

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
جامعة عنابة  
Université Djilali Bounaama Khemis Miliana  
Faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre  
Département des sciences agronomiques



*Mémoire de fin d'études*

En vue de l'obtention de diplôme de Master en

Domaine: Sciences de la Nature et de Vie

Filière: Sciences agronomiques

Spécialité: Aménagements Hydro-agricoles

*Surveillance et entretien des retenues  
collinaires de la wilaya d'Ain Defla.*

Présenté par:

- *BEN MOUSSA RAHMANI Hanane*
- *KHOUIDMI Charifa*

Devant le jury :

Mr. TOUIL Sami	MCB	Président	(U.D.B.KhemisMiliana)
Mr. RATIAT Abdelkade	MCB	Promoteur	(U.D.B Khemis Miliana)
Mme. BOUAICHI Ilhem	MAA	Examineur	(U.D.B Khemis Miliana)

Année universitaire : 2020/2021

## *Remerciements*

*Avant tout, nous remercions Dieu le tout puissant, le Miséricordieux, de nous avoir donné le courage, la force, la santé et la persistance et de nous avoir permis de finaliser ce travail dans de meilleures conditions.*

*A notre encadreur **Mr. RATIAT Abdelkader***

*Vous nous avez toujours accueillis avec une grande sympathie et bienveillance tout au long de ce travail, vous nous avez guidés dans la méthodologie de recherche et avec votre aide précieuse et vos remarques constructives, nous sommes parvenues à achever ce travail.*

*Nous vous remercions très sincèrement d'avoir accepté la responsabilité de ce travail malgré vos nombreuses obligations. Votre disponibilité, votre écoute nous a marqués, Veuillez trouver dans ce travail, le témoignage de notre profonde reconnaissance.*

*Nous remercions les membres du jury **Mme BOUAICHI** et **Mr TOUIL**. S d'avoir accepté d'examiner ce travail.*

*Très nombreux sont les gens qui, de près ou de loin, ont participé à la réalisation de ce travail. Tout en s'excusant auprès d'eux de ne pas les citer, nous leur exprimons nos vives reconnaissances.*

*Nous adressons*

## *Dédicaces*

*Mon parcours d'étude s'est terminé après plusieurs obstacles, et je termine ici  
mon mémoire de fin d'étude, à cette occasion,*

*Je dédie ce travail à la lumière qui éclaire mon chemin qui fait des efforts au fil  
des années pour gravir les échelons du succès, **mon cher père**, et à celui qui  
m'a comblé d'amour et tendresse et m'a fait me sentir heureux elle est toute ma  
vie, **ma chère maman***

*A ma sœur **Meryem** et mes frères **Omar** et **Abdallah** et **mon fiancé** qui m'a  
soutenues dans mes études, a toute la famille **BEN MOUSSA RAHMANI**, et  
toute la famille **DECHRAOUI***

*A mes tous mes collègues et surtout les enseignants qui nous ont fourni  
les informations.*

*enanaH*

## *Dédicaces*

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

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

*A mon frère **nouar** et ma sœur **Ratiba** pour mon soutien tout au long de ces années*

*A mes amies **Roumaissa, Safia, Meriame, Hanane**, et surtout ma belle **Manal**  
A toute ma **promotion 2<sup>ème</sup> année master aménagement hydro-agricole 2020/2021** à qui je souhaite pleins de succès dans la vie professionnelle ainsi que pour tout le reste.*

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

***Charifa***

## Résumé

Les retenues collinaires sont des ouvrages conçus pour mobiliser les eaux de surfaces afin de permettre aux populations rurales d'exploiter les terres agricoles dans les régions où la ressource est quasiment rare.

Ces ouvrages se trouvent abandonnés, nécessitent une surveillance régulière et un entretien curatif pour prévenir autant que possible tout dommage et pour leurs garantir une longue durée de vie comme le cas en particulier de la wilaya d'Ain defla, qui compte cinq petits barrages et quatre retenues collinaires.

Le présent projet a pour but de traiter les techniques de surveillance appliquées dans la conservation des retenues en bon état de fonctionnement.

Les résultats ont montré l'absence des considérations de responsabilité, une réduction de plus de 50% de leurs capacités de stockage comme les barrages de Telbent, Tizel et les retenues de Rahil, Berhounne, ainsi que la dégradation de certains ouvrages tels que Mellah et Skhouna, dus aux plusieurs facteurs naturels tels que (la sécheresse, l'envasement, les inondations...). De plus, L'absence de dispositifs d'auscultations au niveau des digues, rendre la vérification du comportement mécanique et hydraulique difficile et met la sécurité de ces infrastructures en doute. Il est recommandé de renforcer les travaux d'entretien au niveau de ces retenues et barrages pour leurs maintiens en état.

Une situation qui exige une révision générale quant à la stratégie de gestion de ces ouvrages, en raison de leurs couts et leurs importances dans l'agriculture.

**Mots clé :** Surveillance, retenues collinaire, entretien, auscultation

## ملخص

خزانات التلال هي هياكل مصممة لتعبئة المياه السطحية من أجل السماح لسكان الريف باستغلال الأراضي الزراعية في المناطق التي يكون فيها المورد نادرًا تقريبا

هذه الهياكل مهجورة وتتطلب مراقبة دورية وصيانة علاجية لمنع حدوث أي ضرر قدر الإمكان ولضمان عمر طويل، كما هو الحال على وجهها لخصوص مع ولاية عين الدفلة التي تضم خمسة سدود صغيرة وأربعة خزانات للتلال.

الهدف من هذا المشروع هو التعامل مع تقنيات المراقبة المطبقة في صيانة الخزانات في حالة عمل جيدة.

وأظهرت النتائج عدم وجود اعتبارات المسؤولية، وانخفاض أكثر من 50٪ من سعتها التخزينية مثل سدود تلبنت وتيجزل وخزانات رحيل وبرهون فضلا عن تدهور بعض المنشآت مثل الملاح والصخونة. نتيجة لعدة عوامل طبيعية مثل (الجفاف، الطمي، الفيضانات...). بالإضافة إلى ذلك، فإن عدم وجود أجهزة تسمع على مستوى السدود يجعل من الصعب التحقق من السلوك الميكانيكي والهيدروليكي ووضع سلامة هذه البنى التحتية موضع شك. يوصى بتعزيز أعمال الصيانة في هذه الخزانات والسدود للمحافظة عليها بحالة جيدة.

وضع يتطلب مراجعة عامة لاستراتيجية إدارة هذه الهياكل، بسبب تكاليفها وأهميتها في الزراعة.

**الكلمات المفتاحية:** المراقبة، خزانات التلال، الصيانة، التسمع

**Abstract**

Hill reservoirs are structures designed to mobilize surface water to allow rural populations to exploit agricultural land in regions where the resource is almost scarce.

These structures are abandoned, require regular monitoring and corrective maintenance to prevent as much as possible any damage and to ensure a long life as the case in particular the wilaya of Aindefla, which has five small dams and four hillside reservoirs.

This project aims to address the monitoring techniques applied in the conservation of dams in good working condition.

The results showed the absence of responsibility considerations, a reduction of more than 50% of their storage capacity as the dams of Telbent, Tigzel and Rahil, Berhounne, as well as the degradation of some works such as Mellah and Skhoune, due to several natural factors such as (drought, siltation, floods ...). In addition, the lack of monitoring devices at the level of dams, make the verification of mechanical and hydraulic behavior difficult and puts the safety of these infrastructures in doubt. It is recommended to strengthen the maintenance work at the level of these dams and reservoirs for their maintenance.

A situation that requires a general review of the management strategy of these works, because of their costs and their importance in agriculture.

**Key words:** Monitoring, reservoirs, maintenance, auscultation.

## Sommaire:

### Chapitre. I:Recherchebibliographique

I.1 Introduction	1
I.2 Généralités sur les barrages	1
I.2.1 définition des barrages	1
I.2.2 Types des barrages	2
I.2.2.1 Barrage enbéton	2
I.2.3 Barrages enremblai	3
I.2.3.1 Types de barrage en terre	3
I.3 Définition de la retenue collinaire	5
I.3.1 Objectifs d'utilisation des retenues collinaires	5
I.3.2 Critères de classement des retenues collinaires	6
I.4 Historique des retenues collinaires en Algérie	6
I.5 Le cout de construction d'une retenue collinaire	7
I.6 Les différentes étapes de construction d'une retenue collinaire :	8
I.7 Type d'alimentation	9
I.7.2 Retenues en série ou en barrage	9
I.7.2.1 Alimentation par ruissellement de surface	9
I.7.2.2 Alimentation de dérivation avec seuil.	9
I.7.2.3 Alimentation de dérivation avec vanne.	9
I.7.2.4 Barrages naturels en aval.	10
I.7.2.5 Alimentation via une source	10
I.7.2.6 Alimenté par des collecteurs de drainage agricole	10
I.7.2.7 Pompage des eaux souterraines	10
I.8 L'importance des retenues collinaires en irrigation	10
I.9 l'impact des retenues collinaires sur l'environnement	11
I.9.1 l'impact de l'ouvrage sur le paysage :	11
I.9.2 impact de l'ouvrage sur la flore	11
I.9.3 Impact de l'ouvrage sur la faune	12
I.9.4 Impact de l'ouvrage sur la qualité de l'air	12
I.9.5 impact de l'ouvrage sur les niveaux de bruit	12
I.9.6 Impact en matière d'érosion	13
I.9.7 Impact sur le milieu humain	13
I.9.8 Impact sur la santé publique	13
I.9.9 Impact sur l'agriculture et l'hydraulique	13
I.10 Problématique du sujet	14
I.11 Conclusion	15

### Chapitre. II : Matériels et méthodes

II.1 Introduction	16
II.2. Etudes des risqué	16
II.2.1 Risque de l'instabilité de la digue	16
II.2.2. Risque de submersion en cas de la crue	16
II.2.3. Risque de l'érosion interne et de phénomène type (renard)	18
II.2.4. Risquesnaturels :	20
II.3. Mesures de sécurité lors de la première mise en eau :	20
II.3.1. Surveillance des drains lors de la 1ère mise en eau	21
II.3.2. Surveillance topographique lors de la 1ère mise en eau	21
II.4. Moyens de surveillance	22
a)Contrôlequalitative	22

b) Contrôle quantitative	22
II.4.1 La visite mensuelle	23
II.5 Mesures d'auscultation	24
II.5.1 Dispositif d'auscultation recommandé pour un petit barrage ou retenues collinaires	25
II.5.2 Surveillance du niveau d'eau	26
II.5.3 Surveillance des drains	26
II.5.4 Surveillance des piézomètres	26
II.5.5 Surveillance topographique	27
II.6 Rapport de surveillance périodique	27
II.7 Rapport d'auscultation	28
II.7.1 Visites exceptionnelles	29
II.7.2 Visite dans le cas des crues	29
II.7.3 Visite dans le cas d'un séisme	30
II.8. Entretien de retenues collinaires	30
II.8.1. Moyens d'intervention en cas d'incident	30
II.9 Conclusion	31

### **Chapitre. III : Présentation de la zone d'étude**

III.1. Introduction	32
III.2. Localisation géographique d'Ain Defla	32
III.3. Données climatiques	33
III.3.1. Précipitation	33
III.3.1.1. Répartition annuelle des précipitations	34
III.3.1.2. Répartition mensuelle des précipitations	34
III.3.2. La température	35
III.3.2.1. Températures moyennes annuelles	35
III.3.2.2. Températures moyennes mensuelles maximales et minimales	36
III.3.3. Le vent	37
III.3.4. Humidité	38
III.3.5 Diagramme ombrothermique de Gaussen	39
III.4. Sismicité de la wilaya d'Ain Defla	39
III.5. Historique des inondations à Ain Defla	40
III.6. Potentialité hydrique de la wilaya d'Ain Defla	41
III.6.1. Ressources en eaux souterraines: Nappes d'eaux souterraines	41
III.6.2. Ressources en eaux superficielles	42
III.7. Surfaces à irriguer	43
III.8. Conclusion	43

### **Chapitre. IV: Résultats et discussions**

IV.1. Introduction	44
IV.2. Localisation des retenues collinaires et petits barrages d'Ain defla	44
IV.3. Le classement des ouvrages	44
IV.4. Etat des réserves des petits barrages et retenues collinaires	45
a) Petits barrages	45
b) Retenues collinaires	46
IV.5. Calcul des risques :	48
IV.5.1 Le risque de sécheresse	49
IV.5.2 Risque de sismicité	50
IV.5.3 Le taux d'érosion	51

IV.6 Comportement mécanique et hydraulique des ouvrages	53
IV.6.1 Comportement mécanique	53
IV.6.2 Comportement hydraulique	54
IV.6.2.1 La piézométrie :	54
IV.6.2.2. Drainage	54
IV.7 L'entretien des ouvrages	55
IV.8 Conclusion	58
Conclusion générale	59
Références bibliographies	60
Annexes	62

## Liste des figures:

<b>Figure I. 1:</b> Coupe transversale d'un barrage en béton.....	2
<b>Figure I. 2 :</b> Exemple d'un Barrage voûte (barrage de St-Pierre Cognait).....	3
<b>Figure I.3:</b> Différents types de barrages à contreforts.....	3
<b>Figure I.4 :</b> Profil du barrage homogène.....	4
<b>Figure I.5 :</b> Barrage zoné avec un noyau étanche.....	5
<b>Figure I.6 :</b> Barrage à masque étanche.....	5
<b>Figure I.7 :</b> Schéma représentant les différents composants d'une retenue collinaire.....	6
<b>Figure I.8 :</b> Schéma représentant les différents objectifs d'une retenue collinaire.....	6
<b>Figure I.9 :</b> Un forage artésien jaillissant, réalisé à Formons, dans le Sud d'Haïti...	10
<b>Figure II.1 :</b> Mécanisme de rupture par surverse.....	19
<b>Figure II.2 :</b> érosion interne par renard et par suffusion.....	20
<b>Figure II.3 :</b> Mécanisme de renard hydraulique dans une digue.....	20
<b>Figure II.4:</b> Renard autour d'une canalisation traversant la digue.....	21
<b>Figure II. 5 :</b> Débit de drainage collecté au niveau du barrage de Sikkak, wilaya de Tlemcen.....	27
<b>Figure II.6 :</b> Piézomètre et sonde à interface.....	28
<b>Figure II.7:</b> Equipements hydromécaniques concernés par les essais périodiques, barrage Sidi Abdelli, wilaya de Tlemcen.....	29
<b>Figure III.1 :</b> les limitrophes de la wilaya d'Ain Defla.....	34
<b>Figure III.2 :</b> Situation géographique de la wilaya d'Ain Defla.....	35
<b>Figure III.3 :</b> Evolution des précipitations moyenne annuelles de la région d'Ain Defla	36
<b>Figure III.4:</b> Répartition mensuelle des précipitations de la région d'Ain Defla (2000-2019).	37
<b>Figure III.5:</b> Evolution de la température moyenne annuelle de la région d'Ain Defla (2000-2019).....	38

<b>Figure III.6:</b> Variation de la température moyenne mensuelle maximale et minimale(AinDefla).....	<b>39</b>
<b>Figure III.7:</b> les vitesses des vents moyennes mensuelles dans la wilaya d'Ain Defla...	<b>40</b>
<b>Figure III.8:</b> les valeurs moyennes mensuelles de l'humidité relative dans la wilaya d'Ain Defla.....	<b>40</b>
<b>Figure III.9:</b> Le diagramme ombrothermique de Gaussen de la wilaya d'Ain Defla.....	<b>41</b>
<b>Figure III.10 :</b> Zones sismiques et degré de vulnérabilité des territoires en Algérie.....	<b>42</b>
<b>Figure III.11:</b> Inondation dans la ville d'Ain Deflaet autres villes de la région.....	<b>43</b>
<b>Figure III.12 :</b> Nappes d'eaux souterraines de ma wilaya d'Ain Defla.....	<b>44</b>
<b>Figure III.13:</b> Répartition des barrages en exploitation dans la wilaya d'Ain Defla.....	<b>44</b>
<b>Figure IV.1.</b> Localisation des petits barrages et retenues collinaires (Ain defla).....	<b>46</b>
<b>Figure IV.2:</b> Etat des réserves des petits barrages de la wilaya d'Ain Defla.....	<b>48</b>
<b>Figure IV.3 :</b> Etat des réserves des retenues collinaires de la wilaya d'Ain defla.....	<b>49</b>
<b>Figure IV.4 :</b> pluviométrie de l'année 2021.....	<b>52</b>
<b>Figure IV.5 :</b> l'état d'envasement des petits barrages et retenues collinaires d'Ain defla..	<b>54</b>
<b>Figure IV.6 :</b> Talus correct sans végétation.....	<b>58</b>
<b>Figure IV.7 :</b> Fissures et mal enherbe.....	<b>58</b>
<b>Figure IV.8 :</b> Vanne bien entretenue.....	<b>58</b>
<b>Figure IV.9 :</b> Seuil bien entretenu.....	<b>59</b>
<b>Figure IV.10 :</b> évacuateur en bon état et bien entretenu.....	<b>59</b>
<b>Liste des photos:</b>	
<b>PhotoIV.1 :</b> Retenue de Boukali. Activités agricoles (maraîchage et arboriculture).....	<b>50</b>
<b>Photo IV.2 :</b> Ouvrage de stockage d'eau vide à cause de sécheresse.....	<b>51</b>
<b>Photo IV.3:</b> Retenue collinaire envasé.....	<b>54</b>

## Liste des tableaux :

Tableau I.1 : Classement des retenues collinaires.....	7
Tableau I.2 : identification de quelques retenues.....	8
TableauII.1 : les visites recommandées au niveau de la retenue.....	26
II.5.1 Dispositif d'auscultation recommandé pour un petit barrage ou retenues collinaire.....	27
Tableau III.1 : Barrages en exploitation de la wilaya d'Ain defla.....	45
Tableau IV.1 : Les différentes classes des ouvrages.....	47
Tableau IV.2 : état de réserve des petits barrages.....	47
Tableau IV.3 : Etat de réserve des retenues collinaires.....	48
Tableau IV.4: Risques de submersion sur les petits barrages et retenues collinaires.....	50
TableauIV.5 : Influence du risque de sécheresse sur les ouvrages de stockage d'eau d'Ain defla.....	51
Tableau IV.6 : pluviométrie mensuelle de l'année 2020/2021.....	51
Tableau IV.7: Historique des séismes dans la wilaya d'Ain Defla.....	52
Tableau IV.8 : représente l'état d'envasement de l'ouvrage.....	53
Tableau IV.9 : les levés topographiques des ouvrages de stockage d'eau.....	55
Tableau IV.10: suivi hydraulique de l'ouvrage stockage d'eau.....	57

## **Liste des abréviations:**

**AEP** : l'alimentation en eau potable ou pour l'irrigation

**H** : la hauteur de l'ouvrage

**V** : le volume de l'ouvrage

**CFGB** : Comité Français des Grands Barrages

**DAO** : Dossier d'appel d'offre.

**DHW** : Direction de l'Hydraulique

**SIG** : Système d'Information Géographique

**DRE** : Direction des ressources en eau

**PAPC** : présidents des assemblés populaires des communes

**DEG** : du dispositif d'étanchéité par géo membrane

**PHE** : Côte des plus hautes eaux

**DSA** : direction des services agricoles

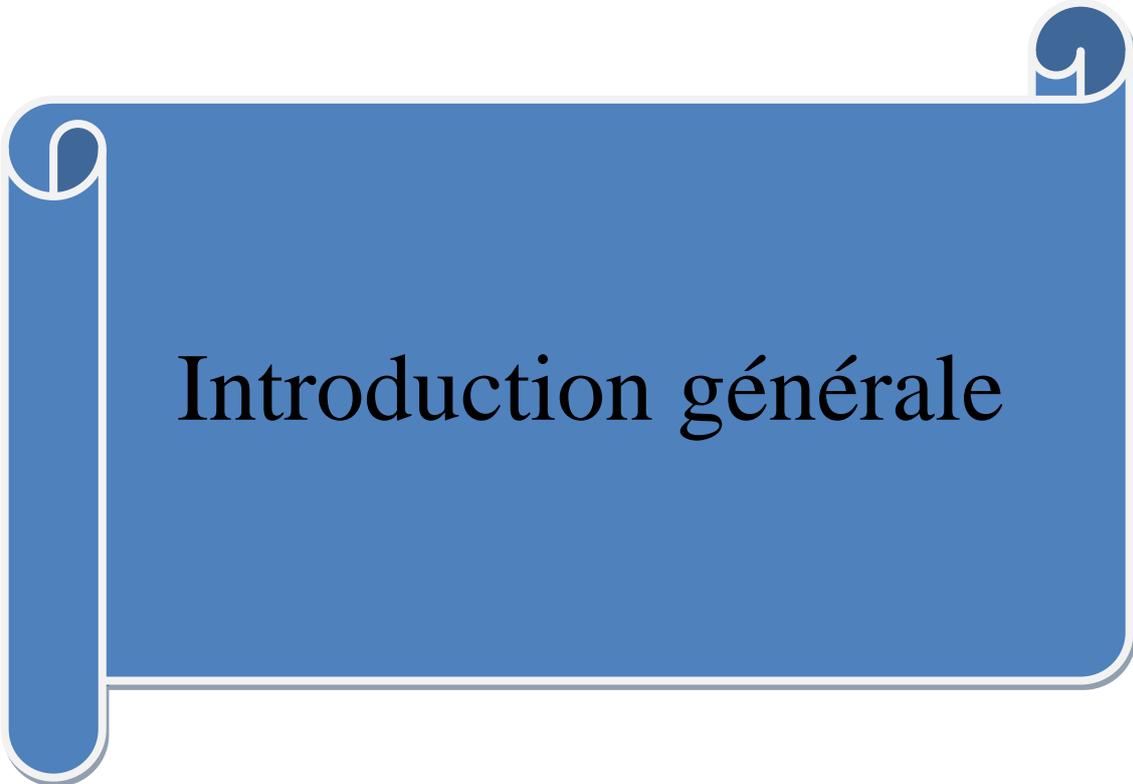
**P** : les précipitations exprimées en mm.

**T** : les températures moyennes

**SAU** : surface agricole utilisée

**CTC** : contrôle technique de la construction

**CRAAC** : centre de recherche en astronomie astronomique et géophysique.



# Introduction générale

# Introduction générale

---

L'eau est l'élément le plus nécessaire pour la continuité de la vie de tout être vivant, ainsi que le développement des activités humaines.

L'Algérie est classée parmi les pays qui ont les ressources en eau les plus limitées et mal réparties au monde (d'après le dernier rapport de Banque Mondiale, 2015). Dans ce cas, il est indispensable de mobiliser ces ressources dans les ouvrages de stockage (barrages, petits retenues collinaires) afin de les réutiliser durant les périodes sèches soit pour l'alimentation en eau potable ou pour l'irrigation.

A cet effet, le secteur de l'eau fait l'objet d'une attention particulière de la part des pouvoirs publics qui lui consacrent des moyens de plus en plus importants. La construction de nouveaux barrages, la réalisation de grands transferts régionaux et de grandes adductions urbaines et agricoles, des usines de dessalement ont permis d'augmenter nettement le volume des ressources en eau mobilisées et d'améliorer les conditions d'approvisionnement des régions et des agglomérations déficitaires (Benblidia et Thivet, 2010).

En Algérie, les retenues collinaires (RC) ont été réalisées pour mobiliser les eaux superficielles et permettre aux populations rurales d'exploiter les terres agricoles dans les régions où la ressource en eau se raréfie.

Afin de satisfaire le manque d'eau, la direction de ressources en eau de la wilaya d'Ain Defla (DRE) a bénéficié d'un projet de réalisation des retenues collinaires destinées à l'AEP et l'irrigation des terres agricoles. Ces ouvrages dès leurs mises en eau se trouvent abandonnés, chose qui a gravé leurs dégradations et réduire leurs durées de vie.

Au-delà des considérations de responsabilité, l'objectif de conserver l'ouvrage en bon état de fonctionnement justifié à lui seul la surveillance et l'entretien réguliers (Royet, 2006a).

La présente étude a pour objectif de traiter un sérieux problème qui est la surveillance et le contrôle des retenues collinaires notamment dans la wilaya d'Ain Defla, afin qu'elles prouvent la longue durée de vie possible en raison du prix élevé de ses constructions. Elle dévoile aussi les insuffisances enregistrées dans le volet auscultation des retenues et petits barrages.

