

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE MOULOU D MAMMERI DE TIZI OUZOU  
FACULTE DU GENIE DE LA CONSTRUCTION  
DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL



**Mémoire de magister**

**Spécialité : Génie civil**

**Option : Géotechnique et environnement**

**Présenté par :**

**SARADOUNI Fatiha**

**THEME**

CONTRIBUTION A L'ETUDE DE LA VULNERABILITE DES RETENUES  
COLLINAIRES VIS - A - VIS DES ALEAS NATURELS, DANS UN SYSTEME  
D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE (SIG).

**Devant le jury composé de :**

<b>Président</b>	Mr MELBOUCI Bachir	Professeur	UMMTO
<b>Rapporteur</b>	Mme BOUZELHA Karima	Maitre de conférences A	UMMTO
<b>Examineur</b>	Mr GABI Smail	Maitre de conférences A	UMMTO
<b>Examineur</b>	Mr HAMMOUM Hocine	Maitre de conférences B	UMMTO

**Année : 2013**

## **Remerciements**

Je tiens à présenter mes respectueux remerciements à Madame BOUZELHA Karima maître de conférences « A » au Département de Génie Civil de l'UMMTO, qui a bien voulu diriger ce mémoire, pour ses précieux conseils et l'intérêt constant qu'elle a porté à ce travail.

J'exprime ma profonde gratitude à M. HAMMOUM Hocine, Maître de conférence « B » à l'Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, qui malgré ses nombreuses occupations, m'a initié au Système d'Information Géographique (SIG) et à l'application du logiciel Map Info.

Qu'il me soit permis de remercier messieurs les membres du jury qui me font un grand honneur d'examiner ce travail.

Je témoigne tout particulièrement ma reconnaissance à Monsieur Mohamed RAHI, chef de services de la subdivision Agricole de la commune de Freha et aux fonctionnaires de la subdivision Agricole de la commune d'Azzefoun, pour m'avoir accueillie au sein de leur service et offert un cadre propice pour le déroulement de mes expertises.

Je voudrai remercier M. BENADACHE Mouloud, ingénieur chargé de suivi des ouvrages hydrauliques à la direction d'hydraulique de la wilaya de Tizi-Ouzou, pour avoir mis à ma disposition la documentation nécessaire à l'expertise des retenues collinaires.

J'adresse aussi ma profonde reconnaissance et mes remerciements à M. BARCANI Idir, Technicien chargé du bureau d'urbanisme de la commune d'Ouaguenoun, pour avoir mis à ma disposition une copie du code communale de toute la wilaya de Tizi-Ouzou.

Je ne saurai oublier M. HAMAD Said, chargé des actes d'urbanisme de la daïra de Ouguenoun pour son soutien permanent et sa patience.

Enfin, je rends hommage à mon mari IGUERGUIT Mourad et à toute ma famille, tout particulièrement mes parents pour leur soutien qu'ils ont apporté durant toutes mes années d'études.

## Résumé

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 Ouzou. Ces retenues collinaires ne sont pas gérées par un organisme de gestion et pour la plus part, 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.

Nous développons à travers cette étude, 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, nous aurons à développer 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 géoréférencée 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.

**Mots clés :** Retenues collinaires, vulnérabilité, expertise, diagnostic, SIG

## **Abstract**

The important development of small dams in irrigation in Algeria is linked to the need to store water to protect against seasonal or interannual variability of floods. In the eighties, an extensive program of dams (numbering 83) was made by the Direction de l'Hydraulique of Tizi Ouzou (Algeria). These small dams are not managed by a management agency and for the most part, their use is left to farmers. They were exposed to the phenomenon of aging by the degradation of embankment dams and ancillary structures. Today, thirty years later it is time to review their condition, because the mastery of the aging phenomenon is a major economic challenge. We develop through this work, a simple and practical method that allows to professional (technician or engineer) of civil engineering to quickly assess the presumption of vulnerability to natural hazards (snow, wind, earthquake etc ....) of a small dam, by guiding them in their diagnosis. In the same context, we develop a first Geographic Information System (GIS), which represents a tool for decision support for owners of hydraulic structures. The GIS will allow us to store, view, edit and analyze all the details of the small dam which are considered for inspection (designation of the small dam, nature, disorders,...). The information will be located on georeferenced topographic map at scale 1/50 000<sup>th</sup>. From the available informations (detailed visual inspections, historical, etc..), we include the calculation of the vulnerability index able to assess their condition. From all collected informations, a multicriteria thematic analysis is conducted.

**Key words :** Small dams, vulnerability, expertise, diagnosis, GIS

## Sommaire

<i>Introduction generale</i> .....	3
<i>Chapitre 1 : Du constat d'une situation à l'expression d'un besoin</i> .....	4
<i>Introduction</i> .....	4
<i>1.1. Description du parc des retenues collinaire</i> .....	4
<i>1.2. Régulation</i> .....	7
<i>1.3. Prix d'une retenue collinaire</i> .....	7
<i>1.4. Normalisation des étapes des études des retenues collinaires</i> .....	7
<i>1.5. Pathologie de parc de retenues collinaires de la Wilaya de Tizi-Ouzou</i> .....	10
<i>1.5.1. Présence de la végétation</i> .....	11
<i>1.5.2. Présence de ravines</i> .....	14
<i>1.5.3. Envasement de la retenue</i> .....	15
<i>1.5.4. Présence de terriers</i> .....	16
<i>1.5.5. Présence d'ornières (passage de véhicules, d'engins)</i> .....	16
<i>1.5.6. Désordres dus au batillage</i> .....	17
<i>1.5.7. Présence de glissement / Effondrement</i> .....	18
<i>1.5.8. Présence de fissures longitudinales et/ou transversales</i> .....	19
<i>1.5.9. Présence de suintement (venue d'eau) en pied de parement aval</i> .....	19
<i>1.5.10. Erosion interne</i> .....	20
<i>1.5.11. Obturation de l'évacuateur de crues par des pierres et éboulis en terre</i> .....	20
<i>1.5.12. Ouverture et rupture du joint au niveau du coursier et Bajoyers</i> .....	21
<i>1.5.13. Affouillement et détérioration des bassins de dissipation</i> .....	22
<i>1.5.14. Corrosion des vannes de vidange et de prises</i> .....	23
<i>1.6. Proportions et analyse des défauts dans le parc des retenue collinaire (TIZI-OUZOU)</i>	25
<i>Conclusion</i> .....	28
<i>Chapitre 2 : Etat de l'art</i> .....	29
<i>Introduction</i> .....	29

2.1. Modèles physiques .....	29
2.2. Méthodes de sureté de fonctionnement .....	30
2.3. Approche probabiliste .....	31
2.4. Approche par expertise .....	32
2.4.1. Méthodes d'estimation de la vulnérabilité sismique des villes .....	32
2.4.2. Méthodes d'estimation des dommages pour les constructions.....	35
2.4.3. Etude du Cemagref.....	38
2.4.4. Etude de BELHOUCENE .....	40
2.4.5. Méthodes de l'indice de vulnérabilité sismique utilisées en Algérie .....	41
2.4.6. Travaux HAMMOUM .....	42
Conclusion.....	44
 <i>Chapitre 3 : Evaluation de la vulnérabilité des retenues collinaires par une approche par expertise .....</i>	
<i>Introduction .....</i>	<i>45</i>
<i>3.1. Méthode d'évaluation de l'indice de vulnérabilité .....</i>	<i>45</i>
<i>3.1.1 . Analyse environnementale .....</i>	<i>47</i>
<i>3.1.2. Analyse structurelle.....</i>	<i>52</i>
<i>3.1.3. Evaluation fonctionnelle.....</i>	<i>57</i>
<i>3.2. Classification .....</i>	<i>59</i>
<i>Conclusion.....</i>	<i>60</i>
 <i>Chapitre 4 : Expertise de parc de retenues collinaires .....</i>	
<i>Introduction.....</i>	<i>61</i>
<i>4.1. Présentation de la zone d'étude.....</i>	<i>61</i>
<i>4.2. Présentation des retenues expertisées.....</i>	<i>62</i>
<i>4.3. Procédure d'expertise .....</i>	<i>63</i>
<i>4.4. Présentation de la fiche d'enquête.....</i>	<i>63</i>
<i>4.5. Evaluation de l'indice de vulnérabilité des retenues du parc expertisé .....</i>	<i>63</i>
<i>4.5.1 . Retenues collinaires Bouzguene N°2 .....</i>	<i>64</i>

4.5.1.1 . <i>Evaluation de l'indice de vulnérabilité à la mise en service en 1999</i> .....	64
4.5.1.2 . <i>Evaluation de la vulnérabilité au jour de l'expertise en 2011</i> .....	65
4.5.1.3 . <i>Evaluation de la vulnérabilité après réhabilitation</i> .....	66
4.5.2 . <i>Retenue collinaire Bouzguene N°3</i> .....	67
4.5.2.1 . <i>Evaluation de l'indice de vulnérabilité à la mise en service en 1999</i> .....	67
4.5.2.2 . <i>Evaluation de la vulnérabilité au jour de l'expertise en 2011</i> .....	68
4.5.2.3 . <i>Evaluation de la vulnérabilité après réhabilitation</i> .....	69
4.5.3 . <i>Retenue collinaire Illoula oumalou N° 399</i> .....	70
4.5.3.1 . <i>Evaluation de l'indice de vulnérabilité à la mise en service en 2000</i> .....	70
4.5.3.2 . <i>Evaluation de la vulnérabilité au jour de l'expertise en 2011</i> .....	71
4.5.3.3 . <i>Evaluation de la vulnérabilité après réhabilitation</i> .....	72
4.5.4 . <i>Retenue collinaire Illoula oumalou N° 1</i> .....	73
4.5.4.1 . <i>Evaluation de l'indice de vulnérabilité à la mise en service en 2000</i> .....	73
4.5.4.2 . <i>Evaluation de la vulnérabilité au jour de l'expertise</i> .....	74
4.5.4.3 . <i>Evaluation de la vulnérabilité après réhabilitation</i> .....	75
4.5.5 . <i>Retenue collinaire Timizart 201</i> .....	76
4.5.5.1 . <i>Evaluation de l'indice de vulnérabilité à la mise en service en 1988</i> .....	76
4.5.5.2 . <i>Evaluation de la vulnérabilité au jour de l'expertise</i> .....	77
4.5.5.3 . <i>Evaluation de la vulnérabilité après réhabilitation</i> .....	78
4.5.6 . <i>Retenue collinaire Timizart 360</i> .....	79
4.5.6.1 . <i>Evaluation de l'indice de vulnérabilité à la mise en service en 1988</i> .....	79
4.5.6.2 . <i>Evaluation de la vulnérabilité au jour de l'expertise</i> .....	80
4.5.6.3 . <i>Evaluation de la vulnérabilité après réhabilitation</i> .....	81
4.5.7 . <i>Retenue collinaire Timizart 363</i> .....	82
4.5.7.1 . <i>Evaluation de l'indice de vulnérabilité à la mise en service en 1986</i> .....	82
4.5.7.2 . <i>Evaluation de la vulnérabilité au jour de l'expertise</i> .....	83
4.5.7.3 . <i>Evaluation de la vulnérabilité après réhabilitation</i> .....	84
4.5.8 . <i>Retenue collinaire Timizart 366</i> .....	85

4.5.8.1 . <i>Evaluation de l'indice de vulnérabilité à la mise en service en 1986</i> .....	85
4.5.8.2 . <i>Evaluation de la vulnérabilité au jour de l'expertise</i> .....	86
4.5.8.3 . <i>Evaluation de la vulnérabilité après réhabilitation</i> .....	87
4.5.9 . <i>Retenue collinaire Timizart 388</i> .....	88
4.5.9.1 . <i>Evaluation de l'indice de vulnérabilité à la mise en service en 1986</i> .....	88
4.5.9.2 . <i>Evaluation de la vulnérabilité au jour de l'expertise</i> .....	89
4.5.9.3 . <i>Evaluation de la vulnérabilité après réhabilitation</i> .....	90
4.5.10. <i>Retenue collinaire Timizart</i> .....	91
4.5.10.1 . <i>Evaluation de l'indice de vulnérabilité à la mise en service en 2000</i> .....	91
4.5.10.2 . <i>Evaluation de la vulnérabilité au jour de l'expertise</i> .....	92
4.5.10.3 . <i>Evaluation de la vulnérabilité après réhabilitation</i> .....	93
4.5.11 . <i>Retenue collinaire Freha 389</i> .....	94
4.5.11.1 . <i>Evaluation de l'indice de vulnérabilité à la mise en service en 1986</i> .....	94
4.5.11.2 . <i>Evaluation de la vulnérabilité au jour de l'expertise</i> .....	95
4.5.11.3 . <i>Evaluation de la vulnérabilité après réhabilitation</i> .....	96
4.5.12 . <i>Retenue collinaire Freha 395</i> .....	97
4.5.12.1 . <i>Evaluation de l'indice de vulnérabilité à la mise en service en 1988</i> .....	97
4.5.12.2 . <i>Evaluation de la vulnérabilité au jour de l'expertise</i> .....	98
4.5.12.3 . <i>Evaluation de la vulnérabilité après réhabilitation</i> .....	99
4.5.13 . <i>Retenue collinaire Freha 396</i> .....	100
4.5.13.1 . <i>Evaluation de l'indice de vulnérabilité à la mise en service en 1986</i> .....	100
4.5.13.2 . <i>Evaluation de la vulnérabilité au jour de l'expertise</i> .....	101
4.5.13.3 . <i>Evaluation de la vulnérabilité après réhabilitation</i> .....	102
4.5.14 . <i>Retenue collinaire Freha 397</i> .....	103
4.5.14.1 . <i>Evaluation de l'indice de vulnérabilité à la mise en service en 1989</i> .....	103
4.5.14.2 . <i>Evaluation de la vulnérabilité au jour de l'expertise</i> .....	104
4.5.14.3 . <i>Evaluation de la vulnérabilité après réhabilitation</i> .....	105
4.5.15 . <i>Retenue collinaire Freha 398</i> .....	106

4.5.15.1 . <i>Evaluation de l'indice de vulnérabilité à la mise en service en 1989</i> .....	106
4.5.15.2 . <i>Evaluation de la vulnérabilité au jour de l'expertise</i> .....	107
4.5.15.3 . <i>Evaluation de la vulnérabilité après réhabilitation</i> .....	108
4.5.16 . <i>Retenue collinaire Mekla 367</i> .....	109
4.5.16.1 . <i>Evaluation de l'indice de vulnérabilité à la mise en service en 1986</i> .....	109
4.5.16.2 . <i>Evaluation de la vulnérabilité au jour de l'expertise</i> .....	110
4.5.16.3 . <i>Evaluation de la vulnérabilité après réhabilitation</i> .....	111
4.5.17 . <i>Retenue collinaire Mekla 368</i> .....	112
4.5.17.1 . <i>Evaluation de l'indice de vulnérabilité à la mise en service en 1987</i> .....	112
4.5.17.2 . <i>Evaluation de la vulnérabilité au jour de l'expertise</i> .....	113
4.5.17.3 . <i>Evaluation de la vulnérabilité après réhabilitation</i> .....	114
4.5.18 . <i>Retenue collinaire Mekla 391</i> .....	115
4.5.18.1 . <i>Evaluation de l'indice de vulnérabilité à la mise en service en 1989</i> .....	115
4.5.18.2 . <i>Evaluation de la vulnérabilité au jour de l'expertise</i> .....	116
4.5.18.3 . <i>Evaluation de la vulnérabilité après réhabilitation</i> .....	117
4.5.19 . <i>Retenue collinaire Mekla 393</i> .....	118
4.5.19.1 . <i>Evaluation de l'indice de vulnérabilité à la mise en service en 1986</i> .....	118
4.5.19.2 . <i>Evaluation de la vulnérabilité au jour de l'expertise</i> .....	119
4.5.19.3 . <i>Evaluation de la vulnérabilité après réhabilitation</i> .....	120
4.5.20 . <i>Retenue collinaire Mekla 394</i> .....	121
4.5.20.1 . <i>Evaluation de l'indice de vulnérabilité à la mise en service en 1986</i> .....	121
4.5.20.2 . <i>Evaluation de la vulnérabilité au jour de l'expertise</i> .....	122
4.5.20.3 . <i>Evaluation de la vulnérabilité après réhabilitation</i> .....	123
4.5.21 . <i>Retenue collinaire Souamaâ N°2</i> .....	124
4.5.21.1 . <i>Evaluation de l'indice de vulnérabilité à la mise en service en 1999</i> .....	124
4.5.21.2 . <i>Evaluation de la vulnérabilité au jour de l'expertise</i> .....	125
4.5.21.3 . <i>Evaluation de la vulnérabilité après réhabilitation</i> .....	126
4.5.22 . <i>Retenue collinaire Azzefoun N° 10</i> .....	127

4.5.22.1 . Evaluation de l'indice de vulnérabilité à la mise en service en 1987 .....	127
4.5.22.2 . Evaluation de la vulnérabilité au jour de l'expertise .....	128
4.5.22.3 . Evaluation de la vulnérabilité après réhabilitation .....	129
4.5.23 . Retenue collinaire Azzefoun N° 11 .....	130
4.5.23.1 . Evaluation de l'indice de vulnérabilité à la mise en service en 1987 .....	130
4.5.23.2 . Evaluation de la vulnérabilité au jour de l'expertise en 2011 .....	131
4.5.23.3 . Evaluation de la vulnérabilité après réhabilitation .....	132
4.5.24 . Retenue collinaire Azzefoun N° 12 .....	133
4.5.24.1 . Evaluation de l'indice de vulnérabilité à la mise en service en 1988 .....	133
4.5.24.2 . Evaluation de la vulnérabilité au jour de l'expertise .....	134
4.5.24.3 . Evaluation de la vulnérabilité après réhabilitation .....	135
4.5.25 . Retenue collinaire Azzefoun N° 14 .....	136
4.5.25.1 . Evaluation de l'indice de vulnérabilité à la mise en service en 1995 .....	136
4.5.25.2 . Evaluation de la vulnérabilité au jour de l'expertise .....	137
4.5.25.3 . Evaluation de la vulnérabilité après réhabilitation .....	138
4.5.26 . Retenue collinaire Azzefoun N° 15 .....	139
4.5.26.1 . Evaluation de l'indice de vulnérabilité à la mise en service en 1995.....	139
4.5.26.2 . Evaluation de la vulnérabilité au jour de l'expertise .....	140
4.5.26.3 . Evaluation de la vulnérabilité après réhabilitation .....	141
Conclusion.....	142
5. Chapitre5 : Développement d'un SIG pour la gestion d'un parc de retenues.....	143
Introduction.....	143
5.1. Fonctionnalités d'un SIG.....	143
5.1.1. Principes.....	143
5.1.2. Types de données manipulées.....	143
5.1.3. Calage de l'image raster.....	144
5.1.3.1. Cartes utilisées .....	144
5.1.3.2. Caler le mosaïque des cinq cartes de Tizi Ouzou .....	146

<i>5.1.4. Construction de la base de données</i> .....	147
<i>5.1.5. Affichage du semi de point</i> .....	147
<i>5.1.6. L'analyse thématique avec MapInfo</i> .....	149
<i>5.2. Interprétation des résultats</i> .....	152
<i>5.3. Programme de reabilitation proposé</i> .....	152
<i>Conclusion</i> .....	153
<i>Conclusion general</i> .....	154
<i>Referance bibliographique</i> .....	155
<i>Annexes</i> .....	156

## Liste de Tableaux

Tableau 1.1: Désignation des retenues collinaires expertisées .....	11
Tableau 1.2 : Identification des défauts par Retenue collinaire .....	26
Tableau 2.1 : Description des dommages.....	34
Tableau 2.2 : Valeurs des indices de vulnérabilisée base pour les principales typologies de l'ATC21 en fonction de trois niveaux de sismicité .....	35
Tableau 2.3 :Paramètres adoptés pour évaluer la vulnérabilité des constructions en maçonnerie. ....	37
Tableau 2.4: Classes de vulnérabilité et pondération de chacun des paramètres structuraux, ajustés à partir des endommagements observés.....	37
Tableau 2.5 : Classification des paramètres et leur coefficient $K_i$ .....	40
Tableau 2.6 : Classification des structures en fonction de la vulnérabilité « Iv ».....	41
Tableau 2.7: Paramètres appliqués dans la méthode de l'indice de vulnérabilité pour les constructions en maçonnerie en Algérie.....	42
Tableau 2.8 : Liste des paramètres d'analyse. ....	41
Tableau 2.9 : Grille de hiérarchisation d'une note partielle ( $N_{ei}, P_i$ ) d'un paramètre .....	43
Tableau 3.1: Liste des paramètres d'analyse.....	46
Tableau 3.2: Notes élémentaires de l'implantation de l'ouvrage.....	48
Tableau 3.3: Coefficients de pondération en fonction des différents climats existants.....	48
Tableau 3.4: Notes élémentaires de la zone sismique.....	48
Tableau 3.5: Coefficients de pondération en fonction du site de l'ouvrage.....	49
Tableau 3.6: Notes élémentaires en fonction des conditions du terrain.....	49
Tableau 3.7: Coefficients de pondération en fonction des effets de site.....	50
Tableau 3.8: Notes élémentaires en fonction du zonage de neige.....	50
Tableau 3.9: Notes élémentaires de l'action du vent.....	51
Tableau 3.10: Notes élémentaires en fonction du type d'étanchéité.....	52
Tableau 3.11. Coefficient de pondération en fonction du degré de satisfaction de l'étanchéité.....	52
Tableau 3.12: Notes élémentaires en fonction du type de protection utilisé.....	53
Tableau 3.13: Coefficients de pondération en fonction du degré de dégradation.....	53

Tableau 3.14: Notes élémentaires en fonction du type de protection utilisé.....	53
Tableau 3.15: Coefficients de pondération en fonction du degré de dégradation .....	53
Tableau 3.16: Notes élémentaire en fonction du type de revêtements de la crête.....	54
Tableau 3.17: Pondération en fonction de l'état de la crête .....	54
Tableau 3.18 : Notes élémentaire en fonction de type Déversoir. ....	55
Tableau 3.19: Pondération en fonction de l'état de déversoir. ....	55
Tableau 3.20 : Notes élémentaire en fonction d' du type de matériau utilisé. ....	55
Tableau 3.21 : Pondération en fonction d'état de dégradation.....	55
Tableau3.22 : Notes élémentaire en fonction d' du type de matériau utilisé. ....	56
Tableau 3.23 : Pondération en fonction d'état de dégradation.....	56
Tableau 3.24 : Notes élémentaire en fonction du type de matériau utilisé. ....	56
Tableau 3.25 : Coefficients de pondération en fonction de l'état de dégradation. ....	56
Tableau 3.26 : Notes élémentaires en fonction de type de conduite. ....	57
Tableau 3.27 :Pondération en fonction de l'état de dégradation des équipements. ....	57
Tableau 3.28: Notes élémentaires en fonction de la destination de l'ouvrage. ....	57
Tableau 3.29 :pondération en fonction d'accessibilité pour l'entretien. ....	57
Tableau 3.30 : Notes élémentaires en fonction de la fréquence d'entretien de la retenue.....	58
Tableau 3.31 : Pondération en fonction du risque engendré .....	58
Tableau 3.32 : Notes élémentaires en fonction des sources adduction de la retenue .....	58
Tableau 3.33 : Pondération en fonction du type du dispositif de piégeage. ....	58
Tableau 3.34 : Grille de hiérarchisation d'une note partielle d'un paramètre.....	59
Tableau 3.35 : Classification d'une retenue en fonction de son « Iv ».....	59
Tableau 4.1 : Présentation des retenues expertisées.....	62
Tableau 4.2 : Indice de vulnérabilité à la mise en service en 1999. ....	64
Tableau 4.3: Indice de vulnérabilité au jour d'expertise en 2011. ....	65
Tableau 4.4 : Mode de réparation correspondant aux défauts apparents.....	66
Tableau 4.5: Indice de vulnérabilité après réhabilitation. ....	66

Tableau 4.6: Indice de vulnérabilité à la mise en service en 1999.....	67
Tableau 4.7: Evaluation de la vulnérabilité au jour d'expertise en 2011 .....	68
Tableau 4.8 : Mode de réparation correspondant aux défauts apparents.....	69
Tableau 4.9: Indice de vulnérabilité après réhabilitation .....	69
Tableau 4.10: Indice de vulnérabilité à la mise en service en 2000. ....	70
Tableau 4. 11: Indice de vulnérabilité au jour d'expertise en 2011 .....	71
Tableau 4.12 : Mode de réparation correspondant aux défauts apparents.....	72
Tableau 4.13: Indice de vulnérabilité après réhabilitation .....	72
Tableau 4.14 : Indice de vulnérabilité à la mise en service en 2000. ....	73
Tableau 4. 15: Evaluation de la vulnérabilité au jour d'expertise en 2011.....	74
Tableau 4.16 : Mode de réparation correspondant aux défauts apparents.....	75
Tableau 4.17: Indice de vulnérabilité après réhabilitation .....	75
Tableau 4.18 : Evaluation de la vulnérabilité à la mise en service en 1988. ....	76
Tableau 4. 19: Indice de vulnérabilité au jour d'expertise en 2012 .....	77
Tableau 4.20. Mode de réparation correspondant aux défauts apparents.....	78
Tableau 4.21: Indice de vulnérabilité après réhabilitation.....	78
Tableau 4.22: Indice de vulnérabilité à la mise en service en 1988. ....	79
Tableau 4. 23: Indice de vulnérabilité au jour d'expertise en 2012 .....	80
Tableau 4.24 : Mode de réparation correspondant aux défauts apparents.....	81
Tableau 4.25: Indice de vulnérabilité après réhabilitation.....	81
Tableau 4.26: Indice de vulnérabilité à la mise en service en 1986. ....	82
Tableau 4. 27: Indice de vulnérabilité au jour d'expertise en 2012 .....	83
Tableau 4.28 : Mode de réparation correspondant aux défauts apparents.....	84
Tableau 4.29: Indice de vulnérabilité après réhabilitation.....	84
Tableau 4.30: Indice de vulnérabilité à la mise en service en 1986. ....	85
Tableau 4. 31: Indice de vulnérabilité au jour d'expertise en 2012 .....	86
Tableau 4.32 : Mode de réparation correspondant aux défauts apparents.....	87

