits fournissent l'eau d'infiltration)

2.2° La recharge indirecte

Par ce terme nous entendons tout ce qui provient de l'infiltration ou de la filtration latérale des eaux de surface provenant des plans d'eau, des rivières, des vallées par :

Alimentation à partir d'un cours d'eau

Ce type de système est le plus complexe à estimer avec précision, et cela est dû à certains facteurs, notamment la nature du cours d'eau et les conditions hydrodynamiques des berges. (ABAIDIA, S. 2008)

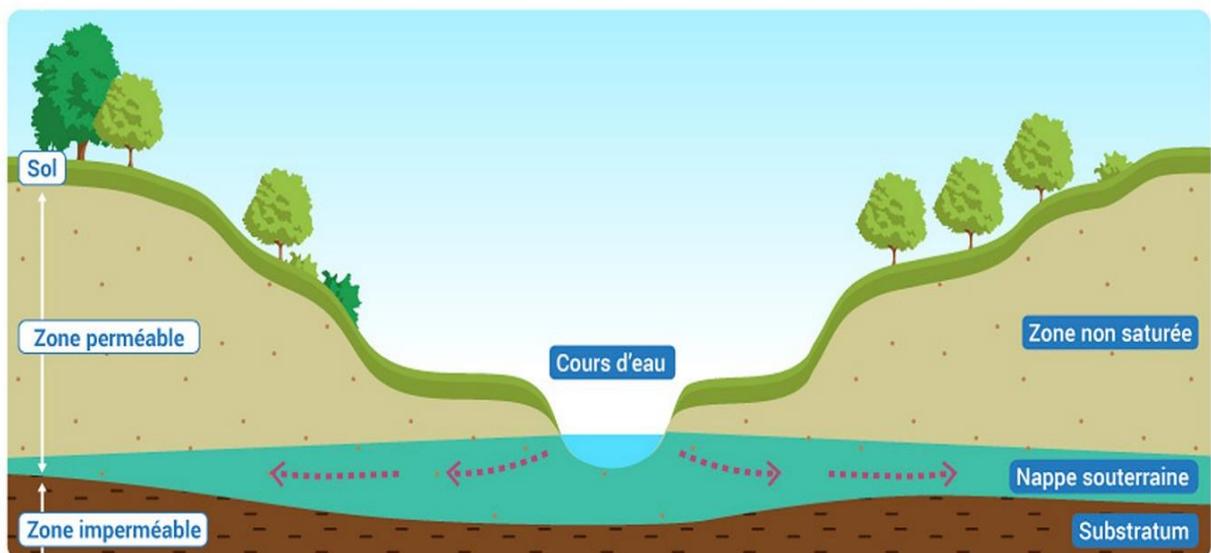


Figure N° 18 : Figure montrant l'approvisionnement par un cours d'eau (Les eaux souterraines, des systèmes dynamiques).

3° Recharge artificielle des nappes

La recharge artificielle des eaux souterraines est définie comme l'augmentation d taux de recharge des eaux souterraines par les activités humaines, largement pratiquée à travers le monde pour diverses raisons. Elle implique essentiellement la restriction de l'écoulement des eaux de surface et donc leur augmentation. Le taux d'infiltration dans les couches de sol est augmenté par la construction des barrages en terre, également appelée collecte des eaux de pluie, pratiquée depuis des milliers d'années dans les régions arides et semi-arides en Inde. Ce processus joue un rôle important dans l'amélioration de la qualité de l'eau par filtration.

Il a de nombreuses utilisations telles que l'irrigation des cultures et autres, considérées comme des techniques de gestion des ressources en eau, qui se sont répandues dans tous les pays du monde, avec plusieurs conditions, facteurs et méthodes, comme mentionné ci-dessous.(GALE, I N, NEUMANN, I, CALOW, R C AND MOENCH, M. 2002).

3.1° Les types de la recharge artificielle

La recharge artificielle des réservoirs d'eau souterraine est divisée en deux types :

1. Alimentation artificielle profonde
2. Alimentation artificielle en surface

3.2° Les méthodes et les techniques de la recharge artificielle des nappes

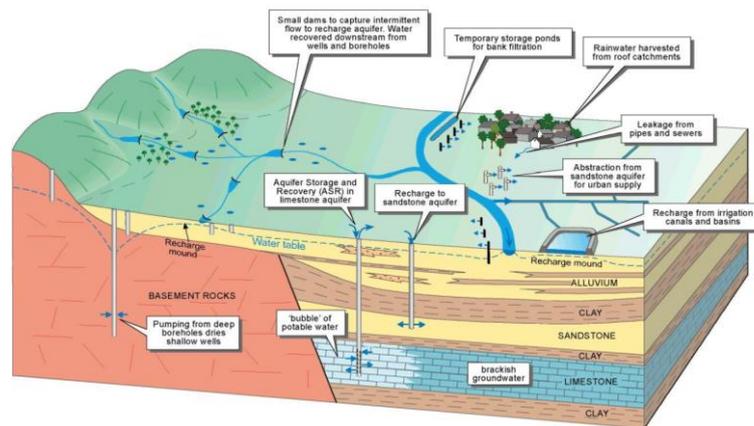


Figure N° 19 : Diagramme des différentes méthodes de recharge artificielle (GALE, I N, NEUMANN, I, CALOW, R C AND MOENCH, M. 2002).

3.2.1° Méthode d'infiltration de surface : Il y'a trois technique de recharge artificielle des nappes :

1. Réalimentation par bassin d'infiltration

2. Méthode d'infiltration de subsurface
3. Méthode d'injection directe

3.2.1.1° Réalimentation par bassin d'infiltration

Un bassin d'infiltration est une structure conçue pour collecter les eaux de ruissellement et permettre leur infiltration dans le sol. Ces bassins sont souvent utilisés dans la gestion des eaux pluviales pour réduire les risques d'inondation, recharger les nappes phréatiques et prévenir l'érosion. (In thesis K.SGHIR, 2008)

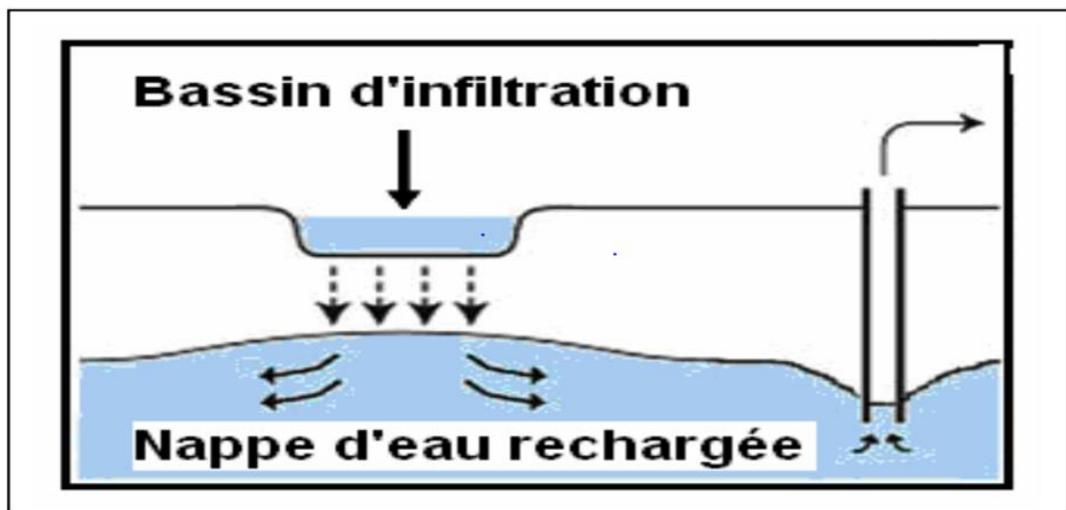


Figure N° 20 : Figure de Bassins d'infiltration (In thesis K.SGHIR, 2008)

3.2.1.2° Les différents types de bassin d'infiltration

1° Bassins à fond nu

Ce sont des cavités simplement creusées dans le sol sans aucun aménagement particulier. Ils ont une faible profondeur pour ne pas accentuer les problèmes du colmatage par augmentation de charge hydraulique. Malgré tout, ils restent très sensibles à ce problème et il est nécessaire de travailler le fond du bassin régulièrement par labourage ou grattage. Les avantages des bassins à fond nu incluent leur coût relativement bas par rapport aux structures revêtues, ainsi que leur capacité à favoriser la recharge des nappes phréatiques et à soutenir la biodiversité des écosystèmes aquatiques. Cependant, leur utilisation peut être limitée dans les régions où le sol est imperméable ou où la contamination des eaux souterraines est un problème, car il n'y a pas de barrière imperméable pour empêcher la migration des polluants vers les eaux souterraines.

2 Bassins à végétation

Les bassins à végétation, également appelés bassins de lagunage ou bassins de traitement par les plantes aquatiques, sont des installations conçues pour le traitement des eaux usées ou des eaux pluviales en utilisant des plantes aquatiques pour éliminer les contaminants et les polluants. Les bassins à végétation offrent de nombreux avantages, notamment une faible consommation d'énergie, une intégration esthétique dans l'environnement, et une amélioration de la qualité de l'eau. Ils sont souvent utilisés dans le traitement des eaux usées dans les zones urbaines et rurales, ainsi que dans la gestion des eaux pluviales pour réduire les risques d'inondation et la pollution des cours d'eau.



Photo N° 24 : Recharge artificielle par Bassins à végétations (ABAIDIA, S. 2008)

3 Bassins à sable

Le processus de recharge artificielle des nappes par bassin de sable est une méthode utilisée pour renouveler les réserves en eau des nappes phréatiques en utilisant un bassin contenant des couches de sable et de gravier. Ce bassin est conçu pour agir comme un type de filtre, permettant de filtrer et de purifier les eaux de surface ou les eaux usées avant qu'elles ne s'infiltrent dans la nappe phréatique.

Pendant le processus de recharge, l'eau est autorisée à s'infiltrer progressivement à travers les différentes couches de sable et de gravier. Ce processus de filtration élimine les impuretés et les grosses particules de l'eau, produisant ainsi de l'eau propre et désinfectée qui s'infiltré dans la nappe phréatique.

Ce type de recharge est considéré comme efficace pour améliorer la qualité de l'eau et augmenter les réserves en eau souterraine. Il est largement utilisé dans les régions souffrant de pénuries d'eau ou de problèmes de qualité de l'eau. Cependant, il est important de prendre en compte les exigences en matière d'ingénierie, d'environnement et d'économie lors de la conception et de la mise en œuvre de telles installations.



Photo N° 25 : Recharge par Bassins à sable (ABAIDIA, S. 2008)

3.2.1.3 °Inondation et irrigation

La recharge artificielle des eaux souterraines par les inondations et l'irrigation est une méthode utilisée pour reconstituer les réserves d'eau souterraine en les alimentant directement dans les canaux d'irrigation.

Dans ce processus, des zones sélectionnées sont délibérément inondées, permettant à l'eau de s'infiltrer dans le sol et de recharger la nappe phréatique. Cette méthode est souvent utilisée dans les zones où la nappe phréatique est surexploitée ou où il est nécessaire de reconstituer les eaux souterraines.

Ces méthodes de recharge artificielle sont utilisées pour augmenter les réserves en eaux souterraines et améliorer la qualité de l'eau dans les zones touchées par la surexploitation des ressources en eau. Cependant, ils nécessitent une planification minutieuse pour minimiser les impacts environnementaux et maximiser l'efficacité de la recharge. Ce système est sujet au taux d'évaporation et nécessite d'utiliser de grandes surfaces de Terrains.