Ain Defla compte cinq petits barrages et quatre retenues collinaires réparties sur le territoire de la wilaya. Cette étude va s'accrocher sur les chapitres suivants :

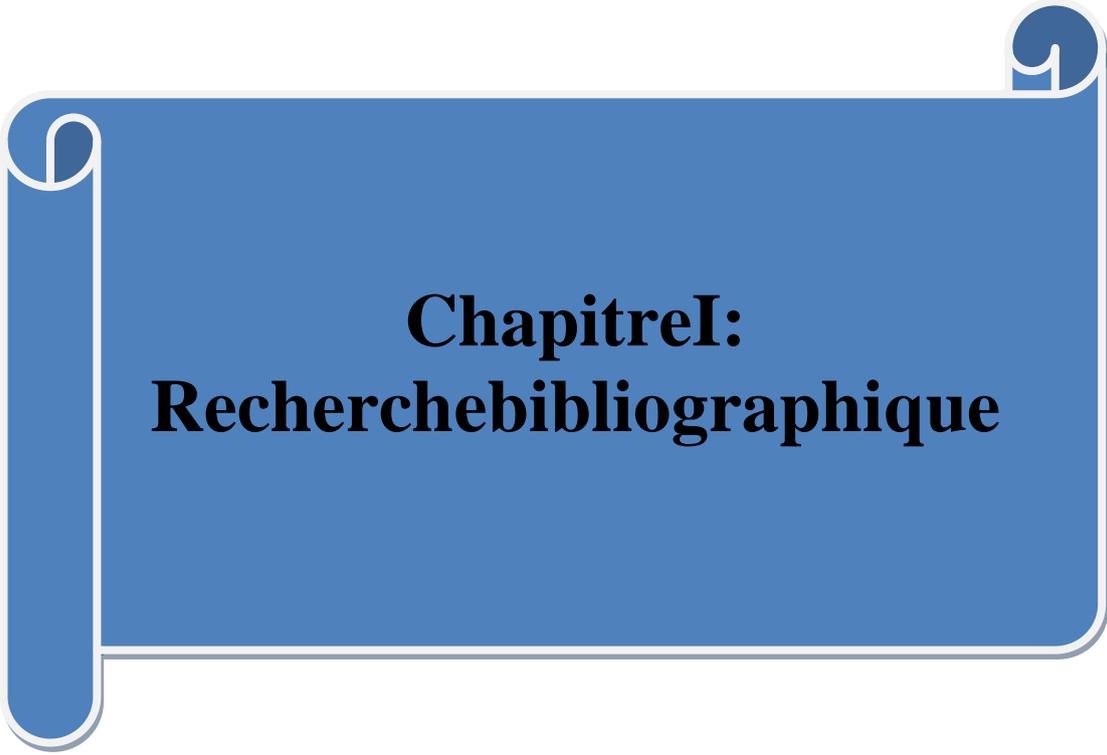
- Nous abordons dans le premier chapitre, une synthèse bibliographique consacrée les différentes notions sur les barrages et les retenues collinaires ;
- Dans le deuxième chapitre, nous exposons les différentes méthodes appliquées dans la surveillance et l'entretien de retenues collinaires ;

# Introduction générale

---

- Dans le troisième chapitre, nous traiterons la présentation de la zone d'étude sur le plan géographique, climatique et hydrologique ;

Enfin, nous discutons les résultats trouvés, afin de sortir avec des recommandations qui expliquent les techniques de confortement et les travaux d'entretien nécessaires pour garantir une longue durée de vie de ces ouvrages dans le chapitre quatre.



# **Chapitre I: Recherche bibliographique**

**1.Introduction:**

L'eau est d'une grande importance dans la vie des organismes vivants en général et des personnes en particulier car elle est utilisée dans divers domaines. Tous les rapports et situations internationaux, régionaux et nationaux indiquent que l'environnement et l'humanité dans toutes les régions du monde souffrent actuellement de problèmes et crises de l'eau, qui sont des problèmes complexes .En Algérie, le déficit de cet or bleu est devenu inquiétant confirmant les diverses expertises partant d'hypothèse et usant de métrologies différentes qui ont toutes conclu que notre pays se trouvera entre 2010 et 2025 confronté à cette pénurie quasi-endémique(Hadef, R., et Hadef, A.2001), et la gravité de ce problème est exacerbée par les caractéristiques climatiques qui vont d'aride à semi-aride sur la plupart des terres algériennes, qui ne sont donc pas abondantes sous les pluies, ce qui menace de diminuer leurs ressources en eau, surtout à une époque où l'Algérie connaît des développements sociaux et économiques remarquables dus à la démographie ,la croissance de l'urbanisation et la croissance des secteurs consommateurs d'eau tels que l'industrie et l'agriculture génèrent une pression sur les ressources en eau et pour faire face à la demande croissante sur cette ressource naturelle. L'Algérie mettre en œuvre des politiques et des stratégies de développement des ressources en eau, comme les barrages et les retenues collinaires pour conserver l'eau de pluie et l'utiliser dans d'autres secteurs.

**I.2 Généralités sur les barrages :****I.2.1 définition des barrages :**

Les barrages sont des structures artificielles qui retiennent l'eau, peuvent être installés sur la rivière pour arrêter ses débits et élever le niveau de l'eau en amont ou le travail de rétention de l'eau pour fermer un cuvette naturelle pluie et ruissellement, le barrage peut-être fait de matériaux durs (maçonnerie maintenant béton) ou matériaux meubles (terre, enrochements).

Les aménagements hydrauliques (barrages) sont utilisés pour stocker l'eau dans la cuvette (retenue). Ce sont des investissements qui sont à la fois coûteux et délicats du point de vue de la conception de leur réalisation et de leur fonctionnement, dans en effet, la destruction de plusieurs barrages au cours de l'histoire a provoqué des catastrophes. Il est ressort clairement de ce constat que cet aménagement hydraulique n'est pas de « confection » fonctionnent mais travaillent toujours sur des « mesures » de projection. Dans ce cas ; un tel projet nécessite plusieurs ingénieurs de différents domaines techniques. (DU BARRAGE, E. D. L. E., & BAHDEL, B. (2017).

## I.2.2 Types des barrages:

### I.2.2.1 Barrage en béton:

Les barrages en béton sont divisés en trois groupes ;

#### a) Barrage poids :

Comme son nom l'indique, il résiste à la pression de l'eau par son propre poids. La plupart des barrages gravitaires sont grands et profilés triangle, la face aval est verticale ou légèrement inclinée avec (75% à 80%). (Schleiss et Pougatsch, 2011).

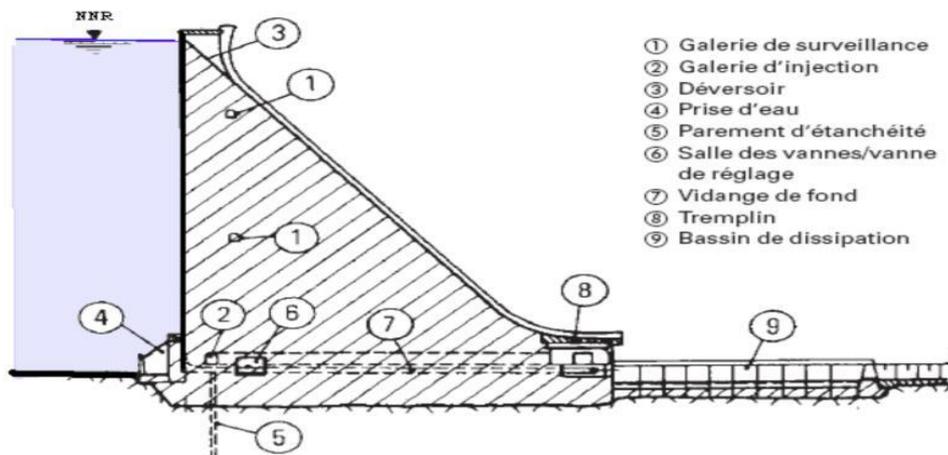


Figure I.1: Coupe transversale d'un barrage en béton

#### b) Barrage voûte :

Le barrage se compose des murs en béton voûtés. Plonger l'eau est transportée des deux côtés de la vallée. Les barrages sont parfois une double courbure verticale et horizontale. Lorsque toutes les conditions nécessaires sont remplies, cela permet économiser beaucoup de béton.

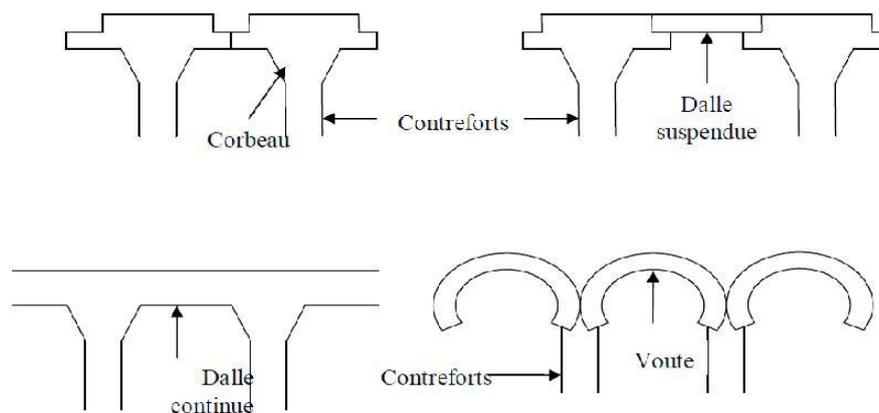


Figure I.2 : Exemple d'un Barrage voûte (barrage de St-Pierre Cognait)

### c) Barrages à contreforts :

Une série de murs plus ou moins parallèles, généralement triangulaire épais et plus ou moins séparés (piliers).

L'ouverture entre les contreforts transmet la poussée de l'eau. Ils sont convenus parfaitement aux larges rocheuse de bonne qualité. Dans les vallées plus larges, les barrages gravitaires peuvent également de grandes volume de béton trop important, ou le barrage voûte n'est pas faisable, nous envisageons de construire de plus, les barrages de contreforts sont beaucoup moins sensibles au soulèvement que les digues, barrage-poids, mais plus fragile.



**Figure I.3:** Différents types de barrages à contreforts

### I.2.3 Barrages en remblai :

Ce sont des structures de grands volumes et leur structure à cela est rendu possible grâce à l'utilisation d'équipements de terrassement modernes lorsque la vallée est trop large et lorsque la vallée est trop grande, choisissez ce type de l'ouvrage, matériel sur site pu à faible distance ce type de barrage est composé de terre ou de gravier et possède généralement un noyau central en argile qui assure l'étanchéité. Dans certains ouvrages, le masque en béton en amont ou la couche imperméable peut être utilisé pour assurer l'étanchéité géo membrane interne. La technologie est également utilisée dans la contraction réservoir de capacité moyenne.

Les barrages en remblai sont divisés en deux catégories ;

- ✓ Barrage en terre.
- ✓ Barrage en enrochement.

#### I.2.3.1 Types de barrage en terre :

##### a) Barrage homogène :

Le barrage enterre homogène est constitué d'un sol compacté imperméable, la partie aval est équipée d'un dispositif de drainage et d'une protection mécanique partie amont du batillage.

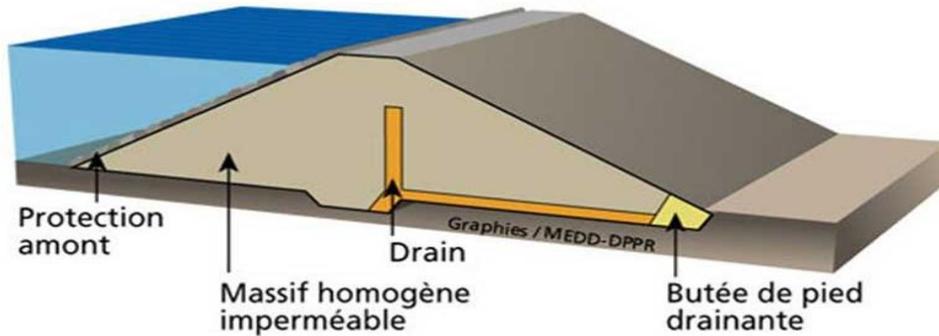


Figure I.4 : Profil du barrage homogène

**B. barrage à noyau :**

Au cas où la quantité de matériau imperméable les informations fournies sur place ne suffisent pas à compléter l'ensemble du corps du barrage. Dans ce cas circonstances les résistances et d'étanchéité sont séparées à certains égards. D'un côté, d'autre part, la résistance peut être assurée par le noyau fait du sol le plus imperméable possible (argile). La stabilité de l'intrigue sera appelée recharge.

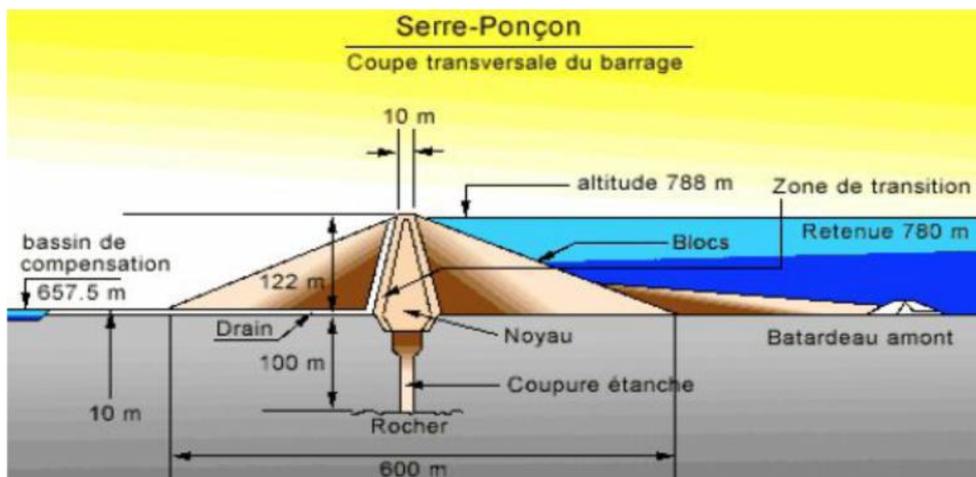
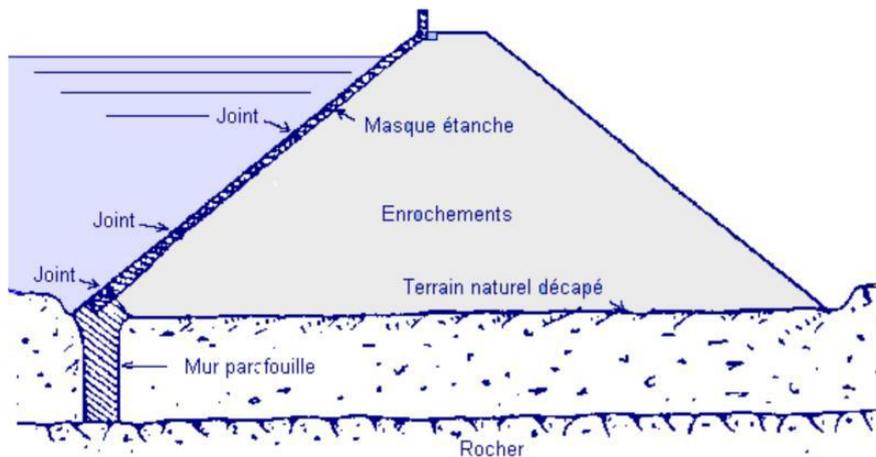


Figure I.5 : Barrage zoné avec un noyau étanche

**c. barrage à masque :**

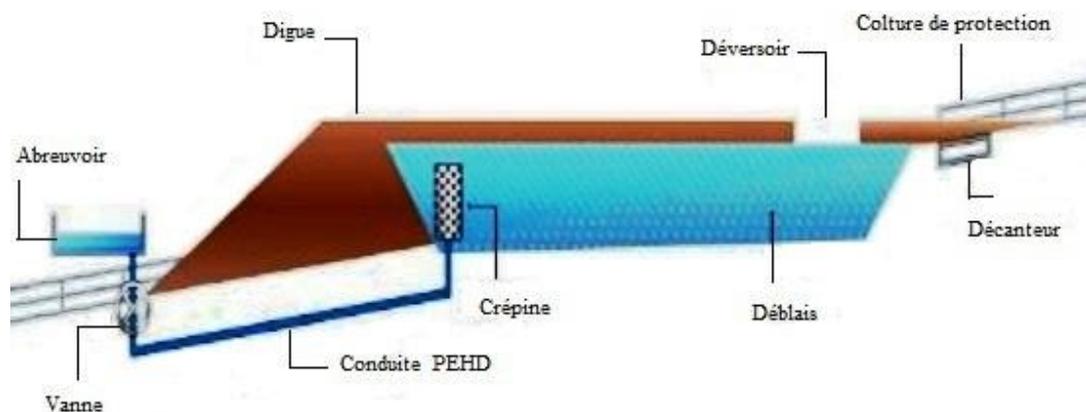
Le barrage à masque est constitué d'un remblai plus ou moins perméable pour assurer la stabilité globale. Placer un écran étanche (appelé masque) sur la surface, cela rend le barrage étanche et lui permet de retenir l'eau dans le réservoir.



**Figure I.6 :** Barrage à masque étanche

### I.3 Définition de la retenue collinaire :

Une retenue collinaire est un réservoir artificiel bloqué par des digues en terre– roche compacté, la hauteur ne dépasse pas 10 mètres, le volume de remblayage est compris entre 6000 et 10000m<sup>3</sup> la capacité de stockage est comprise entre 30000 et 1000000 m<sup>3</sup>, le bassin versant peut atteindre une vingtaine de kilomètres carrés (*Salem A*). Ils sont principalement alimentés par l'eau de pluie et les ruisseaux.



**Figure I.7 :** Schéma représentant les différents composants d'une retenue collinaire.

#### I.3.1 Objectifs d'utilisation des retenues collinaires:

Les objectifs de construction de retenues collinaires sont divers:

- Irrigation de petites superficies dans la région du piémont ;
- Régulation des débits d'oueds ;
- Fournir de l'eau pour la population rurale et le bétail ;
- Préserver les sédiments sur certains affluents et barrages de grandes vallées fluviales.

(*Kouti et al., 1991*)

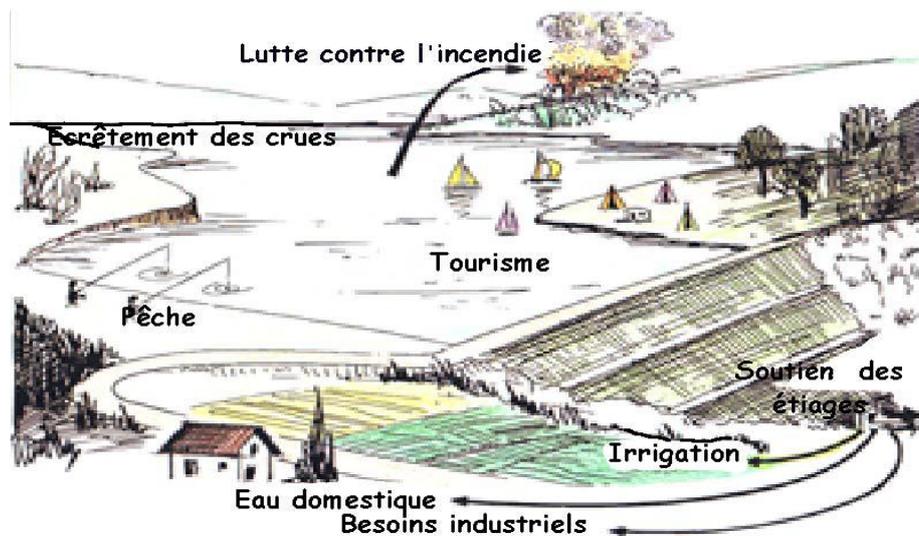


Figure I.8: Schéma représentant les différents objectifs d'une retenue collinaire

**I.3.2 Critères de classement des retenues collinaires:**

Depuis le décret n°2007-1745 du 11 décembre 2007, les digues et les barrages sont classées en quatre classes de A, pour les plus importants, à D en fonction de leurs caractéristiques géométriques et de la présence d'enjeux à l'aval :

Tableau n°1 : Classement des retenues collinaires

Classe de barrage suivant le décret du 11 décembre 2007	
Classe de l'ouvrage	Caractéristiques géométriques de l'ouvrage
A	$H \geq 20$
B	Ouvrage non classé en A et pour lequel $H^2 \times V^{1/2} \geq 200$ et $H \geq 10$
C	Ouvrage non classé en A ou B et pour lequel $H^2 \times V^{1/2} \geq 20$ et $H \geq 5$
D	Ouvrage non classé en A, B ou C et pour lequel $H \geq 2$

(Source : CFGB)

**H** : est la hauteur de l'ouvrage exprimée en mètres et définie comme la plus grande hauteur mesurée verticalement entre le sommet de l'ouvrage et le terrain naturel.

**V** : est le volume exprimé en millions de mètres cubes et défini comme le volume qui est retenu par le barrage à la côte de retenue normale.

**I.4 Historique des retenues collinaires en Algérie :**

Le climat de l'Algérie est caractérisé par un climat semi-aride. Depuis l'époque coloniale, la politique de construction de barrages pour mobiliser les ressources a été mise en œuvre. Celles-ci permettent le développement de zones d'irrigation à grande échelle et répondent

aux besoins en eau de la population urbaine .Dans la période postcoloniale, cette politique hydroélectrique à grande échelle s'est poursuivie et une série de mesures en faveur de la petite hydroélectricité ont été adoptées (Kouti et al.,2004).

Grace à l'expérience ,voire à une expérience limitée, les gens se sont progressivement rendu compte que les retenues collinaires sont des ressource supplémentaires intéressantes pour l'irrigation dans les zones rurales et montagneuses ,par conséquent ,il est jugé approprié de formuler un plan de préservation des collines pour augmenter son utilisation et l'étendre pour lutter contre les inondations et l'abreuvement du bétail ,à partir de 1982 ,l'administration de l'hydraulique a décidé de lancer un important programme de recherche et de construction (Salem A).

Au niveau politique, le programme a reçu un soutien extraordinaire, ce qui a permis la mobilisation générale de personnes pour réaliser le programme. D'un point de vue technique, il est immédiatement pour étudier et réaliser un tel travail. L'objectif est d'étudier et de construire 700 petits réservoirs et 300 petits barrages. Malheureusement, le manque d'expérience en conception a conduit un investissement énorme dans la réalisation du plan de conception pas nécessaire. Afin de corriger cette situation, des consultations avec divers organisations ont lieu pour normaliser les études de rétention et simplifier le travail (Benlaoukli et al, 2004).

**Tableau 2 :** identification de quelques retenues.

Nom	Wilaya	Hauteur (m)	Volume mort ( $10^6$ m <sup>3</sup> )	Capacité au Niveau normal (NNR)	Durée de vie(an)
Lecbour	BBA	17,8	0,25	0,9	20
Hamada	BBA	15,0	0,20	0,7	20
Boulardjem	Medea	16 ,0	0,22	0,9	20
El Hammam	Medea	19 ,5	0,30	1,2	20
SidiHamed	Blida	17,0	0,25	1,2	20
Amroussa	Blida	15,8	0,13	0,6	20
Merrakchi	Blida	19 ,0	0,15	0,6	20
Ben Yacoub	Djelfa	15,5	0,30	1,2	15
Kreireche*	Djelfa	16,0	0,32	0,9	10
Brouziane	Ain Defla	16,8	0,25	0,74	20
Djemaa	Ain Defla	14,5	0,15	0,50	20

(Benlaoukli, B., etTouaïbia, B. (2004)

### I.5 Le cout de construction d'une retenue collinaire :

Une analyse globale du cout structurel montre que l'investissement par mètre cube d'eau mobile est compris entre 6DA et 20DA, avec une moyenne de 9,58DA. Ce paramètre n'est

qu'indicatif, mais il permet des comparaisons entre différents projets et catégories régionales. De plus nous avons remarqué qu'il existe une relation inverse entre le cout d'investissement par mètre cube d'eau stockée et la capacité structurelle. En revanche, pour les grands barrages, la fourchette d'investissement par mètre cube est de 5DA à 20DA. En effet, nous savons qu'en plus des investissements, des couts d'exploitation et de la durée de vie de la structure, le cout des mètres cubes d'eau doit également être pris en compte. (Salem A)

### **I.6 Les différentes étapes de construction d'une retenue collinaire :**

Les étapes suivantes expliquent brièvement la phase de construction d'une retenue collinaire :

#### **Etape 1 :**

Travaux topographiques, y compris les relevés du bassin et du site séparément 40 hectares (échelle 1/2000) et 10 hectares (échelle 1/500).

#### **Etape 2**

La recherche hydrologique met en évidence la répartition des précipitations au cours de l'année, Évaporation et apport de liquide, cartes des niveaux de crue possibles (10% et 1%) et Une contribution solide.

#### **Etape 3**

Recherche géologique et géotechnique; d'une part l'étude des cartes Visites géologiques et de sites, et d'autre part activités de reconnaissance Fondations et matériaux de construction (surface empruntée). De plus, dans Exploration, nombre de sondages, sa linéarité, nombre de fouilles, nombre Échantillons simplifiés pour analyse en laboratoire.

#### **Etape 4**

L'étude de faisabilité comprend la détermination de la courbe du terrain (hauteur-Capacité de surface), le facteur d'entrée est pris en compte dans l'étude de dessaisonalisation, Évaporation, demande en eau (*Touaïbia, 1995*).

#### **Etape 5**

Effectuer des recherches; les projets de mise en œuvre comprennent des rapports explicatifs et Pièces justificatives (feuille de calcul) pour compléter le rapport de synthèse de recherche (faisabilité) Etudes d'infiltration, drainage et filtrage, tassement des pentes et calculs de stabilité.

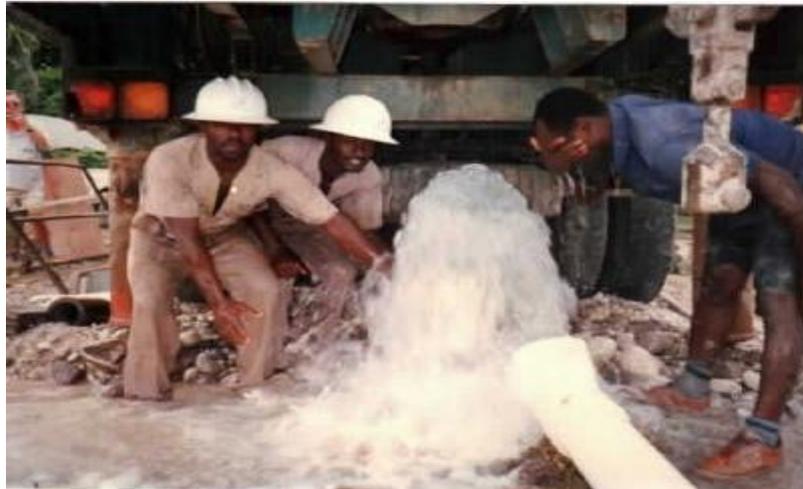
#### **Etape 6**

Appel d'offres invité (DAO): Ce document contient également des règles financières Et des normes techniques, des informations détaillées sur divers emplois dans la construction de bâtiments Ingénierie, et tout le travail effectué pour atteindre l'objectif Développement (*Benlaoukli et al. 2001*).