Tableau 4.33: Indice de vulnérabilité après réhabilitation.....	87
Tableau 4.34: Indice de vulnérabilité à la mise en service en 1986.....	88
Tableau 4. 35: Indice de vulnérabilité au jour d’expertise en 2012 .....	89
Tableau 4.36 : Mode de réparation correspondant aux défauts apparents.....	90
Tableau 4.37: Indice de vulnérabilité après réhabilitation.....	90
Tableau 4.38: Indice de vulnérabilité à la mise en service en 2000.....	91
Tableau 4. 39: Indice de vulnérabilité au jour d’expertise en 2012 .....	92
Tableau 4.40: Mode de réparation correspondant aux défauts apparents.....	93
Tableau 4.41: Indice de vulnérabilité après réhabilitation.....	93
Tableau 4.42: Indice de vulnérabilité à la mise en service en 1986.....	94
Tableau 4. 43 Indice de vulnérabilité au jour d’expertise en 2012 .....	95
Tableau 4.44: Mode de réparation correspondant aux défauts apparents.....	96
Tableau 4.45 : Indice de vulnérabilité après réhabilitation.....	96
Tableau 4.46: Indice de vulnérabilité à la mise en service en 1988.....	97
Tableau 4. 47: Indice de vulnérabilité au jour d’expertise en 2012 .....	98
Tableau 4.48 : Mode de réparation correspondant aux défauts apparents.....	99
Tableau 4.49: Indice de vulnérabilité après réhabilitation.....	99
Tableau 4.50: Indice de vulnérabilité à la mise en service en 1986.....	100
Tableau 4. 51. Indice de vulnérabilité au jour d’expertise en 2012 .....	101
Tableau 4.52 : Mode de réparation correspondant aux défauts apparents.....	102
Tableau 4.53: Indice de vulnérabilité après réhabilitation.....	102
Tableau 4.54: Indice de vulnérabilité à la mise en service en 1989.....	103
Tableau 4. 55: Indice de vulnérabilité au jour d’expertise en 2012 .....	104
Tableau 4.56: Mode de réparation correspondant aux défauts apparents.....	105
Tableau 4.57: Indice de vulnérabilité après réhabilitation.....	105
Tableau 4.58: Indice de vulnérabilité à la mise en service en 1989.....	106
Tableau 4. 59: Indice de vulnérabilité au jour d’expertise en 2012 .....	107

Tableau 4.60: Mode de réparation correspondant aux défauts apparents.....	108
Tableau 4.61: Indice de vulnérabilité après réhabilitation.....	108
Tableau 4.62: Indice de vulnérabilité à la mise en service en 1986.....	109
Tableau 4. 63: Indice de vulnérabilité au jour d'expertise en 2012 .....	110
Tableau 4.64 : Mode de réparation correspondant aux défauts apparents.....	111
Tableau 4.65: Indice de vulnérabilité après réhabilitation .....	111
Tableau 4.66: Indice de vulnérabilité à la mise en service en 1987.....	112
Tableau 4. 67: Indice de vulnérabilité au jour d'expertise en 2012 .....	113
Tableau 4.68 : Mode de réparation correspondant aux défauts apparents.....	114
Tableau 4.69: Indice de vulnérabilité après réhabilitation .....	114
Tableau 4.70: Indice de vulnérabilité à la mise en service en 1989.....	115
Tableau 4.71: Indice de vulnérabilité au jour d'expertise en 2012 .....	116
Tableau 4.72 : Mode de réparation correspondant aux défauts apparents.....	117
Tableau 4.73: Indice de vulnérabilité après réhabilitation .....	117
Tableau 4.74: Indice de vulnérabilité à la mise en service en 1986.....	118
Tableau 4. 75: Indice de vulnérabilité au jour d'expertise en 2012 .....	119
Tableau 4.76 : Mode de réparation correspondant aux défauts apparents.....	120
Tableau 4.77: Indice de vulnérabilité après réhabilitation .....	120
Tableau 4.78: Indice de vulnérabilité à la mise en service en 1986.....	121
Tableau 4.79: Indice de vulnérabilité au jour d'expertise en 2012.....	122
Tableau 4.80 : Mode de réparation correspondant aux défauts apparents.....	123
Tableau 4.81: Indice de vulnérabilité après réhabilitation .....	123
Tableau 4.82: Indice de vulnérabilité à la mise en service en 1999.....	124
Tableau 4.83: Indice de vulnérabilité au jour d'expertise en 2012 .....	125
Tableau 4.84: Mode de réparation correspondant aux défauts apparents.....	126
Tableau 4.85: Indice de vulnérabilité après réhabilitation .....	126
Tableau 4.86: Indice de vulnérabilité à la mise en service en 1987.....	127

Tableau 4. 87: Indice de vulnérabilité au jour d'expertise en 2012 .....	128
Tableau 4.88 : Mode de réparation correspondant aux défauts apparents.....	129
Tableau 4.89: Indice de vulnérabilité après réhabilitation .....	129
Tableau 4.90: Indice de vulnérabilité à la mise en service en 1987.....	130
Tableau 4. 91: Indice de vulnérabilité au jour d'expertise en 2012 .....	131
Tableau 4.92 : Mode de réparation correspondant aux défauts apparents.....	132
Tableau 4.93: Indice de vulnérabilité après réhabilitation .....	132
Tableau 4.94: Indice de vulnérabilité à la mise en service en 1988.....	133
Tableau 4.95: Indice de vulnérabilité au jour d'expertise en 2012 .....	134
Tableau 4.96 : Mode de réparation correspondant aux défauts apparents.....	135
Tableau 4.97: Indice de vulnérabilité après réhabilitation .....	135
Tableau 4.98: Indice de vulnérabilité à la mise en service en 1995.....	136
Tableau 4. 99: Indice de vulnérabilité au jour d'expertise en 2012 .....	137
Tableau 4.100 : Mode de réparation correspondant aux défauts apparents .....	138
Tableau 4.101: Indice de vulnérabilité après réhabilitation.....	138
Tableau 4.102: Indice de vulnérabilité à la mise en service en 1995.....	139
Tableau 4. 103: Indice de vulnérabilité au jour d'expertise en 2012 .....	140
Tableau 4.104 : Mode de réparation correspondant aux défauts apparents .....	141
Tableau 4.105: Indice de vulnérabilité après réhabilitation.....	141
Tableau 5.1 : coordonnées X, Y des quatre point de calage de la carte Azzefoun - 14 Ouest.....	146
Tableau 5.2 : les coordonnées des points de calage de la carte Tizi Ouzou-32-ouest et Tizi Ouzou-42-est.....	146
Tableau 5.3 : les coordonnées des points de calage de la carte Tizi Ouzou-34-est.....	147
Tableau 5.4: les coordonnées des points de calage de la carte Azzefoun.....	147
Tableau 5.5: Extrait de la table base de données .....	147
Tableau 5.6 : les coordonnées des retenues.....	148
Tableau 5.7: Classification des retenues par ordre décroissant de l'indice de vulnérabilité.....	153



Liste des figures

Figure 1.1 : Principaux bassins versant de l'Algérie.....	5
Figure 1.2 : Schéma d'une retenue en digue homogène.....	5
Figure 1.3 : Organigramme de la gestion des périmètres irrigués et de la PMH. ....	6
Figure 1.4 : Proportions des défauts apparents dans le parc expertisé .....	25
Figure 2.1 : Différents éléments de la méthode ATC40.....	36
Figure 2.2: Organigramme de la méthodologie d'évaluation des réservoirs (Mathieu, 2003). ....	38
Figure 3.1 : Carte du zonage de neige d'Algérie. ....	50
Figure 3.2 : Carte du zonage de vent d'Algérie. ....	50
Figure 4.1 : Présentation de la zone d'étude.....	61
Figure 4.2: Evaluation de la vulnérabilité dans le cycle de vie de la retenue collinaire BOUZGUENE N°2.....	67
Figure 4.3. Evaluation de la vulnérabilité dans le cycle de vie Retenue collinaire BOUZGUENE N°3.....	69
Figure 4.4 : Evaluation de la vulnérabilité dans le cycle de vie de la retenue collinaire ILLOULA OUMALOU N° 399 .....	72
Figure 4.4 : Evaluation de la vulnérabilité dans le cycle de vie de la retenue collinaire ILLOULA OUMALOU N° 1 .....	75
Figure 4.6 : Evaluation de la vulnérabilité dans le cycle de vie de la retenue collinaire TIMIZART 201 .....	78
Figure 4.7 : Evaluation de la vulnérabilité dans le cycle de vie de la retenue collinaire TIMIZART 360 .....	81
Figure 4.8 : Evaluation de la vulnérabilité dans le cycle de vie de la retenue collinaire Timizart 363 .....	84
Figure 4.9 : Evaluation de la vulnérabilité dans le cycle de vie de la retenue collinaire Timizart 366 .....	87
Figure 4.10 : Evaluation de la vulnérabilité dans le cycle de vie de la retenue collinaire TIMIZART 388.....	90
Figure 4.11 : Evaluation de la vulnérabilité dans le cycle de vie de la retenue collinaire TIMIZART .....	93
Figure 4.12 : Evaluation de la vulnérabilité dans le cycle de vie de la retenue collinaire Freha 389.....	96
Figure 4.12 : Evaluation de la vulnérabilité dans le cycle de vie de la retenue collinaire Freha 395.....	99
Figure 4.14 : Evaluation de la vulnérabilité dans le cycle de vie de la retenue collinaire Freha 396.....	102
Figure 4.15 : Evaluation de la vulnérabilité dans le cycle de vie de la retenue collinaire Freha 397.....	105
Figure 4.16 : Evaluation de la vulnérabilité dans le cycle de vie de la retenue collinaire Freha 398.....	108

Figure 4.17: Evaluation de la vulnérabilité dans le cycle de vie de la retenue collinaire Mekla 367.....	111
Figure 4.19: Evaluation de la vulnérabilité dans le cycle de vie de la retenue collinaire Mekla 368.....	114
Figure 4.19: Evaluation de la vulnérabilité dans le cycle de vie de la retenue collinaire Mekla 391.....	117
Figure 4.20: Evaluation de la vulnérabilité dans le cycle de vie de la retenue collinaire Mekla 393.....	120
Figure 4.21: Evaluation de la vulnérabilité dans le cycle de vie de la retenue collinaire Mekla 394.....	123
Figure 4.22: Evaluation de la vulnérabilité dans le cycle de vie de la retenue collinaire T Souamaâ N°2.....	126
Figure 4.23: Evaluation de la vulnérabilité dans le cycle de vie de la retenue collinaire Azzefoun N° 10.....	129
Figure 4.24: Evaluation de la vulnérabilité dans le cycle de vie de la retenue collinaire Azzefoun N° 11.....	132
Figure 4.25: Evaluation de la vulnérabilité dans le cycle de vie de la retenue collinaire Azzefoun N° 12.....	135
Figure 4.26: Evaluation de la vulnérabilité dans le cycle de vie de la retenue collinaire Azzefoun N° 14.....	138
Figure 4.27: Evaluation de la vulnérabilité dans le cycle de vie de la retenue collinaire Azzefoun N° 15.....	141
Figure 5.1 : carte Tizi ouzou-42-Est.....	144
Figure 5.2 : carte Tizi ouzou-34-Est.....	144
Figure 5.3 : carte Tizi ouzou-32-Ouest.....	144
Figure 5.4 : Carte Azzofoun.....	144
Figure 5.5 : Carte Azzofoun _ 14 Ouest.....	144
Figure 5.6 : Carte Tizi ouzou - 32- Ouest dans paint.....	145
Figure .5.7 : Nouvelle fenêtre de paint de la Carte Tizi ouzou - 32- Ouest coupée.....	145
Figure .5.8 : mosaïque des cartes d'état major.....	145
Figure .5.9 : Calage de mosaïque des cartes d'état major.....	146
Figure .5.10 : Ouverture du fichier de données dans le SIG.....	148
Figure .5.11 : Interface du semi de point dans le SIG.....	159
Figure .5.12 : Ouverture du fichier de données dans le SIG.....	150
Figure 5.13 : Analyse thématique pour l'indice de vulnérabilité à la mise en service.....	150
Figure 5.14 : Analyse thématique pour l'indice de vulnérabilité au jour de l'inspection.....	151
Figure 5.15 : Analyse thématique pour l'indice de vulnérabilité après réhabilitation.....	151

## Liste des Photos

Photos 1.1 : Présences de végétation à l'entrée amont de la retenue.....	12
Photos 1.2 : Présence de végétation autour de la retenue (dans la cuvette) .....	12
Photos 1.3 : Présence de végétation sur la crête de la retenue.....	12
Photos 1.4 : Végétations arbustive sur le talus amont de la retenue .....	12
Photos 1.5 : Obturation de l'évacuateur de crues par la végétation.....	13
Photos 1.6 : Colmatage de bassin de dissipation par la végétation.....	13
Photos 1.7 : Ravines importantes sur le talus aval des retenues .....	14
Photos 1.8 : Envasement de la cuvette .....	15
Photos 1.9 : Terriers sur le parement amont de la retenue .....	16
Photos 1.10. : Orniérages dues au passage de véhicule .....	17
Photos 1.11. Désordre due ou batillage.....	17
Photos 1.12 : Glissement du talus amont de la digue.....	18
Photos 1.13 : Glissement des berges de la retenue .....	18
Photos 1.14 : Présence de fissure sur le talus aval .....	18
Photos 1.15 : Présence de fissures sur la crête .....	18
Photos 1.16 : Suintement en pied de parement aval de la retenue.....	19
Photos 1.17 : Corps de la digue endommagé par l'érosion interne .....	20
Photos 1.18 : Obturation de déversoir par des pierres et éboulis en terre .....	21
Photos 1.19 : Ouverture du joint de rupture des bajoyers .....	22
Photos 1.20. Glissement de terrain sur les bajoyers.....	22
Photos 1.21. Ouverture des joints du dissipateur.....	22
Photos 1.22 : Affouillement et érosion du bassin de dissipation. ....	22

Photos 1.23 : Soulèvement et détérioration du bassin de dissipation .....	23
Photos 1.24 : Vanne exposé a l'air libre.....	23
Photos 1.25 : Chambre de la vanne vandalisée .....	24
Photos 1.26 : Vanne rouillée présentant des fuites .....	24
Photos 4.1 : Vue générale de la retenue Bouzeguene N°2 .....	64
Photos 4.2 : Glissement de terrain sur la berge gauche .....	65
Photos 4.3 : Orniérage sur la crête de la retenue. ....	65
Photos 4.4 :Présence de végétation sur le talus amant.....	65
Photos 4.5 : Colmatage de l'évacuateur de crue.....	65
Photos 4.6 : Bassin de dissipation déstabilisé.....	65
Photos 4.7 : Corrosion de la vanne de vidange.....	65
Figure 4.8 : Présencet de ravines sur le parement aval .....	65
Photos 4.9 :Désordre d'où au batillage. ....	65
Photos 4.10: Vue générale de la retenue Bouzguene N°3 .....	67
Photos 4.11 : Présence de végétation sur la crête .....	68
Photos 4.12 : Talus aval envahie par la végétation.....	68
Photos 4.13 : Envasement partiel de la retenue .....	68
Photos 4.14 : Evacuateur de crue endommagé .....	68
Photos 4.15 : Vue générale de la retenue Illoula oumalou N° 399.....	70
Photos 4.16 :Présence de végétation sur le talus amant .....	71
Photos 4.17 : Présence de fissures transversales sur la crete.....	71
Photos 4.18 : Fuites localisées sur le parement aval .....	71
Photos 4.19 : Erosion et effondrement de l'évacuateur de crus .....	71

Photos 4.20 : Une grande fosse d'érosion à l'aval du coursier.....	71
Photos 4.21 : Presence de terriers sur le talus aval .....	71
Photos 4.22 : Vue générale de la retenue Illoula oumalou N° 1.....	73
Photos 4.23 : Présence de terriers sur le talus amant de la digue .....	74
Photos 4.24 : Végétations arbustive sur le talus amant de la digue .....	74
Photos 4.25 : Glissement de la berge .....	74
Photos 4.26 : Affaissement de la crête sur la rive.....	74
Photos 4.27 :Fissures sur le coursier.....	74
Photos 4.28 : Bassin de dissipation emporté par les crues .....	74
Photos 4.29 : Vue générale de la retenue Timizart 201 .....	76
Photos 4.30: Glissement d'engrochement de talus amant.....	77
Photos 4.31: Affaissement de la crête retenue.....	77
Photos 4.32: Désordre dus au batillage .....	77
Photos 4.33:végétation arbustive sur le talus amant .....	77
Photos 4.34:Presence de fissures sur les murs bajoyers .....	77
Photos 4.35: Corrosion et colmatage de la vanne .....	77
Photos 4.36:Vue générale de la retenue Timizart 360 .....	79
Photos 4.37: Désordre due ou batillage.....	80
Photos 4.38:Presence de fissures sur le talus aval .....	80
Photos 4.39: Glissement du talus amont .....	80
Photos 4.40: Creusement de ravines sur le parement aval .....	80
Photos 4.41: Orniérage sur la crête .....	80
Photos 4.42: Glissement des murs bajoyer.....	80

Photos 4.43: Vue générale de la retenue Timizart 363	82
Photos 4.44: Présence d'ornières sur la crête de la retenue	83
Photos 4.45: Végétation arbustive sur le talus amont et glissement des enrochements	83
Photos 4.46: Creusement de ravines sur le parement aval	83
Photos 4.47. Evacuateur de crue endommagé	83
Photos 4.48. Vue générale de la retenue Timizart 366	84
Photos 4.49. Végétation arbustive sur le talus amont	86
Photos 4.50. Végétation arbustive sur le talus aval	86
Photos 4.51. Affaissement sur la crête	86
Photos 4.52. Ravin sur le parement amont	86
Photos 4.53. Orniérage sur la crête de la retenue	86
Photos 4.54. Evacuateur de crue obturé	86
Photos 4.55. Vue générale de la retenue Timizart 388	88
Photos 4.56. Orniérage sur la crête	89
Photos 4.57. Talus amont non protégé	89
Photos 4.58. Creusement de ravin sur le talus aval	89
Photos 4.59. Corrosion et colmatage de la vanne de vidange	89
Photos 4.60. Evacuateur emporté par les crues	89
Photos 4.61. Vue générale de la retenue Timizart	91
Photos 4.62. Végétation arbustive sur le talus amont	83
Photos 4.63. Glissement des enrochements de talus amont	92
Photos 4.64. Protection du talus aval vieillie	92
Photos 4.65. Glissement de terrain sur les murs bajoyés	92

Photos 4.66. Endomagement du bassin de dissipation d'énergie .....	92
Photos 4.67. Colmatage de la vanne de vidange .....	92
Photos 4.68. Vue générale de la retenue Freha 389 .....	94
Photos 4.69. Affaissement de la crête de la retenue .....	95
Photos 4.70. Végétation arbustive Sur le talus amant .....	95
Photos 4.71. absence de protection et ravinement de Talus aval de la .....	95
Photos 4.72. Obturation de l'évacuateur de crus par la végétation.....	95
Photos 4.73. Destruction de l'évacuateur de crus .....	95
Photos 4.74. Vue générale de la retenue Freha 395 .....	97
Photos 4.75. Ravine importante le long de corps de la digue.....	98
Photos 4.76. glissement de talus amant .....	98
Photos 4.77. Végétation abusive Sur le talus amant .....	98
Photos 4.78. Fissure des mur bajoyer .....	98
Photos 4.79. Une grande fosse d'érosion à l'aval de l'évacuateur .....	98
Photos 4.80. Vanne de vidange émergée dans l'eau .....	98
Photos 4.81. Vue générale de la retenue Freha 396 .....	100
Photos 4.82. Tassement de la crête de la retenue.....	101
Photos 4.83 Désordre dus ou batillage .....	101
Photos 4.84. Orniérage sur la crête .....	101
Photos 4.85. Vanne de vidange endommagée .....	101
Photos 4.86. Fuite impotente dans le talus aval de la retenue .....	101
Photos 4.87. Une grande fosse d'érosion à l'aval de l'évacuateur .....	101
Photos 4.88. Vue générale de la retenue Freha 397_ .....	103

Photos 4.89. Végétation arbustive sur la crête.....	104
Photos 4.90. Végétation arbustive sur le talus aval .....	104
Photos 4.91 Glissement de talus aval de la retenue.....	104
Photos 4.92. Végétation arbustive sur le talus amont .....	104
Photos 4.93. glissement de terrain et destruction de l'évacuateur de crue.....	104
Photos 4.94. Affaissement de la crête .....	104
Photos 4.95. Vue générale de la retenue Freha 398 .....	106
Photos 4.96. envasement partiel de la retenue .....	107
Photos 4.97. glissement de la partie gauche de la retenue .....	107
Photos 4.98. Evacuateur de crue endommagé .....	107
Photos 4.99. Protection. Talus amont vieillée .....	107
Photos 4.100. Fissure sur le talus aval de la retenue.....	107
Photos 4. 101. Corrosion de la vanne de vidange .....	107
Photos 4.102. Vue générale de la retenue Mekla 367 .....	109
Photos 4.103. Végétation arbustive sur le talus amont.....	110
Photos 4.104. Végétation arbustive sur le talus aval.....	110
Photos 4.105. Désordre due ou batillage.....	110
Photos 4.106. Glissement des enrochement de talus amont de la digue .....	110
Photos 4.107. Destruction de l'évacuateur .....	110
Photos 4.108. Vue générale de la retenue Mekla 368.....	112
Photos 4.109. Orniérage sur la crête de la retenue.....	113
Photos 4.110. Dégradation de talus amont par le passage des tracteurs .....	113
Photos 4.111. Présence de suintement sur le talus aval de la retenue.....	113

Photos 4. 112.Végétation arbustive sur le talus amant.....	113
Photos 4.113. Une grande fosse d'érosion à l'aval de l'évacuateur de crus .....	113
Photos 4.114.vanne de vidange émergé dans l'eau.....	113
Photos 4.115. Vue générale de la retenue Mekla 391 .....	115
Photos 4.116. Ravine important sur le talus avals .....	116
Photos 4.117. Erosion impotente sur le corps de la digue.....	116
Photos 4.118.Vane de vidange endommagé.....	116
Photos 4.119.Fosse d'érosion a l'intérieur de l'évacuateur.....	116
Photos 4.120.Destruction de l'évacuateur de crus .....	116
Photos 4.121. Vue générale de la retenue Mekla 393 .....	118
Photos 4.122.Affaissement de la crête .....	119
Photos 4.123.Glisement de la partie rive gauche du corps de la digue .....	119
Photos 4.124.Végétations arbustive sur le talus amant .....	119
Photos 4.125.Destruction de l'évacuateur de crue.....	119
Photos 4.126. Corrosion de la vanne de vidange .....	119
Photos 4.127. Vue générale de la retenue Mekla 394 .....	121
Photos 4.128. Corps de la digue endommagé.....	122
Photos 4.129. envasement de la cuvette.....	122
Photos 4.130. Talus aval de la retenue endommagée .....	122
Photos 4.131. Glissement du talus amant.....	122
Photos 4.132. Corps de la digue endommagé.....	122
Photos 4.133. colmatage de l'évacuateur de crue.....	122
Photos 4.134. Vue générale de la retenue Souamaâ N°2 ....	124

Photos 4.135. Présence de végétation sur Le talus amant .....	125
Photos 4.136. Présence des ravines sur Le talus aval .....	125
Photos 4.137. Bassin de dissipation fissuré.....	125
Photos 4.138. Absence de protection talus aval talus aval.....	125
Photos 4.139. corrosion de la vanne de vidange et fuite .....	125
Photos 4.140. Vue générale de la retenue Azzefoun N° 10 .....	127
Photos 4.141.Talus amant et aval envie par la végétation.....	128
Photos 4.142.Orniérage sur la crête de la retenue.....	128
Photos 4.143.Glisement du talus aval de la retenue .....	128
Photos 4.144.Glisement des terre sur les mur bajoyer .....	128
Photos 4.145.obturation de l'évacuateurs de crus.....	128
Photos 4.146.Végétation arbustive tout autour de la retenue .....	128
Photos 4.147. Vue générale de la retenue Azzefoun N° 11 .....	130
Photos 4.148. Végétation arbustive sur le talus amant.....	131
Photos 4.149. Végétation arbustive sur le talus aval.....	131
Photos 4.150.Glisement des terre sur les mur bajoyer .....	131
Photos 4.151.Fosse d'érosion a l'aval de l'évacuateur de crus .....	131
Photos 4.152.Glisement des terre sur les mur bajoyer .....	131
Photos 4.153.Végétation arbustive tout au long de la retenue.....	131
Photos 4.154. Vue générale de la retenue Azzefoun N°12 .....	133
Photos 4.155. Creusement de ravin en bordure de la retenue .....	134
Photos 4.156. végétation arbustive sur Le talus amant, la crête et le talus aval .....	134
Photos 4.157.Glisement des murs bajoyers .....	134

Photos 4.158. Bassin de dissipation obture par la végétation.....	134
Photos 4.159. Végétation arbustive autour de la retenue .....	134
Photos 4.160. Orniérage au pied du talus amant de la retenue .....	134
Photos 4.161. Vue générale de la retenue Azzefoun N° 14 .....	136
Photos 4.162. Presence de terriers sur le talus amant .....	137
Photos 4.163. végétation arbustive sur la crête et les talus amant et aval .....	137
Photos 4.164. végétation arbustive tout autours de la retenue.....	137
Photos 4.165. Evacuateur de crus Obturé.....	137
Photos 4.166. Basson de dissipation endommagé .....	137
Photos 4.167. Vue générale de la retenue Azzefoun N° 15 .....	139
Photos 4.168. Désordre dus ou batillage .....	140
Photos 4.169. Affaissement de la crête .....	140
Photos 4.170. Végétation arbustive sur le talus amant de la retenue .....	140
Photos 4.171. Obturation de l'évacuateur des crus par les remblais et la végétation .....	140

## Introduction générale

Le parc des retenues collinaires de la willaya de Tizi Ouzou compte actuellement près d'une centaine d'ouvrages. Ces ouvrages sont majoritairement construits en matériau local (remblai compacté) durant les années quatre vingt. Le retour d'expérience de près d'une trentaine d'années a mis en évidence une grande disparité du comportement de ces ouvrages, qui se manifeste par plusieurs pathologies. Le manque d'entretien de ces ouvrages, directement exposés aux menaces naturelles (neige, séismes, vents, feux, glissements de terrains...), amène une accélération du phénomène de vieillissement.

Le diagnostic et l'expertise de ces ouvrages ayant des pathologies diverses sont des tâches complexes. Un ingénieur expérimenté peut dès la première visite connaître l'origine probable du problème, mais pour un autre moins expérimenté la même tâche peut devenir difficile. Le diagnostic reste toujours un exercice dans le niveau de difficulté est très relatif. Devant le même problème exposé, les solutions proposées par les experts ne sont pas évidemment uniques. Chaque expert interprète le problème selon ses propres connaissances, car il n'existe pas une loi dite de diagnostic, mais il y a un savoir faire pour le diagnostic, qui reste un exercice dont le niveau de difficulté est très relatif.