L'avantage réside dans le fait qu'en dehors des périodes de cultures, il est possible d'utiliser les ouvrages d'irrigation agricoles (canaux, arrosage, etc.) afin de développer L'alimentation artificielle des nappes souterraines. Cette méthode peut être utilisée là où les Conditions géologiques ne permettent pas de réaliser des bassins ou des forages de réalimentation (ABAIDIA Sofiane (26/06/2008)



Photos N° 26 : Inondation et irrigation (Irrigation par inondation d'une Plantation de légumes gaspillant de l'eau).

3.2.1.4° Recharge par aspersion

Le processus de recharge des eaux souterraines par pulvérisation est une technique utilisée dans le domaine de la gestion des ressources en eau pour reconstituer les réserves d'eau souterraine. Il se fait par pulvérisation d'eau avec des asperseurs qui permettent à l'eau de s'infiltrer progressivement dans les couches plus profondes. Eau évaporée.



Photos N° 27 : Photos de la Recharge par aspersion (irrigation par aspersion)

3.2.1.5° Aménagements de cours d'eau

Cette technique consiste à augmenter la nutrition naturelle du sol. Pour ce faire, il existe plusieurs façons de créer des canyons inclinés, d'installer des barrages sur la rivière qui réduisent la vitesse de l'eau. Parce que cela a un triple effet. Il permet d'augmenter la surface de terre qui retient l'eau, d'augmenter la charge hydraulique, de ralentir la circulation de l'eau ; Tous ces processus

contribuent à augmenter les taux d'infiltration, et cette technologie est considérée comme rentable en raison de ses faibles coûts d'établissement et de maintenance.



Photos N° 28 : Une Photos d'un aménagement de
cours d'eau (In thesis K.SGHIR, 2008)

3.2.1.6° Fossés et sillons

La recharge artificielle par fossés et sillons est une méthode utilisée pour augmenter les niveaux d'eau souterraine en dirigeant et en stockant l'eau de surface dans des canaux ou des sillons creusés dans le sol.

Cette technique est souvent utilisée dans les régions où les précipitations sont insuffisantes ou irrégulières, ou lorsque les nappes phréatiques ont été surexploitées.

Le processus commence généralement par la création de fossés ou de sillons dans le sol, généralement à une pente légère pour permettre à l'eau de s'écouler naturellement.

Ces fossés peuvent être creusés à l'aide d'engins mécaniques ou manuellement, en fonction de la taille du projet et des ressources disponibles. Une fois que les fossés ou les sillons sont en place, ils sont utilisés pour collecter les eaux de pluie ou les eaux de ruissellement provenant des surfaces environnantes, telles que les toits, les routes ou les champs.

L'eau est ensuite dirigée vers les zones où les niveaux d'eau souterraine sont faibles. L'eau s'infiltré alors naturellement dans le sol à travers les fossés ou les sillons, rechargeant ainsi les nappes phréatiques.

Cette technique peut être utilisée de manière intermittente, en fonction des précipitations, ou de manière continue si les fossés sont alimentés par des sources permanentes telles que des rivières ou des canaux d'irrigation.

La recharge artificielle par fossés et sillons présente plusieurs avantages, notamment sa simplicité, son coût relativement faible et son faible impact environnemental.

Cependant, elle peut être limitée par la disponibilité des terres et des ressources en eau, ainsi que par la nécessité de gérer les problèmes tels que l'érosion des sols et la contamination des eaux de surface. (ABAIDIA, S. 2009+ In thesis K.SGHIR, 2008).



Photos N° 29 : Photos d'un Fossés et sillons (Vue d'un fossé à redents de Pierres sèches (Auteur : Y. Nédélec)

3.2.2° Méthode d'infiltration de subsurface

Les méthodes d'infiltration souterraine (figure 22. Photo 32) sont utilisées lorsque les sols de surface ne sont pas adéquats pour effectuer une opération de recharge. Cela peut se produire lorsque la couche superficielle du sol est contaminée, lorsque la zone saturée est séparée de la surface par une mince couche imperméable, ou lorsque les terrains de surface ne suffisent pas pour la recharge. Ces méthodes impliquent généralement l'utilisation de drains, de puits ou d'autres types d'excavations dépassant les couches imperméables. L'eau est alors injectée dans des formations non saturées situées sous la surface, au-dessus du niveau piézométrique de la nappe phréatique (ABAIDIA, S. 2009)

3.2.2.1° Fosses de filtration

Les fosses de filtration sont l'une des techniques utilisées pour la recharge artificielle des nappes, car nous créons des fosses de profondeur moyenne et les remplissons de sable et de gravier pour aider à stocker l'eau et à la filtrer jusqu'au fond.



Photos N° 30 : Photos d'un Fosses de filtration (ABAIDIA, S. 2008)

3.2.2.2° Réalisation d'un barrage d'inferoflux

Cette approche s'est développée notamment dans les zones désertiques, où ces barrages consistent à créer une barrière devant les eaux inférieures, ce qui permet d'élever le niveau piézométrique de la nappe phréatique dans la zone environnante. Ce type de barrage travaille à réguler l'élévation saisonnière et annuelle. Et stabiliser le niveau des eaux souterraines et stocker l'eau de manière à la protéger de l'évaporation et des sources potentielles de pollution.



Photos N° 31 : Photos d'un barrage d'inferoflux (ABAIDIA, S. 2008)

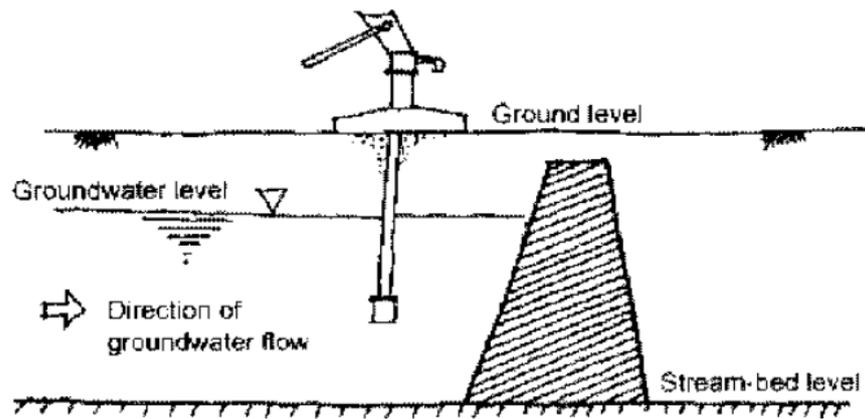


Figure N° 21 : Schéma d'un barrage d'infero flux (ABAIDIA, S.2008)

3.2.3° Méthode d'injection directe

Ces méthodes incluent les puits d'injection, le stockage et la récupération des eaux souterraines, car ces dispositifs nécessitent une eau de bonne qualité en raison de son injection directe dans l'aquifère.

Puit d'injection

Ce type de recharge artificielle a été utilisé dans de nombreux pays, comme la France et l'Amérique, où l'on pompe de l'eau dans des puits d'un certain diamètre sans préparation préalable avec une certaine pression, ce qui permet à l'eau d'atteindre le niveau de la nappe phréatique. Le blocage était accessoire à l'application de cette technologie et présente également plusieurs problèmes tels que la possibilité de contamination des eaux souterraines, des coûts de maintenance élevés....

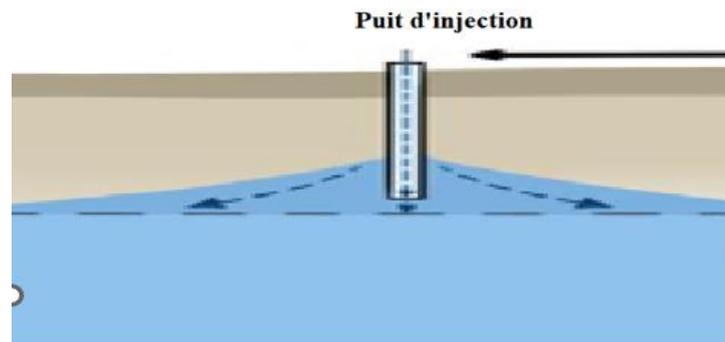


Figure N° 22 : Figure de Puit d'injection (In thesis K.SGHIR, 2008)

4° Les objectifs recherchés par la recharge artificielle

- L'alimentation artificielle poursuit de nombreux objectifs, notamment :
- Améliorer les ressources en eau quantitativement et qualitativement,
- Restaurer l'aquifère surexploité à cause du processus de pompage excessif, et ceci est considéré comme l'objectif principal de ce processus,
- Réduire la concentration de certains éléments chimiques par dilution et utiliser le pouvoir auto-épuratif du sol., qui est considéré comme un processus plus simple et plus économique,
- Stockant l'eau pour l'utiliser à un moment différé,
- La formation d'un bassin hydraulique contre le développement d'eau salée, notamment d'origine marine, dans les opérations côtières.

5° Conditions naturelles de la recharge artificielle

Le choix du site et du dispositif de la recharge artificielle dans une région donnée doit se faire au fur et à mesure des travaux d'études géologiques, hydrogéologiques, hydrologiques. A leur tour le dispositif choisi et son schéma d'aménagement déterminent les caractéristiques des principaux travaux et études de terrain et hydrotechniques à entreprendre. Les conditions fondamentales pour l'application de la recharge artificielle sont :

- L'existence d'un problème à surmonter (surexploitation d'une nappe, intrusion marine, pollution, pénuries saisonnières ou régionales,) ou stockage d'eau pour les générations futures.
- L'existence de formations perméables dans le sous-sol permettant le stockage d'eaux réinjectées.
- La disponibilité d'une source d'alimentation des ouvrages de la recharge artificielle (oueds, barrages...) de qualité et de quantité désirables.

6° Avantages de la recharge artificielle des nappes

- Prévention de la perte d'eau par évaporation
- Réduction de l'emprise au sol
- Contribution à la gestion des crues
- Soutien de la biodiversité
- Amélioration de la qualité des eaux
- Sécurisation de l'alimentation en eau
- Augmentation de la production agricole
- Lutte contre l'intrusion saline

7° Avantages économiques de l'alimentation artificielle

Les avantages économiques de la recharge artificielle des eaux souterraines comprennent plusieurs aspects, tels que la fourniture d'eau aux communautés à faible coût par rapport à la

recharge naturelle, l'amélioration de l'accès à l'eau dans les zones souffrant de pénuries d'eau et la réduction de la dépendance aux sources d'eau de surface exposées à la pollution et les impacts environnementaux négatifs.

Il contribue également à améliorer la durabilité économique en fournissant de l'eau propre pour l'agriculture et l'industrie, favorisant ainsi la croissance économique et créant des opportunités d'emploi dans les secteurs concernés.

8° Inconvénients de la recharge artificielle des nappes

- Le stockage souterrain des résidus liquides peut provoquer des risques sur le sous-sol
En raison de la nature physico-chimique de ces résidus liquides comme là
Détérioration de gisements minéraux et la dégradation d'eaux souterraines
- Elle nécessite la construction d'infrastructures qui peuvent être plus ou moins
Coûteuses suivant les méthodes mises en œuvre
- Les surfaces d'injection nécessaires sont très importantes ce qui signifie une
Mobilisation de terrains très étendue en cas de méthodes d'infiltration de surface
- Le colmatage est l'obstacle majeur auquel se heurte le fonctionnement de tout ouvrage
D'alimentation artificielle.