### I.7 Type d'alimentation :

Les trois grands modes présentés ci-dessous sont les plus fréquents (*BRL-Ingénierie, 2006, DDT du Cher, 2010*) :

**I.7.1 Retenues hors réseau** : il s'agit des retenues qui sont alimentées par les eaux de ruissellement mais aussi par des sources ou des forages.



**Figure I.9** : Un forage artésien jaillissant, réalisé à Formons, dans le Sud d'Haïti (BAPTISTE, 2003,)

**I.7.2 Retenues en série ou en barrage** : ce sont les retenues qui sont aux travers du cours d'eau. Ces modes peuvent être détaillés d'avantage. L'Agence de l'Eau Loire-Bretagne explicite les différents modes d'alimentation des retenues suite à la réalisation d'un guide de description des retenues pour une enquête sur terrain (*Agence de l'eau Loire-Bretagne, 2000*). Les éléments suivants sont listés dans l'étude Inter agence Loire-Bretagne :

**I.7.2.1 Alimentation par ruissellement de surface**: Alimentation de ruissellement comprenant l'eau de sédimentation. L'usine de traitement des eaux usées est également alimentée en eau et l'eau du canal ne passe pas par le canal d'eau. La qualité de l'eau du bassin dépend de la qualité du ruissellement (*Ecosphère et Hydrosphère, 2001*).

**I.7.2.2 Alimentation de dérivation avec seuil** : alimentation d'un cours d'eau ou d'un ruisseau par une voie de contournement équipée d'un seuil par gravité désignée (cette structure est située plus en aval du cours d'eau amont, et est séparée du cours d'eau par un seuil, de type installé sur un lit barrière métallique). Si le débit d'eau est au fond du thalweg, il peut également être détourné et contourné du réservoir.

**I.7.2.3 Alimentation de dérivation avec vanne**: Il s'agit de l'alimentation de dérivation (utilisée pour régler le débit, ouvrir et fermer) à travers la vanne située sur l'organe du barrage de la voie navigable ou de la rivière. La vanne peut par exemple être située sur un seuil (on dit qu'elle est mobile car elle comporte des éléments mobiles).

**I.7.2.4 Barrages naturels en aval:** lorsque les bâtiments sont situés sur le lit secondaire de rivières ou de courants pérennes ou intermittents, l'eau est fournie directement.

**I.7.2.5 Alimentation via une source:** fait référence à manger à partir d'une source pérenne ou intermittente, généralement au sommet du bassin versant (*Écosphère and Hydrosphère, 2001*).

**I.7.2.6 Alimenté par des collecteurs de drainage agricole:** Alimenté directement par des collecteurs de drainage agricole sans passer par les cours d'eau.

**I.7.2.7 Pompage des eaux souterraines:** y compris les eaux alluviales (ce que nous appelons une carrière ou une gravière) ou les eaux souterraines profondes. La carrière dite « d'eau » peut être construite dans le lit secondaire de la rivière (interdite depuis 1992 (*Écosphère et Hydrosphère, 2001*)) ou dans le lit principal de la rivière, qui n'est pas directement relié au niveau de l'eau et à la rivière. Carrière ouverte) ou communiquer uniquement avec le niveau de la nappe phréatique (carrière fermée). La carrière dite de « pénuried'eau » n'a pas de contact direct avec la nappe phréatique, mais elle peut être comblée lors des crues.

### **I.8 L'importance des retenues collinaires en irrigation :**

L'important développement des retenues collinaires dans l'irrigation en Algérie est lié à la nécessité de stocker l'eau pour se prémunir contre la variabilité saisonnière ou interannuelle des crues. Dans les années quatre-vingt, un vaste programme de retenues collinaires (au nombre de 83) a été réalisé par la Direction de l'Hydraulique (DHW) de la Wilaya de Tizi Ouzo (Saradouni, F. (2013)). Ces retenues collinaires ne sont pas gérées par un organisme de gestion et pour la plupart, leur exploitation est confiée aux agriculteurs. Elles ont été exposées au phénomène de vieillissement par la dégradation des digues en remblai et des ouvrages annexes. Aujourd'hui, soit trente années après il est temps de faire le point sur leur état, car la maîtrise du phénomène de vieillissement devient un enjeu économique majeur. Selon Saradouni, une méthode simple et pratique permettant à un professionnel (technicien ou ingénieur) du génie civil d'évaluer rapidement la présomption de vulnérabilité aux aléas naturels (neige, vent, séisme ...etc.) d'une retenue collinaire, en les guidant dans leur diagnostic. Toujours dans le même contexte, il a développé un premier Système d'Information Géographique (SIG), qui représente un outil d'aide à la décision pour les gestionnaires des ouvrages hydrauliques de retenue. Ce SIG nous permettra de stocker, visualiser, modifier et analyser toutes les informations détaillées des ouvrages expertisés (désignation de l'ouvrage, nature, désordres,). L'information ainsi géo référencée sera implantée sur des cartes d'état-

major à l'échelle 1/50 000ème. A partir des informations disponibles (inspections visuelles détaillées, données

historiques, etc.), nous intégrons le calcul de la vulnérabilité capables d'évaluer leur état. A partir de toutes les informations recueillies, des analyses thématiques multicritères ont été réalisées (2013).

### **I.9l'impact des retenues collinaires sur l'environnement :**

#### **I.9.1l'impact de l'ouvrage sur le paysage :**

L'impact du projet sur le paysage concerne essentiellement tous les aspects les changements à différents endroits pouvant être effectués pendant la phase de construction, et réaliser l'exploitation de projet.

- **Phase de construction :** le principal impact visuel sera principalement frustrant divers lieux de travaux d'excavation (zones l'emprunt) et la structure du barrage, et les aspects inachevés de ces travaux, ont donc passé le paysage désorganisé apparaîtra en harmonie avec d'autres paysages une partie de l'environnement. Ceteffetestnégatif, direct et temporaire.(*Bouroga, 2019a*)
- **Phase d'exploitation :** une fois le plan d'eau plein, l'espace deviendra plus attractif surtout après la régénération de la végétation des berges. Cet effet est positif et direct et permanent.(*Bouroga, 2019a*)

#### **I.9.2 impact de l'ouvrage sur la flore :**

La réalisation de différents ouvrages et le remplissage du plan d'eau est causera la destruction et l'inondation de la seule végétation rupicole longeant les lits des oueds.

- **Phase de construction :** de manière générale, chantier d'installation, base habitable l'ouverture des travailleurs et de nouveaux canaux a conduit végétation des site de retenues collinaires flore enregistrée l'étape précédente était courante sur la côte méditerranéenne et n'apparaissait pas ne faisant pas partie du patrimoine végétal à protéger ( loi N°83.3 relative à la protection de l'environnement ) pour tous les bassins versants, c'est la végétation la zone riveraine le long du lit de la rivière, parfois en état de végétation dégradé en raison du degré d'activité humaine..(*Bouroga, 2019a*)
- **Phase d'exploitation :** le remplissage du plan d'eau provoquera la propagation du plan d'eau plantes aquatiques, telles que lotus problème possibles produit par la qualité de l'eau (changement de composition chimique) et la santé république

(création de goyères pour les insectes vecteurs maladies). C'est une influence négatif, indirect et permanent. D'autre part, les plans d'eau peuvent favoriser créer des prairies qui représentant d'importantes ressources de pâturage. Cet effet il est considéré comme positif, indirect et permanent (*Bouroga, 2019a*).

### I.9.3 Impact de l'ouvrage sur la faune :

- **Phase de construction** : il y a une grande probabilité que ces espèces fréquentent les sites actuellement. De plus, toutes les interférences liées au travail la construction de digues (bruit, pollution de l'air). Ces animaux seront amenés à quitter les lieux et déplacés. Vous vers l'environnement dans l'espoir de trouver le biome similaire. Cet effet sera négatif. Direct mais temporaire. (*Bouroga, 2019a*)
- **Phase d'exploitation** : au cours de processus de planification, l'impact sur la faune sera l'arrivée de la faune migrant du nord au sud ou du nord est généralement positive profitez de cette escale du sud au nord, cette présence saisonnière renforcera l'attractivité surface. cet impact sera positif, direct et permanent. (*Bouroga, 2019a*)

### I.9.4 Impact de l'ouvrage sur la qualité de l'air :

La nature des travaux de construction des retenues collinaires prévoit des impacts sur la qualité de l'air.

- **Phase de construction** : pendant le processus de construction, le problème de quantité de la poussière dans l'atmosphère est due à une circulation accrue personnes, camions et machines proximité de la zone (bulldozers, niveleuses, etc...) dans les aires proches de l'aménagement ; cet effet est considéré comme négatif ; non pertinent limité aux lieux de travail, aux chantiers de construction aux fosses l'emprunt. (*Bouroga, 2019a*)
- **Phase d'exploitation** : Pendant cette phase, on ne prévoit aucun impact sur la quantité de l'air

### I.9.5 impact de l'ouvrage sur les niveaux de bruit :

- **Phase de construction** : l'émission sonore est due à personnel véhicules et machinerie lourde .Cependant, cet effet est considéré comme ponctuel, intensité discontinue et modérée. (*Bouroga, 2019a*)
- **Phase d'exploitation** : pendant cette phase, depuis le projet ne fournit qu'un pipeline en cours d'exécution, et l'entrée d'eau est la vanne fournit ainsi de l'énergie à la zone agricole située en aval des ouvrages. (*Bouroga, 2019a*).

**I.9.6 Impact en matière d'érosion :**

Cet impact a entraîné le dépôt progressif de grandes quantités de sédiments le ruissellement concentré s'est arraché du flanc de la colline, transporter les sédiments et le transport des eaux de ruissellement sera piégé par l'eau immobile de futur ouvrage, à long terme, cela pose un sérieux problème pour le potentiel hydrique qui est mobilisé et maintenu à des prix de revient élevés. Les ouvrages des retenues collinaires, en empêchant les matières fertilisantes d'arriver aux zones d'épandage accumulent celles-ci à leurs niveaux en provoquant leurs envasements. Donc l'effet sur l'érosion ne peut être que négatif, direct, permanent et très majeur. (Bouroga, 2019a)

**I.9.7 Impact sur le milieu humain :**

**I.9.7.1 Effet démographiques :** il est à noter que le lieu de réception prévu l'emplacement de l'ouvrage sont inhabités, aucune planification n'est donc nécessaire déplacement de population. (Bouroga, 2019a)

**I.9.7.2 Impacts sur les infrastructures et les équipements :** il ne devrait pas avoir d'impact sur le produit étant donné que les travaux sont prévus pour être effectués dans un espace complètement dégagé infrastructure. Cependant, en termes d'assainissement la plupart des foyers ne sont pas raccordés et utilisent plutôt les fosses septiques. (Bouroga, 2019a)

**I.9.7.3 Impact économique :** il y aura des opportunités d'emploi dans la zone du projet grâce à la mise en œuvre du projet (construction des ouvrages de retenues et les actions préconisées dans le cadre de l'aménagement des bassins versants) une grande main-d'œuvre locale est nécessaire. L'impact à cet égard sera positif et significatif. (Bouroga, 2019a)

**I.9.8 Impact sur la santé publique :**

L'environnement aquatique dans la nature fournit des conditions de survie de reproduction peut devenir de véritables agents pathogènes et porteurs de maladies épidémiques. Il existe déjà d'autres ouvrages de retenues collinaires dans les zones vallonnées, aucune épidémie liée à la transmission de l'eau n'a été observée. Cependant, il est nécessaire de prendre certaines précautions, telles que sensibiliser les gens au respect des mesures de protection pertinentes maladies d'origine hydrique. (Bouroga, 2019b)

**I.9.9 Impact sur l'agriculture et l'hydraulique :**

La mise en place de retenues a clairement un impact sur le bassin versant (culture en amont /ou aval de la retenue) en effet, la mise à disposition de l'agriculteur d'un volume d'eau supplémentaire et (assuré) permet à celui-ci de choisir d'implanter une diversité plus importante de cultures ( introduction de cultures irriguées dans un assolement préalablement en sec ), ou augmenter la superficie ensemencée des cultures irriguées, ou obtenir des cultures

sous contrat (impliquant généralement un accès sur l'eau) (*Carluer et al., 2015*).

La modification de la rotation modifie le débit d'eau et de polluants, chaque parcelle arable génère des flux un ruissellement et un drainage différents dépendant de la période de couverture du sol et de l'intensité de la couverture végétale, et gestion des cultures : la protection phytosanitaire et la fertilisation auront un impact sur la qualité de l'eau drainée et ruisselée, ainsi que les progrès de l'irrigation affectent l'intensité de l'utilisation de l'eau du sol ( et donc sur la quantité de ruissellement et de drainage génère), par ailleurs, l'arrangement spatial des cultures au sein du bassin versant peut favoriser ou contraire limiter les flux de ruissellement (notamment en l'emplacement et la période du sol nu et de la végétation) (*Carluer et al., 2015*)

Ces flux de ruissellement et de drainage peuvent fournir d'eau aux retenue qui a généré le changements de la rotation des cultures, ou le retenue est situé plus en aval, selon le méthode de fixation des éléments ( nitrate, phosphore, phytosanitaire) sédiments et méthodes de vidange du retenue, ils auront un effet tampon positif, ce qui améliore la qualité de l'eau des cours d'eau en aval, soit un effet négatif en transmettant les polluants en aval, voire en amplifiant cet impact négatif en cas d'eutrophisation , avec rélargie de cyanobactéries et matière organique. (*Carluer et al., 2015*)

Il faut noter également que les systèmes de culture ont un effet sur le niveau des retenues non seulement par le biais de leur contribution plus ou moins forte au remplissage de celles-ci par le biais des flux de ruissellement ou sub-surface du bassin versant amont, mais aussi par leur contribution à la vidange de la retenue par pompage pour l'irrigation. Cet effet sur la dynamique de remplissage/vidange des retenues sera différent selon la part de cultures irriguées (vs. pluviales), le type de conduite de l'irrigation (restrictive vs. excessive) et la variabilité du climat (qui va conditionner les dates de semis, les choix de culture et de précocité, choix de culture et donc la période d'utilisation de l'eau) (*Carluer et al., 2015*).

### **I.10 Problématique du sujet**

Des investissements énormes ont été dépensés dans le domaine d'hydraulique dont, beaucoup de barrages et retenues collinaires sont implantés sur le territoire national afin de satisfaire les besoins en eau des différents usagers.

Des sommes colossales qui dépassent les 20 milliards de centimes selon les services concernés de la direction des ressources en eau pour la construction d'une retenue collinaire ou un petit barrage (*DRE, 2021*) mais, ces ouvrages dès leurs réceptions se trouvent abandonnés, sans aucun suivi ou contrôle par les spécialistes comme il exige l'arrêté ministériel du 25 Moharram 1436 correspondant au 18 novembre 2014 fixant la nomenclature

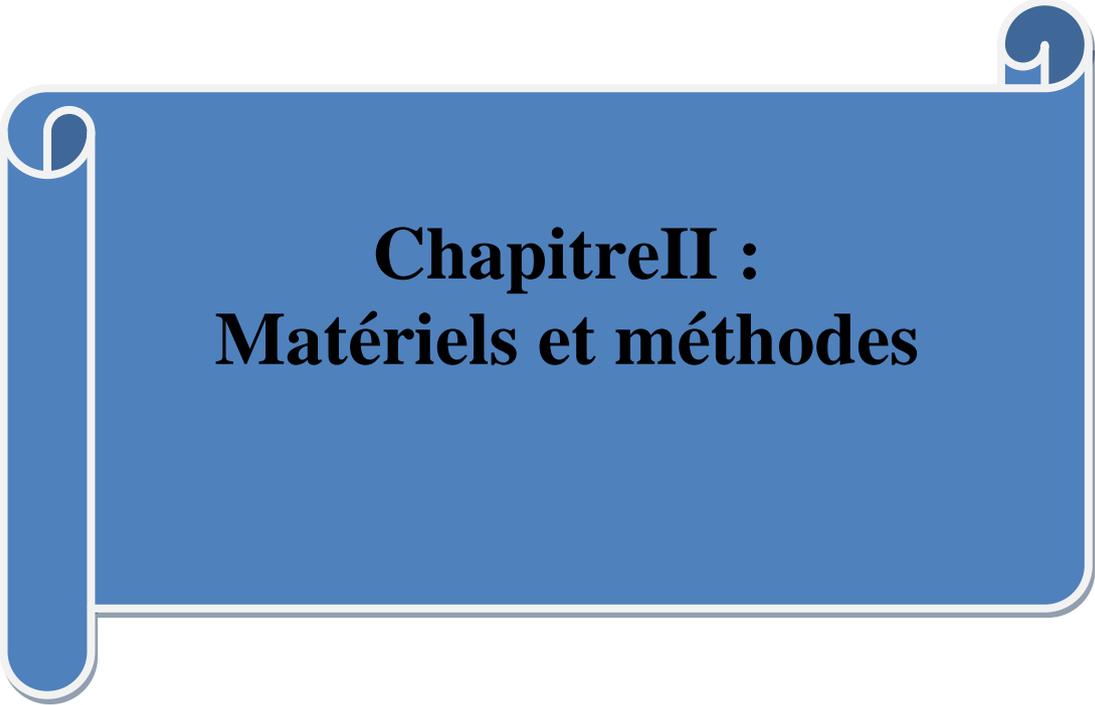
des ouvrages et installations hydrauliques soumis à l'obligation de contrôle technique (*JORAD,2015*).

L'absence d'entretien et du contrôle pousse la dégradation de ces ouvrages dont, certains ont été complètement envasés ou leurs digues détériorées, d'autres nécessitent une surveillance pour leur garantir une grande longue durée de vie.

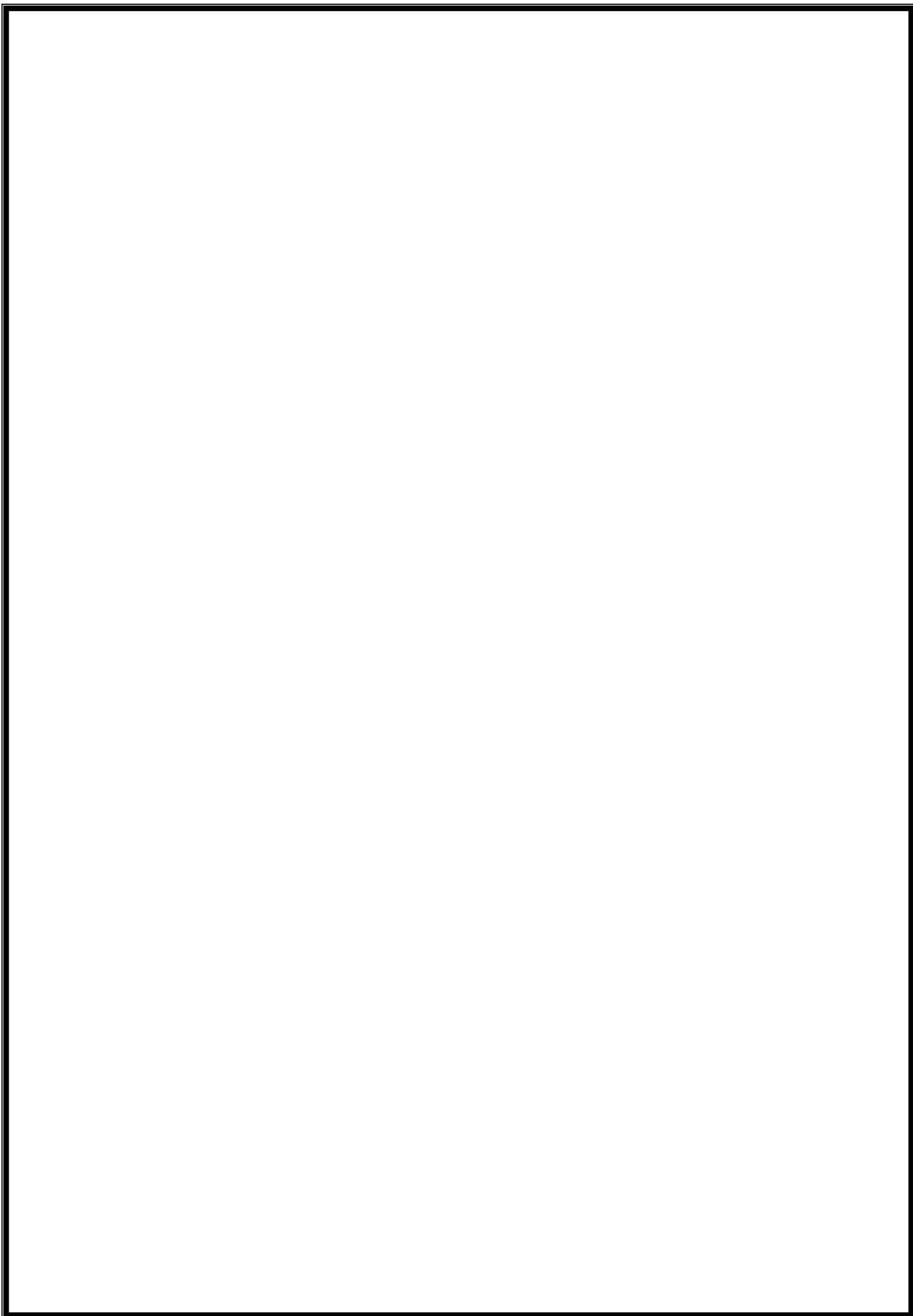
La wilaya d'Ain Defla dispose dix (10) retenues collinaires et petits barrages dont, deux retenues ont été totalement envasés, il reste à les déclasser par le ministère de la ressource en eau. Généralement, ces infrastructures sont sous la charge de présidents des assemblés populaires des communes (PAPC) dans laquelle, aucune visite ou contrôle technique se font au niveau de ces retenues alors que ces dernières ont une importance primordiale pour l'agriculture en premier lieu et l'alimentation en eau potable.

### **I.11 Conclusion :**

Analyse des retenues collinaires du point de vue du concept (ressources) de manière générale, les travaux peuvent être envisagés dans une perspective matériel et fonction idéale. Cela permet de dépasser les approches en termes de bilan économiques ou hydrologique qui donnent de ces ouvrages une vision limitée est important. Car décrire l'histoire et la vie d'une retenue collinaire c'est aussi faire le récit d'une espace physique et social. Reconfigurez son territoire autour de ce nouvel élément qui est l'eau stockée, il s'agit aussi, à travers ce récit, d'observer la manière dont les liens sociaux se façonnent ou se disloquent, se renforcent parfois autour d'un changement de son espace physique.



**ChapitreII :**  
**Matériels et méthodes**



**II.1 Introduction :**

La retenue collinaire est un plan d'eau artificiel, conçue pour énergie hydroélectrique, pour soutien des faibles débits ou l'irrigation. Habituellement, ces eaux sont caractérisées par une profondeur irrégulière, changer le niveau d'eau en fonction des crues, des faibles débits et des plans d'eau uniformes.

La surveillance d'un ouvrage a pour but essentiel de connaître, et de prévenir autant que possible toute dégradation. Afin de le rendre dans un état sûr et donc apte à remplir ses fonctions. Nous détectons principalement les anomalies et désordres et à évaluer leur éventuelles évolutions. Ces anomalies peuvent être dues à prévenir le mécanisme de vieillissement. Ils sont généralement lents, mais les changements rapides ne le sont pas complètement exclus, surtout dans les premières années après la mise en eau. Au contraire, l'âge de la retenue ne peut être garanti en bon état en raison de la rupture brutale à la retenue (Royet, 2006b).

**II.2. Etudes des risques :**

Il est très important de définir les caractéristiques géométriques de la retenue selon le décret n°2007-1745 du 11 décembre 2007 relatif au classement des ouvrages.

**II.2.1 Risque de l'instabilité de la digue;**

Ce risque est étudié dans les dossiers géotechniques. Caractériser les différents sols et fondations qui composent le remblai d'un point de vue mécanique.

Les calculs de stabilité ont été effectués dans plusieurs configurations, y compris la configuration des fuites ont provoqué une saturation accidentelle du sol de la digue.

Le suivi géotechnique du projet permettra de vérifier la conformité des matériaux de remblai.