Dans le cadre de ce mémoire, nous développons une méthode simple, rapide et pratique dite méthode de diagnostic et d'expertise pour estimer l'état des ouvrages hydrauliques par la détermination de leur indice de vulnérabilité ( $I_v$ ). Cette méthode développée initialement pour les réservoirs en béton de stockage de l'eau potable par (Hammoum, 2012), dans le cadre de ses travaux de doctorat, sera adaptée aux retenues collinaires. Notons qu'une première ébauche a été testée pour la première fois par (Lounnas et *al.* 2010) dans le cadre de leur projet d'ingénieur, sous la direction du Dr Hammoum.

Cette méthode diagnostique que nous proposons est basée sur une évaluation multicritère (critères environnementaux, critères structuraux et critères fonctionnels). A partir de l'indice de vulnérabilité «  $I_v$  » calculé, nous procédons à la classification des retenues expertisées en trois niveaux de comportement, auxquels sont associés différentes couleurs. Le premier niveau regroupe les retenues ayant un bon comportement (couleur verte), le second comprend les retenues ayant un comportement moyen (couleur orange) et le troisième concerne les retenues ayant un mauvais comportement (couleur rouge).

Afin de tester pratiquement cette méthode, nous avons choisi un parc de retenues collinaires dans la wilaya de Tizi Ouzou. Nous avons récolté un ensemble d'informations sur le terrain à l'aide des fiches d'enquêtes conçues spécialement pour cet effet. Afin de nous permettre la gestion, l'analyse et l'affichage des données collectées, un système d'information géographique a été construit.

Pour mener à terme ce travail, nous avons structuré le manuscrit du mémoire de thèse en cinq (05) chapitres.

Dans le premier chapitre, nous exposons le contexte de notre étude. Nous présentons d'abord le parc de retenues collinaires faisant l'objet de notre expertise. Nous dressons, par la suite, un constat de la situation de gestion de ce patrimoine de retenues collinaires. Nous présentons enfin les pathologies répertoriées et observées sur les retenues collinaires expertisées ainsi que leurs modes de réparation.

Le second chapitre est dédié à une recherche bibliographique sur les méthodes de diagnostic et d'analyse de risque utilisées dans le contexte industriel, puis dans celui du génie civil ; à savoir la méthode physique, la méthode statistique, la méthode de sureté de fonctionnement et enfin la méthode par expertise. Ceci nous a permis d'établir des propositions pour conduire cette recherche.

Au troisième chapitre, nous développons une méthode d'expertise et de diagnostic des retenues collinaires aux aléas naturels (séisme, neige, vent ...etc.). Cette méthode basée sur le calcul de l'indice de vulnérabilité  $I_v$  a pour but de classer les retenues selon leur niveau de vulnérabilité (bon, moyen ou mauvais).

Le chapitre quatre développe une application pratique de la méthodologie d'évaluation de la vulnérabilité à un cas concret de parc des retenues collinaires dans la wilaya de Tizi Ouzou expertisées et diagnostiquées durant une période de huit mois. La détermination de l'évolution de l'indice de vulnérabilité dans le cycle de vie de chaque à fait l'objet de notre intérêt.

Au cinquième et dernier chapitre, une application informatique basée sur la méthode de l'indice de vulnérabilité été développée. Cette application est constituée d'une base de données couplée avec des données cartographiques. Une enquête de terrain de près de huit

mois a été nécessaire pour récolter les données d'expertise de chaque ouvrage du parc, reportées à l'aide des fiches d'enquête. Puis pour tester et valider cet outil d'aide à la décision, il a été appliqué à l'échelle réelle du parc faisant l'objet de notre étude. Afin de permettre la gestion, l'analyse, l'affichage et une meilleure visualisation de ces données, un premier système d'information géographique (SIG) de ce patrimoine a été construit. Les retenues ont été implantées comme des objets ponctuels, auxquels nous avons rattaché de l'information géo référencée. Suite à cela des analyses thématiques ont été entreprises pour répondre à une demande de réhabilitation. Notons aussi que cette analyse permet d'avoir à tout moment l'état de santé de ces retenues collinaires et aussi que de faire des projections futures.

# Chapitre 1

## Du constat d'une situation à l'expression d'un besoin

### Introduction

De nombreuses retenues collinaires ont été réalisées dans le cadre de la Petite et Moyenne Hydraulique (PMH). Ces investissements ont malheureusement souvent été effectués hâtivement sur la base d'études sommaires, et plus de 50% de ces retenues collinaires réalisées sur fonds public ont été perdues.

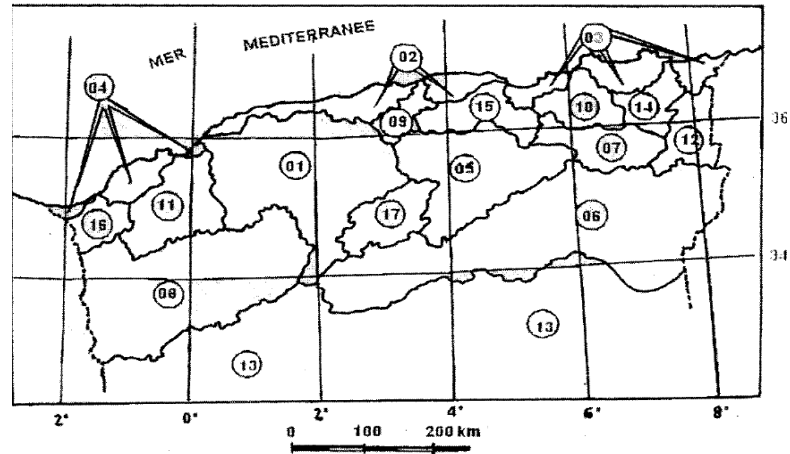
A travers ce chapitre, nous présenterons le parc de retenues collinaires national et régional (Tizi Ouzou) ainsi que l'entreprise en charge de ce patrimoine. Nous exposerons également l'analyse du mode de gestion face aux retenues. Aussi, nous exposerons particulièrement les différentes dégradations propres à la région d'étude ainsi que leurs modes de réparation.

### 1.1. Description du parc des retenues collinaire

- **En matière d'exploitation**

Sur tout le territoire national, 900 retenues collinaires avaient été réalisées durant les années quatre vingt totalisant une capacité de stockage de 118 millions de m<sup>3</sup>. Ces retenues collinaires ayant été construites pour la plupart sans maturation adaptée et aucune forme de gestion n'a été établie. La majorité des aménagements est actuellement hors d'usage (500 retenues environ détruites par les crues ou envasées). Les quelques 400 retenues collinaires actuellement en exploitation sont constituées de digue en terre d'une hauteur inférieure à 10 mètres et d'une capacité de retenue pouvant atteindre 1 million de m<sup>3</sup>, totalisant une capacité de stockage d'environ 72 millions de m<sup>3</sup>, permettant d'irriguer une superficie totale de 18.000 ha. 313 retenues effectivement exploitées (situation de 2007), se répartissent par région hydrographique comme le montre la figure 1.1, représentant les principaux bassins versants de l'Algérie (Messahel et *al.* 2003).

La wilaya de Tizi-ouzou compte près de **83 retenues** réparties d'une manière éparse sur un très grand territoire. Ces retenues sont classées suivant les matériaux de constitution dont le choix dépend des qualités des sols de fondation et des appuis et de la disponibilité des matériaux à proximité de site. Mais la retenue en digue homogène (figure 1.2) est incontestablement la plus répandue.



- |                         |                                 |             |
|-------------------------|---------------------------------|-------------|
| 01 Chlef                | 07 Hauts plateaux constantinois | 13 Sahara   |
| 02 Côtier Algérois      | 08 Hauts plateaux oranais       | 14 Seybouse |
| 03 Côtier Constantinois | 09 Issers                       | 15 Soumam   |
| 04 Côtier Oranais       | 10 Kebir-Rhumel                 | 16 Tafna    |
| 05 Chott Hodna          | 11 Macta                        | 17 Zahrez   |
| 06 Chott Melrihr        | 12 Medjera                      |             |

Figure 1.1 : Principaux bassins versant de l'Algérie.

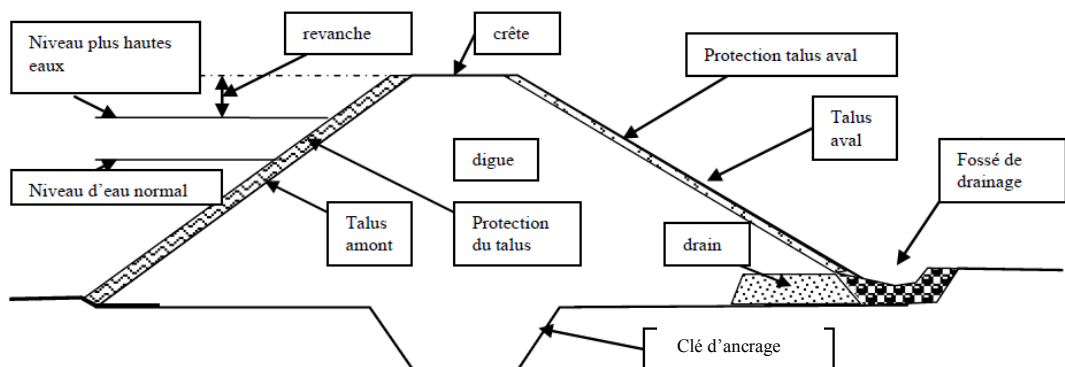


Figure 1.2 : Schéma d'une retenue en digue homogène.

- **En matière de réalisation**

Le programme de retenues collinaires en cours, à l'échelle locale, porte sur la réalisation de 29 ouvrages d'une capacité totale de 8 millions de m<sup>3</sup> pour l'irrigation d'une superficie de 1.000 ha ainsi que sur l'étude de 50 retenues collinaires. On prévoit d'aménager 1 millier de retenues collinaires à l'échéance 2020 (MRE, 2005) à l'échelle nationale.

- **En matière de gestion**

Les zones de petite et moyenne irrigation ont connu dans le passé divers modes de gestion :

les aires et syndicats d'irrigations, la gestion collective et les irrigations individuelles. Ces modes devaient être remplacés dans les années 80 par une nouvelle forme de gestion : coopérative d'irrigation et de drainage avec l'assistance financière et technique de la tutelle l'Administration. Ce nouveau mode s'est révélé inefficace sur le terrain et a contribué à entraîner une tension entre les usagers de l'eau de même qu'une dégradation des installations d'irrigation. La contrainte majeure des aménagements de petite et moyenne hydraulique provient de l'absence de structures de gestion appropriée, pour entretenir et renouveler les équipements, gérer et protéger convenablement les ressources en eau. En effet, cette fonction de maintenance des équipements et de gestion de l'eau est généralement prise en charge par les services de l'administration locale qui ne peuvent faute de moyens adéquats, humains et matériels, jouer un rôle efficace.

Les anciens modes d'organisation pour la gestion et l'exploitation des ouvrages de petite et moyenne hydraulique qui existaient auparavant ont pratiquement disparu (syndicats d'irrigation, coopératives d'irrigation et de drainage, ...etc.).

Actuellement, les infrastructures de petite et moyenne hydraulique agricole sont gérées directement par les irrigants organisés en associations d'irrigants. Ces derniers gèrent et installent les infrastructures hydro agricoles (Figure 1.3). Toute liberté devrait être donnée aux producteurs de s'organiser, les services locaux, au sens large (agences bancaires,...) apportant un appui matériel, technique et financier, les services centraux assurant la régulation et les réajustements nécessaires (Messahel et *al.* 2003).

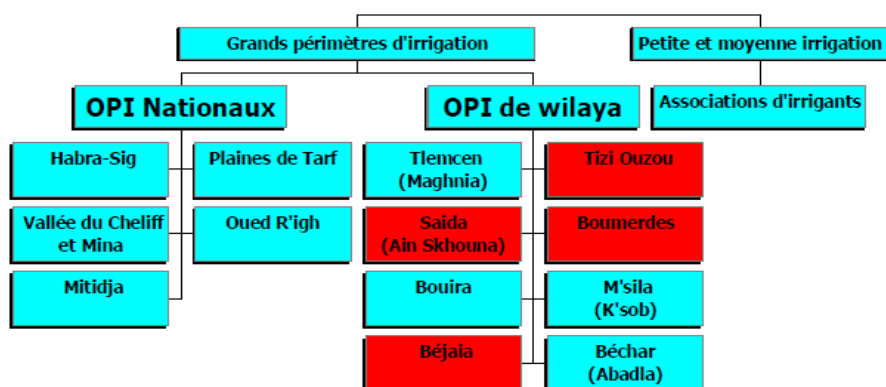


Figure.1.3. Organigramme de la gestion des périmètres irrigués et de la PMH.

Il existe deux catégories d'OPI (Office de Périmètres d'Irrigation) :

- Les OPI à compétence régionale au nombre de 05 (Tarf, Mitidja, Chlef, Habra-Sig et Oued Rhigh).

- Les OPI à compétence locale au nombre de 08 (Maghnia, Saida, Boumerdes, Tizi-ouzou, Bejaia, M'sila, Bouira et Bechar), dont seulement 04 sont opérationnels (Messahel et *al.* 2003).

## 1.2. Régulation

En Algérie, les retenues collinaires sont alimentées par les eaux pluviales et les ruisseaux. Elles peuvent mettre à la disposition des bénéficiaires quelques dizaines à plusieurs centaines de milliers de m<sup>3</sup> d'eau recueillis sur des bassins versants dont la superficie varie de quelques hectares à quelques km<sup>2</sup>. Elles sont utilisées essentiellement pour l'irrigation des cultures et peuvent être l'objet d'usages secondaires (AEP, lutte contre les inondations... etc.).

## 1.3. Prix d'une retenue collinaire

L'expérience algérienne est acquise dans le domaine des études de retenues collinaires depuis 1987 à ce jour. En effet, plus de 40% des retenues collinaires ayant fait l'objet d'une étude sont aujourd'hui en exploitation et ont atteint l'objectif visé. Les bureaux d'études algériens ont développé leur propre méthodologie de calcul. Contrairement aux moyens barrages, les petits barrages et retenues collinaires ont été considérées autrement, vu leurs particularités. La consistance des études a été sensiblement modifiée par des délais de réalisation passant de 12 à 6 mois se répercutant ainsi, sur un montant global qui est passé de 2.500.000 à 1.200.000 DA (50000\$ à 25000\$) sans pour autant affecter la qualité et la fiabilité de l'étude. Cette réduction dans la consistance a été obtenue grâce à la normalisation de certaines études et à la rationalisation des travaux, comme l'étude hydrologique, les reconnaissances géologiques et géotechniques (sondages, fouilles, essais en laboratoire), le dimensionnement hydraulique des ouvrages, le calcul de génie civil des ouvrages en béton armé et les pièces dessinées (Benlaoukli et *al.* 2001).

## 1.4. Normalisation des étapes des études des retenues collinaires

Avec le lancement d'un nouveau programme de réalisation de retenues sur la base d'études sérieuses tenant compte de l'expérience nationale et internationale, particulièrement celle des pays riverains de la Méditerranée six (06) missions se sont dégagées.

- **Mission 1**

Travaux topographiques consistant en des levés de la cuvette et du site respectivement sur 40 ha (Echelle 1/2000ème) et 10 ha (Echelle 1/500ème).

- **Mission 2**

Etude hydrologique faisant ressortir la répartition intra-annuelle des précipitations, de l'évaporation et des apports liquides, les hydrogrammes de crues probables (10 et 1%) et les apports solides.

- **Mission 3**

Etude géologique et géotechnique ; consistant d'une part en une étude de la carte géologique et une visite de terrain et d'autre part en une campagne de reconnaissance des fondations et des matériaux de construction (zone d'emprunt). Aussi, dans la campagne de prospection, le nombre de sondages, leur linéaire, le nombre de fouilles, le nombre d'échantillons à analyser en laboratoire sont rationalisés. En effet, trois sondages sur l'axe de la digue suffisent avec un linéaire par sondage égal à la hauteur de la digue, localisés un en thalweg et deux en rives. Le nombre de puits à réaliser dans la cuvette est au maximum 10, avec une profondeur ne dépassant pas les 3 m.

Si la géologie de surface est relativement bonne, les fouilles sont exécutées sur l'axe du barrage en remplacement aux sondages notamment quand la hauteur de la digue n'excède pas les 12 m. Toutefois, sur l'axe de la digue, la profondeur des fouilles peut être égale à 6 m. Cette méthode d'investigation donne souvent de très bons résultats surtout quand la digue est positionnée sur un thalweg et non pas sur le cours d'une rivière.

Sur une rivière ou un oued, les sondages sont inévitables, car la couche alluvionnaire perméable est beaucoup plus importante comparativement à une fondation en thalweg, du fait que le substratum est beaucoup plus profond.

Les essais d'eau sont rarement nécessaires, vu leur facilité dans l'appréciation de la perméabilité des fondations et leur prix coûteux. Les substratums dépassent rarement 6 m de profondeur sur les thalwegs notamment dans la partie Septentrionale (Nord) de l'Algérie.

Pour les puits et fouilles relatifs aux zones d'emprunt, les profondeurs varient entre 1.5 et 3m avec une prise d'une dizaine d'échantillons pour les essais en laboratoire consistant en une identification du matériau et ses caractéristiques géotechniques (Philipponat, 1979). Les essais consistent en une analyse granulométrique et en la détermination des limites d'Atterberg entrant dans la classification et l'identification du sol et au dimensionnement des filtres ; en la réalisation de l'essai Proctor pour la définition de la densité apparente du sol, la teneur en eau optimale ; en la réalisation de l'essai oedométrique pour la définition de la pression de consolidation, des coefficients de gonflement et de perméabilité et en la réalisation de l'essai de cisaillement pour la définition de l'angle de frottement interne et la cohésion à la boîte de Casagrande.

- **Mission 4**

Etude de faisabilité consiste en la détermination des courbes topographiques (hauteur - surface- capacité), en une étude de régularisation saisonnière tenant compte des apports, de l'évaporation, des besoins en eau (Touaïbia, 1995), en considérant que les pertes par infiltration représentent 10 à 18% de l'apport moyen, en un calcul du laminage de crues sur la base de la crue centennale par la méthode de Kotchérine (Ivanov, 1979), en un calcul hydraulique de la digue (gabarit de l'ouvrage, revanche, hauteur de la digue, largeur en crête), en la protection des talus et en un calcul hydraulique de l'évacuateur de crues (crue centennale), de la vidange de fond et de la prise.

Pour des raisons pratiques et de sécurité, le type d'évacuateur est à ciel ouvert à fonctionnement automatique latéral à entonnement frontal ou latéral. Souvent, cet ouvrage est constitué d'un canal d'approche, d'un seuil, d'un chenal, d'un convergent, d'un coursier à pente unique, d'un bassin de dissipation de type USBR (USDI BR 1977). L'ouvrage de vidange de fond et de prise d'eau (ouvrages combinés) est de type standard dont le diamètre de la conduite est généralement fixé à partir du temps d'une vidange rapide. La conduite de prise est solidaire à celle de la vidange et a un diamètre égal à la moitié de celle-ci.

Six plans guides sont élaborés permettant la définition des volumes des travaux approximatifs, livrés au client dans le dossier de faisabilité (plans de situation de l'aménagement à échelle 1/1000ème et celui des ouvrages à échelle 1/500ème, profils en long et en travers de la digue, profils en long de l'évacuateur de surface et de la vidange de fond).

- **Mission 5**

Etude d'exécution ; le projet d'exécution est composé du rapport explicatif et justificatif (note de calcul) complétant le rapport de synthèse (faisabilité) avec une étude d'infiltration, une étude des drains et filtres, un calcul de tassement et de stabilité des talus. Ce rapport est

ponctué par un métré des volumes des travaux de réalisation de l'aménagement ; et des plans d'exécution avec des plans de situation détaillés de l'aménagement (échelle 1/1000ème) et des ouvrages (échelle 1/500ème), un profil en long de la digue avec tous les volumes des travaux relatifs à la digue avec 5 profils en travers (coupes) de la digue à différentes sections, un plan des détails de la digue (crête, drain, pied du talus amont un profil en long et une vue en plan de l'évacuateur de crues avec tous les volumes des travaux relatifs à cet ouvrage ; des coupes de l'évacuateur de crues (plans de coffrage et de ferrailage) ; un profil en long et une vue en plan de la vidange de fond et des ouvrages de prise avec tous les volumes des travaux relatifs à cet ouvrage ; des coupes de la vidange de fond, de l'ouvrage de tête et du puits

régulateur (plans de coffrage et de ferrailage) ; des plans de terrassement ; un plan d'implantation des ouvrages par rapport aux stations géodésiques.

- **Mission 6**

Dossier d'appel d'offre (DAO) : ce document renferme en plus des règles financières et normes techniques, le détail des différents travaux à effectuer pour la construction des ouvrages, ainsi que tous les volumes des travaux à effectuer pour la réalisation de l'aménagement (Benlaoukli et *al.*, 2001).

## **1.5. Pathologies rencontrées sur un parc Algérien de retenues collinaires (Tizi Ouzou)**

Le parc des retenues collinaires de la wilaya de Tizi Ouzou (Algérie) compte actuellement près d'une centaine d'ouvrages. Ces ouvrages sont majoritairement construits en matériaux locaux (remblai compacté) durant les années quatre vingt. Le retour d'expérience de près d'une trentaine d'années a mis en évidence une grande disparité du comportement de ces ouvrages, qui se manifeste par plusieurs pathologies et désordres pouvant affecter une digue et ces ouvrages annexes et qui se révèlent par des indices de surface : végétation, ravines, orniérages, fuites, érosion, glissement, ...etc. Le manque d'entretien de ces ouvrages, directement exposés aux menaces naturelles (neige, séismes, vents, feux, glissements de terrains...), amène une accélération du phénomène de vieillissement.

Le diagnostic et l'inspection visuelle constitue le meilleur moyen de repérer de tels indices et s'avère incontournable pour prévenir la rupture de ces ouvrages et envisager les confortements adaptés.

Dans cette section, nous nous intéressons à l'identification et répertoriassions des pathologies répandues sur le parc de retenue de stockage en eau pour l'irrigation, de la wilaya de Tizi-ouzou, sans avoir toutefois l'ambition d'être exhaustif, puis proposer un plan de réhabilitation. Il n'existe pas un document officiel Algérien qui traite de la question. Ainsi, notre analyse est basée sur une expertise à l'échelle réelle du parc de vingt six (26) retenues comme consigné dans le tableau 1.1. Cette mission de terrain a duré près d'une année et les fiches techniques élaborées sont données en annexe.

**Tableau 1.1 : Désignation de retenues collinaires expertisées.**

Région d'étude (daïra)	Nom du site	Désignation des retenues
<b>Bouzeguene</b>	Talghomthe	Retenue Bouzeguene N°2 de capacité 52 000 m <sup>3</sup>
	Avnoveskre	Retenue Bouzeguene N°3 de capacité 75 000 m <sup>3</sup>
	ofni	Retenue Iloula oumalou N°1 de capacité 40 000 m <sup>3</sup>
	ofni	Retenue Iloula oumalou N°399 de capacité 80 000 m <sup>3</sup>
<b>Ouaguenoun</b>	Elmansoura	Retenue Timizart N°366 de capacité 135 000 m <sup>3</sup>
	Azekka oudhrgl	Retenue Timizart N°201 de capacité 60 000 m <sup>3</sup>
	Tansaout ouabbou	Retenue Timizart N°388 de capacité 60 000 m <sup>3</sup>
	hvididhe	Retenue Timizart de capacité 70 000 m <sup>3</sup>
	Chergui	Retenue Timizart N°363 de capacité 70 000 m <sup>3</sup>
	Mahvouva	Retenue Timizart N°360 de capacité 50 000 m <sup>3</sup>
<b>Azazga</b>	Nezla	Retenue Freha N°396 de capacité 100 000 m <sup>3</sup>
	Debeure	Retenue Freha N°398 de capacité 100 000 m <sup>3</sup>
	Tikorbine	Retenue Freha N°395 de capacité 55 000 m <sup>3</sup>
	Freha	Retenue Freha N°389 de capacité 50 000 m <sup>3</sup>
	Freha	Retenue Freha N°397 de capacité 45 000 m <sup>3</sup>
<b>Mekla</b>	Tilikate	Retenue Mekla N°393 de capacité 48 000 m <sup>3</sup>
	Tilikate	Retenue Mekla N°394 de capacité 40 000 m <sup>3</sup>
	Tala ali	Retenue Mekla N°1 de capacité 60 000 m <sup>3</sup> ,
	Ait djoudi	Retenue Mekla N° 391 de capacité 40 000 m <sup>3</sup>
	Bonhama	Retenue Mekla N°368 de capacité 70 000 m <sup>3</sup>
	Allileche	Retenue Mekla N°367 de capacité 100 000 m <sup>3</sup>
<b>Azfoun</b>	Mechta	Retenue Azzefoun N°11 de capacité 60 000 m <sup>3</sup>
	Fellag	Retenue Azzefoun N°12 de capacité 70 000 m <sup>3</sup> de
	Azzefoun	Retenue Azzefoun N°10 de capacité 40 000 m <sup>3</sup> de
	Azzefoun	Retenue Azzefoun N°14 de capacité 40 000 m <sup>3</sup>
	Boussouelem	Retenue Azzefoun N°15 de capacité 30 000 m <sup>3</sup>

Les défauts apparents rencontrés lors de cette enquête sont présentés ci-dessous avec les recommandations de réhabilitation (Royet, 2006), (Degoutte *et al.*, 1993). Le but est de réduire la criticité globale par des actions correctives adaptées.

### 1.5.1. Présence de la végétation

Dans toutes les retenues expertisées, nous avons constaté la présence de la végétation constituée soit d'herbes hautes, soit d'herbes rasées et parfois envahie d'arbrisseaux, voire d'arbres (photos 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5 et 1.6) ; ceci est une preuve d'une absence d'entretien périodique de la retenue.



a-Iloula oumalou N°1



b-Timizart (hvididhe)

**Photos 1.1 : Présences de végétation à l'entrée amont de la retenue.**



a- Iloula oumalou n°1



b- Iloula oumalou n°1

**Photos 1.2 : Présence de végétation autour de la retenue (dans la cuvette).**



a- Azzefoun N° 14



b- Timizart (Elmansoura)

**Photos 1.3 : Présence de végétation sur la crête de la retenue.**



a- Timizart (hvididhe)



b-Timizart N° 366 (Elmansoura)

**Photos 1.4 : Végétations arbustive sur le talus amont de la retenue.**



a- Freha n° 389



b- Azzefoun n° 10

**Photos 1.5 : Obturation de l'évacuateur de crues par la végétation.**

a- Timizart (hvididhe)



b- Timizart N°201 (Azekka oudhrgl)

**Photos 1.6 : Colmatage de bassin de dissipation par la végétation.**

Par le réseau de racines qu'ils développent, les arbres et arbustes sont à proscrire sur la crête et les talus des retenues et à proximité des abords jusqu'à une distance d'au moins de 10 à 15 m du pied. Plusieurs conséquences néfastes sont à craindre :

- la gêne pour l'inspection visuelle ;
- la création de zones de cheminement préférentielles pour l'eau le long des racines (en particuliers après la mort des arbres) et le risque de développements de renard ;
- le colmatage du système de drainage par le système racinaire des arbustes en pied aval ;
- le soulèvement d'ouvrages rigides (par exemple l'évacuateur de crue) ;
- et le développement d'un couvert propice à l'installation d'animaux fouisseurs.