9° Conclusion

De nombreux pays dans le monde souffrent du problème du manque de disponibilité en eau, en particulier ces dernières années qui ont connu une sécheresse majeure. Nous avons discuté dans ce chapitre de la manière de reconstituer naturellement et artificiellement les eaux souterraines. Nous avons également présenté quelques méthodes et techniques. Pour ce procédé, mentionnant les points positifs et négatifs de ce dernier et les conditions de son utilisation.

Chapitre IV
FAISABILITE
DE LA PLAINE DE
TEBESSA

1° Introduction

La recharge artificielle consiste à augmenter les réserves d'eau souterraine par des moyens contrôlés et planifiés, ce qui permet de réguler le niveau de la nappe phréatique et de réduire les risques d'inondation lors des périodes de fortes pluies, notamment les orages estivaux. Cette technologie offre également l'avantage de valoriser les ressources en eau disponibles en période de sécheresse, contribuant ainsi à une gestion intégrée et équilibrée des ressources en eau.

Dans ce contexte, certains ouvrages de recharges peuvent fonctionner en deux sens ; Le captage des eaux de surface et l'écrêtement des crues et en même temps la recharge artificielle des eaux souterraines.

En effet ; Un barrage est un ouvrage, par sa conception est destiné la réception des eaux de pluie, et l'écrêtement des averses ; Si celles-ci sont captées dans le lac artificiel, ces eaux captées n'auront pas la possibilité de se transformer en inondations, c'est la fonction usuelle d'un barrage.

Maintenant, si la cuvette n'est pas tout à fait étanche, elle peut jouer le rôle de bassin d'infiltration, c'est la fonction secondaire (accessoire) du barrage.

Dans ce contexte, le bassin Tébessa-Morsott reçoit, via son réseau hydrographique une quantité d'eau des précipitations que ce réseau draine vers la plaine. Le bassin de Tébessa-Morsott reçoit, en période sèche des P qui s'écoulent normalement dans le réseau hydrographique,

En période sèche la région de Tébessa connaît des averses qui parfois se transforment en inondations catastrophiques ; Parfois ces catastrophes sont dues au mauvais choix de terrain pour certains équipements, par exemple l'ancien pôle universitaire qui coupe trois cours d'eau et qui a nécessité la mise en place d'un barrage et de déviation de certains oueds, opération qui s'est terminée par des inondations répétitives, suite à la rupture du barrage.

Dans ce chapitre, nous présentons deux projets ; Le premier est un Avant-Projet Détaillé du BE **THECNOTHAP** Qui concerne la protection de ville contre les inondations. Le deuxième concerne les travaux réalisés par la HCDS, en aménagement de l'oued. Bouakkous et Ain Chabro

2° Au niveau de la ville

La ville de Tébessa située au sud de la plaine

Tébessa ou **Tbessa** (en arabe : تيسة ; en tamazight : *Tibest* ou *Tebest*) est une commune d'Algérie, chef-lieu d'une wilaya, située à l'est du pays, entre le massif de l'Aurès et la frontière algéro-tunisienne.

La ville remonte à l'époque antique, où elle portait le nom de *Thevest* francisé en *Théveste*. Elle dispose d'un patrimoine historique et archéologique antique important notamment dans sa médina toujours ceinte d'une muraille byzantine.

Tébessa est la forme arabisée de *Théveste*. Pellegrin rattache le toponyme *Tébessa* au mot chamito-sémitique signifiant « oasis ». Il y rattache aussi un autre toponyme algérien, Touat, ainsi qu'Oea, nom antique de Tripoli et l'oasis de Siwa

Le nom antique de la ville est *Hecatompyle* en grec et *Theveste* en latin

Tébessa est à 16 km à vol d'oiseau, mais à 45 km par la route nationale 10, de la frontière algéro-tunisienne. Elle est située à 130 km au sud de Souk Ahras par la route nationale 16, à 233 km d'Annaba, à 200 km de Constantine⁵ et à 634 km au sud-est d'Alger

Elle se situe à l'extrême Est de l'Algérie et occupe un emplacement remarquable entre le tell et le Sud des hauts plateaux jusqu'aux régions présahariennes. (Wikipédia)



Figure N° 23 : Extrait de la carte topographique Tébessa (In THECNOTHAP)

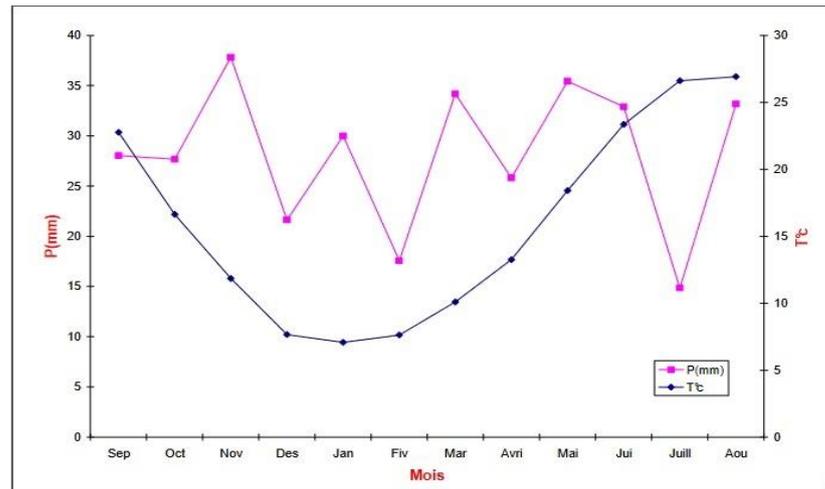
La ville de Tébessa reçoit Une moyenne mensuelle de précipitations a été calculée sur une période de 35 ans pour la station de Tébessa. L'analyse de l'évolution des précipitations mensuelles a révélé d'une part une moyenne mensuelle maximale pour la station de Tébessa, atteignant 41,1 mm en septembre ; et d'autre part un minimum en juillet, d'environ 13,3 mm.

Le tableau suivre représenter des précipitations de la ville de Tébessa sur la période 1980-2016

Tableau 01 :Précipitations moyennes mensuelles pour la station de Tébessa Sur la période (1980-- 2016) (mm) (In **THECNOTHAP**)

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou
P(mm)	41.06	31.46	29.45	29.31	31.23	20.41	31.77	33.72	38.16	27.26	13.26	24.48
T(°C)	22.29	17.93	11.54	8.27	6.60	7.39	11.27	14.14	19.37	24.16	27.58	27.08

En période sèche, qui commence au mois de Mai (cf. diagramme ombrothermique), en moyenne la ville reçoit plus que 100mm. Représentée par le diagramme



Titre ^[7] Figure N° 24 : diagramme embro thermique de la ville (In thesis K.SGHIR, 2008)

La ville de Tébessa est traversée par plusieurs oueds qui fonctionnait normalement. Mais suite à des travaux d'aménagement, dans la ville aux années 80, qui consistaient, entre autres, à la canalisation et la couverture des cours d'eaux qui traversaient la ville, ce qui a conduit à ce qui devait arriver !

Des inondations catastrophiques ont causé des dégâts importants, dans ce cadre le bureau d'étude THECNOTHAP, PROPOSE sur la base d'une étude d'un avant-projet dans le cadre de la protection de la ville contre les inondations, trois digues filtrantes sont proposées aux exutoires des SBV SE de la ville (figure 25)



Photo N° 32 : photo de la ville de Tébessa au temps de l'inondations du 18/09/2018(In THECNOTHAP)

Surface du bassin versant :

La superficie du bassin versant influe sur la zone d'étude obtenue par planimétrie.

$$S = 6.55 \text{ km}^2$$

Tableau 04 : La superficie en Km² de trois SBV (In THECNOTHAP.)

N°	S/B sup en Km ²	Longueur Thalweg en ml
01	SB01 = 1.6Km ²	TH01 = 1850.15 ml
02	SB02 = 1.03Km ²	TH02 = 2449.87 ml
03	SB03 = 3.92Km ²	TH03 = 3691.54 ml

C'est une surface qui agit sur le site urbanisé notamment quartier zaouia et la route stratégique donc l'influence en terme hydrologique est plus ou moins importante.

Périmètre du bassin versant

A l'aide de la carte de bassin versant échelle 1/4000 on a parcouru la ligne de partage des eaux délimitant le bassin versant. **P = 4.33Km**

Longueur du thalwegs principaux

Pour cette définition un thalweg à l'origine suivant l'explication cité précédemment c'est un thalweg ou l'écoulement d'eau voir prendre un chemin qui sont

$$TH01 = 1.850 \text{ Km} - TH02 = 2.449 \text{ Km} - TH03 = 3.691 \text{ Km}$$

Paramètres de forme

Indice de compacité (de Gravelius)

L'indice admis par les hydrologues pour caractériser la forme d'un bassin versant est l'indice de compacité de GRAVELIUS qui est le rapport du périmètre du bassin à celui d'un cercle de même surface.

Si A est la surface du bassin en et P son périmètre en km, le coefficient est égal à :

$$K_c = 0.28 \frac{P}{\sqrt{S}} = 1.34$$

Le coefficient est supérieur à 1 et d'autant plus voisin de cette valeur que le bassin est compact.

K_c = 1.34 donc c'est un bassin compact.

Le rectangle équivalent

Cette notion a été introduite pour pouvoir comparer des bassins entre eux du point de vue de l'influence de leurs caractéristiques géométriques sur l'écoulement.

Soit L et I la longueur et la largeur du rectangle, et P et A le périmètre et l'aire du bassin versant.

On a :

Afin de pouvoir comparer le comportement hydrologique de bassins, on

Utilise la notion du rectangle équivalent ou le rectangle de **GRAVELIUS**

$$L = \text{Longueur} = \frac{Kc\sqrt{A}}{1.128} \left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{Kc}\right)^2} \right]$$

L = Longueur = 3.53 km

$$L = \text{Largeur} = \frac{Kc\sqrt{A}}{1.128} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{Kc}\right)^2} \right]$$

L = Largeur = 2.54 km

Tableau N5 : Les paramètres de bassin oued sidi Mohamed cherfif.

Bassin	Superficie Km ²	Périmètre Km	Kc	Rectangle équivalent	
				Longueur	Largeur
<i>Oued sidi mohamed cherfif</i>	6.55	12.3	1.34	3.53	2.54

Une carte de levé topographique à l'échelle 1/4000 établie par notre bureau à la base des données topographiques et cartographiques.

Tableau N06 : des altitudes de bassin versant

Récapitulatif du chargement	Référence
Nombre de points lus	10389
Nombre de points et sommets utilisables	10389
Distance moyenne entre points	38.870 m
Coordonnées minimales x et y	X= 416253.906 Y= 3913241.180
Coordonnées maximales x et y	X = 425808.534

	Y = 3918300.522
Altitude minimale	816.020 m
Altitude maximale	1448.236 m

La pente topographique

La pente topographique. C'est la pente qui influence l'écoulement superficiel des eaux : ruissellement de surface et écoulement hypodermique. Elle accélère le ruissellement sur les versants et détermine en partie le temps de réponse du cours d'eau aux impulsions pluviométriques.

La pente topographique se lit et se mesure sur la carte topographique à petite échelle ($>1/4000$) et à l'aide de M.N.T.

Cet indice est déterminé par la formule suivante

$$I_g = \frac{D}{L} = 0.24 \text{ m/KM}$$

Forte pente qui provoque le charriage

Avec $D = M_{\min} - M_{\max}$ = La longueur de BV (suivant carte lève topographique)

Caractéristiques hydrographiques

Rapport de confluence

Le rapport de confluence R_c est égal au quotient du nombre de talwegs d'ordre x par celui des talwegs d'ordre supérieur (x + 1).