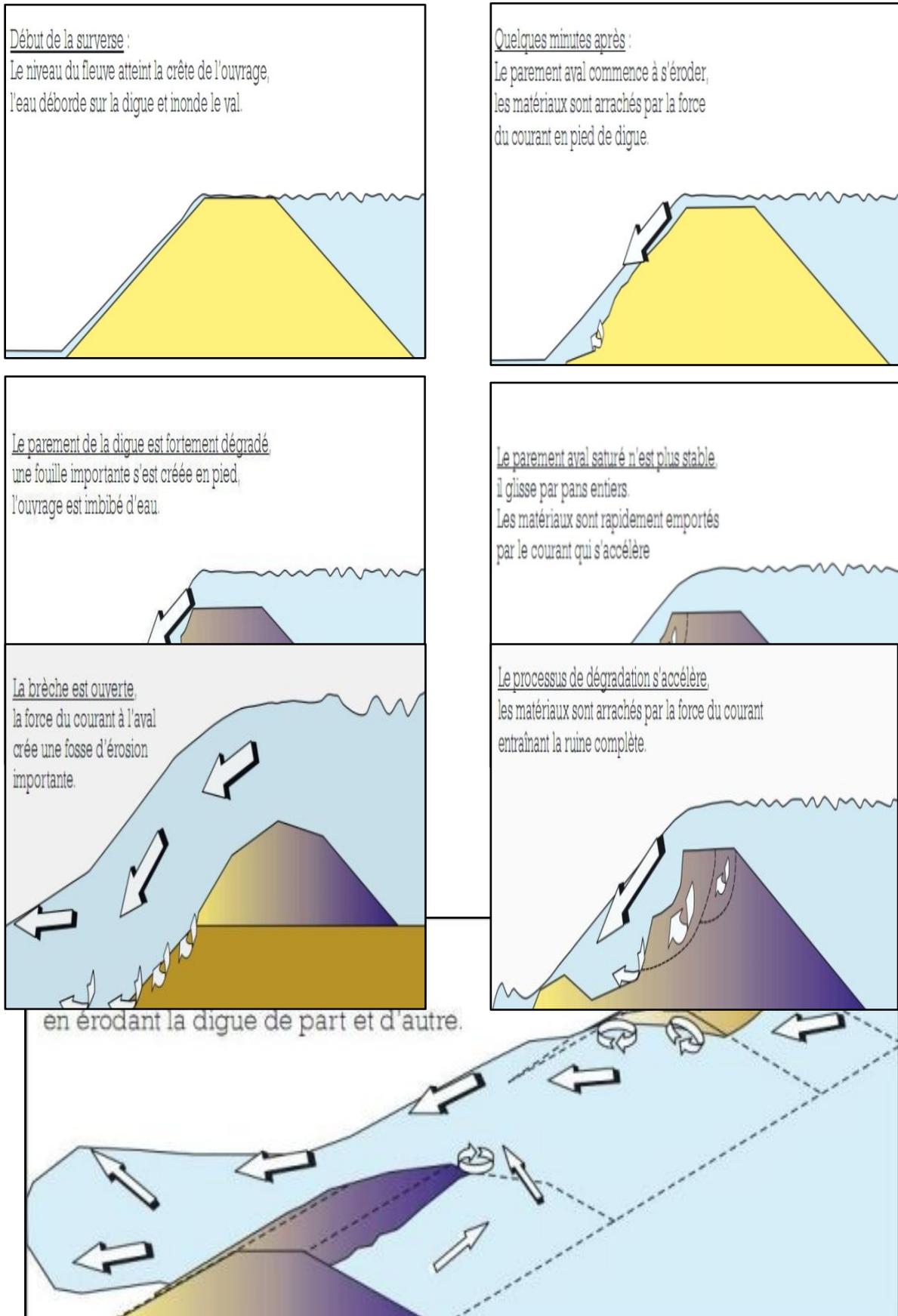
**II.2.2. Risque de submersion en cas de la crue :**

Ce risque a fait l'objet d'une étude spécifique des crues et du dimensionnement du déversoir.

Le déversoir doit être dimensionné pour un débit entrant dans la réserve et correspond à une crue de fréquence 1000 ans. Les consignes d'exploitation incluent l'abaissement du niveau du lac par la vidange partielle au cas de situation exceptionnelle.

Le risque de submersion de la crête peut également être à l'origine de rupture de barrage. Il en est ainsi des crues exceptionnelles, d'intensité supérieure à celle retenue pour le dimensionnement des ouvrages évacuateurs, appelée crue de projet. Le niveau de sécurité retenue généralement compris entre la crue millénaire et la crue déca millénaire. Les barrages en remblai ne supportent pas la submersion et sont donc plus vulnérables aux débordements. La phase de chantier pour les barrages en construction est une période sensible aux risques de crue, car les ouvrages d'évacuation ne sont pas encore opérationnels. Les glissements de

terrains, soient de l'ouvrage lui-même dans le cas de barrages en remblai, soit des terrains entourant la retenue sont également une cause de rupture (Samir, 2017a).



**Figure II. 1 :**Mécanisme de rupture par surverse (Samir, 2017b)

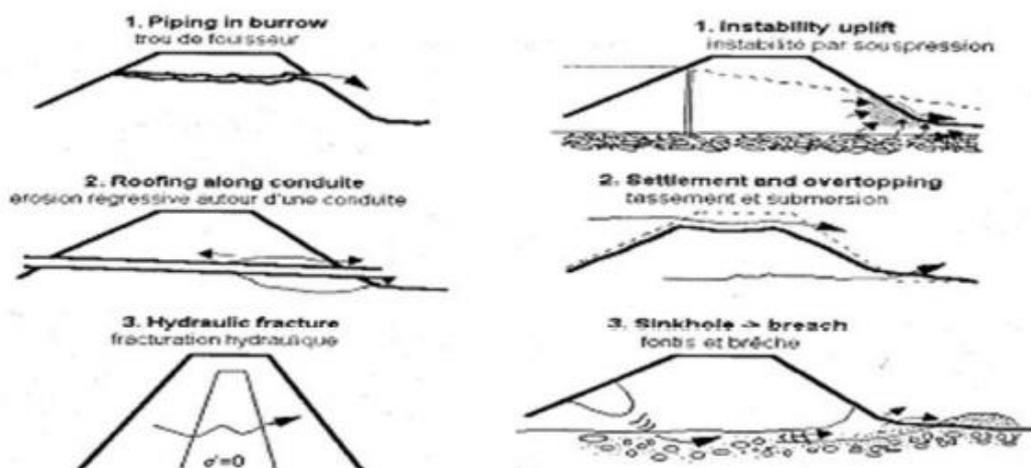
### II.2.3. Risque de l'érosion interne et de phénomène type (renard) :

Le choix d'une étanchéité par géo membrane diminue très largement les risques de fuites d'eau et de circulations dans le corps de digue ou au contact des terrains en place.

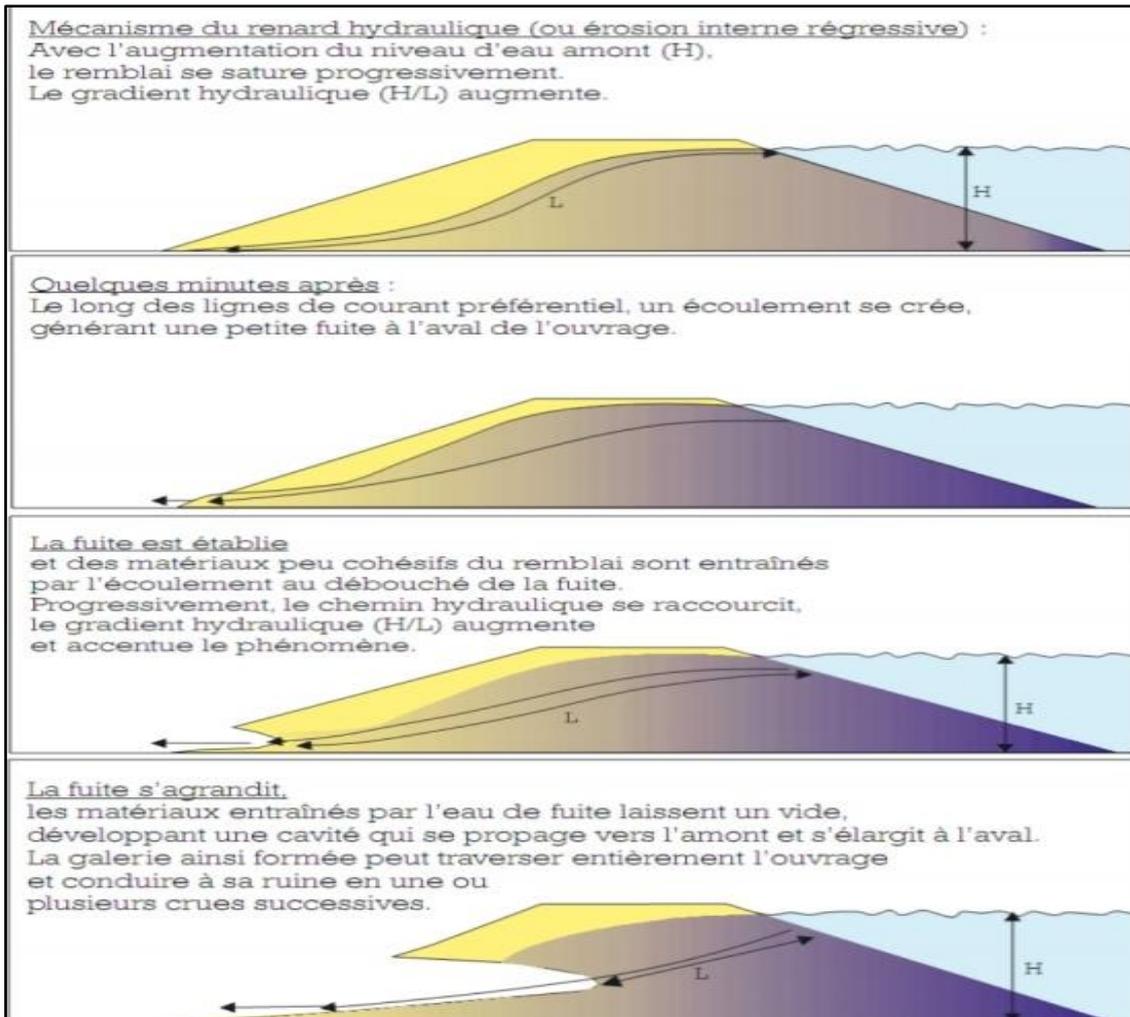
Le transport des particules soient assurées afin que l'érosion soit entretenue. La nature de l'érosion interne est définie comme l'entraînement en aval des particules former un remblai ou une fondation, réservé à une utilisation dans les retenues ou à l'écoulement associé à la crue des digues pour que l'érosion interne se développe, deux phénomènes doivent avoir lieu modes de distinguables. Pour entraîner la rupture, il faut également distinguer deux conditions de transport mécanisme de corrosion interne : le renard hydraulique et le débit d'eau d'irrigation sont très forts dans les mécanismes hydrauliques du renard hydraulique, diffusé. Le mécanisme du renard est le plus dangereux et le plus rapide : le plus souvent provoquent la rupture de la digue. Des facteurs tels que l'absence de filtre aval, la présence de terriers d'animaux, la présence de conduite traversant ou de racines d'arbres favorise le développement d'un mécanisme de rupture par renard sur les digues (Samir, 2017a).

Le contrôle des fuites est assuré par la surveillance des débits du drainage sous membrane.

C'est pour cette raison, des piézomètres doivent être installés dans le corps de digue permettent de détecter toute anomalie d'ordre hydrogéologique.



**Figure II.2 :** érosion interne par renard et par suffusion (Samir, 2017)



**Figure II.3 :** Mécanisme de renard hydraulique dans une digue(Samir, 2017)

La figure ci-dessous illustre un cas de rupture de digue lié au mécanisme d'érosion interne, s'étant développé autour d'une canalisation et débouchant sur un renard hydraulique.



**Figure II.4 :** Renard autour d'une canalisation traversant la digue(Samir, 2017)

**II.2.4. Risques naturels:**

Les risques d'ordre géotechnique et hydraulique ont été pris en compte dans le

dimensionnement des ouvrages comme cela a été exposé.

Dans l'environnement du projet, les risques naturels sont généralement très modérés:

- Nous devons vérifier s'il y a un danger d'avalanche.

En raison de la position de la retenue sur le col, nous devons confirmer s'il y a des déformations ou pas. Le Bassin versant dominant déverse de part et d'autre de la retenue.

On constate s'il y a de risques de chutes de pierres et de rochers ainsi que le signe d'instabilité sur les lieux.

### **II.3. Mesures de sécurité lors de la première mise en eau :**

Des dispositions spécifiques sont à prévoir lors de la 1<sup>ère</sup> mise en eau :

- Le rythme et les éventuels paliers de mise en eau.
- Les moyens mis en place pour maîtriser le remplissage de la retenue.
- Le programme de surveillance planifiée à différents niveaux et, le cas échéant, les modalités renforcées l'auscultation.

La première mise en eau comprend un remplissage contrôlé de la retenue, avec d'éventuels paliers de stabilisation pour permettre aux ouvrages de s'adapter aux nouvelles contraintes mécaniques et hydrauliques.

Ainsi, les points principaux qui doivent être analysés et préparés préalablement au 1<sup>er</sup> remplissage sont :

- ✓ Définition et mise en place l'organisation et maîtriser les matériaux appropriés remplissez le retenue en respectant le plan d'eau et sa vitesse de remontée toutes les étapes fournies par le concepteur : l'alimentation de la retenue devra être maîtrisée en contrôlant le pompage de puis les salles des machines.
- ✓ Vérification des outils d'auscultation (capteur de pression, repères de nivellement, piézomètres, capteur de débit de drainage)
- ✓ Mise en place une équipe compétente, dotée des moyens nécessaires pour :
  - Assurer des inspections visuelles fréquentes et des mesurées d'auscultation beaucoup plus élevée que la fréquence spécifiée pendant le fonctionnement normal selon les caractéristiques de l'ouvrage par maître d'œuvre, voire une présence permanente à proximité des ouvrages
  - Analyser ces données en temps réel et prendre les décisions nécessaires

#### **II.3.1. Surveillance des drains lors de la 1<sup>ère</sup> mise en eau :**

Le débit de drain doit être contrôlé :

- ✓ Avant le premier remplissage, retenue vide.
- ✓ Lors du premier remplissage du réservoir

Si le débit des drains du DEG est nul, la retenue vide et qu'il reste nul retenue pleine, l'étanchéité du dispositif d'étanchéité par géo membrane (DEG) est alors garantie.

### **II.3.2. Surveillance topographique lors de la 1<sup>ère</sup> mise en eau :**

Avant de remplir de la retenue collinaire, des repères de nivellement (bornes topographiques) positionnés en périphérie de la digue et sur le couronnement. Un relevé de ces points sera fait avant le premier remplissage (zéro points).

Lors du premier processus de remplissage, les points seront relevés régulièrement afin de contrôler si la retenue se comporte bien :

- Lorsque le niveau d'eau atteint le niveau d'eau naturel, le remplissage sera arrêté (24 heures) et les points topographiques seront relevés.
- Ensuite, remplissez par palier de 1.50 m. A chaque niveau, le remplissage doit être arrêté pendant 24 heures et les points topographiques doivent être vérifiés.

A la fin du remplissage, lorsque le niveau de fonctionnement est atteint, une nouvelle lecture sera prise, et le rapport réalisé comme point zéro pour la construction de la retenue collinaire sera effectué.

En fin de première mise en eau, un rapport, établi par le maître d'œuvre, sera intégré au dossier de l'ouvrage.

Un suivi des mesures sera effectué soit par l'exploitant soit par le maître d'œuvre dans le cadre d'une mission spécifique. Un tableau de mesures sera renseigné. En cas de tassement significatif la retenue collinaire sera immédiatement vidangée.

### **II.4. Moyens de surveillance:**

L'exploitation désigne parmi ses membres une personne chargée du suivi et de l'exploitation de la structure, qui sera chargée de :

- Fonctionnement du réservoir
- Surveillance visuelle régulièrement l'instrument d'auscultation et vérifier sa fonction
- L'entretien quotidien de la retenue collinaire, de la structure adjacente et de son environnement environnant
- Vérifier régulièrement le bon fonctionnement des dispositifs de commande et de fonctionnement de composants hydrauliques
- ébauche de rapport d'activité

Pour le contrôle des retenues collinaires, Il existe deux types:

**a) Contrôle qualitatif :**

La surveillance et le contrôle sont principalement visuels. Les observations qualitatives devraient être effectuées par la même personne dans la mesure des possibles et enregistrées dans le registre de travail. Ces observations doivent être complétées par des images photographiques.

**b) Contrôle quantitatif :**

Toutes les valeurs mesurées doivent être enregistrées dans le manuel de travail et traitées dès que possible afin que tout dysfonctionnement du travail puisse être corrigé immédiatement.

En cas d'accident ou de situation anormale sur le réservoir d'eau :

- Cette anomalie sera marquée de manière à ce qu'il y ait un ("point zéro) de données comparables quantifiables dans le futur.
- Si l'anomalie est confirmée, le plan d'action doit être déterminé en fonction du seuil d'urgence.
- Il est nécessaire de déterminer les modifications possibles de la fréquence d'inspection et de mesure et de son contenu

Les instructions de supervision comprenant : des visites mensuelles, des visites annuelles et une fois tous les cinq ans ou des visites spéciales.

**II.4.1 La visite mensuelle :**

En fonctionnement normale, en l'absence de signes inquiétants de performance structurelle, des contrôles qualité sont effectués une fois par mois.

Le but de ces visites est de découvrir rapidement tout nouveau phénomène affectant le réservoir et de suivre qualitativement les évolutions. Ces opérations sont effectuées par du personnel désigné par l'exploit dans la première semaine de chaque mois.

Les visites de surveillance ne doivent ignorer aucun point d'observation sur la retenue.

Elles sont exécutées selon un chemin prédéfini :

- Tour du chemin de ronde
- Tour du pied de la digue
- Déversoir etcoursier

Les principaux points à noter lors de la visite de suivi sont :

Tableau n°1 : les visites recommandées au niveau de la retenue

Visite	Observations
1. Tour du chemin de ronde	- L'émergence ou l'évolution des zones humides sur le pied amont ou aval de la retenue.
2. Tour du pied de la digue	- L'apparition ou l'évolution des fuites locales, y compris dans la zone aval de la retenue
3. Déversoir et coursier	- Apparition de renflement et /ou tassement (début de glissement) dans la pente aval ou amont
	Creuser des tranchées sur la surface aval
	- Des points bas apparaissent, des fissures attendent sur le haut du remblai
	- Géo membrane (partiellement hors de l'eau) : épines, déchirures, état des joints entre les bandes et connexion avec la structure en béton
	- Végétation arbustive près de la pente et pied en aval
	- Dommages animal
	- Corps flottant ou matériau bloquant la vanne ou le seuil
	- Végétation, glissement de terrain bloquant le déversoir...
	- Erosion et mouvement structurel du déversoir
	- Etat du matériel d'auscultation
	- Conditions de barrières
	- Environnement du réservoir : rupture de pente, effondrement de bloc, etc.

A chaque visite, un formulaire de visite mensuel doit être rempli et joint au registre des retenues collinaires. Les observations spécifiques doivent être mentionnées et des photos jointes si nécessaire.

Lors de ces inspections mensuelles, l'agent en charge de l'inspection procède à des inspections qualitatives en effectuant des mesures simples sur l'équipement d'auscultation et vérifie les fonctions normales de l'équipement mesure pour surveiller le niveau d'eau dans le réservoir, le tuyau de vidange et le manomètre.

### II.5 Mesures d'auscultation

A côté de l'observation visuelle qui est l'élément majeur de la surveillance des barrages, l'auscultation permet une appréciation quantitative du comportement de l'ouvrage et de son vieillissement. Elle porte, essentiellement, sur des mesures de déplacements et déformations,

de piézométrie, et de débits de fuite, couplées avec le suivi de la cote de la retenue. Le dispositif d'auscultation doit être adapté à chaque ouvrage, les mesures doivent être faites avec soin et à périodicité régulière, ces mesures doivent, enfin, être interprétées par des spécialistes (Royet, 2001a).

**II.5.1 Dispositif d'auscultation recommandé pour un petit barrage ou retenues collinaire**

MESURES À PRÉVOIR	IMPORTANCE DU BARRAGE			
	H < 5 m et $H^2/V < 5$	5 m < H < 10 m ou $5 < H^2/V < 50$	10 m < H < 15 m ou $50 < H^2/V < 200$	15 m < H < 20 m ou $H^2/V > 200$
Cote du plan d'eau	non	Limnimètre	Limnimètre	Limnimètre
Mesures topographiques	non	en général non nécessaires	Mesure des tassements par bornes de nivellement (barrages neufs uniquement)	Mesure des tassements et des déplacements amont-aval (nivellement et alignement)
Mesure de la piézométrie	non	en général non nécessaire, sauf surveillance de zones humides apparaissant sur le talus aval ou en pied de barrage	– un profil de rive à rive en haut du parement aval ou sur la risberme, équipé de piézomètres à crépine longue – quelques piézo-mètres en pied aval du barrage	– un ou quelques profils amont-aval équipés de cellules de pression de part et d'autre du noyau et du drain (si barrage zoné), et en fondation – un profil rive à rive sur la risberme, équipé de piézomètres à crépine longue – quelques piézo-mètres en pied aval du barrage et sur les rives en aval du voile d'étanchéité
Mesures des débits	en cas de débits significatifs	une mesure globale des débits collectés par le fossé de pied (scindée éventuellement en RD-RG)	mesures globales des débits RD-RG ; de préférence, mesures individuelles aux exutoires des drains	– mesures globales des débits RD-RG scindées éventuellement par zones – mesures individuelles aux exutoires des drains

Source (Royet, 2006c)

### II.5.2 Surveillance du niveau d'eau :

La mesure du niveau d'eau dans la retenue est indispensable pour permettre l'analyse du comportement de l'ouvrage. Cette mesure est très souvent gérée par l'exploitant de la retenue, pour qui, le volume accumulé derrière le barrage est une donnée importante.

Cette mesure permet d'atteindre trois objectifs :

- Améliorer la gestion du réservoir en comprenant constamment la qualité d'eau disponible,
- Participer à l'auscultation du barrage en permettant d'examiner l'influence de la cote de la retenue sur les mesures de certains instruments (en particulier débit et piézométrie),
- Enrichir les données hydrologiques en mesurant le débit de crue (Pytharouli et Stiros, 2008).

### II.5.3 Surveillance des drains :

La sortie du système de drainage est située dans un regard accessible au pied aval de la digue. Vérifier le tuyau de vidange et son débit tous les mois pour détecter s'il y a un changement.



**Figure II.5 :** Débit de drainage collecté au niveau du barrage de Sikkak, wilaya de Tlemcen (Smail, 2007)

### II.5.4 Surveillance des piézomètres :

La structure est équipée d'un piézomètre piscine dans le remblai afin d'évaluer la pression interstitielle.

Les fuites en aval sont des bons indicateurs du fonctionnement hydraulique. Une sorte de l'augmentation rapide des fuites montrera un phénomène de renard. La face aval peut être inspectée (un entretien est donc nécessaire et effectuée régulièrement) (ICOLD, 1992).



**Figure II. 6 :** Piézomètre et sonde à interface (Vidal, 2010)

### **II.5.5 Surveillance topographique :**

Pendant la 1<sup>ère</sup> année de mise en service, il est recommandé de procéder à des campagnes de relèves trimestrielles et semestrielles des repères de nivellement puis de passer ensuite à un rythme de semestriel voire annuel. En l'absence d'évolution significative, les levés pourront être progressivement espacés.

### **II.6 Rapport de surveillance périodique :**

Cette visite est effectuée par le responsable d'exploitation de la retenue. Elle a lieu à la fin de l'hiver en mai. A chaque visite, un formulaire de visite approfondie sera complété et joint au registre des retenues. Toute observation spécifique doit être mentionnée et des photos jointes si nécessaire.

Avant de remplir l'ouvrage, la visite sera vide. Ensuite, les parties normalement inondées seront soigneusement inspectées : ouvrages de drainage, remblais de réservoirs, etc.

Il est également important de prêter attention à l'état d'envasement ou de stockage du réservoir. Tous les aspects doivent être surveillés pendant la visite. Nous avons déjà évoqué la vérification:

- L'état de la finition : en relief ou en creux,
- Les conditions de terrain en aval de la retenue (regain),
- L'état du déversoir (il n'y a aucun matériau bloquant le déversoir)
- Des ouvrages hydrauliques des sécurités avec manœuvre réelle desdits ouvrages (vannes de vidange),
- Equipement d'auscultation,

- Mettre en œuvre correctement les mesures pour les agents responsables de ces mesures,
- Fonctionnement de divers appareils de vidange.

Après la visite, les réparations suivantes seront effectuées :

- La membrane se déchire ou tombe,
- Détérioration ou érosion des déversoirs et des chenaux en aval,
- Réparer/remplacer le dispositif de drainage, le dispositif d'auscultation est endommagé.



**Figure II.7 :** Equipements hydromécaniques concernés par les essais périodiques, barrage Sidi Abdelli, wilaya de Tlemcen (Smail, 2007)

### **II.7 Rapport d'auscultation :**

Un contrôle technique approfondi doit être effectué par un établissement agréé conformément aux dispositions de la tutelle et accompagné d'un directeur d'exploitation. Ces visites doivent être effectuées à la fin de l'opération hivernale en mai, au moins une fois tous les 5ans.

Ces visites techniques approfondies permettront d'obtenir un rapport complet des personnes qui les ont effectuées. Le rapport détaille chaque partie de l'ouvrage, ses abords et réservoirs, découvre les éventuelles perturbations observées, ses causes possibles, les résultats des essais de fonctionnement des composants hydrauliques et des équipements d'auscultation et les mesures de suivi. Dans la surveillance, l'exploitation, la maintenance, l'auscultation, le diagnostic ou l'amélioration.

De plus, un rapport d'auscultation faisant la synthèse des mesures réalisées sur les cinq années sera joint au registre de l'ouvrage. Il comprendra une analyse des mesures afin de mettre en évidence les anomalies, les discontinuités et les évolutions à long terme.

L'analyse prend également en compte les évolutions antérieures et fournit un avis sur le comportement de l'ouvrage et sur les éventuelles mesures à prendre pour améliorer la sécurité. Il indique les modifications souhaitables du dispositif d'auscultation. Lorsque le nombre de données le permet, l'analyse tente de séparer les effets réversibles des effets irréversibles.