#### ❖ **Recommandations de réhabilitation**

- Pour éviter le boisement inopportun des talus procéder à un fauchage régulier.
- Pour une végétation arbustive avec des racines peu développées, procéder à une coupe systématique des brins et accompagner de produits chimiques dévitalisant afin de tuer les sujets.
- Si la végétation est arborescente épars ou dense, il est recommandé : l'abattage des arbres, le dessouchage et l'extraction des couches de terre végétales et enfin reconstituer les talus par apport de sol compacté de caractéristiques approprié. Sinon,

il est recommandé de procéder aux débroussaillages très régulier entre les arbres afin, au moins de rétablir de conditions de visibilité correcte des talus.

- Pour la végétation herbacée, il est recommande de faucher les zones engazonnées au moins une fois à deux fois par an. Cet entretien doit s'étendre aux abords de la retenue. (par exemple en fin de printemps et début d'automne).
- La contractualisation avec un éleveur qui fait paître son troupeau sur le parement aval et les abords du barrage est une pratique intéressante (moins de travail de fauche) mais qui ne dispense pas de nettoyage des végétaux délaissés par les animaux. Il faut cependant éviter le surpâturage.

### 1.5.2. Présence de ravines

La présence de ravines est constatée sur le parement aval des retenues expertisées comme l'illustre les photos 1.7-a à 1.7-d. Le creusement de ces ravines est causé par le ruissellement des eaux de pluie en période d'hiver et deviennent des lignes de concentration de débit. Ce mécanisme est particulièrement marqué dans les premiers mois après la construction, lorsque la couche de terre végétale n'est pas encore consolidée et que la végétation herbacée ne s'est pas complètement implantée. Ainsi, le charriage des éléments fins cause l'envasement rapide des retenues.



a-Chaibe N°391.



b-Tala ali N° 1



c- Timizart n° 388 (Tansaout ouabbou)



d- Timizart n° 363

Photos 1.7 : Ravines importantes sur le talus aval des retenues

### ❖ *Recommandations de réhabilitation*

L'erreur souvent commise dans le comblement d'une ravine consiste à la remblayer avec des pierres. Cette technique ne permet pas de stopper les écoulements ; ceux-ci vont continuer à éroder autour et sous les pierres qui vont progressivement être déstabilisées. La réparation doit consister à :

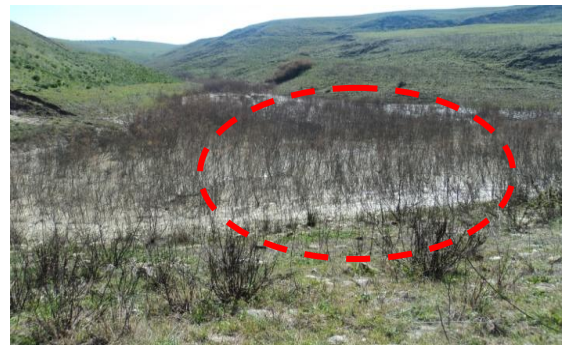
- agrandir la ravine pour lui donner une forme régulière trapézoïdale ;
- installer un blocage de pied avec des pierres de dimensions décroissantes vers l'amont de la ravine ;
- remblayer avec le tout venant par couche horizontales de 10cm afin de faciliter son compactage ;
- éliminer l'origine de la ravine : combler un éventuel point bas sur la crête du remblai, aménagement d'un exutoire dans une zone de concentration des écoulements ;
- en fin de réparation, la surface du parement doit avoir retrouvé sa forme régulière

#### 1.5.3. Envasement de la retenue

La décantation des sédiments au fond de cuve est constaté sur la quelques retenues expertisées comme le montre les photos 1.8-a et 1.8-b. Ceci pourrait provoquer l'envasement de ces dernières.



a- Baagou n°398



b-Tilikate n° 394

Photos 1.8 : Envasement de la cuvette.

### ❖ *Recommandations de réhabilitation*

La prévision de l'envasement est une étape indispensable pour tout projet de faisabilité d'un barrage. Le suivi régulier des apports solides dans un barrage est nécessaire pour un éventuel dévasement de la retenue. Une telle opération nécessite des mesures bathymétriques périodiques (de préférence une période de deux années).

### 1.5.4. Présence de terriers

Les cas de dégradation de fouisseurs sur les retenues expertisées n'est pas très fréquents, il est repéré sur quelques retenues (Photos 1.9-a et b)



a- Timizart n° 201 (Azekka oudhrgl)



a- Timizart N° 360 (Mahvouva)

**Photos 1.9 : Terriers sur le parement amont de la retenue.**

Les conséquences de creusement de gros terriers dans le remblai sont potentiellement graves :

- raccourcissement des lignes de fuites et risque d'apparition de percolation dans les galeries de terrier et développement d'une érosion interne et de renards hydrauliques.
- affaissement /irrégularité en crête et sur les talus.

#### ❖ *Recommandations de réhabilitation*

- Le fauchage et le débroussaillage régulier empêche le développement de zone de couvert et limite le risque d'installation d'une population de fouisseurs.
- Le talus dégradé par des terriers isolés peut être réparé par des travaux de petits terrassements.
- Si les dégradations sont lourdes, il convient d'envisager des travaux de reconstitution de l'étanchéité du remblai (injection, paroi moulée.. etc.) puis éventuellement installer des dispositifs dissuasif (pose de grille ou d'un revêtement sur les talus).

### 1.5.5. Présence d'ornières (passage de véhicules, d'engins)

Sur la crête des retenues, nous avons remarqué la présence d'ornières et points bas qui sont créés par la circulation des véhicules agricoles, qui sont à en juger par la nature des empreintes (Photos 1.10 a et b). Ces véhicules tractant des citernes remplies d'eau avec des motos pompes à partir de la cuvette laissent des ornières faisant jusqu'à 30 cm de profondeur par endroit, créant ainsi des crevasses qui se transforment en flaques d'eau en période de pluie et peuvent créer des rigoles ou ravines sur les parements amont ou aval.



a- Timizart N° 366 (Elmansoura)



b- Timizart N° 201 (Azekka oudhrgl)

Photos 1.10 : Orniérages dues au passage de véhicule.

#### ❖ *Recommandations de réhabilitation*

- Les ornières et points bas doivent être remblayés avec du tout venant soigneusement compacté.
- En cas de mauvais état de général de la crête, il convient de prévoir un rechargement et un reprofilage complets.
- 

#### 1.5.6. Désordres dus au batillage

Le déplacement des enrochements de la couche de protection antibatillage par l'action des vagues est visible sur le talus amont des retenues expertisées (photos 1.11-a et b). Ceci est du au dimensionnement insuffisants des enrochements.



a- Mekla n° 367 (Allileche)



b- Timizart N°360 (Mahvouva)

Photo 1.11 : Désordres dus ou batillage.

#### ❖ *Recommandations de réhabilitation*

- Procéder à la mise en place des enrochements plus gros à la place de ce qui on été déplacés.

### 1.5.7. Présence de glissement / Effondrement

Des glissements sont observés sur les couches de protection des parements amont (photo 1.12) et sur les berges (photos 1.13) ; qui peut être du à l'effet du batillage ou une mauvaise étanchéité du corps.



Freha 395 (Tikorbine)

Photo 1.12 : Glissement du talus amont de la digue.



Bouzeguene n° 2 (Talghomthe)

Photo 1.13 : Glissement des berges de la retenue.

#### ❖ *Recommandations de réhabilitation*

- Un diagnostic approfondi des causes du désordre doit être fait par un spécialiste qui déterminera également les travaux de confortement à entreprendre.
- Enherbement- mise en place d'enrochements, blocs préfabriqués, gabions ou Matelas Reno.

### 1.5.8. Présence de fissures longitudinales et/ou transversales

Des fissures localisées et situées sur le talus aval (photo 1.14) et sur la crête (photo 1.15) sont visibles sur les retenues expertisées. Ces fissures sont de l'ordre de 2 à 3 cm d'ouverture et plusieurs décimètres de profondeur. Elles ont pour origine des tassements du corps de remblai et peuvent être un indice d'amorce de glissement du talus



Freha n° 395 (baago)

Photo 1.14 : Présence de fissure sur le talus aval



Illoula oumalou n° 399

Photo 1.15 : Présence de fissures sur la crête.

### ❖ *Recommandations de réhabilitation*

- Lorsque le phénomène ne concerne que la couche de revêtement, constituée probablement de matériaux trop plastiques ou compacté dans de mauvaises conditions, il faut procéder à un rechargement ou un simple compactage complémentaire, après arrosage.
- Lorsque les fissures dépassent 0.5-1m elles doivent être considérées comme dangereuses, car elles peuvent être à l'origine de fuites et de renard lorsque la retenue atteint son niveau le plus élevé. La réparation doit alors s'orienter vers la réfection complète de toute la tranche de remblai affecté par ce phénomène.

### 1.5.9. Présence de suintement (venue d'eau) en pied de parement aval

Des zones humides et des venues d'eau sont observées et localisées au pied de quelques retenues expertisées comme le montre la photo 1.16 qui suit :



Freha 396 (Nezla)

**Photo 1. 16 : Suintement en pied de parement aval de la retenue.**

### ❖ *Recommandations de réhabilitation*

Les suintements et les écoulements qui ne transitent pas par les drains peuvent être le signe avant coureur d'un renard. Il convient d'effectuer un suivi régulier afin d'en connaître les évolutions.

- Si on observe une venue d'eau importante avec entrainement de grain de sols, on est en présence de renard, il faut procéder à la vidange immédiate de la retenue
- Les amorces de glissement se traduisent en général par un bombement du parement aval près de sa partie inférieure, ainsi que par des fissures en crêtes orientées de rive en rive et s'inscrivant à leurs extrémités.
- Les abords des retenues doivent être entretenus, exemple de tout arbre ou arbuste pour pouvoir reconnaître ce phénomène lorsqu'il est rencontré. Un piquetage au sol est nécessaire pour suivre l'évolution éventuelle de ces zones humides.

### 1.5.10. Erosion interne

Ce phénomène est défini comme une migration de particules engendrée par un écoulement hydraulique souterrain dans un sol ou dans un ouvrage en terre. Cette migration engendre une modification des caractéristiques mécaniques et hydrauliques du matériau constituant l'ouvrage, et notamment la perméabilité. La perturbation de cette caractéristique intrinsèque essentielle peut créer une perte d'étanchéité ou une surpression interstitielle. Une telle modification de ce milieu poreux peut être le facteur déclenchant d'une rupture d'ouvrage (Bendahmane, 2002). L'amplification du phénomène peut aller jusqu'à la création d'une galerie au travers de l'ouvrage ou sa fondation (renard hydraulique), puis une brèche par effondrement comme nous l'avons constaté sur la retenue Mekla n° 394 (Photo 1.17).



Mekla n° 394



Mekla n°394

**Photo 1.17 : Corps de la digue endommagé par l'érosion interne.**

#### ❖ *Recommandations de réhabilitation*

Deux techniques différentes sont employées suivant les cas :

- l'utilisation du masque drainant pour les cas où un élargissement de la digue est possible. Ce masque est disposé sur le talus côté terre. Il est constitué par une couche de matériaux drainants et filtrants issus du criblage des sables et graviers.
- pour les cas où l'intervention sur les talus est problématique, une paroi étanche est utilisée ; c'est une paroi en bentonite-ciment exécutée à la pelle ou à la trancheuse.

### 1.5.11. Obturation de l'évacuateur de crues par des pierres et éboulis en terre

Les évacuateurs de crues de notre zone d'étude est de type latéral, en béton armé ou gabion et en terre. Ils sont constitués par un seuil déversant à l'endroit où le débordement de

l'ouvrage s'effectue en cas de crues rares et parfois extrêmes, un coursier et un dissipateur d'énergie.

Des éboulis de terres et de pierres sèches s'amassent juste à l'entrée des l'évacuateur (photo 1.18) et font ainsi obstacle à l'écoulement du débit maximal de crue. Or, ce point est très sensible et important pour assurer la conservation de la retenue en cas de crue extrême. Il doit rester parfaitement dégagé et en bon état de fonctionnement.



Timizart N° 363

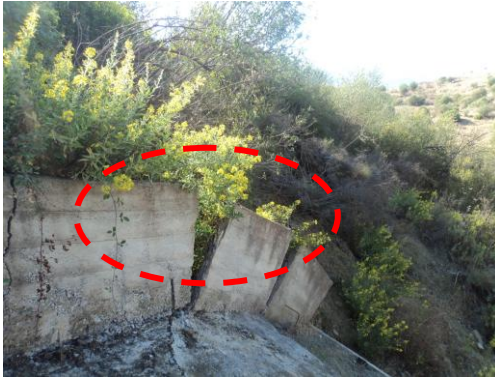
**Photo 1.18 : Obturation de déversoir par des pierres et éboulis en terre**

#### ❖ *Recommandations de réhabilitation*

- L'entretien d'un évacuateur à seuil libre consiste essentiellement à enlever périodiquement et à chaque crue tous les branchages, corps flottant et autres dépôts obstruant l'entonnement du seuil, le seuil lui-même, le coursier, ou le bassin de dissipation. Toute négligence dans cet entretien peut diminuer la capacité de l'évacuateur ou nuire à son fonctionnement lors des prochaines.
- De même un évacuateur placé sur une rive peut être partiellement obstrué par des éboulements ou des glissements en provenance de cette rive. Si ce problème se reproduit fréquemment, il convient d'apporter des remèdes (stabilisation de la rive, mise en œuvre des pièges à éboulis, grillage de protection)

#### **1.5.12. Ouverture et rupture du joint au niveau du coursier et Bajoyers**

Lors de nos visites, des ouvertures au niveau des joints sont observées (photo 1.19), pouvant atteindre des dimensions de plus de 20 cm, dues soit à des glissement de terrain – photo 1.20), soit à des tassements différentiels. Ces joints, dépourvus de water stop, favorise l'infiltration des eaux évacuées par l'ouvrage pendant les crues.



Iloula oumalou N° 1 (Ofni)

**Photo 1.19 : Ouverture du joint de rupture des bajoyers**



Timizart

**Photo 1.20 : Glissement de terrain sur les bajoyers.**

#### ❖ *Recommandations de réhabilitation*

- Des travaux de rejointement et d'enlèvement de la végétation sont à conseiller dans le cas des bajoyers en maçonneries.
- Réparation des murs bajoyer à l'aide de la résine dans le cas des bajoyers en béton
- Mise en place des murs en gabion en cas d'endommagement.

### 1.5.13. Affouillement et détérioration des bassins de dissipation

Des dissipateurs d'énergie en béton armé des retenues expertisées ont subi des translations par la force des courants d'eau. Les joints de rupture entre le dissipateur et le coursier se sont largement ouverts sur une largeur de plus 30 cm comme le montre la photo 1.21. Par ailleurs, le phénomène d'érosion est visible en aval des dissipateurs (photo 1.22). Cette érosion à moyen terme risque de progresser pour toucher le coursier. Enfin plusieurs bassins sont détériorés et même soulevés par de fortes crues (Photo 1.23).



Iloula oumalou n°1 (ofni)

**Photo 1.21 : Ouverture des joints du dissipateur.**



Bouzeguene n°2

**Photo 1.22 : Affouillement et érosion du bassin de dissipation.**



a- Houla oumalou n° 1 (Ofni )

Photo 1.23 : Soulèvement et détérioration du bassin de dissipation.

#### ❖ *Recommandations de réhabilitation*

- Lorsqu'un dissipateur d'énergie est incorrectement dimensionné, des érosions peuvent être observées (le ressaut n'est pas localisé entièrement dans le bassin dissipateur). Ces phénomènes d'érosion peuvent être dangereux dans un barrage en remblai dont le pied peut être érodé, entraînant alors un début de glissement. Le radier du dissipateur bétonné peut être érodé ou soulevé en cas de très forte crue ou manœuvre d'une vanne. Son observation est donc nécessaire.

#### 1.5.14. Corrosion des vannes de vidange et de prises

Le diagnostic de l'état des organes de vidange a montré que toutes les vannes sont exposées à l'air libre et /ou sans protection, d'où leur état vétuste (corrosion) et dégradé (Photo 1.24). Pour les chambres de vannes, celles-ci ont été vandalisées laissant ainsi l'organe de vidange sans protection contre les aléas naturels (Photo 1.25). Ce mauvais entretien peut compromettre l'ouverture ou la fermeture des vannes en cas d'avaries.



a-Timizart n° 201 (Azekka oudhrgl )



b-Mekla n° 1(Tala ali )

Photo 1.24 : Vanne exposé a l'air libre.



a- Bouzeguene n°2 (Talghomthe)

Photo 1.25 : Chambre de la vanne vandalisée



b-Timizart (hvidhe )

Photo 1.26 : Vanne rouillée présentant des fuites).

#### ❖ *Recommandations de réhabilitation*

- Les vannes de prise d'eau sont manœuvrées régulièrement dans le cadre de l'exploitation normale. Par contre, il convient de vérifier au moins une fois par an leur bon fonctionnement.
- Les vannes de vidange doivent être essayées au moins une fois par an car il s'agit d'un organe de sécurité de l'ouvrage. Cependant si une vanne est restée inopérante pendant de nombreuses années, l'essai d'ouverture doit être fait avec précaution.
- Une ouverture totale de la vidange, plusieurs fois par an, en période de fort débit de la rivière est recommandée car elle permet une chasse des sédiments autour de la prise d'eau et prévient ainsi le risque de blocage des vannes par envasement.
- Pour l'entretien courant des vannes, il est important de suivre les prescriptions du manuel fourni par le fabricant et de procéder au graissage des parties mobiles.
- les conduites doivent être régulièrement observées dans leurs parties visibles et le cas échéant nettoyés et repeints. Respecter les recommandations du fournisseur, vérifier la compatibilité du produit avec le support.

## 1.6. Proportions et analyse des défauts dans le parc des retenues collinaires (Tizi-Ouzou)

L'enquête sur le parc des retenues collinaires de la wilaya de Tizi-Ouzou peut être résumée par la proportion de présence de chaque défaut dans le parc expertisé, comme le montrent la figure 1.4 et le tableau 1.2. Pour ce faire, on a noté la présence du défaut par un (1) et son absence par zéro (0). On montre ainsi que la présence de végétation, la corrosion et le colmatage des vannes, l'obturation et /ou l'endommagement des évacuateurs de crue et les fuites (suintements) sont des pathologies rencontrées sur toutes les retenues du parc expertisé (taux de 100%). Le défaut d'orniérages occupe la seconde place dans les défauts les plus fréquemment rencontrés avec un taux allant de 65%. Viennent par la suite les glissements, les ravines, les affaissements et les fissures, avec un taux variant de 45 % à 20 % ; leurs proportions sont proches les uns des autres. Enfin sont classées en dernier les terriers, l'effet de battillage, l'envasement de la cuvette et l'érosion du corps de la digue avec un taux inférieur à 20%.

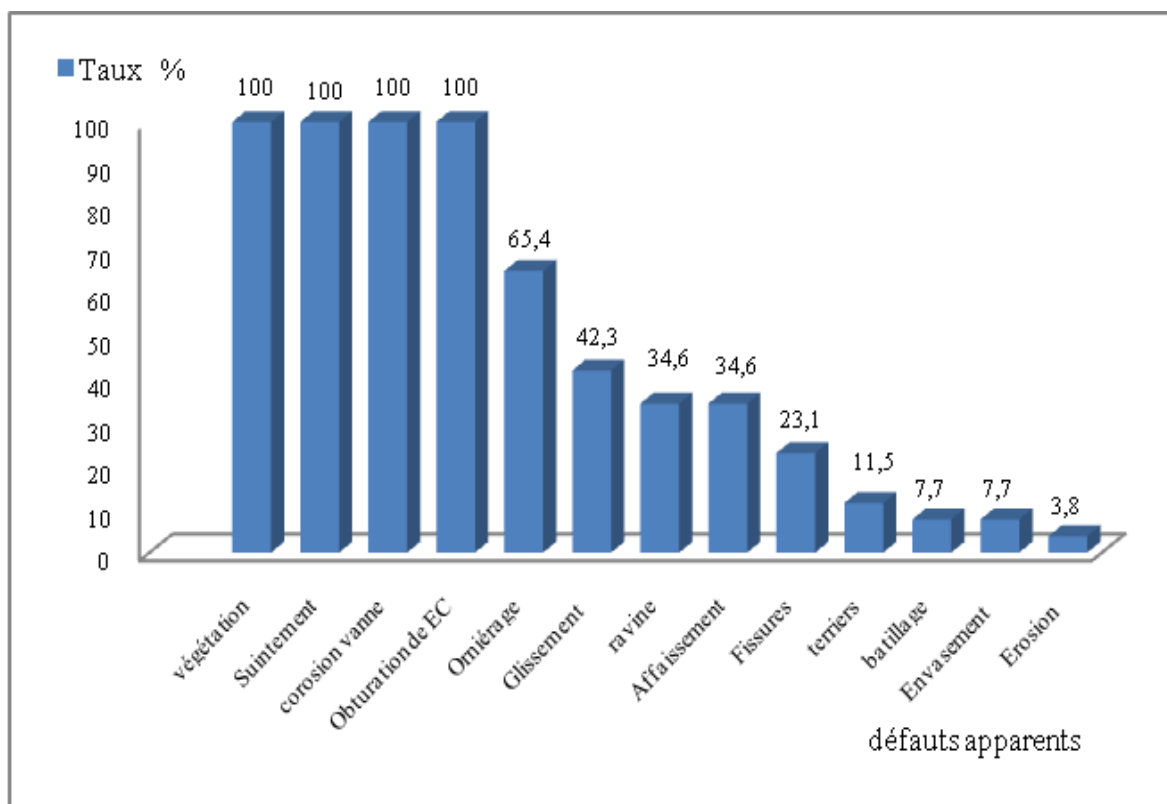


Figure 1.4 : Proportions des défauts apparents dans le parc expertisé.

Tableau 1.2 : Identification des défauts par Retenue collinaire.

Nom des retenues	Défauts apparents													
	Numéro des retenues	Présence de végétation	Fuites et suintements	Corrosion de la vanne	obturation de E C	Orniérage	Glissement des talus et berges	ravine	Affaïsement Tassement	Fissures	terriers	Effet de battillage	Envasement de la retenues	Corrosion du corps de la digue
Bouzeguene	2	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Bouzeguene	3	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Iloula oumalou	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0
Iloula oumalou	399	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0
Timizart	363	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Timizart	388	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Timizart	360	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0
Timizart	366	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Timizart	201	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0
Timizart		1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0
Freha	389	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0
Freha	395	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0
Freha	396	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0
Freha	397	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Freha	398	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0
Mekla	393	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Mekla	394	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1
Mekla	367	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Mekla	368	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Mekla	391	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0
Souamaa	2	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0
Azzefoun	11	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Azzefoun	12	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Azzefoun	10	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Azzefoun	14	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0
Azzefoun	15	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<b>Total</b>		<b>26</b>	<b>26</b>	<b>26</b>	<b>26</b>	<b>17</b>	<b>11</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
<b>Taux %</b>		<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>65,4</b>	<b>42,3</b>	<b>34,6</b>	<b>34,6</b>	<b>23,1</b>	<b>11,3</b>	<b>7,7</b>	<b>7,7</b>	<b>3,8</b>

## Conclusion

A l'issu de ce chapitre nous retiendrons les remarque suivantes :

### **Du constat d'une situation .....**

Le parc des retenues collinaires de la willaya de Tizi Ouzou (Algérie) compte actuellement près d'une centaine d'ouvrages majoritairement construits en matériaux remblai compacté, durant les années quatre vingt. On se rend compte à travers l'évolution historique de l'entreprise de gestion, de près d'un demi siècle retracé dans ce chapitre, qu'il y'a eu inflation de structures en charge des ouvrages hydrauliques. On peut dire qu'aucun schéma stable de gestion n'a pu fonctionner de manière correcte. Actuellement, les infrastructures de petite et moyenne hydraulique agricole sont gérées directement par les irrigants organisés en associations d'irrigants. Finalement, les ouvrages hydrauliques de génie civil sont réalisés aux prix et moyen financiers importants, sans que l'on se préoccupe de leur gestion. Le parc des retenues apparait donc mal documenté, voire pas du tout et l'acquisition de données sur l'ensemble du patrimoine est complexe et couteuse du fait de l'hétérogénéité des retenues sur un vaste territoire.

Le retour d'expérience de près d'une trentaine d'années a mis en évidence une grande disparité du comportement de ces ouvrages, qui se manifeste par plusieurs pathologies et désordres pouvant affecter une digue et ces ouvrages annexes. Le manque d'entretien de ces ouvrages, directement exposés aux menaces naturelles (neige, séismes, vents, feux, glissements de terrains...), amène une accélération du phénomène de vieillissement.

L'étude du parc témoin de la wilaya de Tizi Ouzou a révélé la présence d'au moins 14 pathologies qui se révèlent par des indices de surface dont les plus répandues sont la végétation, les ravines, les orniérages et surtout l'obturation des ouvrages annexes.

Le diagnostic et l'inspection visuelle constitue le meilleur moyen de repérer de tels indices et s'avère incontournable pour prévenir la rupture de ces ouvrages et envisager les confortements adaptés.

### **à l'expression d'un besoin.**

Si une normalisation dans la méthodologie des études d'ingénierie pour la conception des retenues a été dressée à travers 6 missions, il demeure que la mission d'exploitation et de gestion n'a pas connu un intérêt particulier. C'est pour ces raisons qu'il est important de passer par l'élaboration d'une méthode qui puisse placer et détecter les priorités d'intervention des organismes de gestion, tenant compte des contraintes budgétaires significatives.

**Le contexte de notre recherche,**

Notre travail de recherche consiste à proposer une méthode d'expertise visuelle pour évaluer la vulnérabilité ou la criticité des retenues, afin d'améliorer leur gestion. Il s'agit de fournir, dans le cadre du diagnostic rapide des retenues, une évaluation de la vulnérabilité du parc d'ouvrages d'un gestionnaire et de disposer d'une vision globale de la vulnérabilité de son parc d'ouvrages. Il est bien sûr évident que ce travail doit aboutir à une méthode utilisable par les gestionnaires de retenues.

Notre recherche est menée en se basant sur le fait que la gestion de patrimoine d'ouvrages est un problème complexe qui induit de nombreuses décisions dans un contexte multi acteurs, multicritères, absence de méthodologie, mécanismes de vieillissement complexes et multiples, imprécision et incomplétude des informations, manque d'archives, manque de communication, insuffisance de données, il est nécessaire de recourir au jugement des experts.