Les réseaux hydrographiques sont toujours dendritiques, c'est-à-dire ramifiés comme les branches d'un arbre. Certains auteurs distinguent 3 principaux types de réseaux :

- Chêne : la ramification est bien développée avec un espacement régulier des confluences. Le rapport est inférieur à 5 c'est notre cas d'étude où $R_c = 04$
- Peuplier : le bassin versant nettement plus long que large, présente de nombreux affluents parallèles et un rapport de confluence élevé, supérieur à 10
- Pin : le bassin se caractérise par une concentration des confluences dans le secteur amont d'où sort un tronc qui ne reçoit plus d'affluents importants. Le rapport est faible.

Cette organisation est très importante pour la formation des crues du cours d'eau principal. Selon le type de géométrie du réseau, les crues des différents affluents confluent plus ou moins rapidement dans l'espace et dans le temps. Elles se superposent plus ou moins les unes sur les autres, ou au contraire se succèdent les unes après les autres. Les risques de superposition

croissent du type peuplier au type pin parasol. Ceci est vrai pour les bassins qui sont globalement affectés par un événement pluvieux.

Densité de drainage

C'est le quotient de la somme des longueurs de tous les cours d'eau $\sum L_i$ à la superficie du bassin drainé :

$$D_d = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{S} = 3.12 \text{ km /Km}^2$$

$$\sum_{i=1}^n L_i : \text{Longueur total des talwegs d'ordre } i \text{ en Km}$$

Dd : densité de drainage [km/km2] ;

Li : longueur des cours d'eau [km] ;

S : surface du bassin versant [km2].

A densité de drainage dépend de la géologie (structure et lithologie) des caractéristiques topographiques du bassin versant et, dans une certaine mesure, des conditions climatologiques et anthropiques.

En pratique, les valeurs de la densité de drainage varient de 3 à 4 pour des régions où l'écoulement n'a atteint qu'un développement très limité et se trouve centralisé ; elles dépassent 1000 pour certaines zones où l'écoulement est très ramifié avec peu d'infiltration. Selon Schumm, la valeur inverse de la densité de drainage, $C=1/Dd$, s'appelle « constante de stabilité du cours d'eau ». Physiquement, elle représente la surface du bassin nécessaire pour maintenir des conditions hydrologiques stables dans un vecteur hydrographique unitaire (section du réseau)

La densité de drainage au niveau d'oued TAGHDA est égale à 3.495 c'est la densité **de drainage de BV**

Km/km2 ceci traduit que le bassin présente dans son ensemble une formation géologique imperméable, dont le et l'écoulement est plutôt limité et centralisé ainsi que l'infiltration est faible.

Coefficient de torrentialité

Le coefficient de torrentialité « C_t » est calculé à l'aide de l'équation

$$C_t = D_d \cdot F_1$$

La densité hydrographique

La densité hydrographique représente le nombre des cours d'eau par unité de surface.

Ou F_1 est le rapport entre le nombre des thalwegs d'ordre 1 et la surface globale du bassin versant :

Où :

F : densité hydrographi $F = \frac{\sum N_i}{A} = 4.42$

N_i : nombre des cours d'eau , - 27.

A : superficie du bassin [km2]. =6.55 ; F = 4.42

Une forte densité de drainage et hydrographique, donc le bassin d'étude présente une région à substratum imperméable, à un faible couvert végétal et à relief trop accidenté.

$$C_t = 3.12 \times 4.42 = 13.79$$

Ct pour le bassin de la zone d'étude est égale à 13.79 Km/km4.

Cette valeur traduit que le bassin n représente des caractéristiques morpho-métriques inadapté à l'écoulement, ainsi qu'il est constitué par des formations imperméables dont l'infiltration est faible.

Pente moyenne du cours d'eau

La pente moyenne d'une cour d'eau détermine la vitesse avec laquelle l'eau se rend à l'exutoire du bassin donc le temps de concentration. Cette variable influence donc le débit maximal observé.

Une pente abrupte favorise et accélère l'écoulement superficiel, tandis qu'une pente douce ou nulle donne à l'eau le temps de s'infiltrer, entièrement ou en partie, dans le sol.

Le calcul des pentes moyennes et partielles du cours d'eau s'effectue à partir du profil longitudinal du cours d'eau principal et de ses affluents. La méthode la plus fréquemment utilisée pour calculer la pente longitudinale du cours d'eau consiste à diviser la différence d'altitude entre les points extrêmes du profil par la longueur totale du cours d'eau

La pente moyenne (\bar{l}) de TH crée est calculée selon la relation ci-après :

$$\bar{l} = \frac{\Delta H}{\Delta L} \dots\dots$$

ΔH : Différence d'altitude entre deux points du cours d'eau suffisamment éloignés

Point 1(X = 422751.0652 Y = 3915534.2902 Z = 1210.90)

Point 2(X = 420763.6698 Y = 3916795.5007 Z = 945.78)

(m) = 1210.90 - 945.78 = 265.12

ΔL : Distance entre ces deux points = 2353.92m

Temps de concentration

C'est le temps parcouru par la particule d'eau la plus éloignée pour arriver à l'exutoire. Il peut être calculé par plusieurs formules entre autres :

Formule de GIANDOTTI

$$TC = \frac{4\sqrt{A + 1.5L}}{0.8\sqrt{H}}$$

Tc : temps de concentration (heures).

A : superficie du bassin (km2)

L : longueur (km).

$$\mathbf{Tc = 0.52 \text{ heur}}$$

Sur la base de tous ces résultats, vu la pente moyenne du thalweg assez forte, il été procédé finalement à l'adoption définitive de la valeur de 31.2 minutes comme valeur du temps de concentration dans le bassin du site projeté

Vitesse moyenne de ruissellement

Cette vitesse est donnée par la formule suivante

$$V_R = \frac{L_P}{T_c} \dots\dots = 4.86 \text{ km/h}$$

Pour L'ensemble de bassin versant

L_P : Longueur en (Km) =2.53

T_c : temps de concentration en (h) = 0.52 heures

Tableau 06 : vitesse moyenne de ruissellement

N°	S/B sup en hectares	Longueur Thalweg en ml	Vitesse moyenne de ruissellement V_R =km/h
01	SB01 = 16.00 ha	TH01 = 2310ml	4.44 km/h
02	SB02 = 10.30 ha	TH02 = 2360 ml	4.53 km/h
03	SB03 = 39.20 ha	TH03 = 3160 ml	6.07 km/h

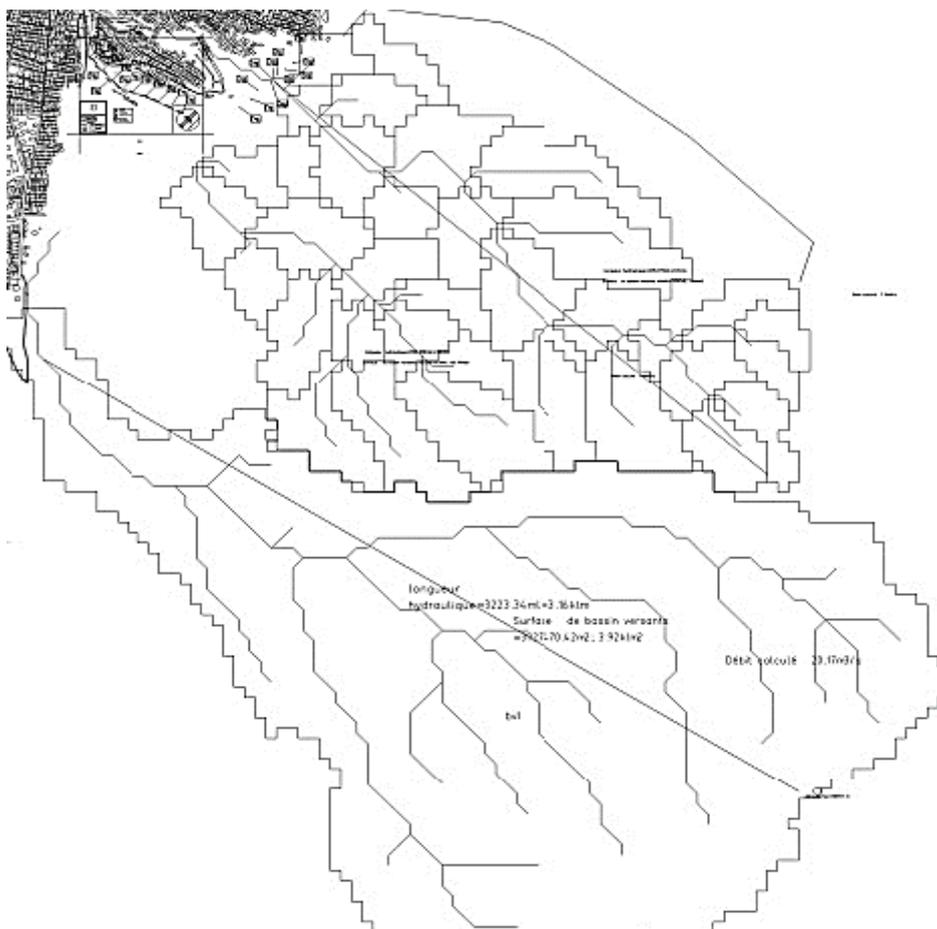


Figure N° 25 : schéma des trois digues proposés (In THECNOTHAP)

Le tableau suivant résume récapitule et simule l'averse du 18 septembre 2018, où une averse de 42 mm s'est précipitée, l'après-midi en 45 minutes ;

Tableau 03 : La quantité d'eau dans chaque bassin versant.

T (min)	S (km ²)	La quantité de précipitation	La quantité d'eau dans chaque bassin versant
45min	1,6 km ²	42 mm	67200 m ³
45min	1,03km ²	42 mm	43260 m ³
45 min	3,92km ²	42 mm	164640 m ³

Solution THECNOTHAP

Le projet global consiste à un certain nombre de mesures interconnectées qui consistent à des travaux au niveau de sous bassin versant, au niveau des oueds et au niveau de la ville.