### **II.7.1 Visites exceptionnelles:**

Des visites intermédiaires peuvent s'imposer à la demande du propriétaire, si des phénomènes inquiétant sont constatés ou à la suite de circonstances exceptionnelles (crue, séismes...). Elles sont réalisées par le personnel compétant en hydraulique, en géotechnique et en génie civil, accompagné d'exploitation.

### **II.7.2 Visite dans le cas des crues :**

La particularité des retenues collinaires comme dans le bassin peut les exposer à la visite et l'intensité des crues sont difficiles à prévoir, car la plus grande probabilité est fortes pluies lors des tempêtes locales.

Pour faciliter la surveillance en cas d'inondation, le propriétaire marquera deux déversoirs définit spécifiquement le seuil d'alerte et le seuil d'alarme :

- Marquer le niveau d'eau le plus élevé (PHE 1) et marquer correspondant à la crue du projet (seuil d'avertissement) ;
- Une marque qui identifie le niveau intermédiaire de PHE, indiquant que le site doit être surveillé (seuil vigilance)

Avant chaque événement de tempête, le responsable de cette retenue ouvrira la vanne de fond en cas d'inondation possible.

Dans ces événements anomaux, la personne chargée de la surveillance de la retenue observera le départ.

Trop-plein au déversoir principal :

- Lorsque le niveau de décharge atteint le seuil de la ligne d'avertissement, une attention particulière sera portée ;
- Si la crue atteint le seuil d'alarme, une alarme sera déclenchée pour établir une surveillance renforcée

**II.7.3 Visite dans le cas d'un séisme :**

Une visite aussitôt après un séisme ressenti ou un séisme dont on a eu connaissance non loin du site est recommandée. Toutes les parties observées lors des visites mensuelles, en notant les différentes éventuelles, seront inspectées. L'apparition de fissures sur les organes en béton et de mouvements sur les parties en remblai ou déblai sera surveillée. Il faudra s'assurer que les vannes fonctionnent correctement et il conviendra de faire une mesure sur tous les appareils d'auscultation afin de détecter d'éventuelles évolutions rapides (augmentation d'un débit de fuite ...) (Royet, 2006b).

**II.8. Entretien de retenues collinaires :**

Hormis tous les contrôles cités ci-dessus, le concessionnaire de l'ouvrage devra :

- Maintenir l'accès aux différentes parties de l'ouvrage
- Nettoyer la grille d'arrivée d'eau et le fond de la zone de réserve chaque année ou lors de tempêtes spéciales
- Vérifier annuellement le fonctionnement normal de tous les systèmes (vannes, drains, état de débordement)
- Empêcher la croissance de la végétation arbustive, afin de ne pas causer d'effets néfastes sur la retenue dus au développement du système racinaire
- Tondre le gazon ou tondre les ravins et éliminer leurs origines
- Réparer tout dommage causé par le réveil
- Maintenir la structure hydraulique (déversoir, drainage, prise d'eau etc.)
- Assurer les égouts, les drains ...
- Enlever les objets flottants et divers objets encombrants restant devant la porte
- Rendre le déversoir dégagé
- Nettoyer le fond du réservoir et le remblai au moins une fois par an
- Tous les équipements utilisés pour le fonctionnement du dispositif à neige artificielle sont maintenus en bon état de fonctionnement
- Garder l'environnement et les passages autour de la piscine propre
- Réparer les perforations de la membrane.

**II.8.1. Moyens d'intervention en cas d'incident :**

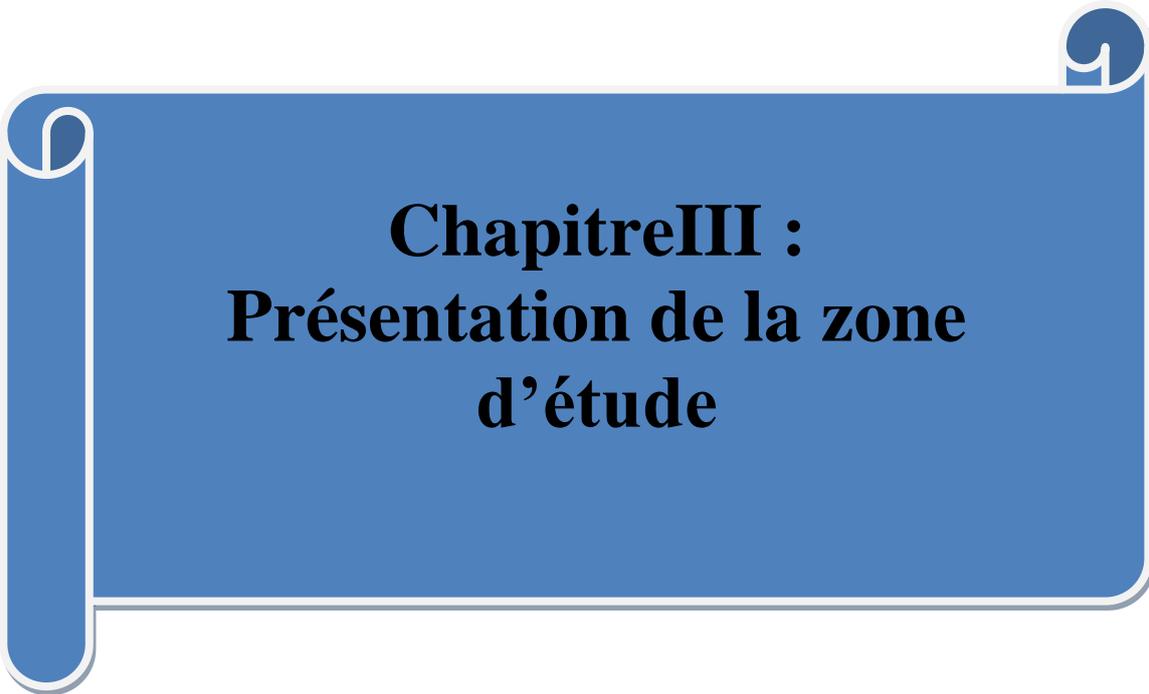
- On entendra par incident, le dépassement au seuil prédéfini de la valeur mesurée de l'appareil. Auscultation, observé visuellement l'apparition d'un phénomène anormal évident (émergence en pied de digue en particulier) ou une situation météorologique

exceptionnelle.

- Lorsqu'un incident survient, le responsable en informera l'ingénieur et /ou l'entreprise et leur fera des recommandations responsables de l'ingénierie de l'assistance technique et responsable de service DDT de la police l'eau.
- Si l'incident est estimé dangereux, on procède immédiatement à la vidange d'urgence de la retenue jusqu'à ce que le niveau dans la retenue atteigne la cote du terrain naturel.
- Les consignes d'exploitation comprendront par ailleurs la liste et les coordonnées téléphoniques des différentes autorités susceptibles d'intervenir ou devant être averties, en particulier le service en charge du contrôle de la sécurité de l'ouvrage (DDT) et les autorités de police ou de gendarmerie.

### **II.9 Conclusion :**

Afin d'assurer la sécurité de l'ouvrage pendant toute leur durée d'utilisation et son développement, il est nécessaire de contrôler son état et son comportement. Pour surveiller son comportement, il faut disposer d'un dispositif d'auscultation fiable, précise et durable. Le domaine de la surveillance des retenues collinaire a toujours été constant et en faveur de et l'utilisation de nouvelles méthodes et équipements de mesure et l'utilisation des équipements automatiques cependant l'inspection visuelle qui est la partie principale de la surveillance des retenues collinaires :généralement détecter les anomalies qui affectent l'ouvrage .D'autre part, l'auscultation est une méthode quantitative basée sur l'utilisation d'instruments de mesure , et peut signaler les changements de comportement structurel. Le dispositif d'auscultation doit être basé sur le type, la taille et la conception caractéristique technique de la retenue.



**Chapitre III :  
Présentation de la zone  
d'étude**

### III.1. Introduction :

La wilaya d'Ain Defla porte une position géographique centrale pouvant lui confier un rôle stratégique lors de l'élaboration du schéma national d'aménagement du territoire, assurant une parfaite jonction entre le littoral et la région des hauts plateaux ainsi qu'une meilleure liaison entre Ouest et l'Est du pays. Ce chapitre est consacré à la description détaillée de la zone d'étude et nous décrivons le contexte générale, géographique, climatologique, et hydrologique.

### III.2. Localisation géographique d'Ain Defla :

La région d'Ain Defla est une zone relais entre l'est et l'ouest, le nord et le sud. Le territoire de la province est encore inséré avec DAHRA ZACCAR (Zaccar Gharbi à une altitude de 1576 m et Zaccar Chergui à une altitude de 1530 m, et Dahra à une altitude moyenne d'environ 700 m, qui est DAHRA ZACCAR le plus fermé et le plus accidenté groupe) au nord et OUARSNIS (le groupe le plus accidenté). Le pic est à 1700 mètres, la plaine au centre du bassin en forme de cuvette au sud, traversée d'est en ouest par l'oued Chélif. (DSA ,2020). La province d'Ain Defla est située à 145 kilomètre au sud –ouest d'Alger, avec les zones géographiques suivantes (Fig.1) :

- Au nord la wilaya de TIPAZA
- Au nord –est, dans la province de BLIDA
- A l'est, le territoire de MEDEA
- A l'ouest, le territoire de la CHLEF
- Au sud, la province de TISSEMSSILET. (DSA, 2020)



Figure 1 : les limitrophes de la wilaya d'Ain Defla (DSA-2014).

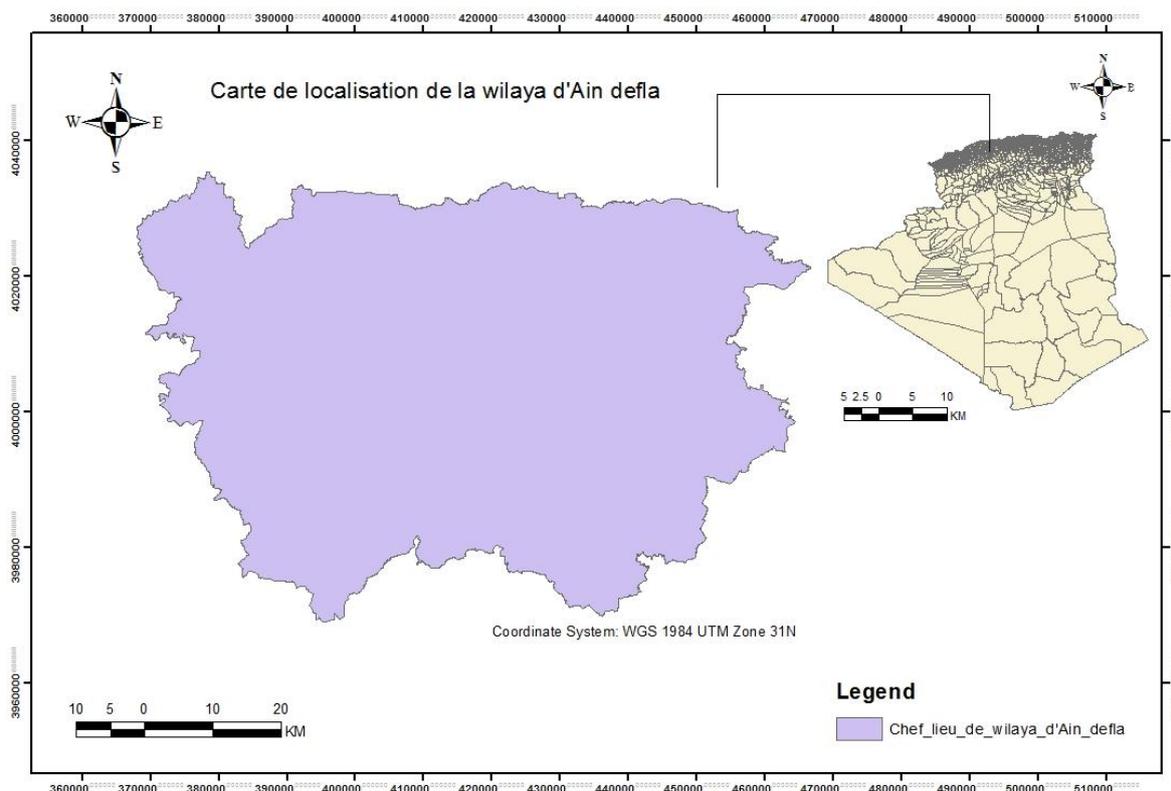


Figure 2 : Situation géographique de la wilaya d'Ain Defla

### III.3. Données climatiques :

Ain Defla a un climat méditerranéen semi-aride avec des caractéristiques continentales très évidentes. Il se présente sous la forme d'un bassin fermé et s'ouvre vers l'ouest. (La courbe des précipitations de 500-600 mm le reflète parfaitement. (Sur la carte des précipitations annuelles autour la vallée).

Il y a des obstacles insurmontables au nord et au sud. En hiver, l'amplitude thermique peut être importante : + 20°. Il arrive que les températures soient égales ou inférieures à 0° la nuit au mois de Janvier.

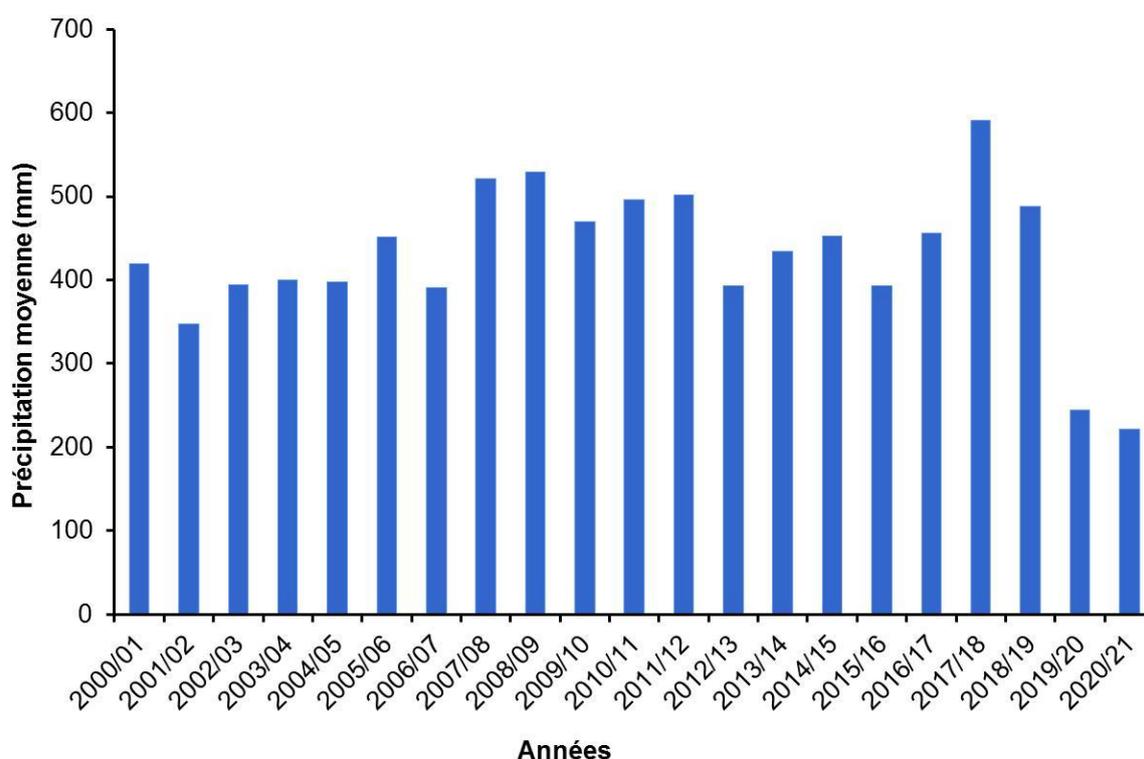
Les changements de température saisonniers sont importants. Il peut atteindre un maximum de 48°C en août, ce qui est l'un des zones côtières les plus chaudes d'Algérie en été (DSA Ain Defla, 2020).

#### III.3.1. Précipitation :

La plupart des eaux souterraines ont une origine météorique, c'est-à-dire qu'elles proviennent des précipitations (pluie, neige) et leur infiltration dans le sous-sol.

Dans les grands aquifères, l'eau peut provenir de différentes périodes climatiques et peut être utilisé comme indicateur de paléoclimat, en hydrologie, mesurer la valeur exacte des précipitations idéales sur une large plage l'importance de l'estimation de la recharge dépend de la densité et de la distribution spatiale de réseau pluviométrique.

### III.3.1.1. Répartition annuelle des précipitations :



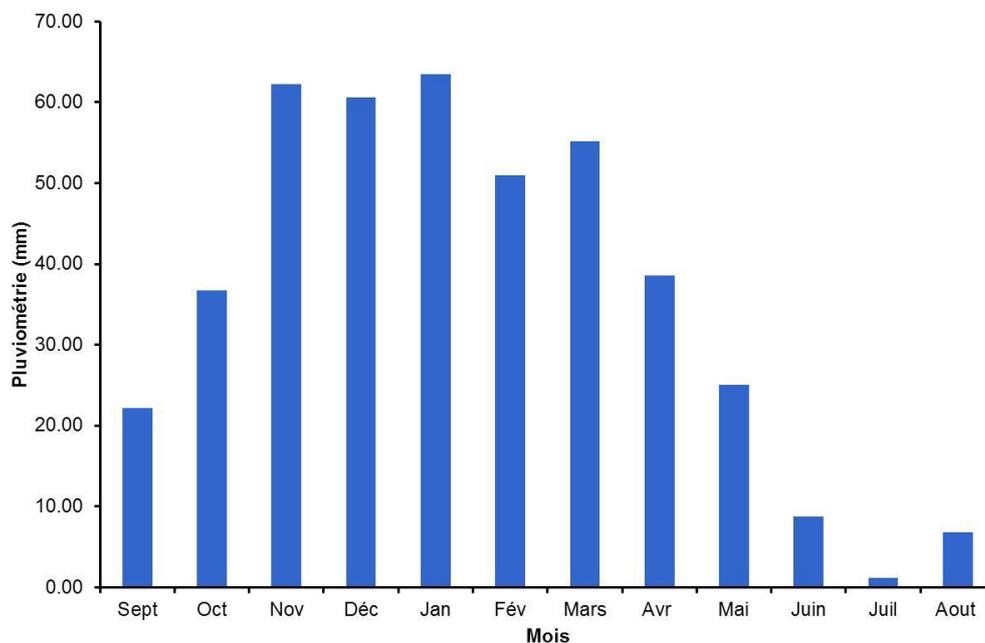
**Figure 3** : Evolution des précipitations moyenne annuelle de la région d'Ain Defla

Selon la station ITGC de Khemis-Miliana (48-49) (2000-2021)

Les résultats obtenus montrent que la moyenne interannuelle enregistré durant la période étudiée (2000-2021) est égale à 428.2 mm/an, les années les plus pluvieuses sont celles de 2007, 2008 et 2017 avec une moyenne annuelle de l'ordre de 520.7 mm/an, 529.7 mm/an et de 591.2 mm/an successivement, tandis que l'année la plus sèche est de 2021 avec une moyenne annuel enregistré de 221.3 mm/an.

### III.3.1.2. Répartition mensuelle des précipitations :

La répartition mensuelle des précipitations durant la période (2000-2019), est présentée dans la (fig.4).



**Figure 4** : Répartition mensuelle des précipitations de la région d'Ain Defla (2000-2021)

La station ITGC de Khemis-Miliana (48-49)

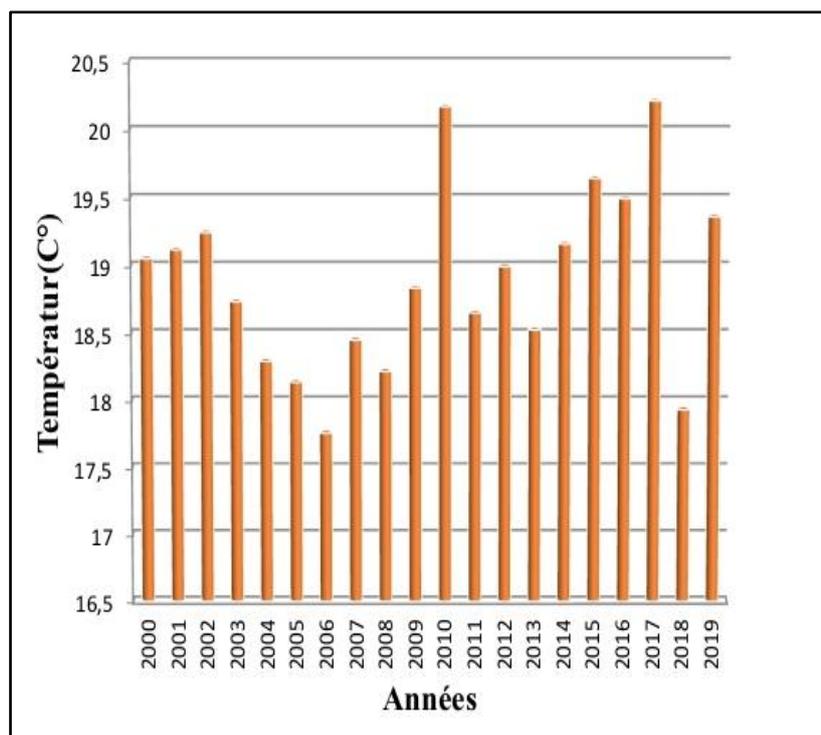
La répartition moyenne mensuelle de la pluviométrie est aléatoire, elle est variable d'un mois à l'autre, les mois de Novembre, décembre et janvier sont ceux les mois les plus pluvieuses, avec un taux de précipitation moyenne mensuelle de 62.27 mm/mois, 60.60mm/mois et 63.51 mm/mois respectivement, alors que les mois moins pluvieux sont celles de mois de juillet et aout avec un taux de précipitation moyenne mensuelle de 1.11 mm/mois et 6.77 mm/mois successivement.

### III.3.2. La température :

La température moyenne annuelle a une influence considérable sur l'humidité du climat, ils varient généralement tout au long de l'année, élevés en été et faibles en hiver. La température est mesurée sous abri normalisé à 1.50m du sol, la température saisonnière change régulièrement pendant cette période.

### III.3.2.1. Températures moyennes annuelles :

La (fig.5) présente les températures moyennes annuelles pour la même période de précipitations.

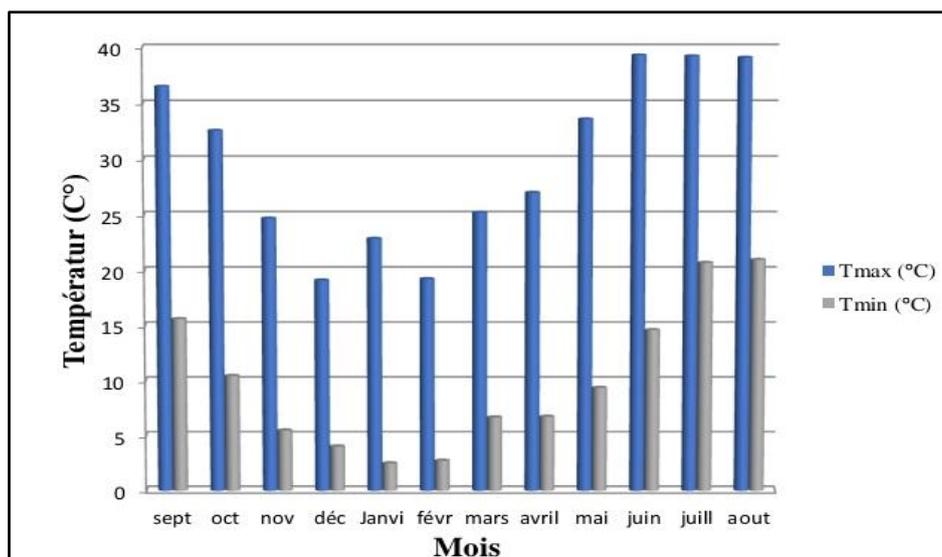


**Figure 5:** Evolution de la température moyenne annuelle de la région d'Ain Defla (2000-2019).(Mahammed Marwa et Amina, 2019)

L'analyse du graphique présente des fluctuations dans la température moyenne annuelle de 2000 à 2019. L'année 2017 et 2010 considèrent comme les années les plus chaudes avec une moyenne des températures atteint les 20.20 C° et de 20.16 C° respectivement, tandis que l'année 2006 à enregistré la moyenne de température la plus basse avec 17.75 C°.

### III .2.2. Températures moyennes mensuelles maximales et minimales :

La variation de températures moyennes mensuelles maximales et minimales est présentée dans la (fig.6).