## Chapitre 2 : Etat de l'art

### Introduction

Les catastrophes naturelles (séismes, cyclones, tsunamis...etc.) se sont produites durant des milliards d'années, et ont eu un impact considérable sur les vies humaines et leurs propriétés, causant parfois des pertes humaines et économiques majeures. Pour cela, l'évaluation de la vulnérabilité des ouvrages vis-à-vis de ces aléas naturels est un élément clé dans les stratégies de prévention, voir de réduction du risque.

De nombreux gestionnaires de parcs d'ouvrages et d'autres organismes ont développé différentes modèles et méthodologies d'analyse de la vulnérabilité, permettant de procéder à une estimation des dommages pour différentes typologies de structures. Ces méthodes peuvent être groupées en deux familles (Zwingelstein, 1996) : les **méthodes internes** et les **méthodes externes** d'analyse de risques (Talon et *al.*, 2009).

Les **méthodes internes** reposent sur la connaissance profonde du fonctionnement du système étudié (un ouvrage en génie civil). A partir de modélisations, il est alors possible de prévoir son comportement futur et d'analyser ensuite les risques. Selon le type de modèle décrivant le système, on distingue deux approches : la modélisation physique et la modélisation fonctionnelle par la Sûreté de Fonctionnement.

Les **méthodes externes** s'appliquent dans des contextes où la modélisation des mécanismes (physiques ou fonctionnels) n'est techniquement pas possible ou pas adaptée au niveau de préoccupation, compte tenu de sa complexité ou de son coût. En fonction des informations disponibles, on distingue les méthodes basées sur l'analyse statistique et celles basées sur l'expertise.

A travers ce chapitre, nous présenterons ces quatre familles d'approche de l'analyse de risque, valable dans l'industrie comme en génie civil, pour enfin choisir une méthode d'évaluation de la vulnérabilité d'un parc de retenues collinaires.

### 2.1. Modèles physiques

Les **modèles physiques** sont des méthodes traditionnelles basées sur la modélisation mécanique des processus continus ou discontinus de dégradation du système : l'ouvrage est examiné sous l'angle de sa sécurité structurale, à partir des équations mathématiques d'états limites régissant les phénomènes et des modèles mécaniques de comportement de rupture.

Elle implique une connaissance approfondie du système et sa représentation sous forme de modèles physiques et mathématiques, appuyés par simulation numérique.

Nous pouvons classer les modèles physiques disponibles en deux catégories : les modèles d'analyse de la stabilité (d'états limites) et les modèles d'analyse du comportement des matériaux et des ouvrages (d'étude du comportement).

Les modèles d'états-limites s'attachent à représenter soit les pertes de fonctionnalité d'un ouvrage (les états-limites de service), soit les modes de ruine ou les pertes d'équilibre statique (les états-limites ultimes).

Le modèle d'analyse du comportement de matériaux et des ouvrages est mis en œuvre en diagnostic et en analyse de risques afin d'apprécier la normalité des déplacements, de prédire les déplacements ou de déterminer les contraintes et les déformations. Par la modélisation des lois de comportement, il est alors possible d'estimer les évolutions futures d'un ouvrage sous l'effet d'un mécanisme et de mesurer les deux paramètres qui vont permettre de déterminer le risque.

Enfin, la modélisation physique est mise en œuvre pour le diagnostic et l'analyse de risques d'un ouvrage dont on cherche à vérifier la stabilité vis-à-vis d'un mécanisme de rupture ou à étudier le comportement. Elle fournit alors des résultats de grande précision. Elle reste réservée au diagnostic et à l'analyse de risques approfondis ou à l'étude d'un mécanisme particulier.

## 2.2. Méthodes de sûreté de fonctionnement

**La Sûreté de Fonctionnement** est définie comme la science des défaillances. L'analyse de la sûreté de fonctionnement d'un ouvrage repose sur la prévision de l'évolution de sa performance (aptitude au service, sécurité structurale, durabilité), en fonction de l'environnement et des sollicitations auxquelles il est soumis. La réalisation d'une étude de sécurité des systèmes fait appel à différents outils d'analyse, très diversifiés quant à leurs performances, leur complexité. Seules, les caractéristiques essentielles des méthodes les plus utilisées ainsi que les critères permettent de les distinguer (critères techniques et d'usage). Les techniques de la Sûreté de Fonctionnement, telles que l'AMDE et l'AMDEC (Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et Criticité) sont apparues dans les années soixante dans le secteur aéronautique aux Etats Unis. Elles ont pris leur essor en Europe au cours des années soixante-dix dans les secteurs automobile, chimique et nucléaire. Elle est introduite depuis peu dans le domaine du génie civil, en particulier dans le domaine des barrages (Peyras, 2003), dans le domaine des digues de protection (Serre, 2005), dans le domaine des

ouvrages maritimes (Boéro *et al.*, 2006) et dans le domaine des réservoirs en béton armé (Hammoum, 2012). Ces techniques constituent des approches puissantes pour le diagnostic et l'analyse de risques. Elles mettent en évidence, pour un ouvrage donné, les scénarios de rupture et les composants les plus critiques, et à l'échelle d'un parc entier, les ouvrages les plus dangereux. Cependant, le coût de telles études est important et cette approche reste réservée aux grands ouvrages dont on veut connaître la sécurité et prioriser les actions.

### 2.3. Approche probabiliste

L'approche probabiliste reste réservée au traitement des données d'auscultation. Elle constitue alors une méthode puissante pour le diagnostic et l'analyse de risques approfondie (Buyle-Bodin, 2002). Pour le cas des retenues collinaires qui nous concerne, où l'on ne dispose d'aucune information d'auscultation et où les données relatives aux incidents ou au vieillissement ne sont pas en nombre suffisant. Cette approche n'est pas d'un grand apport.

Les stratégies de maintenance reposent sur la prévision de l'évolution des ouvrages, en fonction de leur environnement et des sollicitations auxquelles ils seront soumis. Ces stratégies dépendent du type du parc d'ouvrages (Cremona, 2002). Un parc d'ouvrage est caractérisé notamment par le nombre d'ouvrages le composant (pour les parcs d'ouvrages ponctuels : ponts, barrages,... ou pour les parcs d'ouvrages linéaires : réseaux enterrés, routes, digues,...) et par leur homogénéité ou leur hétérogénéité.

Dans le contexte d'un parc important d'ouvrages ponctuels homogènes ou d'ouvrages linéaires homogènes, où des données statistiques sont disponibles et où les mécanismes sont bien maîtrisés, la maintenance basée sur la fiabilité est une méthode intéressante. Elle est fondée entre autres sur la connaissance des taux de fiabilité des éléments du système (Zwingelstein, 1996) :

- identification des paramètres rentrant dans les conditions d'états-limites ;
- caractérisation statistique de ces paramètres (lois et moments) ;
- recherche des probabilités de non respect des conditions d'état-limite.

Cette approche est couramment appliquée dans l'industrie Offshore et le nucléaire, mais aussi aux réseaux de distribution (Zwingelstein, 1996). La maintenance basée sur la fiabilité trouve ses limites dès lors que les données sont en quantités insuffisantes : mesures expérimentales difficiles, données statistiques peu nombreuses...etc. Les calculs de probabilité deviennent alors rapidement complexes, voire impossibles et leur validité devient difficile à démontrer. Dans le cadre d'un parc d'ouvrages ponctuels ou linéaires hétérogènes,

dans des situations de structures mal connues, les données disponibles sont de mauvaise qualité ou en petite quantité et rendent difficile la prévision de l'évolution des dégradations. Dans ce contexte, la façon la plus simple d'évaluer les évolutions futures des dégradations est d'examiner les lois d'évolution d'ouvrages existants de même conception et ayant connu des mécanismes analogues en se basant sur le retour d'expérience (Cremona, 2002).

## 2.4. Approche par expertise

Le diagnostic et l'analyse de risque peuvent être réalisés par expertise pure. Elle rentre dans le cadre d'études préliminaires ou de diagnostic rapide. Cette approche qui fait appel à l'inspection visuelle est pratiquée par les experts lorsqu'ils ne disposent pas de données suffisantes sur l'ouvrage. Elles reposent sur les seules connaissances et retour d'expérience des experts. Différentes études ont été menées pour développer l'analyse de risques par expertise. Certains domaines du génie civil formalisent cette approche par le développement d'outils d'aide à l'expertise basés sur la capitalisation des connaissances experte et du retour d'expérience.

### 2.4.1. Méthodes d'estimation de la vulnérabilité sismique des villes

Les premières méthodes calculant un indice de vulnérabilité à grande échelle (ville) ont naturellement été développées dans les pays à fort aléa sismique tels que les USA, le Japon, la Turquie et l'Italie. La plupart de ces méthodes se basent sur des observations de dégâts post-sismiques. L'observation de la vulnérabilité vise en particulier à générer des **matrices de dommages probables** ou des **fonctions de vulnérabilité**.

Les matrices de dommages probables, ou DPM (Damage Probability Matrix) et les fonctions de vulnérabilité sont deux façons de représenter la relation probabiliste entre le niveau de dommages et l'intensité d'un séisme. Elles sont basées sur une classification typologique des bâtiments.

- Les DPM peuvent être construites à partir de sondages sur les dommages survenus à la suite d'un séisme ou à partir du jugement d'experts. Ces matrices expriment la probabilité qu'une structure appartenant à une certaine classe de bâtiments subisse un certain niveau de dommages résultant d'un séisme d'une intensité donnée. Les dommages considérés sont structuraux et peuvent parfois inclure des dommages non structuraux. Les bâtiments sont classés selon leur typologie à partir de caractéristiques communes ; comme par exemple les matériaux de construction, la technologie utilisée, l'année de construction...etc.
- Les fonctions ou courbes de vulnérabilité sont la représentation graphique des DPM. Ces fonctions expriment généralement les dommages ou pertes attendus pour un bâtiment ou

une classe de bâtiment en fonction de l'intensité du séisme, soit pour un degré de dommages donné ou une classe de bâtiments donnée ou pour un ensemble de bâtiment.

➤ **Méthode de l'ATC13**

Un des premiers rapports traitant le calcul de la vulnérabilité sismique des constructions est celui de Conseil de la Technologie Appliquée (Appelied Technologie Conseil « ATC ») (Nollet,2004), qui est repris par l'Agence Fédérale de la gestion des risques (Federal Emergency Managment Agency « FEMA »). Ce rapport a été établi en 1971 et récapitulé dans le rapport ATC13.

À partir de consultation de 58 experts, le rapport ATC-13 (ATC, 1985) dérive des matrices de dommages probables pour 78 classes d'installations dont 36 réfèrent à des bâtiments.

L'inconvénient de cette méthode est qu'elle fait appel à la subjectivité des experts et introduit des incertitudes sur l'estimation des dommages et sur l'opinion formulée. De plus, les matrices développées sont difficilement applicables dans d'autres régions et à d'autres types de structures. Cette méthode est cependant demeurée la référence jusqu'aux années 1990.

➤ **Méthode de HAZUS**

La méthodologie HAZUS développée par le NIBS (national Institute of Building Science) aux Etats Unis et approuvée par la FEMA (fédéral Emergency Management Agency). Le résultat a été le logiciel HAZUS, interactif pour l'évaluation des risques, lancé pour la première fois en 1997 et mis à jour en 1999. Dans cette méthode, on trouve les déplacements spectraux et les accélérations spectrales comme mesures d'entrées sismiques. Cependant, l'étude de HAZUS continue à se fondée sur l'opinion d'experts pour estimer l'état des dommages qui résulteraient d'un déplacement et d'une accélération spectrale donnée. Trente six (36) types de modèles de bâtiments sont considérés par la méthodologie et quatre niveaux sismiques sont considérés (niveau haut, niveau modéré, niveau bas et niveau pré-code). Le pré-code se rapporte à des bâtiments sans aucune conception sismique. Pour chaque niveau sismique et chaque type de bâtiment, on définit les paramètres suivants : la capacité du bâtiment, le spectre de déplacement, le seuil des déférents états de dommages dans la construction.

➤ **Méthode probabiliste italienne**

En Italie plusieurs matrices de probabilité de dommage DPM ont été adoptées aux typologies courantes italiennes. Elles ont été établies au départ suite aux relevés de dommages effectués après le séisme d'Iprinia du 23 novembre 1980, puis ont été adoptées ou modifiées

suite à plusieurs séismes italiens. Une première classification des typologies a été proposée en tenant compte des matériaux et des techniques de constructions ainsi que leurs comportements sismiques observés pendant des séismes destructeurs.

La classification des dommages a été définie sur une échelle comportant 7 degrés, proche de ceux proposés dans l'EMS98 (European Macroseismic Scale). Le tableau présente la description des niveaux des dommages.

*Tableau 2.1 : Description des dommages.*

Niveau de dommage	Description
1	Aucun
2	Insignifiant
3	Léger
4	Considérable
5	Sérieux
6	Très sérieux
7	Destruction partielle

Une fois les typologies et la description des dommages établis, les matrices de probabilité de dommages (DPM) ont été produites sur la base des observations post-sismiques. Elles dépendent de l'intensité de l'échelle MSK.

#### ➤ **Méthodologie de RISK-UE**

La méthode RiSk-UE, développée en 2004, nous permet d'exprimer la vulnérabilité des constructions par le biais des indices de vulnérabilité. La méthode classe les bâtiments selon une certaine typologie qui tient compte des caractéristiques du bâti que l'on retrouve en Europe occidentale. Elle comporte 23 classes et, pour chacune d'elle, une valeur d'indice de vulnérabilité est attribuée.

Il existe différents facteurs de nature géométrique et structurelle pouvant modifier les caractéristiques dynamiques d'un bâtiment lors d'un séisme. Ceux-ci sont pris en compte par la méthode en ajoutant ou en retranchant (effet favorable ou défavorable) un facteur à l'indice de vulnérabilité. Ceci nous permet finalement d'obtenir la valeur de l'indice de vulnérabilité caractérisant la structure dans son ensemble. A partir de l'indice de vulnérabilité  $V_i$  et de l'intensité du séisme  $I$ , la méthode permet de calculer le degré moyen de dommage  $\mu_D$  pour un zone de la manière suivante (Caméro et al., 2010) :

$$\mu_D = 2,5 [1 + \tanh(1 + 6,25V_i - 13,1/2,3)]$$

### 2.4.2. Méthodes d'estimation des dommages pour les constructions

Parmi les méthodes les plus utilisées pour l'estimation des dommages dans les bâtiments, nous avons :

#### ➤ Méthode ATC21

Les principales typologies publiées dans l'ATC21, puis reprise dans le rapport 145 de la FEMA en 1988 sont :

- bâtiments en bois,
- portiques en charpente métallique,
- charpente métallique contreventée,
- structures métalliques légères,
- portiques métalliques avec murs en béton armé,
- portique en béton armé,
- murs porteurs en béton armé,
- portique avec remplissage en maçonneries non armé,
- bâtiment à murs porteurs préfabriqués,
- portique en béton préfabriqué,
- maçonnerie armée,
- maçonnerie non armée.

L'ATC21 comporte plus de 90 typologies différentes en fonction des hauteurs de l'ouvrage et de l'année de sa construction ; ce qui rend difficile son utilisation. Une fois la typologie définie, l'indice de vulnérabilité de base de chacune de ces typologies, appelé BSH, est donné en fonction des critères structuraux relevés lors de l'expertise visuelle et qui dépend de la sismicité du site.

**Tableau 2.2 : Valeurs des indices de vulnérabilité de base pour les principales typologies de l'ATC21 en fonction de trois niveaux de sismicité**

Typologie	Sismicité		
	Faible	Moyenne	Forte
Bois	8,5	6,0	4,5
Acier	3,5	4,0	4,5
Acier avec contreventement	2,5	3,0	3,0
Métal.	6,5	6,0	5,5
Portique acier avec murs béton	4,5	4,0	3,5
Portique béton armé	4,0	3,0	2,0
Murs béton armé	4,0	3,0	2,0
Remplissage maçonnerie	3,0	2,0	1,5
Voiles préfabriqués	3,5	3,5	2,0
Portiques préfabriqués	2,5	2,0	1,5
Maçonnerie armée	4,0	3,5	3,0
Maçonnerie non armée	2,5	2,0	1,0

L'indice BSH est autant plus faible que la sismicité est forte. Le tableau suivant exprime les valeurs des indices de vulnérabilité de base pour les principales typologies de l'ATC21, en fonction de trois niveaux de sismicité

Les typologies définies dans l'ATC21 représentent des bâtiments construits en Amérique de nord, ce qui rend difficile leurs utilisations dans d'autres régions du monde (Caméro et al., 2010).

### ➤ Méthode ATC40

La méthode de capacité spectrale "ATC 40" est une méthode, conçue pour les constructions en béton armé, publiée aux Etats-Unis en 1996 par "Applied Technology Council". Dans cette méthode la capacité d'atteindre un niveau de performance est évaluée en termes de déplacements et non en termes de forces car lors des déformations post-élastiques, l'importance des dommages est davantage fonction des déplacements que des forces. Elle est recommandée avant tout pour les constructions existantes, pour lesquelles une évaluation plus favorable de la sécurité parasismique peut éviter des mesures de renforcement coûteuses. A partir d'une corrélation entre la courbe de capacité de déplacement du bâtiment et le déplacement maximal provoqué par un mouvement sismique de sol donné, on obtient un point appelé point de performance. Sa position par rapport au niveau de performance recherché indique si ce niveau est atteint ou non, (figure 2.1). Les éléments essentiels d'une fonction de la vulnérabilité sismique à l'échelle d'une structure sont : la courbe de capacité du bâtiment et le spectre de demande (séisme), afin d'estimer les dommages.

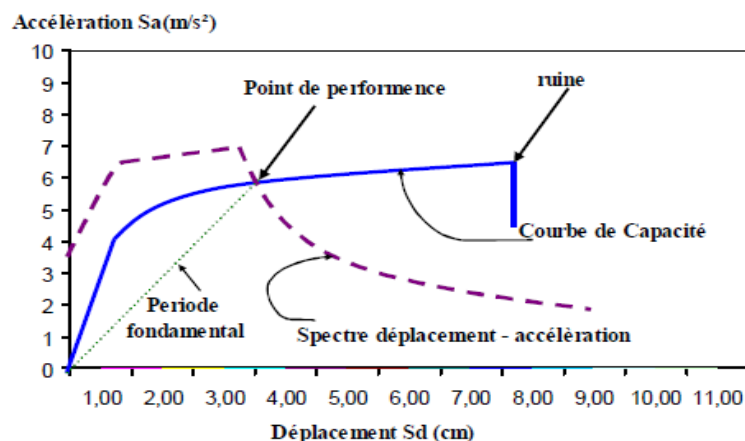


Figure 2 .1. Différents éléments de la méthode ATC40

### ➤ Méthode GNDT

En Italie, l'utilisation d'une technique d'évaluation pour assigner des indices de vulnérabilité a été proposée pour la première fois par (Benedetti et al., 1984). Cette technique

a été développée par la suite par le Groupe national de défense contre les tremblements de terre (GNDT) du Conseil national de recherche de l'Italie (CNR). La méthode GNDT, maintenant largement utilisée, a permis de répertorier des milliers de bâtiments à travers l'Italie (Augusti et Ciampoli, 2000). Elle a été établie en distinguant les bâtiments en maçonnerie des bâtiments en béton armé.

L'indice de vulnérabilité des bâtiments en maçonnerie se calcule, en combinant des informations descriptives (typologiques et qualitatives) et des informations quantitatives pour paramètres, décrits au tableau qui suit.

Pour chaque paramètre, on définit la classe de vulnérabilité Ivi comprise entre A et D. la moins vulnérable est la classe A. Elle traduit la conformité de ce paramètre vis-à-vis de l'intégrité de la structure. La plus vulnérable est la classe D. Elle traduit la situation la plus défavorable, tandis que les classes B et C représentent des situations intermédiaires.

**Tableau 2.3 : Paramètres adoptés pour évaluer la vulnérabilité des constructions en maçonnerie.**

N°	Paramètre
1	Type et organisation du système porteur
2	Qualité du système porteur
3	Résistance conventionnelle
4	Implantation et fondations
5	Planchers et toitures (diaphragme)
6	Configuration en plan
7	Configuration en élévation
8	Maçonneries
9	Toiture
10	Éléments non structuraux
11	État de conservation ou maintenance

L'indice de vulnérabilité de base Iv se calcule comme la somme pondérée des Ivi. Le tableau 4 montre que chaque paramètre structurel est caractérisé par une classe de vulnérabilité entre A et D et par une pondération (Wi) pour tenir compte de l'importance de chacun des paramètres dans le comportement globale de la structure.

**Tableau 2.4 : Classes de vulnérabilité et pondération de chacun des paramètres structuraux, ajustés à partir des endommagements observés.**

N°	Paramètre	A	B	C	D	Wi
1	Type et organisation du système porteur	0	5	20	45	1
2	Qualité du système porteur	0	5	25	45	0,25
3	Résistance conventionnelle	0	5	25	45	1,5
4	Implantation et fondations	0	5	25	45	0,75
5	Planchers et toitures (diaphragme)	0	5	15	45	Variable
6	Configuration en plan	0	5	25	45	0,5
7	Configuration en élévation	0	5	25	45	Variable
8	Maçonneries	0	5	25	45	0,25
9	Toiture	0	15	25	45	Variable

10	Éléments non structuraux	0	0	25	45	0,25
11	État de conservation ou maintenance	0	5	25	45	1

Pour les paramètres 5,7 et 9, la pondération  $W_i$  varie entre 0,5 et 1, suivant la classe de vulnérabilité.

### 2.4.3. Etude du Cemagref

En 1990 Mathieu a proposé une méthode d'évaluation applicable aux réservoirs ayant pour but d'indiquer les ouvrages qui ont un environnement sensible, un caractère stratégique important et ceux qui présentent ou non des désordres structurels visuels de gravité variable. Cette méthode est basée sur différents types d'analyses ; structurelles, fonctionnelles et environnementales (Mathieu ,2003), comme le montre l'organigramme ci-dessous.

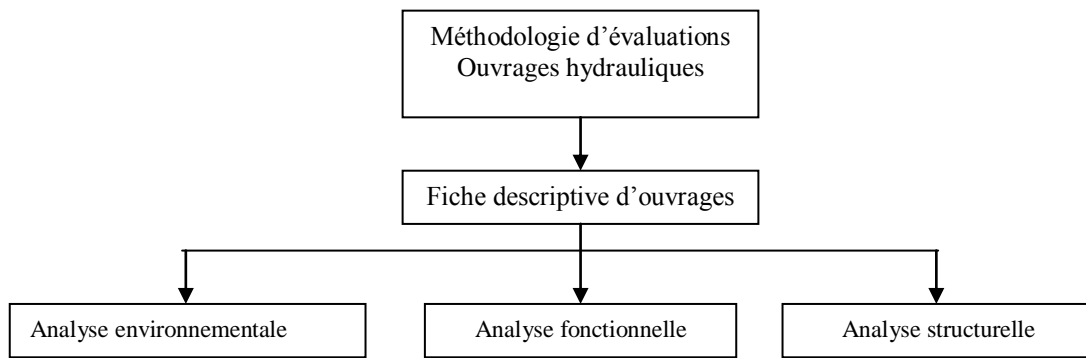


Figure 2.2 : Organigramme de la méthodologie d'évaluation des réservoirs (Mathieu, 2003).

Une note élémentaire  $Ne_i$ , variant de 1 à 4, est attribuée pour chacun des paramètres d'évaluation. Le principe de notation correspond aux critères d'amplification des notes en fonction de l'accroissement des risques. Chaque élément de notation est affecté d'un coefficient  $P_i$  de pondération (appelé poids). La note partielle d'un paramètre est alors obtenue par le produit :  $Ne_i.P_i$ .

Dans la cadre de la mise à jour du fascicule 74 consacré aux ouvrages destinés à contenir ou transporter de l'eau autres que les grands barrages et les canalisations, Mathieu et un groupe d'experts ont mis en commun leurs connaissances et leur expérience pour analyser les pathologies et codifier les problèmes de réparation et d'entretien de ces ouvrages. Leurs travaux s'inscrivent tout à fait dans les préoccupations des gestionnaires des réservoirs et qui ont vocation d'assurer la maintenance à partir de critères et d'éléments de diagnostic précis. L'étude dresse un bilan complet des pathologies et la réparation des ouvrages destinés à contenir ou à transporter des liquides réalisés en béton armé, béton précontraint ou en maçonnerie. Elle s'applique aux ouvrages suivants : réservoirs d'eau, stations d'épuration, stations de traitement, ouvrages de prise, de vidange, canaux, ponts canaux, stations de

pompages, de relevage, bâches, bassins tampons, cheminées d'équilibre, bassins, déversoirs d'orage en assainissement, piscines.

Dans sa première partie, l'étude propose un classement des défauts apparents des ouvrages et une énumération des modes de réparation possibles pour chacun des cas. Tout défaut apparent est rangé dans une classe (et éventuellement dans une sous classe) qui correspond à un indice de gravité. L'étude définit six classes, dont la gravité va en croissant de A vers F comme suit :

- Indice de gravité A : - Ouvrage en bon état (neuf ou ancien), sans défaut.
- Indice de gravité B : Défaut existants dès la naissance de l'ouvrage et sans conséquences importantes autres qu'esthétique.
- Indice de gravité C : Défauts, dont l'évolution risque de se faire anormalement.
- Indice de gravité D : Défauts révélateurs d'une évolution de la dégradation d'un ouvrage. Ils sont rangés en 3 sous classes.
  - D1. Défauts qui indiquent un début d'évolution,
  - D2. Défauts qui indiquent une évolution avancée pour des pièces (ou ouvrages) qui ne sont pas en contact avec des liquides.
  - D3. Défauts qui indiquent une évolution avancée pour des pièces (ou ouvrage) en contact avec des liquides.
- Indice de gravité E : Défauts qui traduisent de façon très nette une modification du comportement de la structure et qui mettent en cause la durée de vie de l'ouvrage.
- Indice de gravité F : Défauts indiquant la proximité d'un état limite et nécessitant soit une restriction d'utilisation, soit la mise hors service de l'ouvrage.

La seconde partie, sous forme de compléments et d'annexes à la première partie, aborde principalement les techniques de réparation des fondations, structures et étanchéité et dresse un tableau récapitulatif des défauts apparents des ouvrages par l'indice de gravité.

Toujours dans la cadre de la mise à jour du fascicule 74, une seconde étude de Mathieu et *al.* S'intéresse au problème de l'étanchéité des réservoirs. Elle propose un tableau des critères de choix de l'étanchéité sur ouvrages neufs et des critères de choix de cette même étanchéité sur des ouvrages anciens non étanches. Elle souligne surtout l'importance du phénomène de l'alcali réaction et rappelle les principes de prévention. Les auteurs proposent un classement des réservoirs selon leur mode d'étanchéité en quatre catégories comme suit :

- classe A : ouvrages dont l'étanchéité est assurée par la structure seule,
- classe B : ouvrages dont l'étanchéité est assurée par la structure, complétée par un revêtement d'imperméabilisation,
- classe C : ouvrages dont l'étanchéité est assurée par un revêtement d'étanchéité, adhérent ou

indépendant du support, la structure n'assurant qu'une fonction mécanique,

- classe D : ouvrages construits à l'aide d'éléments préfabriqués.