1. Au niveau de la ville, aménagement avec réseau pluvial séparatif de la route stratégique et les diverses rues entrant dans la zone à risque d'inondation ;
2. Traitement et aménagement des affluents et oueds ;
3. Au niveau de sous bassin versant consistent à la mise en place d'ouvrages écrêteurs des crues en amont, avec réhabilitation du canal existant et le traitement du charriage en amont pour diminuer le transport des blocs et des pierres obturant parfois les ouvrages et les divers réseaux pluviaux ;

Les oueds Zaarour et Nagues réunissent trois SBV

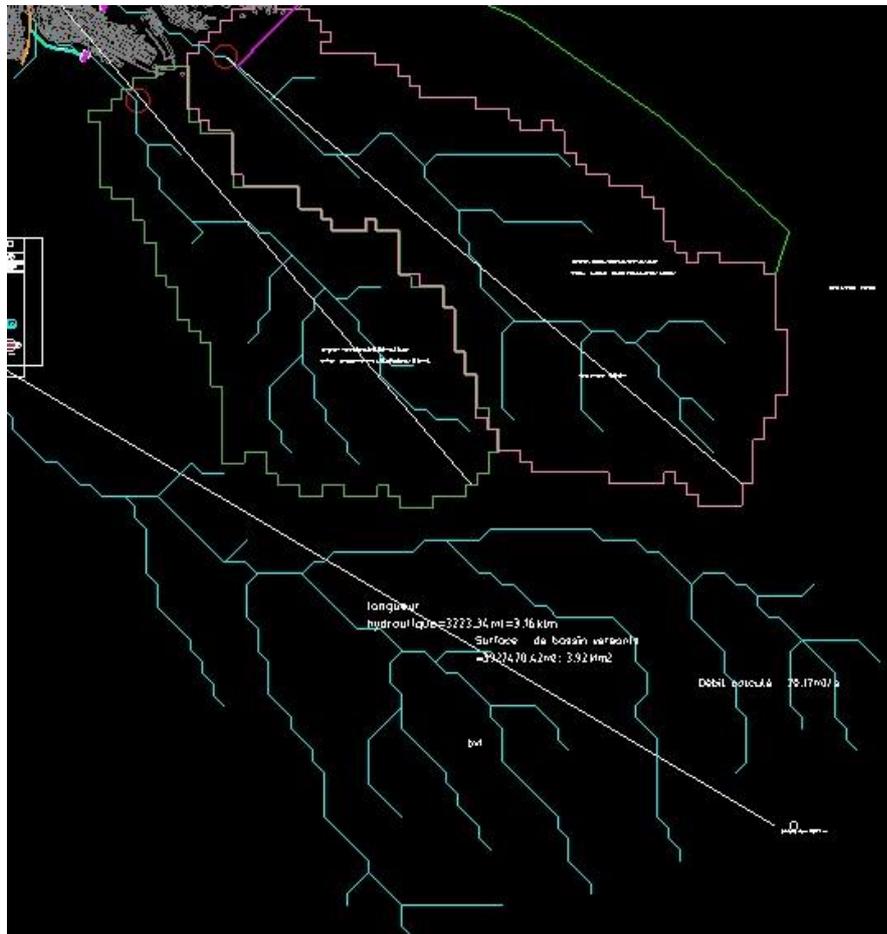


Photo N° 33: SBV SE de Tébessa(In THECNOTHAP.)

Les deux affluents SE et extrêmes SE se réunissent pour former l’oued zaarour, l’affluent SE draine vers l’oued nagues.

Tableau N02 :la vitesse moyenne de ruissellement de trois SBV In **THECNOTHAP**)

N°	S/B sup en Km ²	Longueur Thalweg en ml	Vitesse moyenne de ruissellement V _R =km/h
01	SB01 = 1.6Km ²	TH01 = 2310 ml	4.44 km/h
02	SB02 = 1.03Km ²	TH02 = 2360 ml	4.53 km/h
03	SB03 = 3.92Km ²	TH03 = 3160 ml	6.07 km/h

Des digues filtrante en béton sont prévues pour laisser passer l'eau pluviales et des crues, pseudo bassin d'infiltration et retenir les blocs de pierres charriées ,ainsi que certaine apportes solides ; ce mur va jouer le rôle de dissipateur d'énergie (fig 26).

pour retenir l'eau à l'amont en, en plus, elles retiennent les blocs en béton sont prévues pour laisser passer l'eau (les eaux pluviale ordinaire et du crues) retenue les blocs de pierres

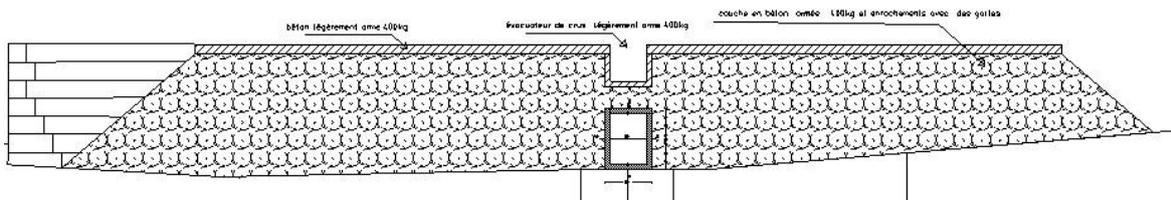


Figure N°26 : schéma représente la digue proposée (In THECNOTHAP.)

Ce schéma montre une conception détaillée et méthodique pour une digue, intégrant diverses techniques de construction pour optimiser la résistance et la durabilité. L'utilisation de matériaux renforcés et d'enrochements stratégiquement placés souligne l'importance de la protection contre l'érosion et des impacts environnementaux, tandis que les différentes densités de béton permettent de gérer les contraintes structurelles de manière efficace.

Ce schéma (fig 27) montre un système de gestion des crues mettant l'accent sur les détails techniques et la disposition des composants essentiels pour garantir une protection efficace contre les inondations. Les annotations et les dimensions précises fournies sont cruciales pour l'ingénierie et la mise en œuvre sur le terrain.

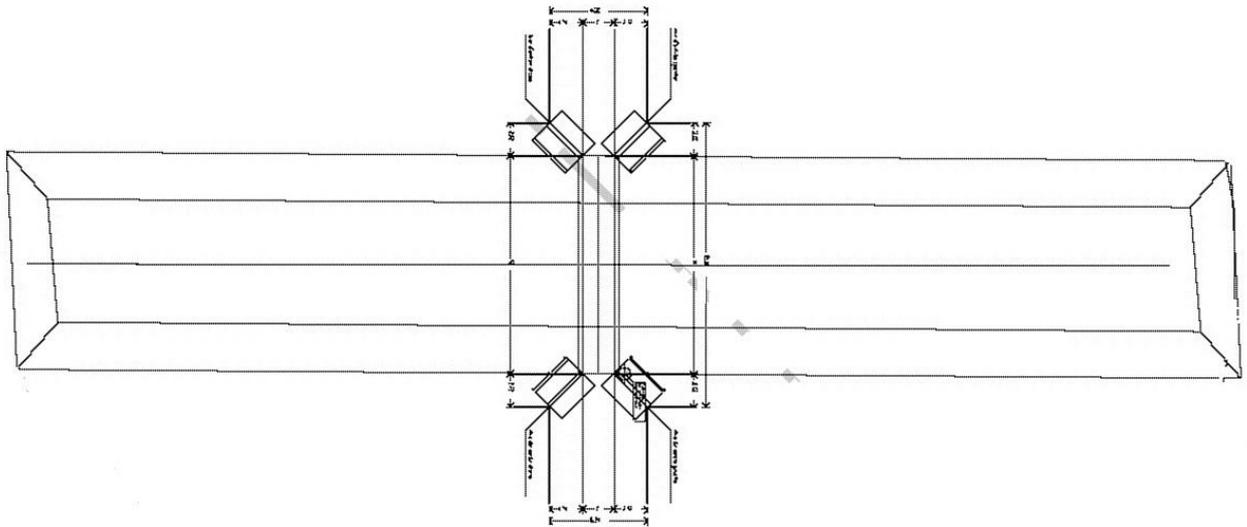


Figure N°27 : schéma de digues et évacuateur de crue (In THECNOTHAP).

Le schéma suivant (fig 28) représente les dimensions d'évacuateur de crue proposé par bureau d'étude THECNOTHAP afin d'évacuer les eaux de plus dans le des crues

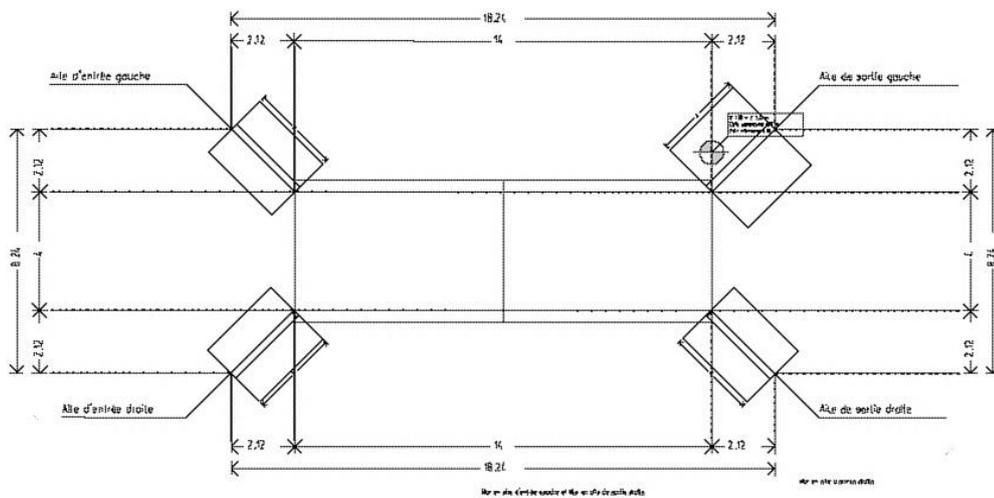


Figure N°28 : schéma de les démontions de évacuateur de crue(In THECNOTHAP).

Ce schéma représente les dimensions d'évacuateur de crue proposé par bureau d'étude THECNOTHAP afin d'évacuer les eaux de plus dans le des crues **Quantités d'eau provenant des trois bassins versants**

L'eau traversant l'ouvrage s'écoulera vers le - système d'avaloirs Séparatif puis vers la plaine (Zone perméable).

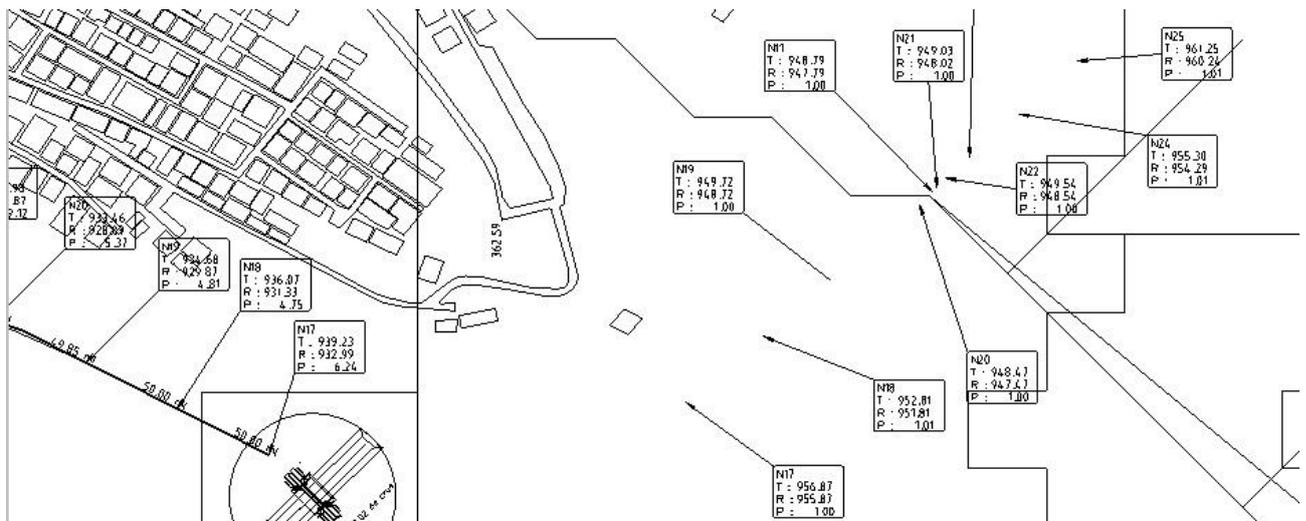


Figure N°29 : système d'avaloirs (In THECNOTHAP).

Le schéma ci-dessus représente le système d'avaloirs. Les systèmes d'avaloirs sont essentiels pour évacuer efficacement les eaux de surface en zones urbaines, prévenant ainsi les inondations. Ils se composent de grilles reliées à des tuyaux souterrains et peuvent être équipés de dispositifs de filtration. Ces dispositifs jouent un rôle crucial dans la gestion des eaux pluviales en milieu urbain.

Apparaît comme une solution innovante et durable pour atténuer les effets dévastateurs des inondations.