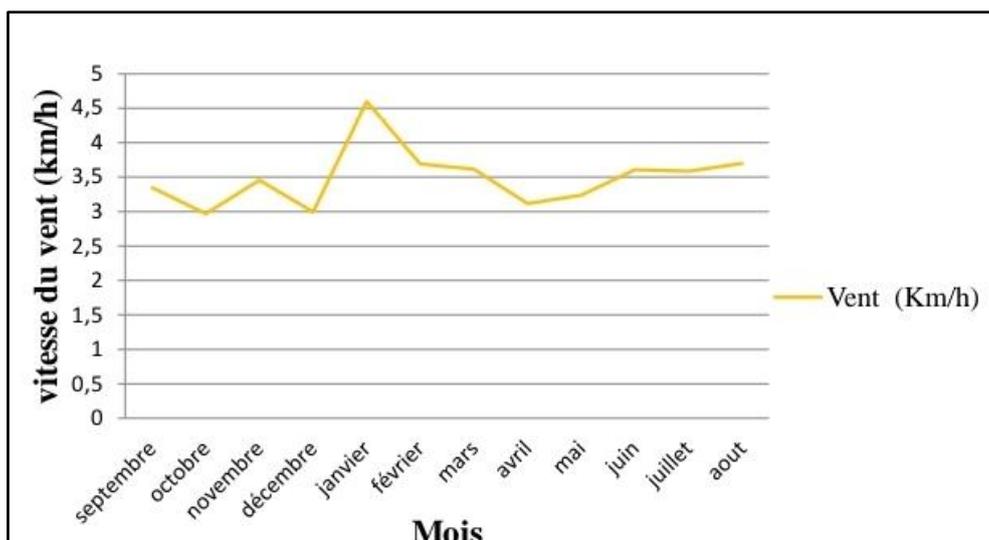
**Figure 6:** Variation de la température moyenne mensuelle maximale et minimale( Ain Defla).(Mahammed Marwa et Amina, 2019)

- L'étude de la température moyenne mensuelle minimale, donne un pôle froid allant du mois de novembre au mois de mars, avec une moyenne de 2.49 C° au mois de Janvier.
- L'étude de la température moyenne mensuelle maximale, donne un pôle chaud allant du mois d'avril au mois d'Octobre, avec une moyenne de 39.30 C° au mois de juillet.

### III.3.3. Le vent :

Le vent est un paramètre climatique qui influe sur le déplacement des fines particules de sable et accentue de ce fait le processus de désertification. En plus il est considéré comme un facteur provoquant de l'évaporation de l'eau.

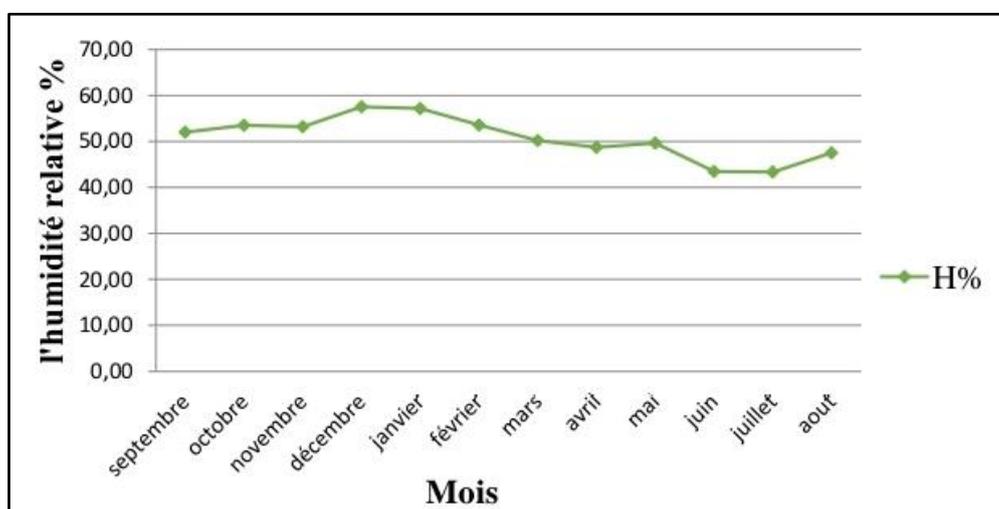
Les vents qui viennent du Nord, bien chargés en air humide venant de la méditerranée, sont empêchés de passer vers la partie intérieure du bassin par la barrière constituée de l'Atlas qui s'allonge d'Ouest en Est.



**Figure 7:** les vitesses des vents moyennes mensuelles dans la wilaya d'Ain Defla.(Mahammed Marwa et Amina, 2019)

Les vents soufflent presque en permanence suivant la direction dominante de l'est à l'ouest, leur maximum est enregistré au mois de Janvier avec 4.59 km/h et leur minimum au mois d'octobre avec 2.97 km/h.

#### III.3.4. Humidité :



**Figure 8:** les valeurs moyennes mensuelles de l'humidité relative dans la wilaya d'Ain Defla.(mahammed Marwaet Amina, 2019)

D'après la figure de l'humidité relative de la région Ain Defla, les mois de décembre et janvier sont les mois les plus humides où le taux d'humidité atteint les 57,53 % et 57,15% respectivement, alors que les mois les moins humides sont celles les mois de Juin et Juillet

avec 43.48% ; 43.35%. Avec une moyenne annuelle de 50.82%.

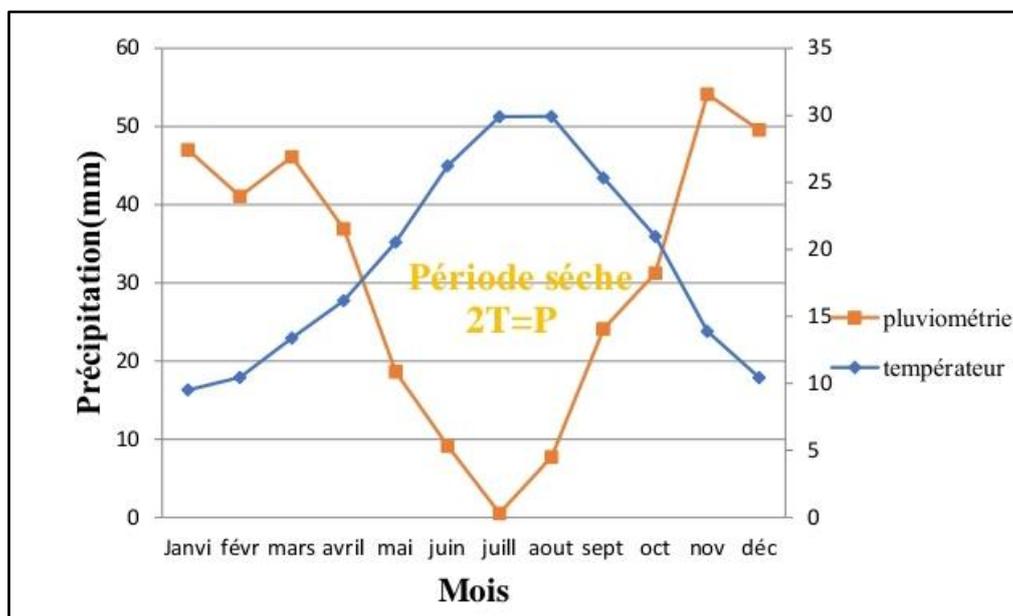
### III.3.5 Diagramme ombrothermique de Gausсен :

Gausсен propose une représentation graphique de variation de précipitation et de température en fonction du temps (mois) qui nous permet de déterminer la période sèches et humides d'une région, il caractérise un mois sec par la relation :

$$2T = P$$

**P** : étant les précipitations exprimées en mm.

**T** : étant les températures moyennes exprimées en degré Celsius.



**Figure 9:** Le diagramme ombrothermique de Gausсен de la wilaya d'Ain Defla.(Mahammed Marwa et Amina, 2019)

A partir de ce diagramme, on remarque une saison sèche s'étale presque de 06 mois allant de la fin du mois d'Avril jusqu'à le mois d'Octobre, et une autre humide pour le reste de l'année.

### III.4. Taux d'érosion :

L'érosion représente l'ensemble des phénomènes externes à la surface du sol ou en profondeur qui arrache, tout ou en partie, les terrains modifiant ainsi le relief. L'érosion hydrique des sols consiste en un détachement et un transport des particules du sol sous l'action mécanique en général combinée de la pluie et du ruissellement. Celle-ci se développe lorsque

les pluies, ne pouvant plus s'infiltrer dans le sol, ruissellent en surface en emportant les particules de terre. La taille et l'impact des gouttes sont des facteurs importants dans ce processus de destruction et d'arrachement (phénomène d'éclaboussement). L'énergie cinétique des gouttes qui tombent est très élevée dans les régions humides. En effet, le pouvoir érosif des pluies tropicales peut être de 2 à 6 fois plus important que dans les zones tempérées.

En prenant en considération le transport solide total mensuel, l'érosion spécifique moyenne sur une période de 23 ans, est donnée par l'expression :

$$ES = TTS / S$$

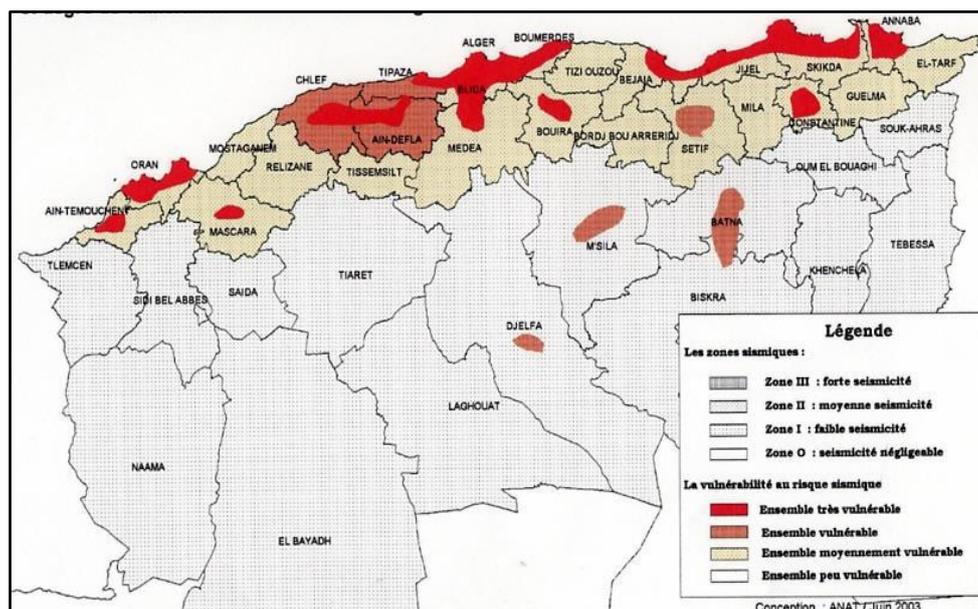
Où :

S = 876 km<sup>2</sup> est la superficie du bassin versant.

ES moy = 2500.99 T/Km<sup>2</sup>.an

### III.5. Sismicité de la wilaya d'Ain Defla :

Pour la sismicité, les risques sont grands dans cette région et des mesures s'appliquent. La carte des zones sismiques montre le degré de vulnérabilité des territoires en Algérie et en particulier celui d'Ain Defla.



**Figure 10 :** Zones sismiques et degré de vulnérabilité des territoires en Algérie(Azzeddine, M., Khelifa, A., et Bryant, C.2015 )

A travers la fig.10, nous constatons que la wilaya d'Ain Defla englobe deux zones sismiques vulnérable et très vulnérable.

**III.6. Historique des inondations à Ain Defla :**

Pour l'historique des inondations enregistrées à Ain Defla, nous citons les exemples suivants :

**Tableau n° 1:** historique des inondations à Ain defla(Azzeddine, M., Khelifa, A., et Bryant, C.2015 )

Date d'inondation	Dégâts matériels et humains
22 septembre 1984  (inondation dans 7 villes y compris celle d'Ain Defla)	27 morts, 84 blessés et 941 familles sinistrées
06 février 1996  (Pluies à Khemis Miliana et Ain Defla) Débordements catastrophiques des cours d'eau (du massif Zaccar vers l'oued Cheliff)	158 familles sinistrées





Figure 12 : Nappes d'eaux souterraines de ma wilaya d'Ain Defla

III.7.2. Ressources en eaux superficielles

La wilaya compte cinq (05) barrages en exploitation dont la capacité actuelle est estimée à 568 Millions de m3 avec un volume régularisable de 262 Millions de m3/an.

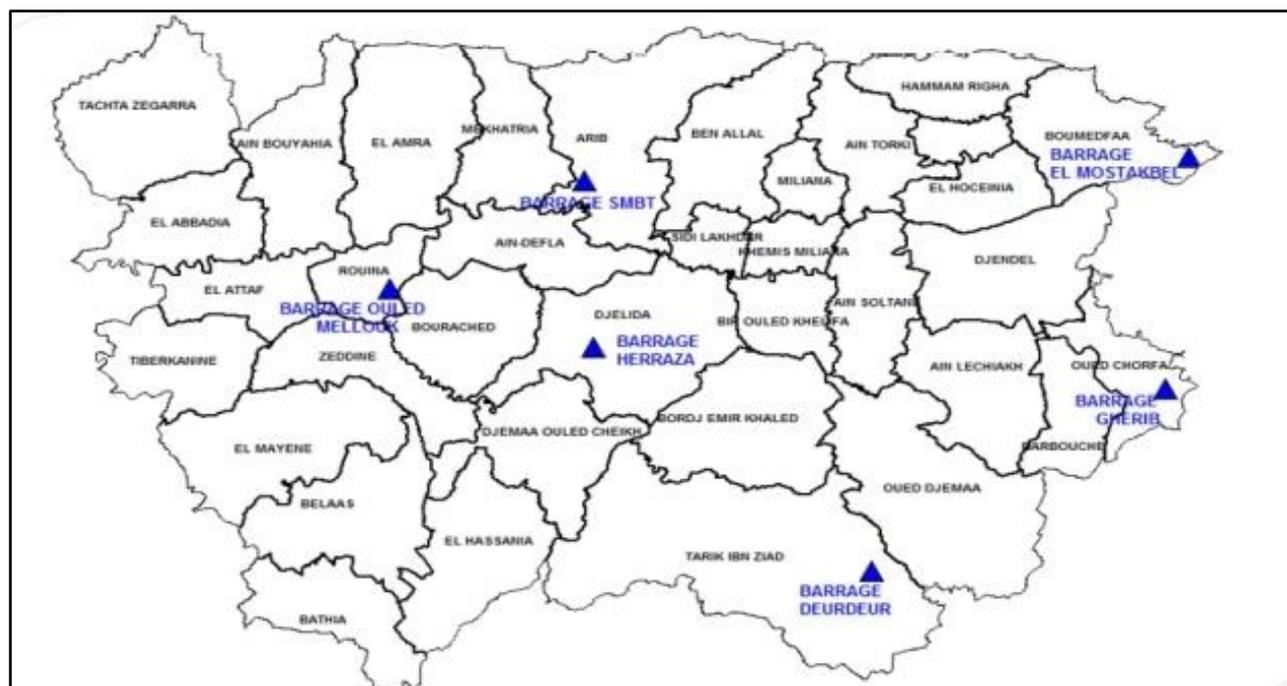


Figure 13 : Répartition des barrages en exploitation dans la wilaya d'Ain Defla

Tableau n°2. Barrages en exploitation de la wilaya d'Ain defla

N°	Barrage/ Commune	Capacité (Hm3)	Volume Régularisé (Hm3)	Réserves au 31/12/2015 (Hm3)	Destination
1	Ghrib Oued Chorfa	185	105	80,073	-AEP Médea, Berouaguia Wilaya de Médea
					-AEP OuedChorfa, wilaya d'AinDefla
					-Irrigation du Périmètre du haut Chellif (20300 Ha)
2	Deurdeur Tarik Ibn Ziad	105	40	23,220	-AEP Theniet El-Had, wilaya de Tissemsilt
					-Irrigation du Périmètre du haut Chellif (20300 Ha)
3	Harreza Djelida	76	23	3,988	Irrigation du Périmètre du haut Chellif (20300 Ha)
4	OuledMelloukRouina	127	38	8,725	AepRouina, Bourached, El-Maine, Zeddine, ElAttaf El Abadia-Irrigation du périmètre d'El Abadia (8500 Ha)
5	SidiM'hamed Ben TaibaArib	75	56	30,376	-AEP El-Khemis, Sidi Lakhdar, Arib, Ain Defla
					- Mekhatria, El-Amra Irrigation du Périmètre d'El.Amra_El.Abadia (8500 Ha)
TOTAL		568	262	146,382	

**III.7. Surfaces à irriguer :**

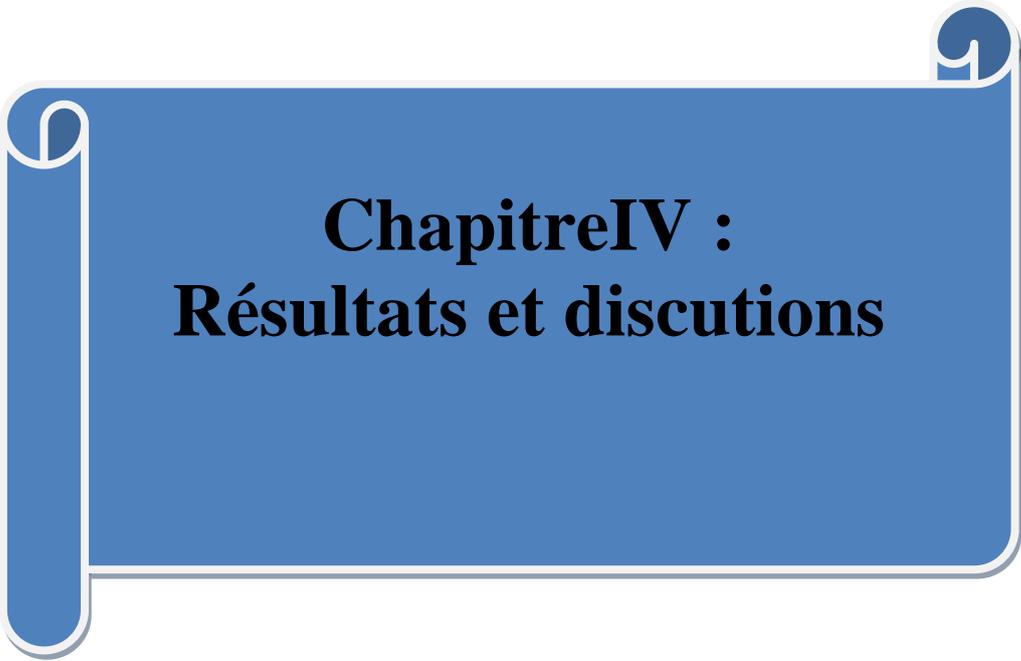
- Le territoire de la wilaya s'étend sur une superficie de 454428ha,

- **SAT** : 235611ha soit 52% de la ST
- **SAU** : 181676ha soit 45 % de la ST
- **SAU irrigué** : 59000ha. Soit 32.5 % de la SAU

La superficie agricole irriguée pour la campagne 2014- 2015 était de 55000 Ha soit 30.27% de la SAU, et la superficie irriguée pour la campagne 2015-2016 est de 56000ha soit un gain de 1000 ha par rapport à la campagne écoulée mais pour la campagne 2016-2017 la superficie irriguée a atteint les 59000 has soit 32.5% de la SAU( soit un gain de 4000has).

**III.8. Conclusion :**

Le présent chapitre a été consacré à la présentation de la zone d'étude de la wilaya d'Ain defla. Dans cette partie nous avons défini toutes les données nécessaires concernant notre région du point de vue géographique, climatique, sismicité, la végétation, potentialité hydrique et surfaces à irriguées.

A blue scroll graphic with a white border, featuring a white scroll edge on the left and a small white scroll edge on the top right. The text is centered within the scroll.

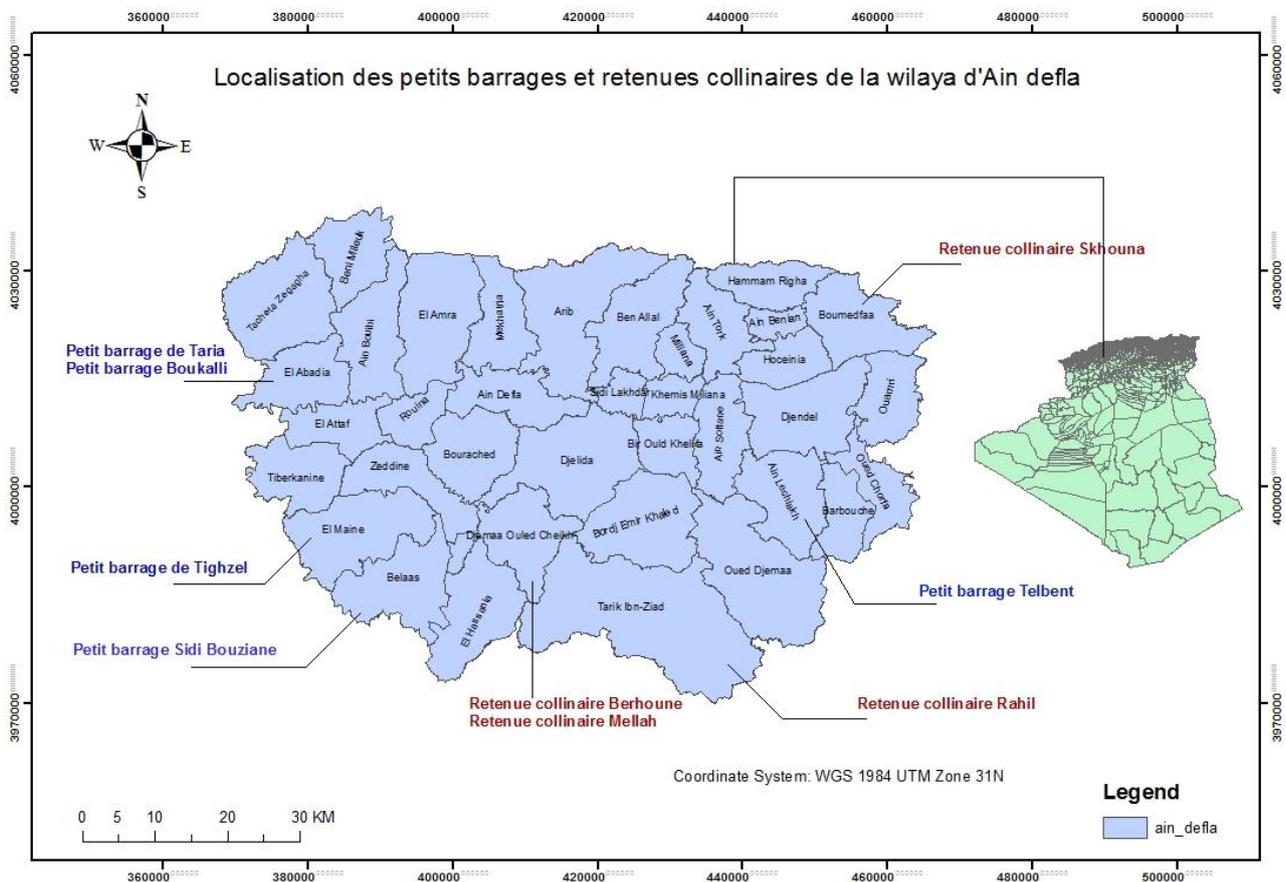
## **ChapitreIV : Résultats et discussions**

**IV.1. Introduction**

Dans ce chapitre, nous allons discuter les résultats obtenues dans le but de prévenir toute dégradation des retenues collinaires afin de les conserver en bon état de sécurité et ainsi apte à remplir leurs fonctions.

**IV.2. Localisation des retenues collinaires et petits barrages d'Ain defla.**

La carte suivante (fig.IV.1) présente la localisation des petits barrages et retenues collinaires dans la wilaya d'Ain defla dont, certaines localités comme Elbadiadisposent deux petits barrages de Taria et Boukalil et la localité de Djamaa OuledCheick, dispose deux retenues collinaires celles de Berhoune et Mellah.



**Figure IV.1.** Localisation des petits barrages et retenues collinaires (Ain defla)

**IV.3. Le classement des ouvrages :**

Selon l'arrêté n°2007-1745 du 11 décembre 2007, les classes des ouvrages (petites barrages et retenues collinaires) sont illustrées dans le tableau ci-après :

Tableau IV.1 : Les différentes classes des ouvrages

L'ouvrage	Localité	Oued	Volume (Hm <sup>3</sup> )	Hauteur (m)	Classe
Petit barrage	EL -ABADIA	Taria	2,000	16 ,05	B
		Boukalli	1,158	16,80	B
	AinLechiakh	Telbent	0,500	15,00	C
	Belaas	SidiBouziane	0,991	13.5	C
	El-Maine	Tighzel	2,045	16	B
Retenue collinaire	Djemaâ Ouled	Berhoune	0,170	12	C
	Cheikh	Mellah	0,320	14.5	C
	TarikIbnZiad	Rahil	0,470	14 ,00	C
	Boumedfaa	Skhouna	0,050	9,00	C

#### IV.4.Etat des réserves des petits barrages et retenues collinaires

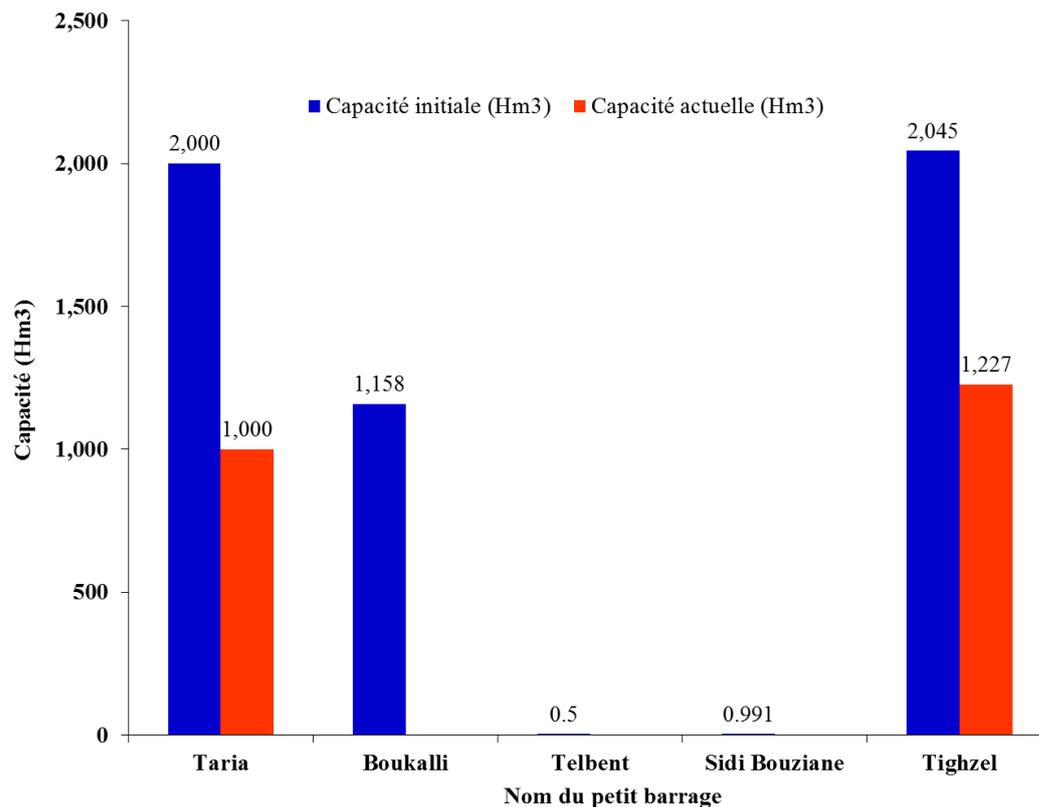
La wilaya compte cinq (05) petits barrages et quatre (04) retenues collinaires.