#### 2.4.4. Etude de BELHOUCENE

Cette étude propose de quantifier la vulnérabilité sismique des bâtiments en béton armé, en développant la méthode de l'index de vulnérabilité. Ceci a nécessité la définition des paramètres influant sur la détermination de cet index, ainsi que de leurs coefficients de pondération. L'index ainsi calculé, permet la classification des bâtiments. Pour cette classification, elle propose trois classes. La première regroupe les structures ayant un bon comportement, la seconde, un comportement moyen et enfin, la troisième regroupe les constructions ayant une mauvaise tenue au séisme. Elle développe aussi un code de calcul en langage Delphi. Cet outil développé permet de faire le diagnostic des bâtiments existants en béton armé par l'analyse de la vulnérabilité sismique. Cette méthode est développée en tenant compte de l'influence des éléments structuraux et non structuraux sur la réponse sismique de la construction. Elle consiste à attribuer une valeur numérique à chaque bâtiment, dite index de vulnérabilité  $I_v$ , qui est une représentation de sa qualité sismique.

Les paramètres utilisés pour le calcul de l'index de vulnérabilité sont au nombre de quatorze, définis par l'approche experte, basée sur le retour d'expérience de sismicité en Algérie. Afin de caractériser chacun des paramètres de l'étude, un certain nombre d'informations sur le bâtiment est nécessaire, obtenues par le renseignement de fiche d'évaluation ou d'enquêtes développée dans la cadre de cette recherche.

*Tableau 2.5. Classification des paramètres et leurs coefficients  $K_i$ .*

<i>N°</i>	<i>Paramètre</i>	<i>Classe A</i>	<i>Classe B</i>	<i>Classe C</i>
1	Système de contreventement	0,25	1,25	2,25
2	Qualité du système de contreventement	0,25	0,50	0,75
3	La capacité sismique	0,00	0,25	0,50
4	Type de sol	0,25	0,50	0,75
5	Diaphragme horizontal	0,25	0,50	0,75
6	Régularité en plan	0,25	0,50	0,75
7	Régularité en élévation	0,25	0,75	1,75
8	Qualité des nœuds	0,25	0,50	0,75
9	Phénomène du poteau court	0,25	0,50	0,75
10	Détails	0,25	0,50	0,75
11	Maintenance	0,25	0,75	1,25
12	Modifications	0,25	0,50	0,75
13	Entrechoquement	0,25	0,50	0,75
14	Implantation de l'ouvrage	0,25	0,50	0,75

L'index de vulnérabilité «  $I_v$  » s'exprime alors comme la somme de :  $I_v = \sum_{i=1}^{14} K_i$ .

Tableau 2.6: Classification des structures en fonction de la vulnérabilité « Iv ».

Classe	Verte	Orange	Rouge
Index de vulnérabilité Iv	3,25 - 6,25	6,25 - 10,25	10,25 - 13,25

La validation de cette théorie a été réalisée sur plusieurs exemples tirés des rapports d'expertise de l'organisme national de contrôle technique des constructions « CTC Ouest ».

#### 2.4.5. Méthodes de l'indice de vulnérabilité sismique utilisées en Algérie

La ville de Blida est classée comme étant région à forte sismicité (zone III) d'après le Règlement Parasismique Algérien 99/2003 (Bensaïbi et al, 2004). De part le passé, la ville a été secouée par plusieurs séismes destructeurs. Blida est un grand centre administratif, industriel, commercial, militaire, universitaire, sportif, et sanitaire. De ce fait, elle requière une attention particulière pour la protéger contre le phénomène sismique. A cet effet, un scénario catastrophe sismique de la ville de Blida a été réalisé en utilisant la méthode RADIUS (Risk Assessment Tools for Diagnosis of Urban Areas Against Seismic Disaster) (Bensaïbi et al, 2004). L'analyse est faite en considérant les aspects géologiques du terrain ainsi que les aspects structuraux du système urbain de la ville. Ce scénario a permis d'évaluer les pertes humaines et matérielles provoquées par un éventuel séisme, ceci permettra aux autorités locales de mener des actions préventives pour réduire les dégâts.

A Alger, et plus particulièrement dans les communes les plus anciennes, le bâti existant est constitué en majeure partie de constructions en maçonnerie (pierre et/ou brique). Ce parc immobilier constitue un patrimoine de valeur socio-économique et culturelle importante. Les expertises effectuées sur ce bâti ainsi que les enquêtes post-sismique qui ont eu lieu sur ce territoire ont montré la faible résistance de ce type de construction vis-à-vis du séisme. En conséquence, l'étude de la vulnérabilité sismique de ces constructions s'avère nécessaire et constitue une étape primordiale pour la réduction des pertes dues aux séismes dans cette ville. Cette vulnérabilité peut être réduite si des mesures préventives sont prises. La méthode de l'indice de vulnérabilité consiste à identifier des paramètres structuraux ou non structuraux ayant une influence sur la réponse sismique de la structure. En se basant sur les développements effectués par Benedetti et al (1988) ([Boulheoune, 2006]), on en propose le tableau 6 suivant dont des paramètres interviennent pour l'estimation de la qualité sismique des constructions à Alger.

**Tableau 2.7. Paramètres appliqués dans la méthode de l'indice de vulnérabilité pour les constructions en maçonnerie en Algérie.**

<i>N°</i>	<i>Paramètre</i>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>Facteur de pondération</b>
1	Résistance totale au cisaillement	0	5	25	45	1,5
2	Régularité en plan	0	5	25	45	0,5
3	Régularité en élévation	0	5	25	45	0,5
4	Connexion de murs	0	5	25	45	1
5	Type de murs	0	5	25	45	0,25
6	Plancher	0	5	25	45	0,25
7	Toiture	0	15	25	45	0,25
8	Conditions de sol	0	5	25	45	0,75
9	Détails	0	0	25	45	0,25
10	Maintenance	0	5	25	45	1
11	Socioculturel	0	5	25	45	0,5

Les résultats de cette étude, appliquée sur la ville d'Alger, sont satisfaisants et ont été conformités avec les endommagements enregistrés lors de séisme de Zemouri du 21 mai 2003.

#### **2.4.6. Travaux HAMMOUM**

(Hammoum, 2012) dans ces travaux de doctorat s'est intéressé à l'évaluation de la vulnérabilité des réservoirs en béton aux aléas naturels (séisme...etc.), par la détermination d'un indice « Iv ». Le calcul de cet indice fait intervenir treize (13) paramètres influents (environnementaux, structuraux et fonctionnels) qui sont résumés dans le tableau 2.8. Chacun des treize paramètres sera sanctionné par une note élémentaire  $N_{ei}$ . Le principe de notation choisi correspond aux critères d'amplification des notes en fonction de l'accroissement des risques de vulnérabilité. Chaque élément de notation est affecté d'un coefficient  $P_i$  de pondération. La note élémentaire  $N_{ei}$  de chaque paramètre est comprise entre 1 et 4 : 1 correspond à la situation idéale et 4 à la situation critique avec des notes intermédiaires. Il en est de même des poids de pondération  $P_i$  dont les valeurs varient de 1 à 4 : 1 pour une pénalisation minimale du paramètre et 4 pour une pénalisation maximale en considérant des situations intermédiaires.

Une plage d'évaluation plus large obligerait à plus de finesse dans l'analyse, ce qui peut donner lieu à des controverses au sein d'un même groupe d'experts qui aurait à analyser un même défaut ou pathologie. Donc, une analyse sur un nombre important de valeurs pose des difficultés de recoupement des classes qualitatives et engendre une divergence d'analyse entre experts. L'expérience du Cemagref, dans le domaine d'évaluation des dégradations des ouvrages hydrauliques a montré qu'une analyse à 4 valeurs est bien adaptée au diagnostic rapide. C'est ainsi qu'il a adopté une analyse qualitative des états sur quatre valeurs pour les

défauts et dégradations.

**Tableau 2.8 : Liste des paramètres d'analyse.**

Type d'analyse	N°	Désignation des paramètres
Analyse environnementale	1	Implantation du réservoir
	2	Zone sismique
	3	Type de sol
	4	Zone de la neige
	5	Zone du vent
Analyse structurelle	6	Type de la structure
	7	Type de fondation
	8	Etanchéité des parois
	9	Etanchéité de la couverture
	10	Défauts apparents
Analyse fonctionnelle	11	Rôle de réservoir
	12	Importance du réservoir
	13	Fréquence d'entretien

La note partielle d'un paramètre est alors obtenue par le produit ( $N_{ei} \cdot P_i$ ) et l'indice de vulnérabilité «  $I_v$  » s'exprime comme la somme des notes partielles des différents paramètres comme donné par l'équation (1).

$$I_v = \sum_{i=1}^{13} N_{ei} \cdot P_i$$

Pour un critère donné, une grille d'évolution de sa note partielle ( $N_{ei} \cdot P_i$ ) est construite, en tenant compte de tous les scénarios possibles (tableau 2.9).

**Tableau 1.9 : Grille de hiérarchisation d'une note partielle d'un paramètre**

		Note élémentaire $N_{ei}$			
		1	2	3	4
Pondération $P_i$	1	1	2	3	4
	2	2	4	6	8
	3	3	6	9	12
	4	4	8	12	16

En considérant tous les critères d'analyse énumérés précédemment au nombre de treize, il propose une classification, répartie en quatre niveaux de vulnérabilité :

- Le niveau vert :  $13 \leq I_v \leq 49$  : l'ouvrage présente un bon comportement aux aléas naturels et ne nécessite pas une attention particulière après sa réalisation et sa mise en service.
- Le niveau orange 1 :  $49 \leq I_v \leq 87$  : le réservoir présente une vulnérabilité moyenne aux aléas naturels.
- Le niveau orange 2 :  $87 \leq I_v \leq 136$  : le réservoir a une vulnérabilité assez élevée aux aléas naturels.
- Le niveau rouge :  $136 \leq I_v \leq 196$  : le réservoir présente une vulnérabilité élevée aux aléas naturels. Le réservoir doit être mis hors service ou à défaut en situation de restriction

d'utilisation, immédiatement.

Pars ailleurs, à travers leur projet de fin d'études encadré par Mr Hammoum, (Lounnas et *al.*, 2010) ont développé une méthode simple et pratique permettant de diagnostiquer l'état des retenues collinaires. Cette méthode, basée sur l'évaluation de la vulnérabilité, tient compte de plusieurs paramètres influents, tant environnementaux, structuraux que fonctionnels. Dans ce projet, le concept de vulnérabilité vis-à-vis des aléas naturels est utilisé afin de prédire le niveau moyen de dégradations et de vieillissement pouvant survenir à grande échelle dans une retenue collinaire.

Toujours dans le même contexte, les auteurs ont développé un premier **Système d'Information Géographique (SIG)**. Ce SIG permet de stocker, visualiser, modifier et analyser toutes les informations détaillées des ouvrages expertisés (désignation de l'ouvrage, nature, désordres,...). Le calcul de la vulnérabilité a été intégré pour évaluer l'état des retenues. A partir de toutes les informations recueillies, des analyses thématiques multicritères ont été réalisées. Toute fois, le travail n'étant pas achevé et affiné est repris dans le cadre de cette thèse.

## Conclusion

Dans la littérature, il existe plusieurs méthodes d'évaluation de la vulnérabilité des structures. Elles diffèrent les unes des autres en coût, en moyens utilisés et en précision. Le type de la méthode choisie dépend de l'objectif de l'évaluation, de la disponibilité des données, du matériel et de la technologie utilisés. Dans ce chapitre, nous avons cité les méthodes les plus connues d'estimation de la vulnérabilité sismique des villes et des structures. Ces méthodes ont été développées dans des pays à sismicité élevée. La compréhension de la structure et la recherche des critères structuraux peuvent s'avérer complexes. Il faut donc trouver un équilibre entre les moyens mis en œuvre, les méthodes applicables et les résultats recherchés. D'autre part, ces méthodes varient suivant leur degré de précision et de sophistication, ce qui engendre dans des pays à sismicité modérée des coûts d'application importants ou des incertitudes élevées à cause de la complexité des informations recherchées.

Afin de réduire les pertes et les dommages des structures, l'étude de la vulnérabilité de ces constructions constitue une étape primordiale. Cette vulnérabilité peut être réduite si des mesures préventives sont prises. C'est ainsi, que nous développons, dans le prochain chapitre, une méthodologie de diagnostic et d'expertise des retenues collinaires basé sur la détermination de l'indice de vulnérabilité.

## **rChapitre 3 : Evaluation de la vulnérabilité des retenues collinaires Aux aléas naturels**

### **Introduction**

Le diagnostic et l'expertise des ouvrages (retenues collinaires) ayant des pathologies diverses sont des tâches complexes mais importante dans l'évaluation de leur vulnérabilité vis à vis des aléas naturels (vent, neige, séisme,...etc.). Un ingénieur expérimenté peut dès la première visite connaître l'origine probable du problème, mais pour un autre moins expérimenté la même tâche peut devenir difficile. Le diagnostic reste toujours un exercice dans le niveau de difficulté est très relatif. Devant le même problème exposé, les solutions proposées par les experts ne sont pas évidemment uniques. Chaque expert interprète le problème selon ses propres connaissances, car il n'existe pas une loi dite de diagnostic, mais il y a un savoir faire pour le diagnostic.

Dans certaines situations d'urgence (exemple, après un grave séisme, ou une forte crue), la tâche de diagnostic exige au même temps rapidité et efficacité. Dans ces situations exceptionnelles, il y a toujours une insuffisance d'experts, si bien qu'on est amené à faire participer les ingénieurs les moins expérimentés dans la tâche de diagnostic.

C'est ainsi que sommes amenées, dans ce chapitre, à proposer une méthode simple et pratique permettant à un professionnel (technicien ou ingénieur) n'ayant pas des compétences pour évaluer rapidement la présomption de vulnérabilité vis-à-vis des aléas naturels d'un ouvrage hydraulique, en les guidant dans leur diagnostic. Cette méthode consiste à identifier plusieurs facteurs dont les plus importants sont liés à la résistance structurale, la qualité des matériaux, les caractéristiques du sol. Leur identification permet de classer les retenues à préserver en priorité contre les aléas futurs.

### **3.1. Méthode d'évaluation de l'indice de vulnérabilité**

En se basant sur l'approche de (Mathieu, 2003) et celle de (Hammoum, 2012) développée dans le domaine des réservoirs de stockages sur la base de différentes analyses structurelle, fonctionnelle et environnementale (Chapitre 1), nous procédons à l'évaluation de la vulnérabilité d'une retenue collinaire homogène (remblai compacté) donnée vis-à-vis des aléas naturels (séisme, vent, neige,...etc.), par la détermination d'un indice de vulnérabilité  $I_v$ . Pour le calcul de cet indice, nous faisons intervenir dix-sept (17) paramètres qui sont résumés dans le tableau suivant :

**Tableau 3.1 : Liste des paramètres d'analyse.**

Type d'analyse	N°	Désignation des paramètres
Analyse environnementale	1	Implantation de l'ouvrage
	2	Zone sismique
	3	Type de sol
	4	Zone de neige
	5	Action du vent
Analyse structurelle	6	Etanchéité du corps de la digue
	7	Type de protection du talus amont
	8	Type de protection du talus aval
	9	type de revêtements de la crête de la retenue
	10	Type de déversoir
	11	Type de coursier
	12	Type de murs bajoyers
	13	Type de bassin de dissipation d'énergie
Analyse fonctionnelle	14	Type de conduite de vidange
	15	Destination de l'ouvrage
	16	Fréquence d'entretien
	17	Etat d'envasement de la cuve

Chacun des dix sept paramètres sera sanctionné par une note élémentaire  $N_{ei}$ . Le principe de notation choisi correspond aux critères d'amplification des notes en fonction de l'accroissement des risques de vulnérabilité. Chaque élément de notation est affecté d'un coefficient  $P_i$  de pondération. La note élémentaire  $N_{ei}$  de chaque paramètre est comprise entre 1 et 4 : 1 correspond à la situation idéale et 4 à la situation critique avec des notes intermédiaires. Il en est de même des poids de pondération  $P_i$  dont les valeurs varient de 1 à 4 : 1 pour une pénalisation minimale du paramètre et 4 pour une pénalisation maximale en considérant des situations intermédiaires.

Une plage d'évaluation plus large obligerait à plus de finesse dans l'analyse ; ce qui peut donner lieu à des controverses au sein d'un même groupe d'expert qui aurait à analyser un même défaut ou pathologie. Donc, une analyse sur un nombre important de valeurs pose des difficultés de recoupement des classes qualitatives et évite ainsi une divergence d'analyse entre experts. L'expérience du Cemagref, dans le domaine d'évaluation des dégradations des ouvrages hydrauliques a montré qu'une analyse à 4 valeurs est bien adaptée au diagnostic rapide. C'est pour ces raisons énumérées que nous avons adopté une analyse qualitative des états sur quatre valeurs pour les défauts et dégradations.

La note partielle d'un paramètre est alors obtenue par le produit ( $N_{ei} \cdot P_i$ ) et l'indice de vulnérabilité «  $I_v$  » s'exprime comme la somme des notes partielles des différents paramètres :

$$I_v = \sum_{i=1}^{17} N_{ei} \cdot P_i = N_e + N_s + N_f$$

Nous désignons par ( $N_e$ ,  $N_s$ ,  $N_f$ ) les notes globales respectivement de l'analyse environnementale, de l'analyse structurelle et de l'analyse fonctionnelle.

Le choix des paramètres 1, 2, 3, 4 et 5 de l'analyse environnementale est dicté par des considérations d'implantations topographiques et hydrauliques au moment de la conception de l'étude. Par conséquent, la note globale de l'analyse environnementale  $N_e$  reste constante dans le temps.

Les paramètres 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, et 13 caractérisent l'état des différents éléments structuraux de la retenue au moment de l'inspection visuelle par l'ingénieur expert. Elle résulte des dommages et vieillissement cumulés suite aux attaques et agressions d'ordre naturels (neige, vent, séisme, gel...). A cet effet, la note globale de l'analyse structurelle  $N_s$  est variable dans le temps.

Les paramètres 14,15, 16 et 17 ont un rapport avec les enjeux, la fréquence d'entretien et de l'usage de l'eau de la retenue.

La notion de l'indice de vulnérabilité est liée à l'instant où l'on inspecte la retenue. Il vient qu'une même retenue peut avoir plusieurs indices de vulnérabilités durant son cycle de vie. Si nous considérons que  $I_{v0}$  est l'indice de vulnérabilité à l'instant initial où la retenue est mise en service, après une durée  $t$  d'exploitation, cet indice va passer à  $I_{v1}$  ( $I_{v1} > I_{v0}$ ). Son état de dégradation et son état de vieillissement atteint dans le temps va le rendre plus vulnérable aux aléas naturels qu'à son état initial. Par conséquent, pour faire baisser l'indice de vulnérabilité, il est nécessaire d'agir principalement sur les paramètres de la note globale de l'analyse structurelle  $N_s$ , et ce en passant par un projet de réhabilitation ou de réparation de la retenue.

### 3.1.1. Analyse environnementale

#### 3.1.1.1. Implantation de l'ouvrage

Une retenue est exposée à diverses agressions de son milieu d'implantation naturel ; tels que les séismes, les crues, l'effet de gel et de dégel et l'air marin. L'implantation de l'ouvrage est abordée ici sous le double aspect de la climatologie et de l'hydrologie. Le découpage climatique de l'Algérie peut être représenté globalement par cinq zones. Pour chaque zone, nous proposons une note élémentaire comme l'illustre le tableau 3.2, en

considérant que trois lois régissent la répartition des pluies en Algérie et ont été définies par (Seltzer, 1946), comme suit :

- la hauteur de pluie augmente avec l'altitude. Elle est plus élevée sur les versants exposés aux vents humides que sur les autres,
- la pluie augmente de l'Ouest vers l'Est,
- la pluie diminue à mesure qu'on s'éloigne du littoral méditerranéen vers le sud.

**Tableau 3.2 : Notes élémentaires de l'implantation de l'ouvrage.**

N°	Lieu d'implantation de l'ouvrage	N <sub>ei</sub>
1	Montagne : Précipitations importantes avec plusieurs mois consécutifs d'enneigement.	1
2	Vallées et plaines : climat froid et humide à faibles amplitudes thermiques avec des chutes de neige probables.	2
3	Hauts plateaux et Nord de l'Atlas Saharien : climat froid et sec en hiver et chaud et sec en été avec de forts écarts de température.	2
4	Grandes étendues sahariennes : climat froids et sec en hiver avec de forts écarts de température, chaud et sec en été.	3
5	Région côtière : climat humide avec des embruns en bord de mer. Milieux agressif par la présence d'eaux plus ou moins salines.	4

Les pondérations  $P_i$  sont déterminées à partir du paramètre hydrologique (tableau 3.3).

**Tableau 3.3 : Coefficients de pondération en fonction des différents climats existants.**

N°	Les différents climats existants	$P_i$
1	Climat désertique des grandes étendues sahariennes	1
2	Climat semi- aride	2
3	Climat humide	3
4	Climat montagnard	4

### 3.1.1.2. Zone sismique

En Algérie, le critère de zonage sismique (DTR B-C 2-48, 2003), classe le territoire en quatre zones de sismicité croissante. Nous proposons pour les différentes zones les notes élémentaires données dans le tableau 3.4.

**Tableau 3.4 : Notes élémentaires de la zone sismique.**

N°	Zone	Sismicité	Nei
1	Zone 0	négligeable	1
2	Zone I	Faible	1
3	Zone IIa	Moyenne (a)	2
4	Zone IIb	Moyenne (b)	3
5	Zone III	Elevée	4

Par ailleurs, les coefficients de pondération  $P_i$  dépendent du risque majeur que représente la retenue pour les vies humaines, conséquences économiques et sociales comme cela a été observé lors des séismes survenus en Algérie (El Asnam 1980, Oued Djer 1988, Tipaza 1989, Mascara 1994 et Boumerdes 2003). Ces coefficients sont déterminés selon la nature du site d'implantation (tableau 3.5).

**Tableau 3. 5 : Coefficients de pondération en fonction du site de l'ouvrage.**

N°	Site d'implantation de l'ouvrage	$P_i$
1	En rase compagne	1
2	En milieu rural	2
3	Dans une zone industrielle	3
4	En milieu urbain	4

### 3.1.1.3. Type de sol

L'aspect géologique est pris en compte en analysant la catégorie du site d'implantation qui est fonction des propriétés mécaniques du sol (tableau 3.5). Les sites sont classés en quatre catégories par le Règlement Parasismique Algérien (DTR B-C 2-48, 2003), en fonction de la vitesse moyenne de l'onde de cisaillement  $V_s$ .

**Tableau 3.6 : Notes élémentaires en fonction des conditions du terrain.**

N°	Type de sol	Nature de sol	Vitesse moyenne	$N_{ei}$
1	Catégorie $S_1$	Sol rocheux	$V_s \geq 800$ m/s	1
2	Catégorie $S_2$	Sol ferme	$V_s \geq 400$ m/s	2
3	Catégorie $S_3$	Sol meuble	$V_s \geq 200$ m/s	3
4	Catégorie $S_4$	Sol très meuble	$V_s < 200$ m/s	4

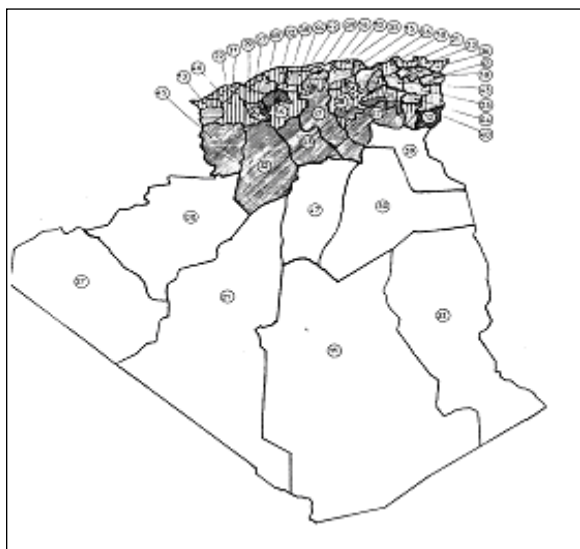
Les poids  $P_i$  sont déterminés par certains effets du site d'implantation (liquéfaction des sables, glissement de terrain, présence de faille en surface et les éboulements rocheux) qui peuvent considérablement amplifier les oscillations du sol et provoquer la perte de tout ouvrage hydraulique, même parasismique. Les ouvrages qui y sont implantés peuvent parfois subir des charges sismiques jusqu'à cinq fois plus élevées que les constructions similaires situées dans une zone moins dangereuse (Zacek, 2004). Il est donc impératif d'en tenir compte dans une étude de vulnérabilité et le recours à un géotechnicien ou géologue serait souhaitable. En résumé, nous pouvons définir les poids  $P_i$  comme indiqué dans le tableau 3.7.

**Tableau 3.7 : Coefficients de pondération en fonction des effets de site.**

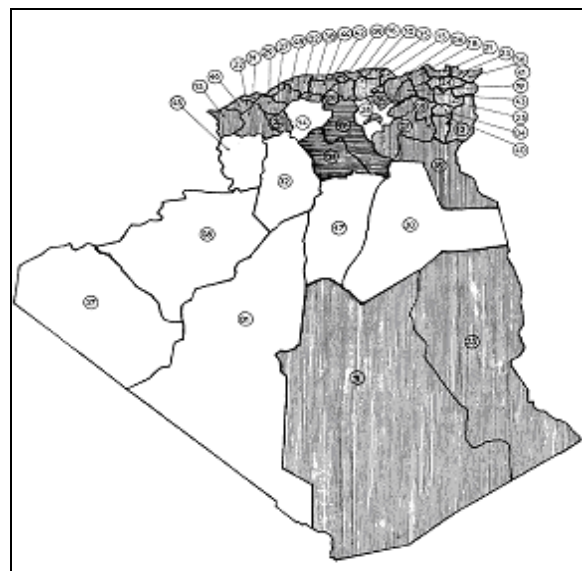
N°	Effet de site d'implantation de l'ouvrage	P <sub>i</sub>
1	Présence de nappe	1
2	Présence de tassements	2
3	Présence de faille en surface	3
4	Risque de glissement de terrain	4

**3.1.1.4. Zone de la neige**

Le Règlement Neige et Vent 99 (DTR C 2-4.7, 1999) dresse une carte de neige en décomposant le territoire Algérien en quatre zones (figure 3.1, 3.2). La surcharge de neige sur le sol  $S_k$  par unité de surface est fonction de la localisation géographique (zone) et de l'altitude  $H$  par rapport au niveau de la mer. Ce qui nous amène à proposer les notes élémentaires du tableau 3.8.