Photo N° 34 :photo de la route stratégique temps de catastrophe

3° Au niveau de Hammamet

Dispositif de **Haut-Commissariat de Développement des Steppes**

La possibilité de récupérer les eaux de pluie pour recharger artificiellement la nappe phréatique a été étudiée. La technique repose sur la construction de quatre forages verticaux de 30 mètres de profondeur dans le bassin d'infiltration. Après avoir rempli toutes les conditions pour la recharge artificielle de la nappe phréatique, elle s'est référée à une proposition de technologie pour augmenter le taux d'infiltration du sol, estimé à 53 litres par seconde, réalisée par H.C.D.S.

BUT DE D'ETUDE

Le but de cette étude est d'utiliser la recharge artificielle par les eaux de pluie, notamment les crues, pour élever le niveau de la nappe phréatique.

Le choix du site de recharge artificielle joue un rôle important dans le taux de réussite de ce processus. Pour réaliser ces travaux, une étude hydrogéologique minutieuse doit être appliquée, car elle dépend de plusieurs critères :

- Le terrain dans la région.
- Couche d'eau souterraine.
- Perméabilité du terrain étudié.... Etc.

Étapes de ce Projet

Cette étude contient un certain nombre de mesures prises au niveau d'Oued Bouakouz et de la région d'Ain Chabro.

Grâce à son réseau hydrographique, ce bassin reçoit des quantités d'eau importantes, notamment lors des périodes de sécheresse ou pendant la saison des précipitations.

(Chutes de neige), qui à leur tour entraînent l'inondation de ce cours d'eau, entraînant avec elles des Quantité des apports solide estimées à environ 5.272 t/an.

Le but de cette Projet est la possibilité de charger les eaux souterraines dans la région d'Ain Chabro à travers les eaux de précipitation.

Oued Bouakous est considérée comme faisant partie de la région d'Hammamet, car elle reçoit des précipitations annuelles moyennes de 310 mm, mais elle est largement inexploitée. Cette région est caractérisée par un climat semi-aride, car elle est connue pour quatre inondations par an, d'intensité variable. De 40 à 80 mm

Tableau N6 : Variation de précipitation moyenne mensuelle de la station de Hammamet (1983/1984- 2004/2005)

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Janv	Fève	Mar	Avr	Mai	Juin	Juill.	Août
Pmoy. mens. (mm)	27.09	26.58	30.78	25.68	28.58	15.85	31.78	23.02	39.1	23.32	10.05	15.96

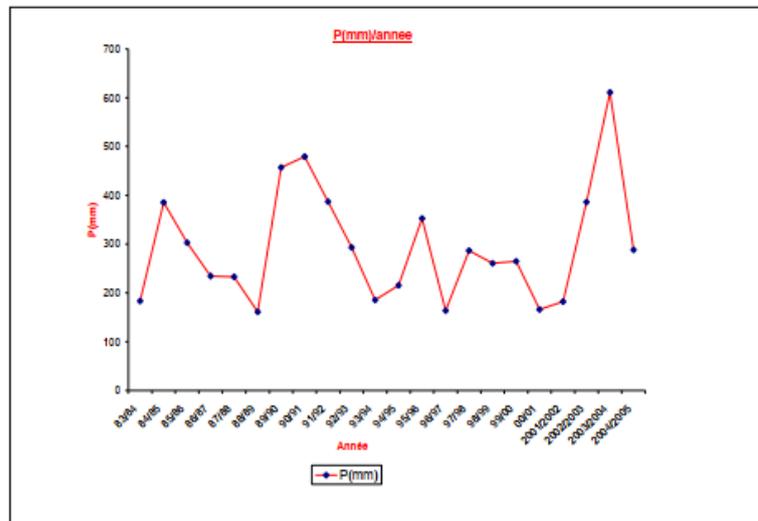


Figure N° 30 : Précipitations interannuelles de la région de Hammamet sur une période de 22 ans (1983/1984 - 2004/2005) (In thesis K.SGHIR, 2008)

3.1 Au niveau de l'Oued Bouakous

Cette dernière est affectée par les quantités de neige tombant plus que les quantités de pluie en raison de la structure géologique de la région.



Figure N° 31 : Écoulement d'eau dans l'oued Bouakous
Après une pluie orageuse (Décembre, 2004). (In thesis K.SGHIR, 2008)

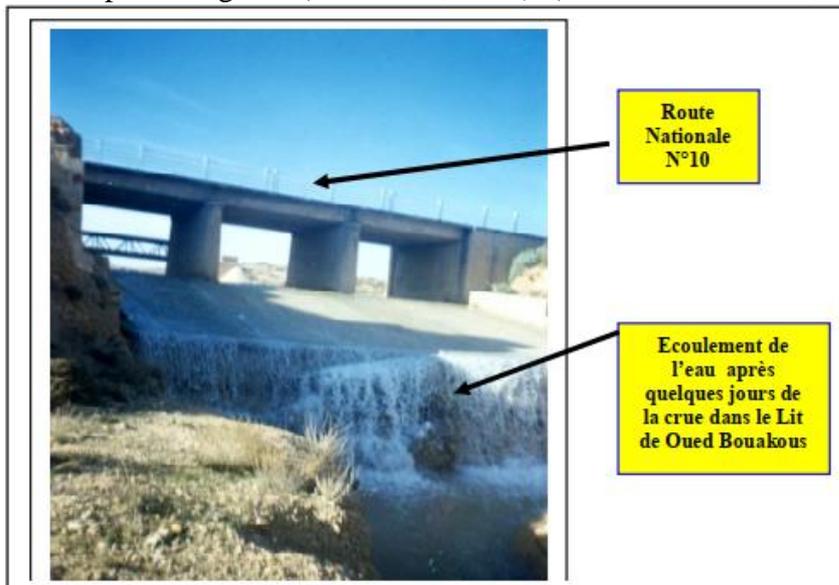


Figure N° 32 : Écoulement de l'eau dans le lit de
l'Oued Bouakous après la crue(In thesis seghir.k)

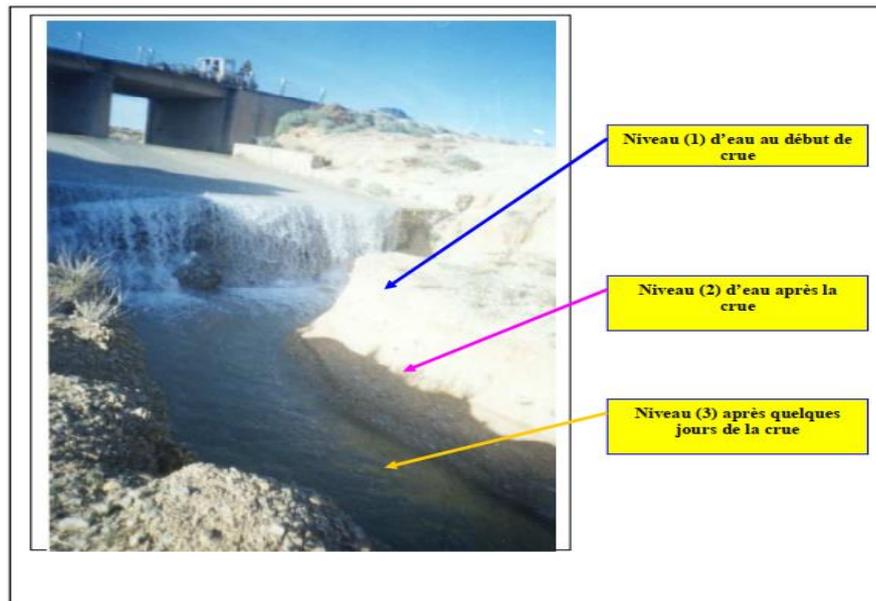


Figure N° 33 : Niveaux d'eau dans l'Oued pendant et après la crue. (In thesis K.SGHIR, 2008)

Le Bureau d'études du HCDS a proposé de construire des barrières à travers la vallée de Bouakous, dont le but est de mettre à nu les apports solides et de réduire la vitesse d'écoulement des eaux pour tirer le meilleur parti possible de ces quantités de pluie dans la recharge des nappes phréatiques.



Figure N° 34 : Lac d'eau formé en amont d'oued Bouakous après une Forte pluie dans la région de Hammamet. (In thesis K.SGHIR, 2008)

Composition lithologique des berges et du lit de l'oued

La composition rocheuse de l'Oued Boukous varie d'une partie à l'autre

Le niveau le plus élevé de la source : Le taux de pente à ce niveau est de 0,52 %, car cette partie est constituée de grosses roches, de limon et de gravier.

Dans la partie centrale de la vallée : La Pente de ce niveau est 0,40% (SEGHIR KARIMA (2008))

Dans les localités de la partie basse proches de la zone d'Ain Chabro, la pente est estimée à 0,20%. Les berges de cette zone sont généralement constituées de limon et d'argile, ce qui permet aux eaux de surface de s'écouler vers le bas.

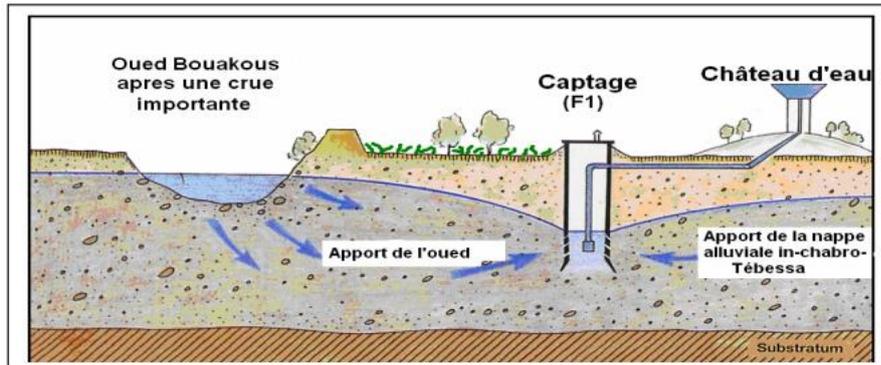


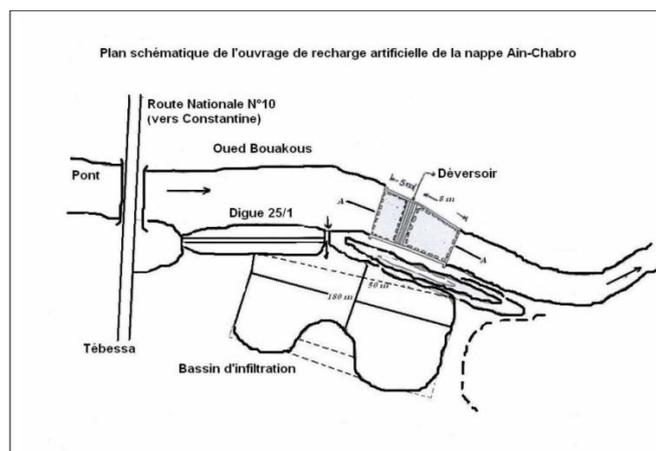
Figure N° 35 : Relation oued-Nappe (In thesis K.SGHIR, 2008)

Cette image explique la relation entre la vallée de Bouakous et la nappe d'Ain Chabro, où l'on remarque comment l'eau s'infiltré à travers les couches de sol depuis la vallée jusqu'aux zones de captage (forage).

3.2° Au niveau de Ain Chabro

Proposition d'étude pour la recharge artificielle du sous-système aquifère d'Ain Chabro

Dans cette étude, le bureau d'études HCDS a proposé là d'établir des bassins de filtration au niveau de oued Ain Chabro, accompagnés de fosses verticales d'une profondeur de 30 mètres. Ces fosses sont remplies de graviers d'une granulométrie allant de 2 à 5 mm Celui-ci vise à augmenter l'infiltration efficace du sol grâce à ces techniques (Bassin d'infiltration, Puits d'infiltration).