##### a) Petits barrages

Tableau IV.2 : état de réserve des petits barrages

N°	Commune	Oued	Capacité initiale (Hm <sup>3</sup> )	Capacité actuelle (Hm <sup>3</sup> )	Destination	Date de construction	Observation
01	El-Abadia	Taria	2,000	1,000	Irrigation	2004	
02		Boukalli	1,158	0,232	Irrigation	2007	
03	Ain Lechiakh	Telbent	0,500	0,300	Irrigation	2006	
04	Belaas	Sidi Bouziane	0,991	0,099	AEP	2008	Retenue envasée +Evacuateur de crues détérioré
05	El-Maine	Tighzel	2,045	1,227	AEP	2008	
<b>TOTAL</b>			<b>6,694</b>	<b>2,858</b>			

(Source : DRE)



**Figure IV.2:** Etat des réserves des petits barrages de la wilaya d'Ain Defla

La (fig.IV.2) montre que les petits barrages comme Telbent et Tighzel ont connu une réduction de 60% de leurs capacités de stockage. Les volumes des autres ouvrages tels que BouKalli, Taria et Sidi Bouziane ont baissés successivement de 20.03%, 50% et 9.99%.

La réduction est due aux plusieurs facteurs, climatiques comme le montre la pluviométrie dans le chapitre précédent où l'intrusion de l'être humain. La retenue du barrage de sidi Bouziane était envasée et détériorée à cause des inondations.

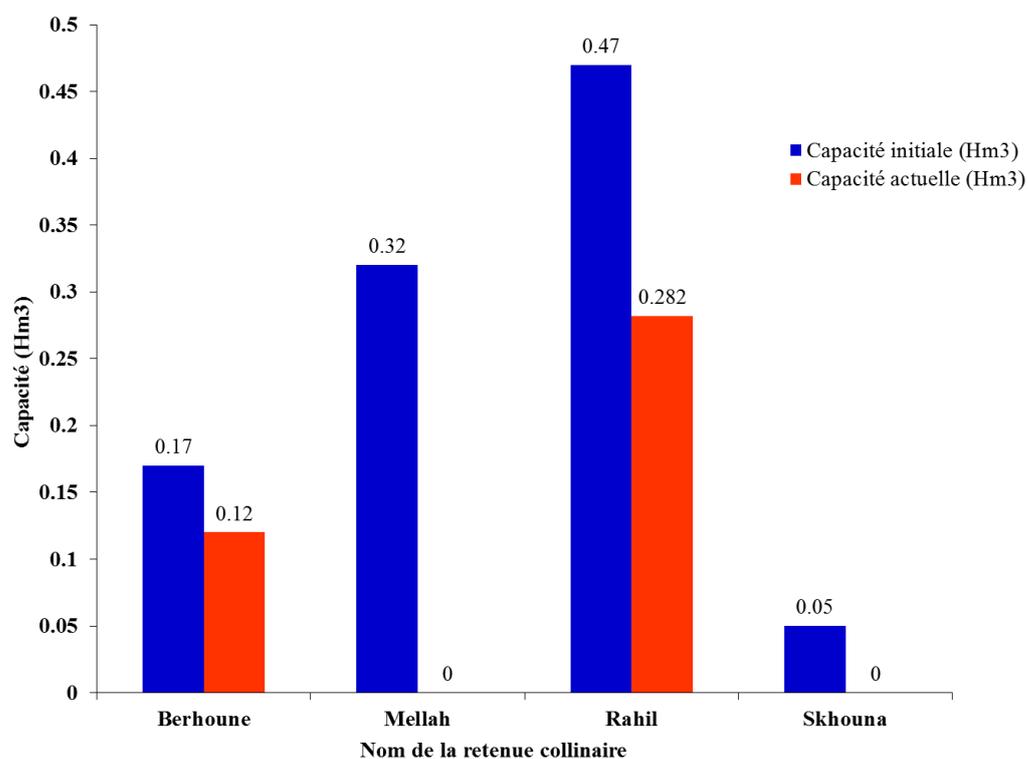
Si en regardant les dates de constructions de ces ouvrages, nous concluons que leurs cuvettes se trouvent vides après quelques années alors que dans la littérature, la durée de vie moyenne d'une retenue collinaire est de 20 ans.

#### **b) Retenues collinaires**

**Tableau IV.3 :** Etat de réserve des retenues collinaires

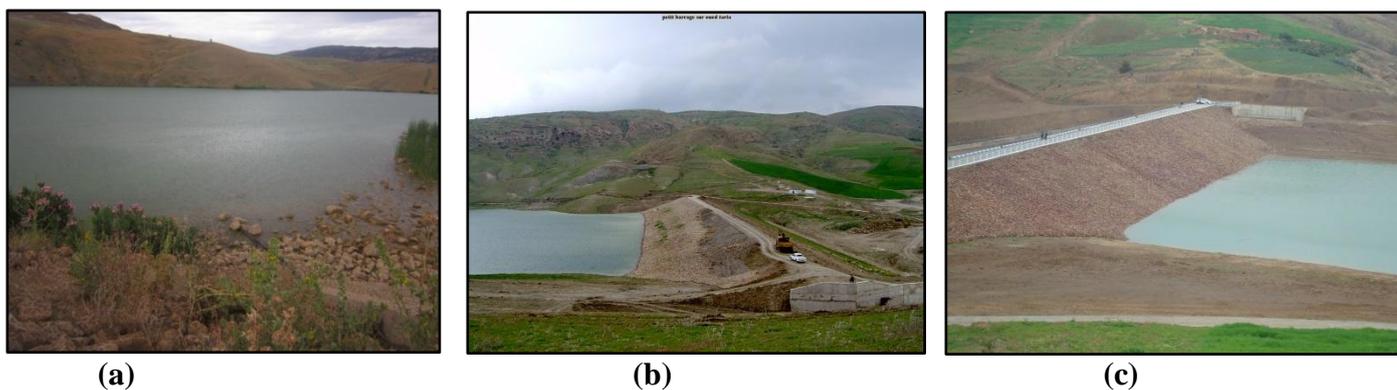
N°	Commune	Oued	Capacité	Capacité	Destination	Date de construction	Observations
			initiale	actuelle			
			(Hm <sup>3</sup> )	(Hm <sup>3</sup> )			
1	Djemaa Ouled	Berhoune	0,170	0,120	AEP	2006	
2	Cheikh	Mellah	0,320	Hors service	AEP	2007	Digue détériorée + Retenue vide
3	TarikIbnZiad	Rahil	0,470	0,282	Irrigation	2005	
4	Boumedfaa	Skhouna	0,050	Hors service	Irrigation	1985	Digue détériorée + Retenue envasée
<b>TOTAL</b>			<b>1,010</b>	<b>0,384</b>			

(Source : DRE)



**Figure IV.3** : Etat des réserves des retenues collinaires de la wilaya d'Ain defla

Les retenues collinaires de Rahil et Berhoune ont enregistré une réduction de 60% et 70% de leurs capacités de stockage. Par contre, la retenue de Mellah se trouve vide avec une digue détériorée. La retenue de Skhouna est envasée et se trouve hors service.



**Photo IV.1 :** (a)Retenue de Boukalli ;(b) barrage de Taria ; (c) barrage Tigzel. Activités agricoles (maraîchage et arboriculture) (source : DRE, DSA)

**IV.5. Calcul des risques :**

On distingue deux types de risque, naturel et des risques dus à l’intervention des activités humaines. Pour le risque d’inondation ou submersion de la crête, nous avons le tableau suivant :

**Tableau IV.4:** Risques de submersion sur les petits barrages et retenues collinaires :

L’ouvrage	Localité	Oued	Observations
Petit barrage	EL -ABADIA	Taria	
		Boukalli	
	AinLechiakh	Telbent	
	Belaas	SidiBouziane	Evacuateur de crues détérioré
	El-Maine	Tighzel	
Retenue collinaire	Djemaa Ouled	Berhoune	
	Cheikh	Mellah	Digue détériorée
	TarikIbnZiad	Rahil	
	Boumedfaa	Skhouna	Digue détériorée

**IV.5.1 Le risque de sécheresse :**

Le phénomène de sécheresse touche ces dernières années les ouvrages de stockage d’eau notamment les barrages grands et petits. Certains ouvrages ont souffert de ce problème, ou le tableau et les photos suivantes, expliquent clairement la gravité de ce problème.

**Tableau IV.5 :** Influence du risque de sécheresse sur les ouvrages de stockage d'eau d'Ain defla

L'ouvrage	localité	Oued	Taux de réduction de capacité de stockage (%)	Mesures prises
<b>Petit barrage</b>	EL -ABADIA	Taria	50	Rien n'a été fait
		Boukalli	20	Rien n'a été fait
	AinLechiakh	Telbent	60	Rien n'a été fait
	Belaas	SidiBouziane	9,98	Rien n'a été fait
	El-Maine	Tighzel	60	Rien n'a été fait
<b>Retenue collinaire</b>	Djema Ouled	Berhoune	70	Rien n'a été fait
		Cheikh	Mellah	Hors service
	TarikIbnZiad	Rahil	60	Rien n'a été fait
	Boumedfaa	Skhouna	Hors service	Rien n'a été fait



**Photo IV.2 :** Ouvrage de stockage d'eau vide à cause de sécheresse (source : DRE)

**Tableau IV.6 :** pluviométrie mensuelle de l'année 2020/2021 :

Année	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
<b>2020/2021</b>	10	10.1	9.6	75.5	42.6	15.2	35.9	0.94	21.5	-	-	-

(Source : ONM)

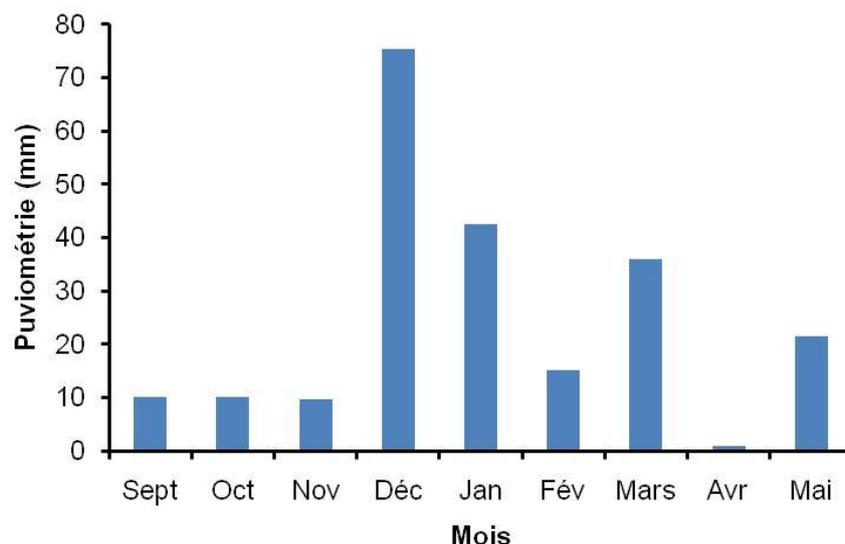


Figure IV.4 : pluviométrie de l'année 2021

Si nous regardons l'histogramme ci-dessus de la pluviométrie de l'année en cours 2021, nous constatons que nous sommes en face d'une année sèche, très difficile à cause de sécheresse qui a touché pratiquement tout le territoire national.

#### IV.5.2 Risque de sismicité :

Vu sa position, la wilaya d'Ain Defla est exposée aux risques sismiques importants qui se diminuent d'Ouest vers l'Est (CTC).

Tableau IV.7: Historique des séismes dans la wilaya d'Ain Defla :

Zone sismique	Date de séisme	Magnitude
El Abadia	16-10-2017 à 08 :03	4,7
Bourached	23-12-2018 à 21 :19	3,1
Hammam Righa	09-12-2016 à 19 :56	3,2
Ain Defla	17-01-2009 à 12 :22	4,6

(Source : CRAAC)

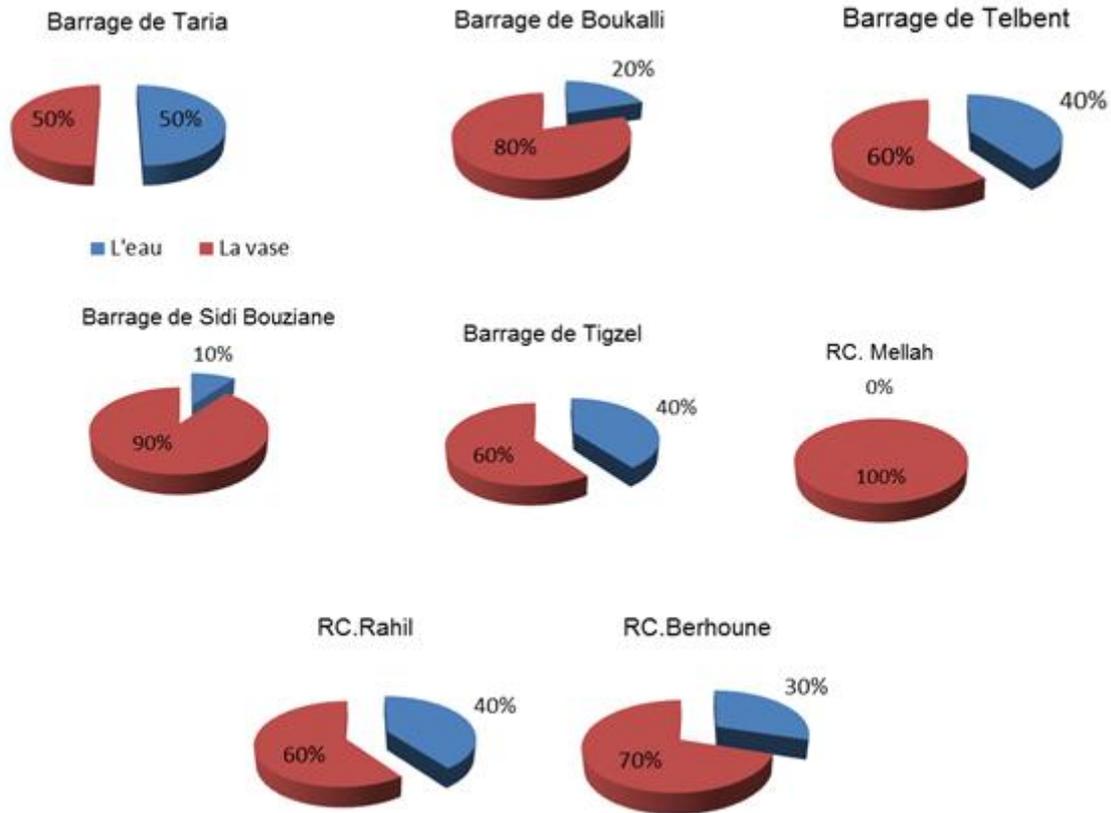
Ces magnitudes peuvent provoquer des endommagements sur la digue ou sur les ouvrages de génie civil tels que l'évacuateur des crues et les prises d'eau. Après chaque séisme, l'inspection de routine est primordiale où on surveillera plus particulièrement l'apparition de fissures sur les barrages ou les organes en béton et de mouvement sur les barrages en remblai (glissements, tassements...).

IV.5.3 Le taux d'érosion :

Connaître l'état d'envasement de retenue peut évaluer la durée de vie d'une structure avant le remplissage total. L'évasement étant fonction du temps, ce critère serait aggravé par l'âge d'une digue.

Tableau IV.8 : représente l'état d'envasement de l'ouvrage

L'ouvrage	Localité	Oued	L'état d'envasement (%)	Observation
petite barrage	EL -ABADIA	Taria	50%	
		Boukalli	80%	
	AinLechiakh	Telbent	40%	
	Belaas	SidiBouziane	90,02%	Retenue envasée
	El-Maine	Tighzel	40%	
retenue collinaire	Djemaa Ouled	Berhoune	30%	
	Cheikh	Mellah	Hors service	Retenue vide
	TarikIbnZiad	Rahil	40%	



**Figure IV.5 :** l'état d'envasement des petits barrages et retenues collinaires d'Ain defla

A travers les figure IV.5, nous constatons que ces ouvrages ont des taux d'envasement qui dépassent les 50%, chose qui montre la gravité de ce phénomène et qui à son tour, se répercute sur leurs durées de vie.



**Photo IV.3:** Retenue collinaire envasé (source : DRE)

#### IV.6 Comportement mécanique et hydraulique des ouvrages :

Pour dire qu'un barrage est en bon état, nous devons vérifier son comportement mécanique et hydraulique.

##### IV.6.1 Comportement mécanique :

Pour le comportement mécanique, la vérification se fait au niveau du corps de la digue dont, en regardant s'il y a des anomalies telles que les déformations, tassements, glissements et les fissurations sur les ouvrages de béton comme l'évacuateur des crues et prises d'eau. Le levé topographique est un moyen pour contrôler les ouvrages. En effet, les mesures topographiques vont permettre de connaître les déplacements de repères matérialisés sur le barrage par rapport à des bases fixes situées autour de l'ouvrage : nivellement pour suivre les tassements, mesures d'alignement pour suivre les mouvements dans la direction amont-aval.

**Tableau IV.9** : les levés topographiques des ouvrages de stockage d'eau

L'ouvrage	Localité	Oued	Suivi topographique
<b>petite barrage</b>	EL -ABADIA	Taria	Non
		Boukalli	Non
	AinLechiakh	Telbent	Non
	Belaas	SidiBouziane	Non
	El-Maine	Tighzel	Non
<b>retenue collinaire</b>	Djemaa Ouled	Berhoune	Non
	Cheikh	Mellah	Non
	TarikIbnZiad	Rahil	Non
	Boumedfaa	Skhouna	Non

Dans la wilaya d'Ain Defla, aucune retenue collinaire n'a été dotée de système de suivi topographique comme indiqué dans le tableau précédent, cette absence de repères topographiques est préjudiciable à nos retenues, notamment au cours des premières années qui suivent la construction.

### IV.6.2 Comportement hydraulique :

Le comportement hydraulique, nous devons contrôler la percolation de l'eau à l'intérieur de la digue, dans les fondations et en rives en utilisant des piézomètres et cellules de pression interstitielle.

#### IV.6.2.1 La piézométrie :

Les piézomètres sont mesurés avec une sonde électrique.

La lecture  $L$  (distance entre niveau d'eau et tête du Piézomètre) est exprimée en m.

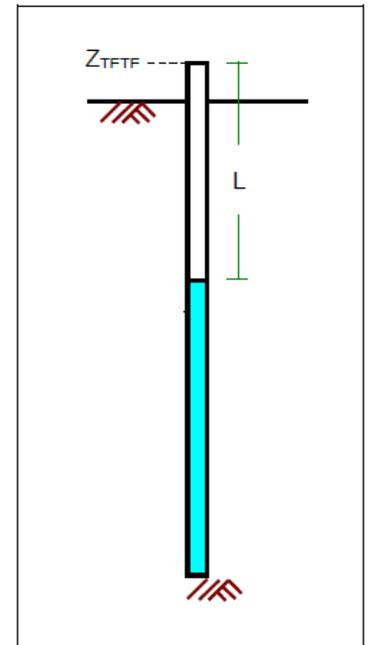
On calcule comme indiqué ci-dessous, le potentiel exprimé En m d'eau :

$$E_{EAU} (m) = Z_{TETE} - L$$

Avec :

o  $L$ , la lecture de la pression en mètre.

o  $Z_{TETE}$  la cote de la tête du piézomètre.



Pour les petits barrages de Tigzhel, Boukalli et Tariaontété peut-être doté par des piézomètres en crête pour contrôler la percolation des eaux

L'intérieur du corps du barrage mais, malheureusement aucun contrôle

n'a été fait. Pour les retenues collinaires, aucun dispositif est mis pour contrôler la piézométrie.

#### IV.6.2.2. Drainage

Le contrôle des débits des fuites est d'abord visuel. Leur mesure suppose leur collecte : fossé de pied, aménagement d'exutoires.

A l'aval du barrage que ce soit en rive droite ou en rive gauche, les débits de percolations dans l'horizon gréseux de ces deux rives sont collectés et régulièrement mesurés au collecteur à l'aide d'un déversoir.

D'après l'exploitant le débit de la fuite peut corrélérer à la cote de retenue ou pas en cas du problème.

Tableau IV.10: suivi hydraulique de l'ouvrage stockage d'eau

L'ouvrage	Localité	Oued	Sortie de drains	Mesures de débit de fuite
<b>Petite barrage</b>		Taria	Néant	
	EL -ABADIA	Boukalli	Néant	Non
	AinLechiakh	Telbent	Néant	Non
	Belaas	SidiBouziane	Néant	Non
	El-Maine	Tighzel	Néant	Non
<b>retenue collinaire</b>	Djemaa Ouled	Berhoune	Néant	Non
	Cheikh	Mellah	Néant	Non
	TarikIbnZiad	Rahil	Néant	Non
	Boumedfaa	Skhouna	Néant	Non

#### IV.7 L'entretien des ouvrages :

Les retenues collinaires ou les petits barrages principalement alimentées par les eaux pluviales et les ruisseaux, sont utilisées essentiellement pour l'irrigation des cultures. L'entretien comprend des tâches régulières et systématiques et des tâches conditionnées par l'environnement et l'usage des ouvrages. Il ne nécessite pas l'application de techniques spéciales ni de moyens spéciaux et ne concerne pas les interventions structurelles. Les interventions sont réalisées périodiquement en fonction d'un calendrier. L'entretien courant des ouvrages au moins doit être réalisé une fois par an.

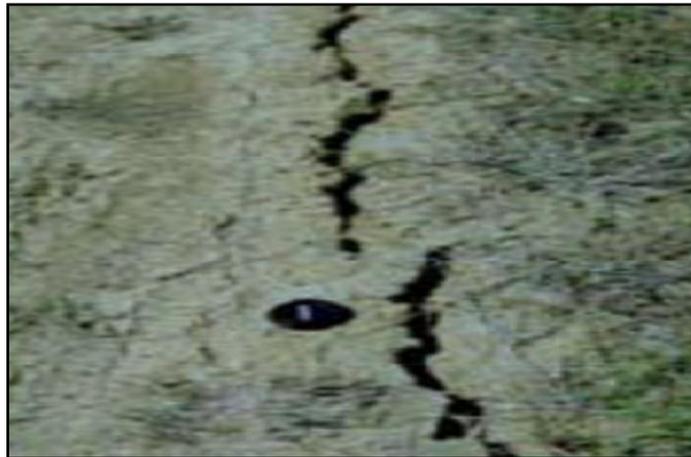
L'eau et la végétation constituent les principales causes de dégradation des ouvrages d'art. Les opérations d'entretien courant visent principalement à remédier à ces attaques, afin de faire en sorte :

- que l'eau soit évacuée le plus efficacement possible de l'ouvrage afin qu'elle ne pénètre pas dans la structure ;
- d'éliminer la végétation sur l'ouvrage et aux abords car elle désorganise les structures par ses racines et emprisonne l'humidité



**Figure IV.6 :**Talus correct sans végétation

Maintenir crête rectiligne herbacée sans fissures ni ornières



**Figure IV.7 :**Fissures et mal enherbe

. Maintenir en bonne état les matérielles de vidanges



**Figure IV.8 :**Vanne bien entretenue

.Maintenance d'un seuil bien entretenu



**Figure IV.9 :**Seuil bien entretenu

.Maintenance des évacuateurs de crue en bon état



**Figure IV.10 :** évacuateur en bon état et bien entretenu

L'entretien courant peut-être réalisé par le maître d'ouvrage en régie (par exemple, les équipes d'exploitation chargées de la voirie) ou par un prestataire extérieur.

Pour être bien conduit, l'entretien courant des ouvrages d'art doit être effectué:

- par une équipe habituée à ce genre de travaux, encadrée par un chef d'équipe ayant acquis une bonne connaissance des ouvrages;
- par une équipe disposant du matériel adapté;
- suivant un programme préétabli par itinéraire ou par nature d'intervention;

- au moment opportun : par exemple, le nettoyage des ouvrages peut avantageusement trouver sa place en fin d'hiver, mais aussi à l'automne et comprendre la vérification des dispositifs d'évacuation des eaux.

Toute intervention sur un ouvrage doit être réalisée par une équipe d'au moins deux personnes, pour raison de sécurité.