**Figure 3.1 : Carte du zonage de neige d'Algérie.**



**Figure 3.2 : Carte du zonage de vent d'Algérie.**

**Tableau 3.8 : Notes élémentaires en fonction du zonage de neige.**

N°	Zone de neige	N <sub>ei</sub>
1	Zone A	4
2	Zone B	3
3	Zone C	2
4	Zone D	1

Dans le Règlement Parasismique Algérien, le calcul de la surcharge climatique (neige) est fonction de la forme de la toiture de l'ouvrage (forme voute, en pente...etc.). Or les retenues collinaires ont toutes une crête de forme rectiligne horizontale. Ainsi, les pondérations  $P_i$  du paramètre zone de neige sont prises égales à 1.

### 3.1.1.5. Action du vent

Le Règlement Neige et Vent 99 a recours à la notion de vitesse de référence du vent  $V_{ref}$  pour le découpage du territoire Algérien, en trois zones de vent.  $V_{ref}$  est définie comme une vitesse moyenne sur dix minutes mesurée dans les conditions conventionnelles avec une période de retour de 50 ans. Le tableau 3.9 donne les notes élémentaires correspondant à l'action du vent. Notons que le vent a pour effet de créer des vagues qui vont se déferler sur le parement amont.

**Tableau 3.9 : Notes élémentaires de l'action du vent.**

N°	Zones de vent	Vitesse de référence $V_{ref}$ [m/s]	$N_{ei}$
1	Pas d'action de vent	---	<b>1</b>
2	Zone I	25	<b>2</b>
3	Zone II	28	<b>3</b>
4	Zone III	31	<b>4</b>

Les coefficients de pondération  $P_i$  seront déterminés en se référant au Règlement Neige et Vent pour tenir compte des facteurs de site pouvant amplifier l'effet de vent sur la retenue :

➤ **Hauteur de la digue**

- retenues d'une hauteur de 2 m à 5 m :  $P_h = 0.25$ ,
- retenues d'une hauteur de 5 m à 10 m :  $P_h = 0.50$ ,
- retenues d'une hauteur de 10 m à 15 m :  $P_h = 0.75$ ,
- retenues d'une hauteur supérieur à 15 m :  $P_h = 1.00$ .

➤ **Catégorie de terrain**

**Catégorie I :** en bord de mer, au bord d'un plan d'eau offrant au moins 5 km de longueur au vent, régions lisses et sans obstacles :  $P_c = 0.25$ ,

**Catégorie II :** régions de culture avec haies et avec des petites fermes, maisons ou arbres :  $P_c = 0.50$ ,

**Catégorie III :** zones industrielles ou suburbaines, forêts :  $P_c = 0.75$ ,

**Catégorie IV :** zones urbaines dont au moins 15% de la surface est occupée par des bâtiments de hauteur moyenne supérieure à 15 m :  $P_c = 1,00$ .

➤ **Facteur topographique**

- **Site 1 :**  $P_t = 0.25$ 
  - site plat,
  - site aux alentours des vallées et oueds sans effet d'entonnoir,
- **Site 2 :**  $P_t = 0.50$ 
  - site aux alentours des vallées et oueds avec effet d'entonnoir.
- **Site 3 :**  $P_t = 0.75$ 
  - site aux alentours des plateaux,
  - site aux alentours des collines,
- **Site 4 :**  $P_t = 1.0$ 
  - site montagneux.

➤ **Forme de la surface du plan d'eau**

- En Arc:  $P_s = 0.25$ ,
- Rectiligne (rectangulaire) :  $P_s = 0.50$ ,
- Circulaire :  $P_s = 0.75$ ,
- Carrée :  $P_s = 1.00$ .

Le coefficient de pondération  $P_i$  sera donné par la somme des pondérations partielles des quatre facteurs sus cités :

$$P_i = P_h + P_c + P_t + P_s$$

### 3.1.2. Analyse structurelle

La connaissance du système structurel et de la nature des matériaux avec lesquels sont réalisés les éléments structuraux est indispensable pour comprendre le comportement de la retenue vis-à-vis des aléas naturels et pour pouvoir ainsi donner des explications probables aux dommages observés.

#### 3.1.2.1 Etanchéité du corps de la digue

Les notes élémentaires correspondent au type d'étanchéité choisi (tableau 3.10). Par ailleurs, les poids  $P_i$  sont déterminés en fonction du degré de satisfaction de cette étanchéité (tableau 3.11).

**Tableau 3.10 : Notes élémentaires en fonction du type d'étanchéité.**

N°	Type d'étanchéités	$N_{ei}$
1	Digue homogène en argile compacté	<b>1</b>
2	Noyau central argileux compacté	<b>2</b>
3	Paroi moulé	<b>3</b>
4	Masque étanche amont	<b>4</b>

**Tableau 3.11 : Coefficient de pondération en fonction du degré de satisfaction de l'étanchéité.**

N°	Etat de l'étanchéité	$P_i$
1	Talus sec	<b>1</b>
2	Présence de Suintement	<b>2</b>
3	Fuites légères	<b>3</b>
4	fuites importantes	<b>4</b>

#### 3.1.2.2. Protection des talus de l'ouvrage

Les talus d'un barrage en terre sont sensibles à l'érosion due au ruissellement des eaux de pluie, aux renards provoqués par le ressuyage des eaux de saturation du barrage, et en ce qui concerne le parement amont à l'attaque des vagues. Il ya donc lieu en général de prévoir une protection des talus.

➤ **Talus amont**

Le talus amont est en général protégé contre le batillage par un enrochement, un revêtement perméable (béton bitumineux ouvert, dalètes de béton préfabriquées...etc.) qui se repose sur un filtre ou un traitement de ciment. Une note élémentaire est alors associée à chaque type de protection utilisé (tableau 3.12). Les poids  $P_i$  sont déterminés en fonction du degré de dégradation de cette protection (tableau 3.13).

**Tableau 3.12 : Notes élémentaires en fonction du type de protection utilisé.**

N°	Type de protection	$N_{ei}$
1	Enrochement	1
2	Béton armé	2
3	Béton bitumineux	3
4	Talus non protégé	4

**Tableau 3.13 : Coefficients de pondération en fonction du degré de dégradation.**

N°	Etat de dégradation	$P_i$
1	Aucune dégradation	1
2	Présence de végétations	2
3	Présence des fissures/Terriers/Batillage	3
4	Présence des glissements	4

➤ **Talus aval**

Les notes élémentaires sont allouées en fonction du type de protection utilisée conformément au tableau 3.14. Quand au poids  $P_i$ , ils sont déterminés en fonction du degré de satisfaction de cette protection (tableau 3.15).

**Tableau 3.14 : Notes élémentaires en fonction du type de protection utilisé.**

N°	Type de protection	$N_{ei}$
1	Enrochement	1
2	Béton armé	2
3	Béton bitumineux	3
4	Talus non protégé	4

**Tableau 3.15. Coefficients de pondération en fonction du degré de dégradation.**

N°	Sureté de protection	$P_i$
1	Aucune dégradation	1
2	Présence de végétations arbustive	2
3	Présence des fissures/terriers/	3
4	Présence de glissement /ravines/fuites	4

### 3.1.2.3. Crête de la retenue (Type de revêtements de la crête de la retenue)

Les notes élémentaires sont déterminées en fonction du type de revêtement de la crête (tableau 3.16). Par ailleurs, les poids  $P_i$  sont déterminés en fonction de l'état de la crête (tableau 3.17).

**Tableau 3.16. Notes élémentaire en fonction du type de revêtements de la crête.**

N°	Type de revêtements	$N_{ei}$
1	Revêtement en béton armé	<b>1</b>
2	Revêtement en bitume	<b>2</b>
3	Tout- venant bien compacté	<b>3</b>
4	Sans protection	<b>4</b>

**Tableau 3.17 : Pondération en fonction de l'état de la crête.**

N°	Etat de la crête	$p_i$
1	Présence de végétation	<b>1</b>
2	Présence d'ornières du au passage des véhicules	<b>2</b>
3	Présence de fissures	<b>3</b>
4	Affaissement de la crête (tassement)	<b>4</b>

### 3.1.2.4. Evacuateur de crue

L'évacuateur de crues est un ouvrage destiné à protéger la digue contre les dommages. Il permet aussi en temps normal d'évacuer le surplus d'eau de façon à maintenir le niveau de l'eau à la cote désirée. L'évacuateur est conçu pour évacuer une crue hypothétique de fréquence rare.

L'évacuateur de crue est composé de trois parties distinctes :

- la partie amont avec le déversoir,
- le coursier,
- la partie aval, avec le bassin de dissipation
- et les murs bajoyers.

#### ➤ Déversoir

Les notes élémentaires  $N_{ei}$  sont déterminées en fonction de types et de l'emplacement de déversoir (tableau 3.18). Les poids  $P_i$  sont déterminés en fonction de l'état de dégradation du déversoir (tableau 3.19).

**Tableau 3.18 : Notes élémentaire en fonction de type Déversoir.**

N°	Types d'évacuateur	N <sub>ei</sub>
1	Déversoir latéral sur rive avec seuil en gabion	<b>1</b>
2	Déversoir latérale sur rive à seuil en béton	<b>2</b>
3	Déversoir tulipe	<b>3</b>
4	Déversoir central placé sur le remblai	<b>4</b>

**Tableau 3.19: Pondération en fonction de l'état de déversoir.**

N°	Etat du déversoir	P <sub>i</sub>
1	Aucune dégradation	<b>1</b>
2	Présence des tassements	<b>2</b>
3	Présences de fissures	<b>3</b>
4	Présence d'obstacle	<b>4</b>

➤ **Le coursier**

Les notes élémentaires correspondent aux types de matériaux utilisés (tableau 3.20). Les coefficients P<sub>i</sub> sont déterminés en fonction des dégradations observées au cours de l'expertise.

**Tableau 3.20 : Notes élémentaire en fonction d' du type de matériau utilisé.**

N°	Type de matériaux	N <sub>ei</sub>
1	Béton armé /Beton	<b>1</b>
2	maçonnerie	<b>2</b>
3	Gabion	<b>3</b>
4	Béton banché	<b>4</b>

**Tableau 3.21 : Pondération en fonction d'état de dégradation.**

N°	Etat de dégradation	P <sub>i</sub>
1	Aucune dégradation	<b>1</b>
2	Présence de végétation ou obturation partielle	<b>2</b>
3	Altération du béton /Erosion	<b>3</b>
4	Ruine et effondrement	<b>4</b>

➤ **Murs bajoyers**

Les notes élémentaires correspondant aux types de matériaux utilisés pour la réalisation de la structure (tableau 3.22). Les coefficients P<sub>i</sub> sont déterminés en fonction des dégradations observées au cours de l'expertise (tableau 3.23).

**Tableau 3.22 : Notes élémentaire en fonction d' du type de matériau utilisé.**

N°	Type de matériaux	N <sub>ei</sub>
1	Béton armé /béton	<b>1</b>
2	maçonnerie	<b>2</b>
3	Gabion	<b>3</b>
4	Béton banché	<b>4</b>

**Tableau 3.23 : Pondération en fonction d'état de dégradation.**

N°	Etat de dégradation	p <sub>i</sub>
1	Aucune dégradation	1
2	Déformations	2
3	Fissures ou rupture de joints	3
4	Perte de stabilité	4

➤ **Bassin de dissipation d'énergie**

Les notes élémentaires correspondent aux types de matériaux utilisés pour la réalisation de la structure (tableau 3.24). Les coefficients P<sub>i</sub> sont déterminés en fonction des dégradations observées au cours de l'expertise (tableau 3.25).

**Tableau 3.24 : Notes élémentaire en fonction du type de matériau utilisé.**

N°	Type de matériaux	N <sub>ei</sub>
1	Béton armé /Béton	<b>1</b>
2	Enrochement	<b>2</b>
3	gabion	<b>3</b>
4	Maçonnerie	<b>4</b>

**Tableau 3.25 : Coefficients de pondération en fonction de l'état de dégradation.**

N°	Etat de dégradation	p <sub>i</sub>
1	Aucune dégradation	<b>1</b>
2	Déformation des structures	<b>2</b>
3	Déplacement des enrochements	<b>3</b>
4	Affouillement et érosion/Ruine	<b>4</b>

**3.1.2.5. Ouvrage de prise et de vidange**

Les retenues collinaires sont généralement vidangées avec des conduites en PEHD, en fonte, en amiante...etc. Cependant, les vannes sont toujours en fente. Ce qui nous amène à proposer les notes élémentaires en fonction du type de conduites utilisées (tableau 3.26).

**Tableau 3.26 : Notes élémentaires en fonction de type de conduite.**

N°	Type de conduite	N <sub>ei</sub>
1	Conduite en PEHD	<b>1</b>
2	Conduite galvanisé	<b>2</b>
3	Conduite en fente	<b>3</b>
4	Conduite en acier noire	<b>4</b>

D'autre part, les coefficients  $P_i$  sont déterminés en fonction de l'état de dégradation des conduites utilisées et des vannes ; tel que :  $P_i = P_{ic} + P_{iv}$  (tableau 3.27).

**Tableau 3.27 : Pondération en fonction de l'état de dégradation des équipements.**

N°	Etat de dégradation de la vanne	P <sub>iv</sub>	Etat de dégradation de la conduite	P <sub>iv</sub>
1	Bon état de fonctionnement	<b>0.5</b>	Bon état de fonctionnement	<b>0.5</b>
2	Vanne exposée à l'air libre (corrodé, rouillée)	<b>1</b>	conduites exposées à l'air libre (corrodé, rouillée)	<b>1</b>
3	Fuites (mauvais état des joints)	<b>1.5</b>	Fuites (mauvais état des joints)	<b>1.5</b>
4	Non fonctionnelle, détérioré et /obturée	<b>2</b>	Non fonctionnelle, détérioré et /obturée	<b>2</b>

### 3.1.3. Evaluation fonctionnelle

#### 3.1.3.1. Destination de l'ouvrage

L'intérêt accordé à une retenue collinaire par le gestionnaire du patrimoine de retenues est fonction de sa destination. Les notes élémentaires associées à ce paramètre sont présentées dans le tableau 3.28. Quant au poids  $P_i$ , ils sont déterminés en fonction de l'état de l'accessibilité pour l'entretien ou la réhabilitation de l'ouvrage (Tableau 3.29).

**Tableau 3.28 : Notes élémentaires en fonction de la destination de l'ouvrage.**

N°	Destination de l'ouvrage	Nei
1	Eau pour l'irrigation	<b>1</b>
2	Retenue pour lutter contre les inondations	<b>2</b>
3	Eau pour l'alimentation	<b>3</b>
4	Eau pour l'industrie	<b>4</b>

**Tableau 3.29 : Pondération en fonction d'accessibilité pour l'entretien.**

N°	Accessibilité de l'ouvrage	P <sub>i</sub>
1	Accessible par route revêtus	<b>1</b>
2	Accessible par route carrossable	<b>2</b>
3	Accessible par sentier piéton	<b>3</b>
4	Retenue inaccessible	<b>4</b>

### 3.1.3.2. Fréquence d'entretien

La maîtrise du vieillissement des retenues en service ne peut être assurée que par des opérations d'entretien et de réparation. Cette opération influe directement sur le niveau de vulnérabilité de ces retenues. Ce qui nous amène à proposer les notes élémentaires du tableau 3.30. D'autre part, les poids  $P_i$  sont déterminés en fonction du risque engendré sur la population (tableau 3.31).

**Tableau 3.30. Notes élémentaires en fonction de la fréquence d'entretien de la retenue.**

N°	Fréquence d'entretien	Nei
1	trimestrielle	1
2	semestrielle	2
3	annuelle	3
4	Absence d'entretien	4

**Tableau 3.31. Pondération en fonction du risque engendré.**

N°	Risque en aval	$P_i$
1	Aucun risque	1
2	Routes	2
3	Habitations	3
4	Equipements publics	4

### 3.1.3.3. Etat d'envasement de la cuve

Pour évaluer l'envasement de la cuve nous nous intéressons à un paramètre important qui est la typologie de l'entrée d'eau dans la retenue ; à savoir une canalisation, un talweg ou une source). Ce qui nous amène à proposer les notes élémentaires du tableau 3.32. Par ailleurs, les poids  $P_i$  sont déterminés en fonction de l'âge de la retenue qui conditionne l'envasement de cette dernière.

**Tableau 3.32 : Notes élémentaires en fonction des sources d'adduction de la retenue.**

N°	Typologie entrée d'eau	Nie
1	Canalisation	1
2	Talweg (fente de neige)	2
3	Talweg (ruissellement)	3
4	source	4

**Tableau 3.33 : Pondération en fonction de l'âge de la retenue.**

N°	Age de la retenue	$P_i$
1	<à 10 ans	1
2	Entre 10 et 20 ans	2
3	Entre 20 et 30 ans	3
4	> à 30 ans	4

### 3.2. Classification

Pour un critère donné, nous pouvons construire une grille d'évolution de sa note partielle ( $N_{ei} \cdot P_i$ ), en tenant compte de tous les scénarios possibles. Les résultats obtenus sont illustrés sur le tableau 3.34.

**Tableau 3.34 : Grille de hiérarchisation d'une note partielle d'un paramètre.**

		Note élémentaire $N_{ei}$			
		1	2	3	4
Pondération $P_i$	1	1	2	3	4
	2	2	4	6	8
	3	3	6	9	12
	4	4	8	12	16

En considérant tous les critères d'analyse énumérés précédemment au nombre de dix-sept, nous proposons la classification suivante, répartie en quatre niveaux de vulnérabilité :

**Tableau 3.34 : Classification d'une retenue en fonction de son «  $I_v$  ».**

Niveau de vulnérabilité	Vert	Orange 1	Orange 2	Rouge
Indice de vulnérabilité $I_v$	17 - 68	68 - 119	119 - 189	189- 288

- **Le niveau vert :  $17 \leq I_v \leq 68$  :** la retenue expertisée n'est pas vulnérable. L'ouvrage présente un bon comportement aux aléas naturels et ne nécessite pas une attention particulière après sa réalisation et sa mise en service. Seules les interventions ordinaires périodiques sont nécessaires.
- **Le niveau orange 1 :  $68 < I_v \leq 119$  :** Le comportement aux aléas naturels est assez bon. La retenue est moyennement vulnérable.
- **Le niveau orange 2 :  $119 < I_v \leq 178,5$  :** La retenue a une tenue et un comportement faible aux aléas naturels. Il présente une vulnérabilité assez élevée.
- **Le niveau rouge :  $178,5 < I_v \leq 272$  :** la retenue a une très faible tenue aux aléas donc une vulnérabilité très élevée. Par conséquent, elle doit être mise hors service ou à défaut en situation de restriction d'utilisation, immédiatement.

## Conclusion

La méthodologie à base d'indice, présentée dans ce chapitre, permet une évaluation simplifiée et rapide de la vulnérabilité des retenues collinaires. Elle présente ainsi un excellent outil décisionnel au stade préliminaire de l'expertise entre les mains des ingénieurs experts, qui auront à décider des solutions à adopter pour la réhabilitation ou restauration de l'ouvrage. Entre les mains des gestionnaires, elle permet de fixer les priorités d'intervention dans son programme de réhabilitation ou de réparation. Ils sont même en mesure de décider de la restriction de service ou de la démolition d'une retenue. Par ailleurs, entre les mains des ingénieurs de bureau d'études, la méthode peut être utilisée au stade de conception de l'ouvrage. L'indice de vulnérabilité peut à ce moment là prédire la politique de gestion de la retenue durant son exploitation et la fréquence de surveillance de l'ouvrage. Autrement dit, elle nous renseigne sur l'attention à accorder à l'ouvrage.

## Chapitre 4 : Expertise d'un parc de retenues collinaires

### Introduction

Dans ce chapitre, nous nous intéressons à l'expertise du parc de retenues collinaires de la wilaya de Tizi Ouzou, à travers leurs indices de vulnérabilité. Pour mettre en application cette expertise, des sorties sur terrains ont été effectuées durant 08 mois. Un ensemble d'informations nous a été donné par la direction d'hydraulique et la direction des services agricoles de la wilaya de Tizi Ouzou. Aussi, des outils de travail nous accompagnaient à chaque sortie (fiche technique, GPS, appareil photos, ...etc.) pour accomplir ces missions de terrain.

Dans ce chapitre, l'indice de vulnérabilité de chaque retenue est simulé au jour de la mise en service. Par la suite, il est déterminé au jour de l'expertise, en se basant bien sur les fiches d'enquêtes renseignées au préalable. Enfin, il est évalué après avoir proposé des solutions de réhabilitation et de réparation afin de rallonger leur durée de vie.

### 4.1. Présentation de la zone d'étude

La zone d'étude faisant l'objet de notre expertise compte cinq daïra ; à savoir : Bouzguene, Ouaguenoun, Mekla, Azazga, Azefoun. Les délimitations géographiques de chaque daïra et de la zone d'étude sont illustrées sur la figure 4.1.



Figure 4.1 : Présentation de la zone d'étude.

La région d'étude appartient à la zone du climat méditerranéen caractérisée par un hiver froid et humide et un été chaud et sec. Elle fait partie du vaste bassin versant qui forme le territoire de la wilaya, où le sens de l'écoulement des cours d'eau se fait du Nord au Sud pour se déverser dans l'oued Sebou.

Selon la réglementation appliquée en Algérie, la wilaya de Tizi-Ouzou est classée comme :

- zone de moyenne sismicité IIa (RPA, 2003),
- zone neige A (RNV, 1999),
- zone de vent I (RNV, 1999).

#### 4.2. Présentation des retenues expertisées

Les retenues expertisées sont de type homogène, réalisées en remblai compacté. Les renseignements concernant leurs caractéristiques et la date de leur mise en service sont consignés sur le tableau 4.1 ci-après. Notons que ces données sont tirées des documents techniques de la Direction Hydraulique et de la Direction des Services agricoles de la wilaya de Tizi Ouzou (DHW et DSA).

**Tableau 4.1 : Présentation des retenues expertisées.**

Région d'étude (Daïra)	Non de la retenue collinaire	Maitre de l'ouvre	Hauteur de la digue en (m)	Capacité en (m <sup>3</sup> )	Date de mise en service	Type de digue	
<b>Bouzeguene</b>	Bouzeguene N°2	DSA	13	52 000,00	1999	Homogène Remblai compacté	
	Bouzeguene N°3	DSA	10	75 000,00	1999	Homogène	
	Iloula oumalou N°1	DSA	11	40 000,00	2000	Homogène	
	Iloula oumalou N°399	DHW	10	80 000,00	2000	Homogène	
<b>Ouaguenoun</b>	Timizart N°201	DHW	9	60 000,00	1989	Homogène	
	Timizart N°360	DHW	10	50 000,00	1988	Homogène	
	Timizart N°363	DHW	9	70 000,00	1986	Homogène	
	Timizart N°366	DHW	10	135 000,00	1985	Homogène	
	Timizart N°388	DHW	8	60 000,00	1985	Homogène	
	Timizart	DHW		70 000,00	2000	Homogène	
<b>Azazga</b>	Freha N°389	DHW	8	50 000,00	1985	Homogène	
	Freha N°395	DHW	9,5	55 000,00	1987	Homogène	
	Freha N°396	DHW	8	100000,00	1986	Homogène	
	Freha N°397	DHW	9,5	45 000,00	1989	Homogène	
	Freha N°398	DHW	10	100000,00	1989	Homogène	
	Mekla N°367	DHW	8,5	10 000,00	1985	Homogène	
	Mekla N°368	DHW	8,5	70 000,00	1986	Homogène	
	Mekla N°391	DHW	10	40 000,00	1989	Homogène	
	Mekla N°393	DHW	7	48 000,00	1985	Homogène	
	Mekla N°394	DHW	7	40 000,00	1986	Homogène	
<b>Mekla</b>	Souamaâ N°1	DSA	11	60 000,00	1999	Homogène	
	<b>Azzefoun</b>	Azzefoun N°10	DHW	9,5	40 000,00	1986	Homogène
		Azzefoun N°11	DSA	12	60 000,00	1997	Homogène
		Azzefoun N°12	DHW	10	70 000,00	1988	Homogène
		Azzefoun N°14	DHW	11	40 000,00	1994	Homogène
Azzefoun N°15		DHW	10,5	30 000,00	1995	Homogène	

### 4.3. Procédure d'expertise

Pour réaliser ce travail, nous avons effectué des sorties sur le terrain pendant une période de 8 mois, allant du 01 août 2011 au 31 mars 2012. Nos visites se sont déroulées avec un rythme d'une retenue par trois à quatre jours pour approfondir l'expertise et évaluer les désordres. Aussi, tout au long de nos sorties une fiche d'enquête nous accompagnait afin de pouvoir recueillir toutes les informations possibles de manière simple et rapide. De plus, des photos sont prises sur chaque état de la retenue constituant ainsi un aide mémoire pour affiner les renseignements des fiches de visite une fois au bureau.

### 4.4. Présentation de la fiche d'enquête

Notre fiche d'enquête présentée en annexe 1 regroupe l'ensemble des informations permettant le calcul de l'indice de vulnérabilité. Cette fiche que nous avons établie comprend les fiches principales suivantes :

- 1- **la fiche descriptive de l'ouvrage** : dans cette partie, on retrouve les renseignements généraux de la retenue : le nom, la localisation ou l'adresse, la typologie, l'âge, les caractéristiques hydrauliques et géométriques ainsi que les propriétés de l'ouvrage de vidange.
- 2- **la fiche d'évaluation environnementale** : on y trouve l'implantation de l'ouvrage (en montagne, vallée, région côtière...), le type de sol (rocheux, ferme, meuble...), la zone sismique, l'action de la neige et l'action du vent.
- 3- **la fiche d'évaluation structurelle** : cette partie regroupe les informations sur le type, l'état et la qualité des éléments de la structure : la digue, les talus amont et aval, la crête de la retenue, l'ouvrage de vidange et l'évacuateur de crue (déversoir, coursier et bassin de dissipation).
- 4- **la fiche d'évaluation fonctionnelle** : dans cette dernière partie, on trouve les informations relatives à l'usage de l'ouvrage et à son entretien.

Une fois le questionnaire renseigné, nous pouvons déduire l'indice de vulnérabilité ( $I_v$ ) basé sur dix sept (17) paramètres. Celui-ci permettra de classer la retenue expertisée au niveau de vulnérabilité correspondant (vert, orange, ou rouge), conformément à la grille de classification proposée au chapitre 3.