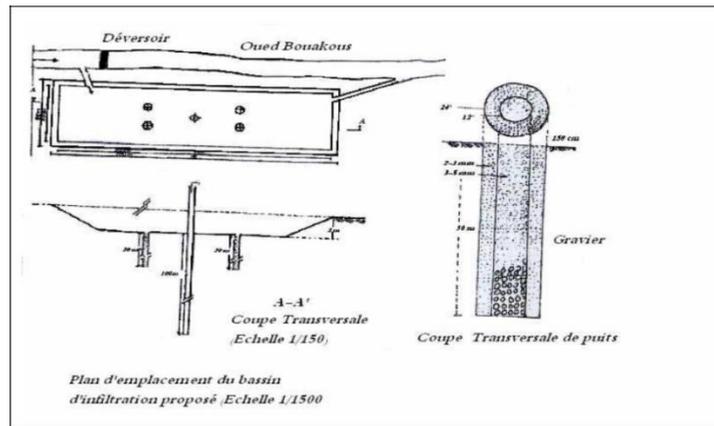


Figure N° 36 : Plan schématique de l'ouvrage proposé (In thesis K.SGHIR, 2008)

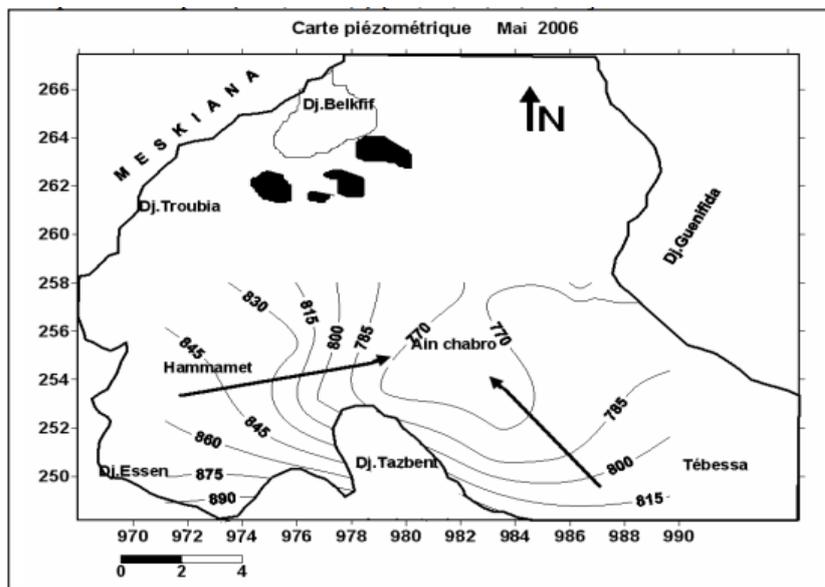


Figure N° 37 : Carte piézométriques de la zone d'étude (Période Hautes Eaux Mai 2006) (In thesis K.SGHIR, 2008)

La carte piézométrique montre l'existence du grand système de l'aquifère, qui est resté presque constant au cours des dernières années, 1970. Cependant, à l'heure actuelle, une complexité a été observée dans la forme des courbes piézométriques, ce qui reflète le phénomène d'exploitation excessive de l'aquifère. L'analyse des cartes modernes de 2005-2006 montre également que les courbes piézométriques égales montrent une surface plane, et il a été constaté que cette zone forme un sous-système de l'aquifère, isolé de l'aquifère. Le reste de l'aquifère.

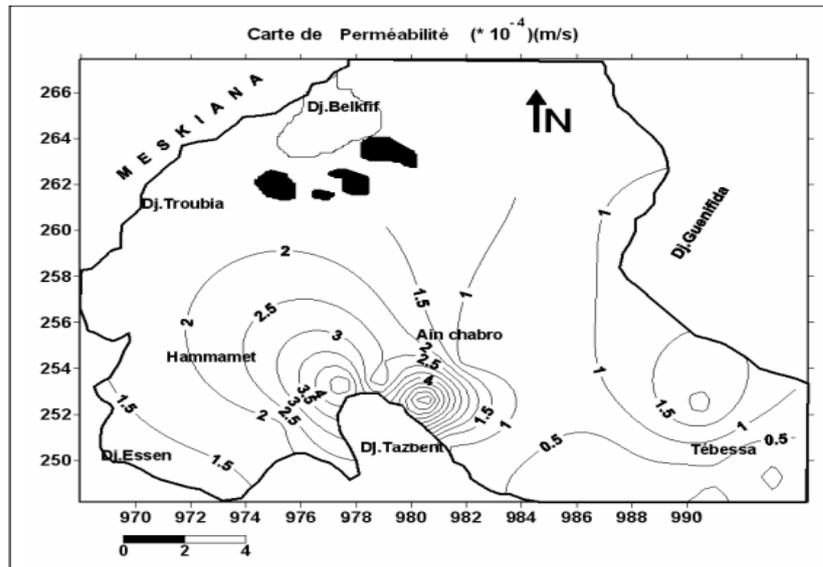


Figure N° 38 : Carte de perméabilités de la zone d'étude ($\times 10^{-4}$ m/s).(In thesis K.SGHIR, 2008)

La carte de perméabilité montre que la zone à forte perméabilité est la zone d'Ain Chabro, où sa perméabilité atteint environ 6×10^{-4} m/s tandis que dans la zone de Hammamet, les valeurs sont moyennes, allant de 1 et 3×10^{-4} m/s.

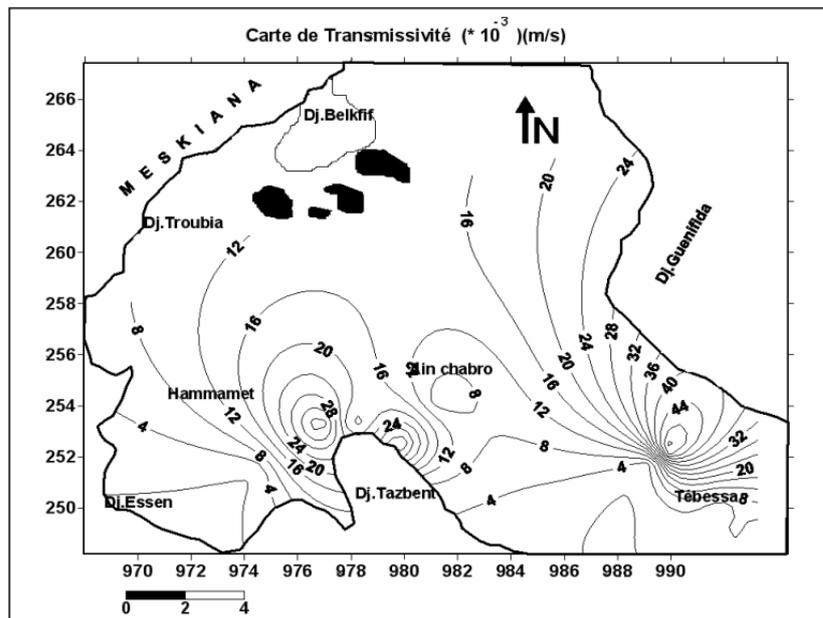


Figure N° 39 : Carte de transmissivités de la zone d'étude ($\times 10^{-3}$ m²/s) (In thesis K.SGHIR, 2008)

La carte de transmissivités révèle certaines variations qui peuvent être dues à l'hétérogénéité des eaux souterraines, puisque l'on retrouve des zones à forte perméabilité estimée à 24×10^{-3} m²/s Ceci confirme la validité de l'étude géologique qui nous informe de la présence de graviers, cailloutis

De calcaires D'autres à faible perméabilité sont estimés 4 et $12 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$
 C'est la preuve de la présence d'argile et d'éléments fins qui dominent les formations trouvées dans la plaine.

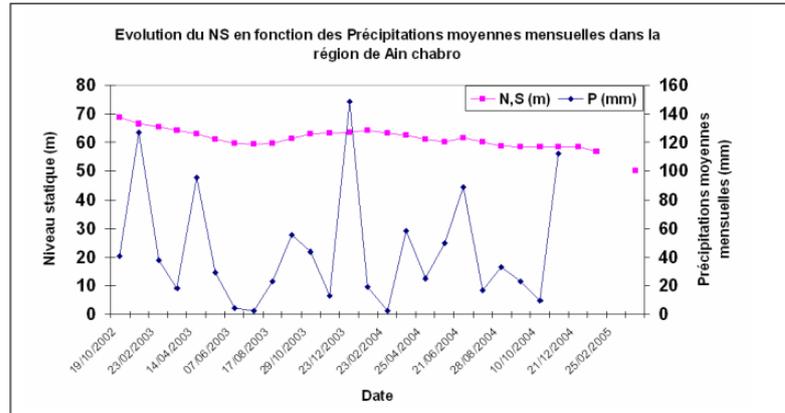


Figure N° 40 : Variation du niveau piézométrique en fonction des précipitations Mensuelles (Ain Chabro) (In thesis K.SGHIR, 2008)

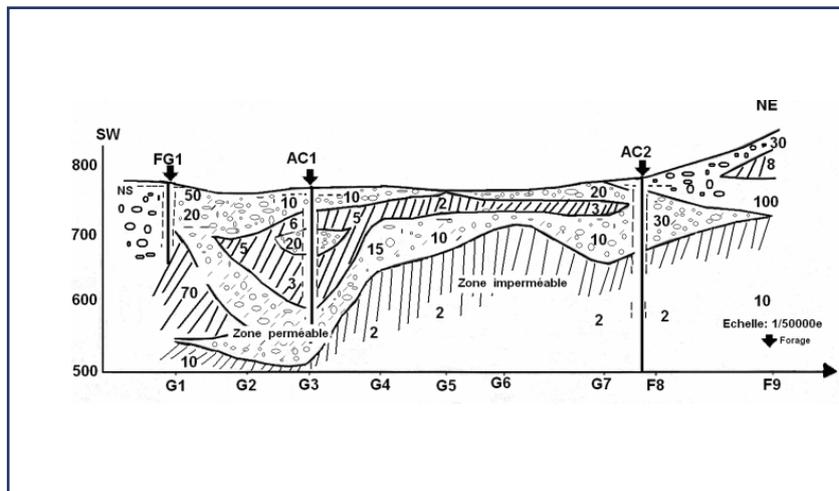


Figure N° 41 : Coupe géo électrique transversale ouest dans la zone d'Ain Chabro) (In thesis K.SGHIR, 2008)

Il existe deux compteurs piézométriques dans la zone d'étude pour suivre la variation du niveau statique dans la zone d'Ain Chabro et Hammamet. Les analyses des figures 36. et 37 ont montré qu'il y a eu une hausse allant de 1,24 à 2,11 dans la zone d'Ain Chabro. Entre 2002 et 2003, et entre 1,22 et 4,43 mètres au cours de la même période, ce qui témoigne d'une augmentation des fuites d'eau de pluie.

Enfin, à travers notre analyse des données de l'étude, nous constatons que nous n'avons pas obtenu le pourcentage souhaité, et c'est ce qu'a mentionné le professeur Karima Saghir, et elle a

donc suggéré d'augmenter le nombre de bassins de filtration pour obtenir la plus grande quantité d'eau de pluie possible. Et en profiter.