Pratiquement toutes les opérations d'entretien courant peuvent être programmées. Elles doivent donner lieu à l'établissement d'un constat qui mentionne notamment :

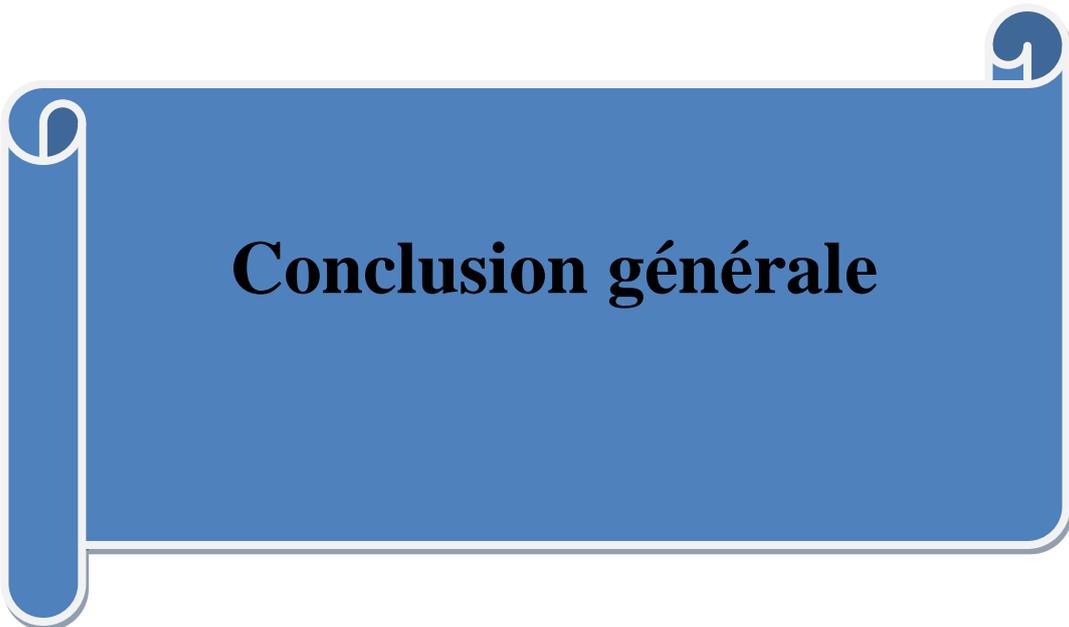
- l'identification de l'ouvrage,
- la date de l'intervention,
- l'indication des opérations effectuées.

Ce constat peut être regroupé avec celui établi au titre de la visite de contrôle annuel; il peut également contenir des indications sur l'entretien spécialisé à effectuer.

#### **IV.8 Conclusion**

Le rôle principal des petits barrages et retenues collinaires est de retenir une réserve d'eau pour des utilisations multiples :

Irrigation, alimentation en eau et maîtrise des crues. Ces ouvrages nécessitent la surveillance et l'entretien réguliers dans le but de les conserver en bon état de fonctionnement. Les ouvrages traités dans ce chapitre montrent une absence totale de la surveillance et une insuffisance de dispositifs de mesure et d'auscultation. Chose qui peut mettre l'état de sécurité de ces derniers en péril.



**Conclusion générale**

## Conclusion générale

---

En conclusion générale de ce modeste travail dont, l'objectif est l'étude de surveillance et entretien des retenues collinaires qui sont permis les constructions les plus importants, nécessaire dans les espaces d'irrigation et également utilisé parfois pour l'eau potable. Le but principal de surveillance de l'ouvrage est de comprendre et de prévenir autant que possible tout dommage. Les retenues collinaires sont exposées aux plusieurs risques tels que les risques naturels (crues, l'envasement ...).

Afin de maintenir la retenue sur une plus longue durée de vie, la méthodologie de surveillance présentée dans ce mémoire, permet la création des moyens de surveillances et d'entretien de l'ouvrage. Permet cesmoyens nous citons:

- Le control visuel : c'est une méthode qualitative, elle intégré un grand nombre de paramètres, et environ 90% des anomalies et des troubles pouvant affecter l'ouvrage peuvent être détectés ;
- Vérifier périodiquement de bon fonctionnement de la vanne (entrée, vidange et si nécessaire, évacuation des crues) une vérification du système doit être affectée lors de la visite technologie approfondie, mais il est bon que les opérateurs affectent des tests plus fréquents ;
- L'auscultation : c'est une méthode quantitative qui est basée sur l'analyse des mesures fournies par une instrumentation spécifique à chaque ouvrage. On mesure essentiellement des déplacements, des déformations, des pressions, des débits. Une analyse fine est susceptible de mettre en évidence d'éventuelles anomalies dans le comportement d'un barrage avant même que celles-ci ne se manifestent par des signes extérieurs visibles. Par ailleurs, il peut être intéressant d'ausculter finement un désordre apparu sur l'ouvrage (une fissure par exemple);
- La tenue à jour du registre de l'ouvrage (ou registre de l'exploitant), qui consigne en particulier les opérations de surveillance.

A travers ce sujet, nous constatons que les petits ouvrages et retenues collinaires ont toujours posés de problème de surveillance et de contrôle par rapport à l'importance de ces infrastructures et leurs couts d'investissement.

Les ouvrages de la wilaya d'Ain Defla se trouvent abandonnés sans aucun suivi ou contrôle lors de leurs exploitations à cause des facteurs suivants :

- L'absence de l'organisme responsable de la gestion, d'entretien et du contrôle de ces barrages et retenues ;

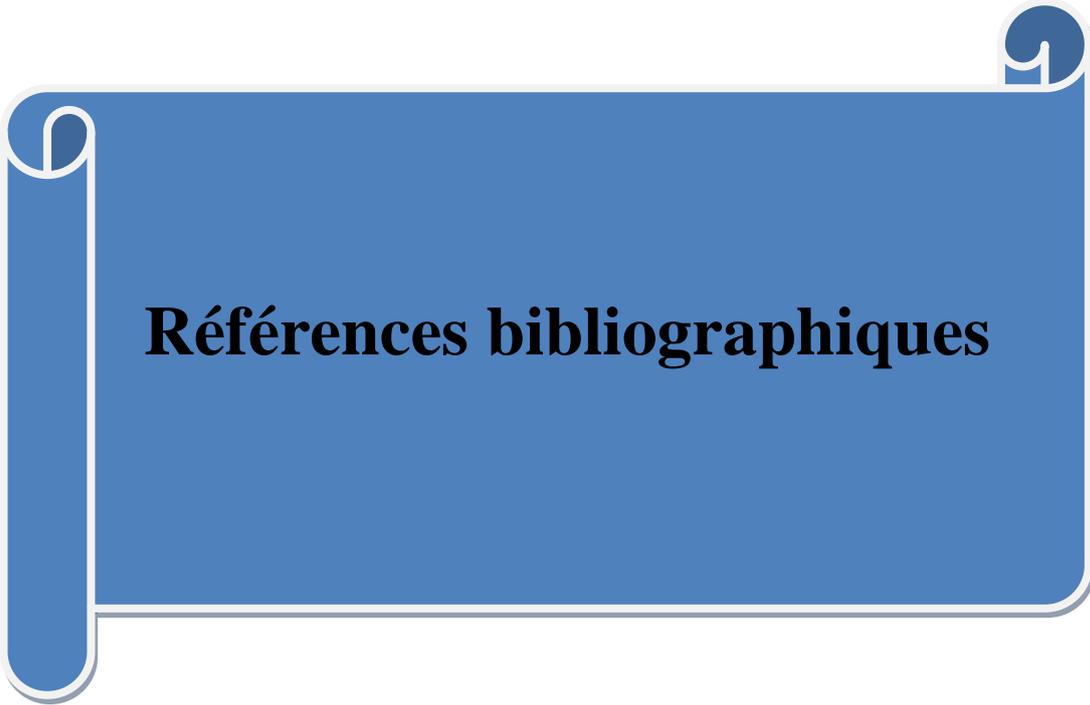
## Conclusion générale

---

- La mauvaise gestion de retenues d'eau sans regarder le volet technique de l'ouvrage (le comportement de la digue).

En effet, certains petits barrages comme Telbent et Tigzel ont enregistrés une réduction considérable de 60% de leurs capacités de stockage, les autres de BouKalli, Taria et Sidi Bouziane aux alentours de 20%. Par contre, les retenues collinaires de Rahil et Berhoune ont connus un abaissement terrible de leurs niveaux d'eau qui dépasse les 60% et par fois, certains ouvrages se trouvent vide comme Mellah et Skhouna. Par rapport à leurs dates de constructions et leurs couts, ces ouvrages ne remplissent pas leurs fonctions à cause de facteurs naturels comme (la sécheresse, les inondations...) ou facteurs humains dont l'absence totale du suivi et du contrôle. L'absence de dispositifs d'auscultations au niveau des digues, rendre la vérification du comportement mécanique et hydraulique difficile et met la sécurité de ces infrastructures en doute.

A cet effet, il est primordial de revoir la stratégie de gérance de ces petits barrages et retenues collinaires afin de profiter au maximum de ces ouvrages dans l'agriculture et l'alimentation en eau potable pour une longue durée.



**Références bibliographiques**

## Références bibliographiques

---

- Benblidia, M., et Thivet, G. (2010).** Gestion des ressources en eau : Les limites d'une politique de l'offre. Les Notes d'analyse du CIHEAM, 58, 15.
- Bouroga, T. (2019a).** ETUDE D'UNE RETENUE COLLINAIRE ET SON IMPACT ENVIRONNEMENTAL SUR OUED EL MALEH (W. BOUIRA).
- Bouroga, T. (2019b).** ETUDE D'UNE RETENUE COLLINAIRE ET SON IMPACT ENVIRONNEMENTAL SUR OUED EL MALEH (W. BOUIRA).
- Carluer, N., Leblanc, B., Allain, S., Babut, M., Belliard, J., Bernez, I., Devin, S., Douez, O., Dorioz, J., et Dufour, S. (2015).** Rapport préliminaire en vue de l'expertise collective sur l'impact cumulé des retenues.
- Kouti, A., Taabni, M., et Tihay, J. (1991).** Aspects de l'inventaire, l'aménagement et la gestion des ouvrages de petite hydraulique dans le Tell Occidental algérien. Bull Res Erosion, 11, 157-163.
- Mahammed Marwa, Y., et Amina, R. (2019).** Etude d'impact des changements climatiques sur la production du blé dur dans la wilaya d'Ain defla.
- Royet, P. (2006a).** La surveillance et l'entretien des petits barrages. Editions Quae.
- Royet, P. (2006b).** La surveillance et l'entretien des petits barrages. Editions Quae.
- Royet, P. (2006c).** La surveillance et l'entretien des petits barrages. Editions Quae.
- Samir, B. (2017a).** Étude de cas pathologique dans une digue survenue (Retenue collinaire) à Bouti Sayah-M'sila (35.764632 N 3.535382 E).
- Samir, B. (2017b).** Étude de cas pathologique dans une digue survenue (Retenue collinaire) à Bouti Sayah-M'sila (35.764632 N 3.535382 E).
- Schleiss, A. J., et Pougatsch, H. (2011).** Les barrages : Du projet à la mise en service (Vol. 17). PPUR Presses polytechniques.
- BAPTISTE, P. A. (2003,).** HYDROGEOLOGIE & FORAGE D'EAU.
- ICOLD. (1992).** Improvement of existing dam monitoring, Recommendations and case histories. Amélioration de l'auscultation des barrages, Recommandations et exemples, Bulletin N° 87, Paris.
- Pytharouli S., Stiros S. (2008).** Dam crest settlement, Reservoir level fluctuations and rainfall: Evidence for a causative relationship for the Kremasta dam Greece. 13 the FIG symposium of deformation measurement and analysis. 4<sup>th</sup> IAG symposium on geodesy for Geotechnical and structural Engineering LNEC. LISBON 2008 May 12-15.

## Références bibliographiques

---

**Royet P. (2001).** Pathologie des barrages en service et orientations pour la recherche, Colloque technique du CFGB, Aix-en-Provence, 22p.

**Benblidia, M., et Thivet, G. (2010).** Gestion des ressources en eau : Les limites d'une politique de l'offre. Les Notes d'analyse du CIHEAM, 58, 15.

**Bouroga, T. (2019a).** ETUDE D'UNE RETENUE COLLINAIRE ET SON IMPACT ENVIRONNEMENTAL SUR OUED EL MALEH (W. BOUIRA).

**Bouroga, T. (2019b).** ETUDE D'UNE RETENUE COLLINAIRE ET SON IMPACT ENVIRONNEMENTAL SUR OUED EL MALEH (W. BOUIRA).

**Carluer, N., Leblanc, B., Allain, S., Babut, M., Belliard, J., Bernez, I., Devin, S., Douez, O., Dorioz, J., et Dufour, S. (2015).** Rapport préliminaire en vue de l'expertise collective sur l'impact cumulé des retenues.

**Schleiss, A. J., et Pougatsch, H. (2011).** Les barrages : Du projet à la mise en service (Vol. 17). PPUR Presses polytechniques.

**Smail N. (2007).** Approche méthodologique du suivi de comportement des barrages en remblais. Mémoire de Magister, Département de Génie Civil, Faculté de technologie, Université Abou bekrBelkaid Tlemcen, (Algérie).

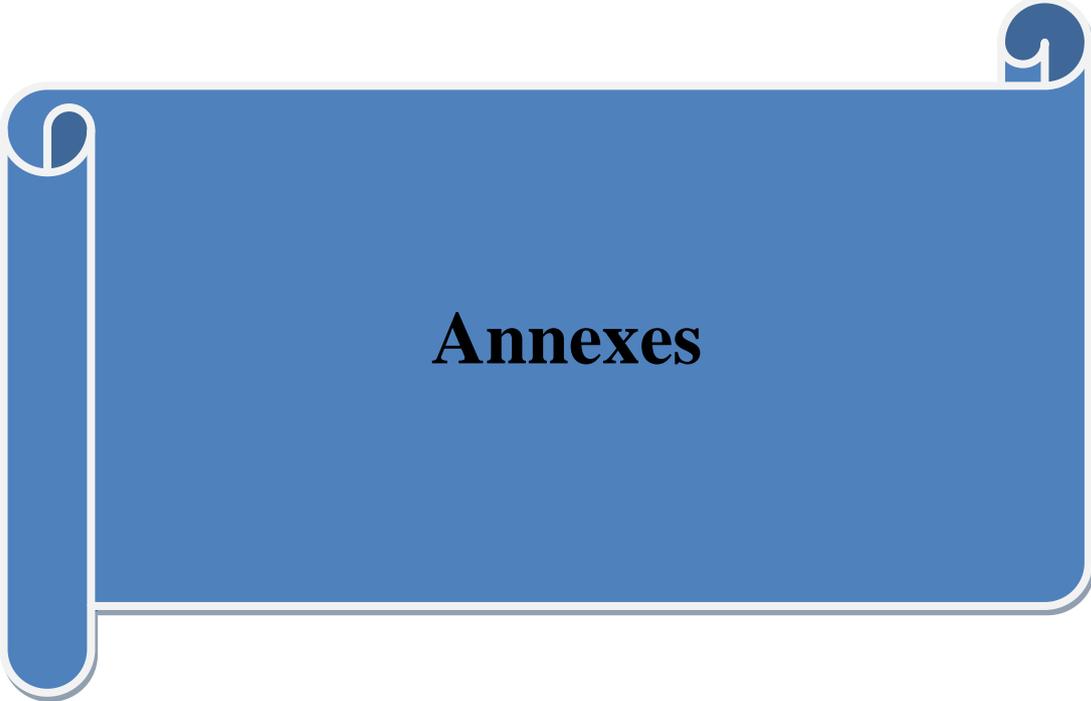
**Vidal. R. (2010).** Auscultation d'ouvrages hydrauliques, Etude des normes pour la sécurité des ouvrages hydrauliques et création d'un programme interne de suivi, INSA, Strasbourg. Stucky France. Juin 2010.

[https://www.savoie.gouv.fr/content/download/23136/180891/file/SAI\\_153623%20-%205-Moyens%20de%20surveillance.pdf](https://www.savoie.gouv.fr/content/download/23136/180891/file/SAI_153623%20-%205-Moyens%20de%20surveillance.pdf)

**Azzeddine, M., Khelifa, A., et Bryant, C.** Quelles nouvelles mesures de préventions des risques d'inondations dans la ville d'Ain Defla en Algérie?

**DSA Ain Defla, 2020**

**MahammedMarwa, Y., et Amina, R. (2019).** Etude d'impact des changements climatiques sur la production du blé dur dans la wilaya d'Ain defla.



**Annexes**

Extrait de journal officiel(JORAD, 2015)

6 Rabie Ethani 1436 27 janvier 2015	JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 03	27
<p>..... (le reste sans changement)..... ;</p> <p style="text-align: center;"><b>Annexe III</b></p> <p><b>A l'émergence</b> : les valeurs citées à l'article 2 ci-dessus, ne doivent pas dépasser respectivement :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ..... (sans changement)..... ;</li> <li>- 5 par ml 37°C en 24h sur agar-agar ou mélange agar-gélatine étant ..... maximales.</li> </ul> <p><b>Après l'embouteillage</b> : la teneur totale ..... à 4°C plus ou moins 1°C pendant cette période de 12 heures.</p> <p>..... (le reste sans changement).....</p> <p style="text-align: center;">-----★-----</p> <p><b>Arrêté du 25 Moharram 1436 correspondant au 18 novembre 2014 fixant la nomenclature des ouvrages et installations hydrauliques soumis à l'obligation de contrôle technique.</b></p> <p style="text-align: center;">-----</p> <p>Le ministre des ressources en eau,</p> <p>Vu le décret présidentiel n° 14-154 du 5 Rajab 1435 correspondant au 5 mai 2014 portant nomination des membres du Gouvernement ;</p> <p>Vu le décret exécutif n° 2000-324 du 27 Rajab 1421 correspondant au 25 octobre 2000 fixant les attributions du ministre des ressources en eau ;</p> <p>Vu le décret exécutif n° 11-394 du 28 Dhou El Hidja 1432 correspondant au 24 novembre 2011, susvisé, en matière de contrôle technique des ouvrages et installations hydrauliques ;</p> <p style="text-align: center;"><b>Arrête :</b></p> <p>Article 1er. — En application des dispositions de l'article 5 du décret exécutif n° 11-394 du 28 Dhou El Hidja 1432 correspondant au 24 novembre 2011, susvisé, le présent arrêté a pour objet de fixer la nomenclature des ouvrages et installations hydrauliques soumis à l'obligation de contrôle technique.</p> <p>Art. 2. — Les ouvrages et installations hydrauliques soumis à l'obligation de contrôle technique sont :</p> <p>I - les ouvrages de mobilisation et de transfert des ressources en eau pour tous usages et comprenant :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- les retenues collinaires ;</li> <li>- les ouvrages de prise en oued ;</li> <li>- les ouvrages d'exploitation des champs de captage des eaux souterraines ;</li> <li>- les systèmes de transfert d'eau par conduites et/ou galeries.</li> </ul> <p>II- Les ouvrages et installations d'alimentation en eau potable comprenant :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- les stations de traitement ;</li> <li>- les châteaux d'eau et réservoirs ;</li> <li>- les stations de pompage ;</li> <li>- les adductions et réseaux de distribution.</li> </ul>	<p>III- Les ouvrages et installations d'assainissement comprenant :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- les réseaux de collecte et de transport d'eaux usées et d'eaux pluviales ;</li> <li>- les stations de relevage d'eaux usées ;</li> <li>- les stations d'épuration d'eaux usées ;</li> <li>- les infrastructures de protection des zones inondables.</li> </ul> <p>IV- Les aménagements hydro-agricoles comprenant, selon le cas :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- les stations de pompage ;</li> <li>- les réservoirs et bassins de régulation ;</li> <li>- les réseaux d'amenée et de distribution d'eau ;</li> <li>- les réseaux d'assainissement-drainage.</li> </ul> <p>Art. 3. — Le présent arrêté sera publié au <i>Journal officiel</i> de la République algérienne démocratique et populaire.</p> <p>Fait à Alger, le 25 Moharram 1436 correspondant au 18 novembre 2014.</p> <p style="text-align: center;">-----★-----</p> <p style="text-align: center;">Hocine NECIB.</p> <p><b>Arrêté du 25 Moharram 1436 correspondant au 18 novembre 2014 fixant la composition et les modalités de fonctionnement de la commission technique placée auprès du conseil national consultatif des ressources en eau.</b></p> <p style="text-align: center;">-----</p> <p>Le ministre des ressources en eau,</p> <p>Vu le décret présidentiel n° 14-154 du 5 Rajab 1435 correspondant au 5 mai 2014 portant nomination des membres du Gouvernement ;</p> <p>Vu le décret exécutif n° 2000-324 du 27 Rajab 1421 correspondant au 25 octobre 2000 fixant les attributions du ministre des ressources en eau ;</p> <p>Vu le décret exécutif n° 08-96 du 7 Rabie El Aouel 1429 correspondant au 15 mars 2008 fixant les missions, la composition et les règles de fonctionnement du conseil national consultatif des ressources en eau ;</p> <p>Vu l'arrêté du 6 Moharram 1431 correspondant au 23 décembre 2009 portant composition du conseil national consultatif des ressources en eau ;</p> <p style="text-align: center;"><b>Arrête :</b></p> <p>Article 1er. — En application des dispositions de l'article 13 du décret exécutif n° 08-96 du 7 Rabie El Aouel 1429 correspondant au 15 mars 2008, susvisé, le présent arrêté a pour objet de fixer la composition et les modalités de fonctionnement de la commission technique placée auprès du conseil national consultatif des ressources en eau, désignée ci-après « la commission ».</p>	

## Annexes

**Tableau n°1.**

**La pluviométrie de la station ITGC de Khemis-Miliana (48-49 au 2017-2018)**

<b>Année</b>	<b>Sept</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Déc</b>	<b>Jan</b>	<b>Fév</b>	<b>Mars</b>	<b>Avr</b>	<b>Mai</b>	<b>Juin</b>	<b>Juil</b>	<b>Aout</b>	<b>cumul</b>
<b>00/01</b>	19.1	52.4	106.0	45.6	103.5	19.4	1.2	56.7	15.5	0.0	0.0	0.6	<b>420.0</b>
<b>001/02</b>	44.4	45.2	77.0	32.7	25.9	12.8	28.0	26.4	38.3	0.4	1.1	14.9	<b>347.1</b>
<b>2002/03</b>	9.8	24.0	53.6	44.9	117.4	75.6	9.4	41.8	16.9	0.0	0.3	0.6	<b>394.3</b>
<b>2003/04</b>	4.1	35.6	79.0	75.8	38.7	38.5	41.3	31.1	42.5	9.6	0.0	3.8	<b>400.0</b>
<b>2004/05</b>	26.3	26.0	53.9	112.6	53.2	83.8	26.0	15.6	0.7	0.0	0.0	0.0	<b>398.1</b>
<b>2005/06</b>	12.0	72.1	55.0	81.4	51.1	77.3	25.2	7.9	62.9	4.9	0.3	1.9	<b>452.0</b>
<b>2006/07</b>	20.6	1.6	11.7	69.0	15.4	47.9	126.8	78.5	13.3	0.5	5.0	0.7	<b>391.0</b>
<b>2007/08</b>	77.5	57.6	109.6	39.0	25.5	17.6	64.9	64.0	41.6	21.7	1.7	0.0	<b>520.7</b>
<b>2008/09</b>	23.2	92.4	55.3	95.3	80.7	28.3	69.7	67.8	15.1	0.0	1.9	0.0	<b>529.7</b>
<b>2009/10</b>	27.7	4.4	53.1	84.2	84.4	94.7	47.2	18.3	18.0	1.6	0.0	35.7	<b>469.3</b>
<b>2010/11</b>	1.1	108.0	77.5	39.2	53.0	69.9	21.3	53.8	53.4	14.9	2.5	1.4	<b>496.0</b>
<b>2011/12</b>	4.4	32.0	91.3	39.8	26.8	115.7	75.1	95.1	19.2	1.9	0.0	0.0	<b>501.3</b>
<b>2012/13</b>	19.5	5.8	85.1	56.4	67.9	38.6	72.6	9.9	7.9	28.2	0.0	1.0	<b>392.9</b>
<b>2013/14</b>	0.8	40.3	63.4	5.0	81.6	65.1	58.4	51.5	46.9	0.5	1.0	19.9	<b>434.4</b>
<b>2014/15</b>	25.1	14.8	59.4	120.4	62.2	107.8	42.5	0.0	8.8	10.1	1.5	12.0	<b>452.6</b>
<b>2015/16</b>	15.8	40.0	15.3	0.5	36.0	67.7	149.7	38.0	27.2	0.9	1.5	0.0	<b>392.6</b>
<b>2016/17</b>	4.7	5.8	59.6	86.0	209.8	10.0	33.6	0.5	4.4	41.3	0.0	0.0	<b>455.7</b>
<b>2017/18</b>	9.2	38.6	50.3	75.5	36.3	62.1	153.5	91.9	40.9	32.7	0.2	42.8	<b>591.2</b>
<b>2018/2019</b>	65	56	68.9	71.3	97.7	23.3	26.7	50.2	22.9	0.8	5.2	0	<b>488</b>
<b>2019/2020</b>	45.2	8.3	73	22.4	24	0	49.7	10.31	7.8	4	0	0	<b>244.71</b>
<b>2020/2021</b>	10	10.1	9.6	75.5	42.6	15.2	35.9	0.94	21.5	-	-	-	<b>221.34</b>