Conclusion

En conclusion, on peut dire que certains dispositifs de rétention d'eau, peuvent fonctionner, en accessoire, pour la protection contre les inondations et ensuite leur acheminement vers les zones perméables.

Trois digues sont proposées au exutoires des trois SBV, destinées à retenir les eaux et les apports solides et ensuite, acheminer l'excédent vers un système de drainage ;

La HCDS a mis en place un dispositif d'écrêtement et d'infiltration le long de l'oued Bouakous.

Conclusion

Conclusion

Conclusion :

L'étude menée sur la faisabilité de l'aménagement hydraulique de la plaine de Tébessa, incluant les barrages, les ouvrages annexes et l'alimentation artificielle, a permis de dégager plusieurs conclusions et recommandations significatives.

L'analyse des barrages existants et projetés dans la région de Tébessa a révélé que ces infrastructures jouent un rôle crucial dans la gestion des ressources en eau. Les barrages permettent non seulement le stockage et la régulation de l'eau, mais aussi la protection contre les inondations. Les ouvrages annexes, tels que les canaux de dérivation et les stations de pompage, sont essentiels pour l'optimisation de la distribution de l'eau.

La technique d'alimentation artificielle des nappes phréatiques a été identifiée comme une solution viable pour répondre aux besoins en eau de la plaine de Tébessa. Cette méthode permet de recharger les nappes souterraines en période de surplus hydrique, garantissant ainsi une disponibilité en eau plus stable durant les périodes de sécheresse. Les études de cas analysées ont démontré l'efficacité de cette approche pour améliorer la résilience hydrique de la région.

En conclusion, l'aménagement hydraulique de la plaine de Tébessa, incluant la construction de barrages, l'implantation d'ouvrages annexes et l'utilisation de techniques d'alimentation artificielle, présente un potentiel significatif pour améliorer la gestion des ressources en eau dans la région. Cependant, la réussite de ce projet dépendra de la mise en œuvre de stratégies de gestion durable et de la coopération entre les différents acteurs concernés. Une planification rigoureuse et une évaluation continue seront essentielles pour maximiser les bénéfices économiques et environnementaux tout en minimisant les risques associés.

En conclusion, on peut dire que certains dispositifs de rétention d'eau, peuvent fonctionner, en accessoire, pour la protection contre les inondations et ensuite leur acheminement vers les zones perméables.

Trois digues sont proposées au exutoires des trois SBV, destinées à retenir les eaux et les apports solides et ensuite, acheminer l'excédent vers un système de drainage ;

La HCDS a mis en place un dispositif d'écrêtement et d'infiltration le long de l'oued Bouakous.

Recommandations

Pour assurer le succès et la durabilité du projet, plusieurs recommandations ont été formulées :

- **Renforcement des infrastructures existantes** : Moderniser et entretenir régulièrement les barrages et les ouvrages annexes pour garantir leur efficacité.
- **Gestion intégrée des ressources en eau** : Adopter une approche de gestion intégrée des ressources en eau, impliquant toutes les parties prenantes locales.
- **Alimentation artificielle** : Mettre en place des systèmes d'alimentation artificielle des nappes en concertation avec les experts hydrologues.
- **Suivi environnemental** : Instaurer un programme de suivi environnemental rigoureux pour évaluer et atténuer les impacts du projet.

Conclusion

Liste des références

Liste des références

1. ABAIDIA, S. (26/06/2008) Impact des Lâchers des Barrages Ghrib et Boukourdane sur la Recharge Artificielle de la Nappe Alluviale
2. V. – Dimensionnement et fonctionnement des évacuateurs de crues. Janv. 2009.
3. AIT YAHIA Mohammed Ridha 2023 ;Mémoire fin d'étude Master stabilité des barrages étude bibliographique.
4. BOUZAHZAH Youssouf- BENTAYEB Akram Mémoire fin d'étude Master Hydraulique Urbaine (corrigé)
5. Bouzahzah, Y.;Bentayeb, A. Conception et Dimensionnement Des Ouvrages Annexes d'un Barrage Retenue Collinaire Inaire , Oued El Khengua (Mila). 2021.
6. Brunnel, P.; Alonso, E.; Roye, P.; Vincent, P. Petits Barrages : Recommandations Pour La Conception, La Réalisation, Le Suivi. ISBN: 285362448X. 1997.
7. Degoutte Gerard., 1997 ; petits barrages, Recommandation pour la conception, la réalisation et les suivis, Comité français des grands barrages. Edition Cemegref. France.
8. François, T.; Le franchissement des aménagements hydroélectriques par les poissons migrateurs : l'expérience EDF. La Houille Blanche, 60-68, DOI: 10.1051/lhb:200503009. 2007.
9. GALE, I N, NEUMANN, I, CALOW, R C AND MOENCH, M. 2002. The effectiveness of Artificial Recharge of groundwater: a review. British Geological Survey Commissioned Report, CR/02/108N. pp. © NERC 2002
10. Gale, I.; Neumann, I.; Calow, R.; Moench, M. The Effectiveness of Artificial Recharge of Groundwater : A Review, British Geological Survey. 2002.
11. GINOCCHIO (M.). – L'énergie hydraulique. Édition mise à jour sous la direction de VIOLLET (P.-L.), Lavoisier (2010).
12. Ginocchio, R.; Viollet, P. L'Énergie Hydraulique; 2ème edition. Edition TEC and DOC. 2012.
13. Karima, S. Vulnérabilité à la pollution, protection des ressources en eaux et gestion active du sous système aquifère de Tébessa Hammamet (Est Algérien). Annaba. 2008.
14. M.ABAIDIA Sofiane (26/06/2008) Impact de la chair des barrages grib et Boukourdane sur la recharge artificielle de la nappe alluviale Université Hassiba Ben Boulaïd -Chlef Département d'hydraulique
15. Mille SEGHIR KARIMA (2008) Vulnérabilité à la pollution, protection des ressources en eaux et gestion active du sous-système aquifère de Tébessa Hammamet (Est Algérien) BADJI MOKHTAR-ANNABA UNIVERSITY UNIVERSITÉ BADJI MOKHTAR-ANNABA Département de Géologie
16. OULD BABA SY M. (2005) « Recharge et paléorecharge du système aquifère du Sahara septentrional>>. Thèse de Doctorat. Université de Tunis El Manar.
17. OUMLABAT MOUAMED ABD ESSAMED., 2005 ; Etude d'une retenue collinaire sur oued El mroudj Wilaya de Sétif), pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état ; Ecole nationale supérieure d'hydraulique -ARBAOUI
18. Recharge Artificielle de la Nappe Alluviale. Chlef. 2008.
19. Sayah Lembarek. M., Les barrages, Université Hama Lakhdar, El oued.
20. SEWRPC (SouthEastern Wisconsin Regional Planning Commission) (2006) « Artificiel groundwater recharge and management». In State-of-the-art of water supply practices. Technical

Liste des références

21. TRAVADE (F.). – Le franchissement des aménagements hydroélectriques par les poissons migrateurs ; l'expérience d'EDF. La Houille Blanche, no 3, p. 60-68 (2005).

Site d'internet :

- <https://geniecivilpdf.com/wp-content/uploads/pdf/backup/ouvrages-annexes-des-barrages.pdf>.
- https://www.fao.org/fishery/static/FAO_Training/FAO_Training/General/x67/05f/x6705f01.htm
- <https://www.eaufrance.fr/les-eaux-souterraines-des-systemes-dynamiques>
- <http://dspace.centre-univ-mila.dz/jspui/handle/123456789/1316>
- http://wikydro.developpementdurable.gouv.fr/images/thumb/ff4/%C3%89vacuateur_%C3%A0_entonnement_lat%C3%A9ral.PNG/400px-%C3%89vacuateur_%C3%A0_entonnement_lat%C3%A9ral.PNG
- [Hydrogéologie des bassins de la Serrière et du Seyon, thèse présentée à l'université de Neuchâtel en 1976 \[archive\]](#) » (consulté le 29 décembre 2007)



Signature de l'étudiant (e)

Département de *Sciences de la Terre et de l'univers*
 Filière : *géologie*
 Spécialité *Géologie de l'ingénierie et géotechnique*
 Année universitaire 2023/2024

Formulaire de levée de réserves après soutenance d'un Mémoire de Master

Données d'identification du candidats (es) :

Nom et prénom du candidat : *LAMRADUI NOR EL HOUIDA*

Intitulé du Sujet : *ouvrages amarrés d'un barrage, faisabilité d'une retenue par l'écrêtement des crues de la ruissellement artificielles de la plaine de Tébessa*

Données d'identification du membre de jury :

Nom et prénom : *BAALI FETHI*

Grade : *Prof.*

Lieu d'exercice : Université Echahid Cheikh Larbi Tebessi – Tébessa-

Vu le procès-verbal de soutenance de la thèse sus citée comportant les réserves suivantes :

RAS

Et après constatation des modifications et corrections suivantes :

RAS

Je déclare en ma qualité de président de jury de soutenance que le mémoire cité remplit toutes les conditions exigées et permet au candidat de déposer son mémoire en vue de l'obtention de l'attestation de succès.

Tébessa le : *09/07/2024*

Président de jury de soutenance : (Nom/Prénom et signature)

Baali Fethi



Département : des Sciences de la Terre et de l'Univers

Filière : Géologie

Spécialité : Géologie de l'Ingénieur et Géotechnique

Année universitaire 2023/2024

Autorisation de Soutenance D'un Mémoire de Master

Je, soussigné, Dr Monici Ridha, encadreur de
l'étudiant(e) : Lamraoui Nour El Houla et Ghellab Firas ayant
traité un sujet de Master qui a pour titre :

"Ouvrages annexes d'un barrage : faisabilité d'une
retenue pour l'écêtement des avices d'été et la réalimentation
artificielle de la plaine de Tébessa"

Atteste que la concernée a mené à son terme le travail qui lui a été exigé. Le mémoire
qu'il a rédigé a été lu et corrigé par mon soin.

Par conséquent, Je lui autorise à déposer son mémoire en vue de soutenir son
Master devant un jury que désignera le département.

Tébessa le: 06.06.2024

Signature de l'encadreur

Dr Monici Ridha



Département des sciences de la terre et de l'univers

Filière: *Géologie*
 Spécialité: *Géologie de l'ingénieur et géotechnique*

Année universitaire 2023/2024

Déclaration sur l'honneur de non-plagiat (A joindre obligatoirement avec le mémoire)

Je, soussigné(e)

Nom et prénom : *Lamma dmi Nor el haouda*

Régulièrement inscrit (e) :

N° de carte d'étudiant : *1919 34.00 2949*

Année universitaire : *2023 / 2024*

Domaine : *Sciences de la Terre*

Filière : *Géologie*

Spécialité : *Géologie d'ingénieur et géotechnique*

Intitulé : *Etude des aménagements d'un barrage, faisabilité d'une centrale pour l'éclairage des abattoirs de la réalisation artificielle de la plaine de Tébessa.*
 Atteste que mon mémoire est un travail original et que toutes les sources utilisées ont été

indiquées dans leur totalité, je certifie également que je n'ai ni copié ni utilisé des idées ou des formulations tirées d'un ouvrage, article ou mémoire, en version imprimée ou électronique, sans mentionner précisément leur origine et que les citations intégrales sont signalées entre guillemets.

Sanctions en cas de plagiat prouvé:

L'étudiant sera convoqué devant le conseil de discipline, les sanctions prévues selon la gravité de plagiat sont :

- L'annulation du mémoire avec possibilité de refaire sur un sujet différent.
- L'exclusion d'une année de Master.
- L'exclusion définitive.

Fait à Tébessa, le :
 Signature de l'étudiant (e)