### 4.5. Evaluation de l'indice de vulnérabilité des retenues du parc expertisé

La détermination de l'indice de vulnérabilité est basée sur trois paramètres (environnemental, structural et fonctionnel) que nous avons définie et présenté troisième chapitre et ce conformément aux notes élémentaires et pondérations que nous avons adoptés.

#### 4.5.1. Retenues collinaires Bouzeguene N°2

La retenue collinaire Bouzeguene N°2 est située au nord-ouest du chef lieu de la commune de Bouzeguene, en bordure de l'oued sahel (lieu dit Talghomthe) et en contrebas de la route qui relie Boubhire à Bouzeguene. Cette retenue, de capacité 52 000 m<sup>3</sup>, a été réalisée par la DSA en 1999.



Photo 4.1 : Vue générale de la retenue Bouzeguene N°2.

##### 4.5.1.1. Evaluation de l'indice de vulnérabilité à la mise en service en 1999.

La valeur de l'indice de vulnérabilité simulée au jour de la mise en service (tableau 4.2) classe la retenue en Vert ( $17 \leq Iv = 50,5 \leq 68$ ). Celle-ci présente un bon comportement aux aléas naturels.

Tableau 4.2 : Indice de vulnérabilité à la mise en service en 1999.

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coefficient de pondération	Pi	Nei×Pi
Environnementale	Implantation de l'ouvrage	Montagne	1	Climat montagnard	4	4
	Zone sismique	Zone IIa	2	En rase compagne	1	2
	Type de sol	Sol meuble	3	Risque de glissement	4	12
	Action de la neige	Zone A	4	-	1	4
	Action de vent	Zone I	2	Ph=0,75 Pc=0,50 Pt=1 Ps=1	3,25	6,5
Structurelle	Etanchéité de la retenue	Digue en argile compactée	1	Talus sec	1	1
	Protection du talus amont	Enrochement	1	Aucune dégradation	1	1
	Protection du talus aval	Enrochement	1	Aucune dégradation	1	1
	Revêtement de la crête	Tout-venant bien compacté	3	Aucune dégradation	1	3
	Type d'évacuateur	Latérale à seuil en béton	2	Aucune dégradation	1	2
	Type de coursier	Béton armé	1	Aucune dégradation	1	1
	Type des bajoyers	Béton armé	1	Aucune dégradation	1	1
	Type de bassin de dissipation	Béton armé	1	Aucune dégradation	1	1
	Conduite de prise et de vidange	Conduite en acier noire	4	fonctionnelle	1	4
Fonctionnelle	Destination de l'ouvrage	Irrigation	1	carrossable	2	2
	Etat d'envasement de la cuve	Talweg (ruissellement)	3	Inférieur à 10ans	1	3
	Fréquence d'entretien	Trimestrielle	1	Routes	2	2
<b>Indice de vulnérabilité</b>						<b>50,5</b>

4.5.1.2. Evaluation de la vulnérabilité au jour de l'expertise en 2011

❖ Défauts apparents



Photo 4.2 : Glissement de terrain sur la berge gauche.



Photo 4.3 : Orniéage sur la crête de la retenue.



Photo 4.4 : Présence de végétation sur le talus amant.



Photo 4.5 : Colmatage de l'évacuateur de crue.



Photo 4.6 : Bassin de dissipation déstabilisé.



Photo 4.7 : Corrosion et endommagement de la vanne de vidange.



Photo 4.8 : présence de ravines sur le parement aval.



Photo 4.9 : Désordre dus au batillage.

Les paramètres ayant subi des variations suite aux défauts apparents suscités sont illustrés dans le tableau 4.3 suivant :

Tableau 4.3: Indice de vulnérabilité au jour d'expertise en 2011.

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coef de pondération	Pi	Nei×Pi
Structurelle	Etanchéité de la retenue	Digue en argile compactée	1	Présence de fuites	3	3
	Protection du talus amant	Enrochement	1	Végétations	2	2
	Protection du talus aval	Enrochement	1	Présence de ravines	4	4
	Revêtement de la crête	Tout-venant	3	Présences d'orniérages	2	6
	Type d'évacuateur	Latérale sur rive à seuil en béton	2	Présence d'obstacle	4	8
	Type de coursier	Béton armé	1	Altération du béton	3	3
	Type de bajoyers	Béton armé	1	Rupture des joints	3	3
	Type de bassin de dissipation	Béton armé	1	Déplacement des enrochements	3	3
Conduite de prise de vidange	Conduite en acier noire	4	détériorée	4	16	
Fonctionnelle	Etat d'envasement de la cuve	Talweg (ruissellement)	3	10 à 20ans	2	6
	Fréquence d'entretien	Absence	4	Routes	2	8
<b>Indice de vulnérabilité</b>						<b>92,5</b>

La valeur de l'indice de vulnérabilité obtenue au jour de l'expertise ( $Iv=92,5$ ) reclasse la retenue expertisée en **orange 1**. Celle-ci présente un comportement assez bon aux aléas naturels.

#### 4.5.1.3. Evaluation de la vulnérabilité après réhabilitation

Pour la réhabilitation de l'ouvrage expertisé, nous proposons les modes de réparations suivants, pour chaque défaut apparent :

**Tableau 4.4 : Mode de réparation correspondant aux défauts apparents.**

Pathologies	Mode de réparations possibles
Glissement de la berge gauche.	Mise en place de gabions.
Présence d'orniérage sur la crête de la retenue.	Remblayer avec du tout venant soigneusement compacté.
Présence de la végétation.	Fauchage + Produits anti-végétations.
Colmatage de l'évacuateur de crue.	Suppression des obstacles.
Bassin dissipation déstabilisé.	Mise en place un bassin dissipateur.
Rupture des joints des murs bajoyers	Réparation des murs bajoyer à l'aide de la résine
Corrosion et endommagement de la conduite et de la vanne de vidange.	Mise en place d'une conduite et d'une vanne de vidange
Creusement de ravines sur le talus aval.	Réparation des ravines conformément aux recommandations du Chapitre 1
Désordres dus ou batillage.	Réparation ponctuelle en mettant en place des enrochements plus gros à la place de ce qui on été déplacés.
Présence de fuites	Effectuer un suivi régulier afin d'en connaître les évolutions.

Ainsi, les paramètres de l'évaluation devront subir des modifications sont donnés dans le tableau 4.5. La valeur de l'indice de vulnérabilité recalculé après réhabilitation ( $Iv=64,5$ ), reclasse la retenue expertisée en Vert. Ainsi, la réhabilitation fait gagner de la performance à la retenue mais ne la ramène pas à son état initial.

**Tableau 4.5 : Indice de vulnérabilité après réhabilitation.**

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coefficient de pondération	Pi	Nei×Pi
<b>Structurelle</b>	Etanchéité de la retenue	Digue en argile compactée	1	Présence de suintement	2	2
	Protection du talus amant	Enrochement	1	Aucune dégradation	1	1
	Protection du talus aval	Enrochement	1	Aucune dégradation	1	1
	Revêtement de la retenue	Tout-venant bien compacté	3	Aucune dégradation	1	3
	Type d'évacuateur	Latérale sur rive à seuil en béton	2	Présence de Tassements	3	6
	Type de coursier	Béton armé	1	Altération du béton	3	3
	Type de bajoyers	Béton armé	1	Présence de déformations	2	1
	Type de bassin de dissipation	Béton armé	1	Aucune dégradation	1	1
	Conduite de prise et de vidange	Acier noire	4	fonctionnelle	1	4
<b>Fonctionnelle</b>	Etat d'envasement de la cuve	Talweg (ruissellement)	3	10 a 20ans	2	6
	Fréquence d'entretien	annuelle	3	Routes	2	6
<b>Indice de vulnérabilité</b>						<b>64,5</b>

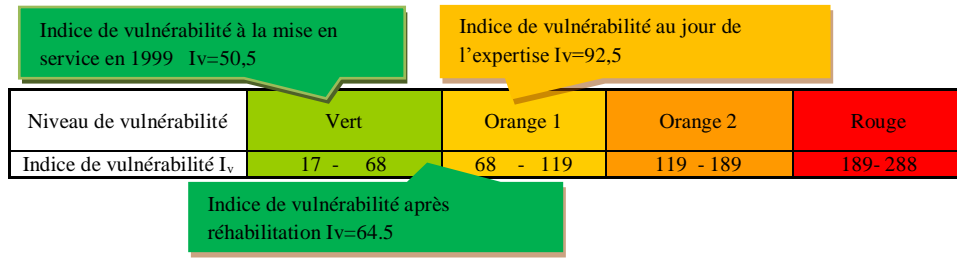


Figure 4.2 : Evaluation de la vulnérabilité dans le cycle de vie de la retenue Bouzguene N°2.

4.5.2. Retenue collinaire Bouzguene N°3

La retenue collinaire Bouzguene N°3 est située au Nord-Ouest du chef lieu de la commune de Bouzguene, en bordure de l'oued sahel (lieu dit Avnoveskre) et en contrebas d'une piste agricole. Cette retenue, de capacité de 75 000 m<sup>3</sup>, a été réalisée par la DSA en 1999.



Photo 4.10. Vue générale de la retenue Bouzguene N°3.

4.5.2.1. Evaluation de la vulnérabilité à la mise en service en 1999.

Tableau 4.6 : Indice de vulnérabilité à la mise en service en 1999.

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coefficient de pondération	Pi	Nei × Pi
Environnementale	Implantation de l'ouvrage	Montagne	1	Climat montagnard	4	4
	Zone sismique	Zone IIa	2	En rase campagne	1	2
	Type de sol	Sol meuble	3	Risque de glissement	4	12
	Action de la neige	Zone A	4		1	4
	Action de vent	Zone I	2	Ph=0,75 Pc=0,50 Pt=1 Ps=1	3,25	6,50
Structurelle	Etanchéité de la retenue	Digue en argile compacté	1	Talus sec	1	1
	Protection du talus amont	Enrochement	1	Aucune dégradation	1	1
	Protection du Talus aval	Enrochement	1	Aucune dégradation	1	1
	Le revêtement de la crête	Tout-venant bien compacté	3	Aucune dégradation	1	3
	Type d'évacuateur	latérale sur rive à seuil en béton	2	Aucune dégradation	1	2
	Type de coursier	Béton armé	1	Aucune dégradation	1	1
	Type de bajoyers	Béton armé	1	Aucune dégradation	1	1
	Type de bassin de dissipation	Béton armé	1	Aucune dégradation	1	1
	Conduite de prise et de vidange	Acier noire	4	fonctionnelle	1	4
Fonctionnelle	Destination de l'ouvrage	irrigation	1	carrossable	2	2
	Etat d'envasement de la cuve	Talweg (ruissellement)	3	Inférieur à 10ans	1	3
	Fréquence d'entretien	Trimestrielle	1	Routes	2	2
<b>Indice de vulnérabilité</b>						<b>50,50</b>

La valeur de l'indice de vulnérabilité simulée au jour de la mise en service (tableau 4.6) classe la retenue en vert ( $17 \leq Iv = 50,5 \leq 68$ ). La retenue présente un bon comportement aux aléas naturels.

**4.5.2.2. Evaluation de la vulnérabilité au jour de l'expertise en 2011.**

❖ **Défauts apparents**



**Photo 4.11 : Présence de végétation sur la crête.**



**Photo 4.12 : Talus aval envahie par la végétation.**



**Photo 4.13 : Envasement partiel de la retenue.**



**Photo 4.14 : Evacuateur de crue endommagé**

Les paramètres de l'évaluation structurelle ayant subi des variations sont illustrés dans le tableau 4.7.

**Tableau 4 7 : Evaluation de la vulnérabilité au jour d'expertise en 2011.**

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coefficient de pondération	Pi	Nei×Pi
<b>Structurelle</b>	Etanchéité de la retenue	Digue en argile compactée	1	Présence de Suintement	2	2
	Protection du talus amant	Enrochement	1	végétation	2	2
	Protection du talus aval	Enrochement	1	Végétations	2	2
	Revêtement de la crête	Tout-venant	3	Présence de végétation et Affaissement	4	12
	Type d'évacuateur	Latérale sur rive à seuil en béton	2	Emporté par les crues	4	8
	Type de coursier	Béton	1	Ruine et effondrement	4	4
	Type de bajoyers	Béton	1	Déformations	2	2
	Type de bassin de dissipation	Béton	1	Déstabilisé par les crues (ruine)	4	4
	Conduite de prise et vidange	Conduite en acier noire	4	non fonctionnelle	4	16
<b>Fonctionnelle</b>	Etat d'envasement de la cuve	Talweg (ruissellement)	3	10 à 20 ans	2	6
	Fréquence d'entretien	Absence	4	Routes	2	8
<b>Indice de vulnérabilité</b>						<b>96,50</b>

La valeur de l'indice de vulnérabilité obtenue ( $I_v=96,5$ ) reclasse la retenue expertisée en orange 1.

**4.5.2.3. Evaluation de la vulnérabilité après la réhabilitation**

Pour la réhabilitation de l'ouvrage expertisé, on propose les modes de réparations suivants :

**Tableau 4.8 : Mode de réparation correspondant aux défauts apparents.**

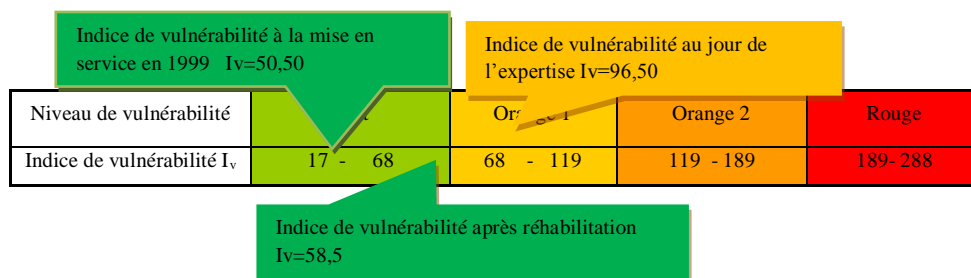
Pathologies	Mode de réparations possibles
Présence de la végétation sur la crête et le talus aval	Fauchage Produits anti-végétations
Envasement partiel de la retenue	Evacuation des dépôts solides de l'intérieur de la cuve
Evacuateur de crue emporté par les crues	Mise en place d'un évacuateur de crue
Corrosion et endommagement de la vanne de vidange.	Mise en place d'une vanne de vidange
Affaissement de la crête de la retenue	Rechargement de la crête afin de restaurer le profil

Nous donnons ci-après (Tableau 4.9) les paramètres de l'évaluation devront subir des variations après réhabilitation :

**Tableau 4.9 : Indice de vulnérabilité après réhabilitation.**

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coefficient de pondération	Pi	Nei x Pi
<b>Structurelle</b>	Etanchéité de la retenue	Digue en argile compactée	1	Présence de suintement	2	2
	Protection du talus amont	Enrochement	1	Aucune dégradation	1	1
	Protection du talus aval	Enrochement	1	Aucune dégradation	1	1
	Revêtement de la crête.	Tout-venant	3	Aucune dégradation	1	3
	Type d'évacuateur	Latérale sur rive à seuil en béton	2	Aucune dégradation	1	2
	Type de coursier	Béton	1	Aucune dégradation	1	1
	Type de bajoyers	Béton	1	Aucune dégradation	1	1
	Type de bassin de dissipation	Béton	1	Aucune dégradation	1	1
<b>Fonctionnelle</b>	Conduite de prise et vidange	Conduite en acier noire	4	Fonctionnelle	1	4
	Etat d'envasement de la cuve	Talweg (ruissellement)	3	10 à 20 ans	2	6
	Fréquence d'entretien	Annuelle	3	Routes	2	6
<b>Indice de vulnérabilité</b>						<b>58,50</b>

La valeur de l'indice de vulnérabilité recalculé après réhabilitation ( $I_v=58,5$ ) reclasse la retenue expertisée en vert. Celui-ci présente un bon comportement aux aléas naturels.



**Figure 4.3 : Evaluation de la vulnérabilité dans le cycle de vie Retenue collinaire Bouzguene N°3.**

### 4.5.3. Retenue collinaire Illoula oumalou N° 399

La retenue collinaire Illoula oumalou N° 399 est située à l'ouest du chef lieu de la commune Illoula oumalou, ou lieu dit Ofni, en contrebas d'une piste agricole. Cette retenue, de capacité de 80 000 m<sup>3</sup>, a été réalisée par la DHW en 2000.



Photo 4.15. Vue générale de la retenue Illoula oumalou N° 399.

#### 4.5.3. 1. Evaluation de la vulnérabilité à la mise en service en 2000.

Tableau 4.10: Indice de vulnérabilité à la mise en service en 2000.

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coefficient de pondération	Pi	Nei × Pi
<b>Environnementale</b>	Implantation de l'ouvrage	Montagne	1	Climat montagnard	4	4
	Zone sismique	Zone IIa	2	En rase compagne	1	2
	Type de sol	Sol meuble	3	Risque de glissement	4	12
	Action de la neige	Zone A	4		1	4
	Action de vent	Zone I	2	Ph=0,75 Pc=0,50 Pt=1 Ps=1	3,25	6,50
<b>Structurelle</b>	Etanchéité de la retenue	Digue en argile compactée	1	Talus sec	1	1
	Protection du talus amont	Enrochement	1	Aucune dégradation	1	1
	Protection du talus aval	Enrochement	1	Aucune dégradation	1	1
	Revêtement de la crête	Tout-venant	3	Aucune dégradation	1	3
	Type d'évacuateur	latérale sur rive à seuil en béton	2	Aucune dégradation	1	2
	Type de coursier	Béton	1	Aucune dégradation	1	1
	Type de bajoyers	Béton	1	Aucune dégradation	1	1
	Type de bassin de dissipation	Béton	1	Aucune dégradation	1	1
	Conduite de vidange	Conduite en amiante	4	fonctionnelle	1	4
<b>Fonctionnelle</b>	Destination de l'ouvrage	irrigation	1	carrossable	2	2
	Etat d'envasement de la cuve	Talweg (ruissellement)	3	Inférieur à 10 ans	1	3
	Fréquence d'entretien	Trimestrielle	1	Routes	2	6
<b>Indice de vulnérabilité</b>						<b>54,50</b>

La valeur de l'indice de vulnérabilité simulée au jour de la mise en service classe la retenue en Vert ( $17 \leq Iv = 54,50 \leq 68$ ).

## 4.5.3. 2. Evaluation de la vulnérabilité au jour de l'expertise

## ❖ Défauts apparents



Photo 4.16 : Présence de végétation sur le talus amant.



Photo 4.17 : Présence de fissures transversales sur la crête.



Photo 4.18 : Fuites localisées sur le parement aval.



Photo 4.19 : Erosion et effondrement de l'évacuateur de crue.



Photo 4.20 : Une grande fosse d'érosion à l'aval du coursier.



Photo 4.21 : présence de terriers sur le talus aval.

Les paramètres de l'évaluation structurelle ayant subit des variations, suite aux défauts sus-cités, sont illustrés dans le tableau 4.11. La valeur de l'indice de vulnérabilité obtenue ( $I_v=95$ ) reclasse la retenue expertisée en orange 1.

Tableau 4. 11: Indice de vulnérabilité au jour d'expertise en 2011.

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coefficient de pondération	Pi	Nei x Pi
Structurelle	Etanchéité de la retenue	Digue en argile compacté	1	Présence de fuites	4	2
	Protection du talus amant	Enrochement	1	Présence de végétation	2	2
	Protection du talus aval	Enrochement	1	Présences terriers	3	3
	Revêtement de la crête	Tout-venant	3	Présences des fissures	3	9
	Type d'évacuateur	latérale sur rive à seuil en béton	2	Ruine et effondrement	4	8
	Type de coursier	Béton armé	1	Ruine et effondrement	4	4
	Type de bajoyers	Béton armé	1	Fissures des joints	3	3
	Type de bassin de dissipation	Béton armé	1	Ruine	4	4
Fonctionnelle	Conduite de prise et vidange	Conduite en acier noire	4	non fonctionnelle	4	16
	Etat d'envasement de la cuve	Talweg (ruissellement)	3	10 à 20 ans	2	6
	Fréquence d'entretien	Absence	4	Routes	2	8
<b>Indice de vulnérabilité</b>						<b>95,5</b>

4.5.3.3. Evaluation de la vulnérabilité après la réhabilitation

Pour la réhabilitation de l'ouvrage expertisé, on propose les modes de réparations suivants :

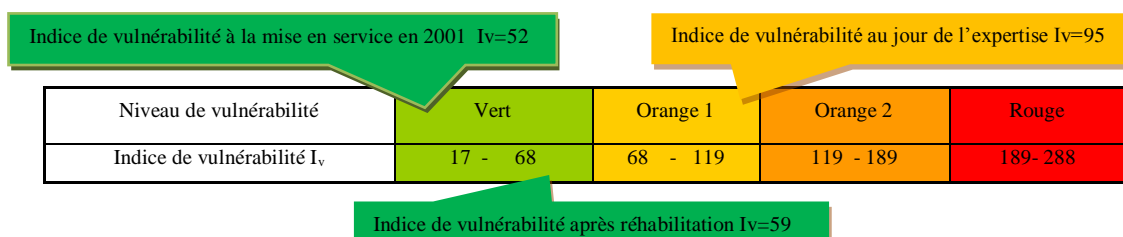
**Tableau 4.12 : Mode de réparation correspondant aux défauts apparents.**

Pathologies	Mode de réparations possibles
Présence de la végétation sur le talus amont	Fauchage+ Produits anti-végétations
Présence de fissures sur la crête	Rechargement de la crête afin de restaurer le profile
Fuite sur le talus aval	L'étanchéité doit être améliorée par une géo-membrane, un tapis mince en argile ou couche de bitume. Effectuer un suivi régulier afin d'en connaître les évolutions.
Evacuateur de crue emporté par les crues	Mise en place d'un évacuateur de crue
Bassin de dissipation déstabilisé par les crues	Mise en place un bassin dissipateur
Coursier effondré	Mise en place d'un coursier
Présence de terriers	Réparer par des travaux de petits terrassements et reconstitution de l'étanchéité du remblai (injection)

Le tableau 4.12 ci-après donne les paramètres de l'évaluation ayant subit des modifications après recommandations de réhabilitation. La valeur de l'indice de vulnérabilité recalculé après réhabilitation ( $I_v=58,5$ ) reclasse la retenue expertisée en vert.

**Tableau 4.13: Indice de vulnérabilité après réhabilitation.**

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coefficient de pondération	Pi	Nei x Pi
Structurelle	Etanchéité de la retenue	Digue en argile compactée	1	Suintement	2	2
	Protection du talus amant	Enrochement	1	Aucune dégradation	1	1
	Protection du talus aval	Enrochement	1	Végétation	2	2
	Revêtement de la crête de la retenue	Tout-venant	3	Présence d'ornières	1	3
	Type d'évacuateur	Latérale sur rive à seuil en béton	2	Aucune dégradation	1	2
	Type de coursier	Béton armé	1	Aucune dégradation	1	1
	Type de bajoyers	Béton armé	1	Déformations	2	1
	Type de bassin de dissipation	Béton armé	1	Aucune dégradation	1	1
Fonctionnelle	Conduite de prise et vidange	Conduite en acier noire	4	fonctionnelle	1	4
	Etat d'envasement de la cuve	Talweg (ruissellement)	3	10 à 20 ans	2	6
	Fréquence d'entretien	Annuelle	3	Routes	2	6
Indice de vulnérabilité					58,5	



**Figure 4.4 : Evaluation de la vulnérabilité dans le cycle de vie de la retenue collinaire Illoula oumalou N° 399.**

#### 4.5.4. Retenue collinaire Illoula oumalou N° 1

La retenue collinaire Illoula Oumalou N° 1 est située à l'ouest du chef lieu de la commune Illoula Oumalou, ou lieu dit Ofni, en contrebas d'une piste agricole. Cette retenue, de capacité de 40 000 m<sup>3</sup>, a été réalisée par la DSA en 2000.



Photo 4.22. Vue générale de la retenue Illoula oumalou N° 1

##### 4.5.4.1. Evaluation de la vulnérabilité à la mise en service en 2000.

Tableau 4.14 : Indice de vulnérabilité à la mise en service en 2000.

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coefficient de pondération	Pi	Nei×Pi
Environnementale	Implantation de l'ouvrage	Montagne	1	Climat montagnard	4	4
	Zone sismique	Zone IIa	2	Milieu rural	2	4
	Type de sol	Sol meuble	3	Risque de glissement	4	4
	Action de la neige	Zone A	4		1	4
	Action de vent	Zone I	2	Ph=0,75 Pc=0,50 Pt=1 Ps=0,75	3	6
Structurelle	Etanchéité de la retenue	Digue en argile compactée	1	Talus sec	1	1
	Protection du talus amont	Enrochement	1	Aucune dégradation	1	1
	Protection du talus aval	Talus non protégé	4	Aucune dégradation	1	4
	Revêtement de la crête de la retenue	Sans protection	4	Crête en bonne état	1	4
	Type d'évacuateur	latérale sur rive à seuil en béton	2	Aucune dégradation	1	2
	Type de coursier	Béton armé	1	Aucune dégradation	1	1
	Murs bajoyers	Béton armé	1	Aucune dégradation	1	1
	Type de bassin de dissipation	Béton armé	1	Aucune dégradation	1	1
	Conduite de prise et vidange	Conduite en acier noire	4	fonctionnelle	1	4
Fonctionnelle	Destination de l'ouvrage	irrigation	1	carrossable	2	2
	Etat d'envasement de la cuve	Talweg ruissellement	3	Inférieur à 10ans	1	3
	Fréquence d'entretien	trimestrielle	1	Routes	2	2
<b>Indice de vulnérabilité</b>						<b>48</b>

La valeur de l'indice de vulnérabilité simulée au jour de la mise en service classe la retenue en Vert ( $17 \leq Iv = 48 \leq 68$ ). Celle-ci présente un bon comportement aux aléas naturels.

4.5.4.2. Evaluation de la vulnérabilité au jour de l'expertise

Les paramètres de l'évaluation structurelle ayant subi des variations suite aux différentes pathologies sont illustrés sur le tableau 4.15.

❖ Défauts apparents



Photo 4.23: Présence de terriers sur le talus amant.



Photo 4.24 : Végétation arbustive sur le talus amant.



Photo 4.25 : Glissement de la berge.



Photo 4.26 : Affaissement de la crête sur la rive.



Photo 4.27 : fissures sur le coursier



Figure 4.28 : Bassin de dissipation emporté par la crue.

Tableau 4. 15: Evaluation de la vulnérabilité au jour d'expertise en 2011.

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coefficient de pondération	Pi	Nei x Pi
<b>Structurelle</b>	Etanchéité de la retenue	Noyau argileux compactée	1	Présence de suintement	2	2
	Protection du talus amant	Enrochement	1	Présence des terriers et de végétation	3	3
	Protection du talus aval	Talus non protégé	4	Présences des fissures	3	12
	Revêtement de la crête	sans protection	4	Présence d'affaissement	4	16
	Type d'évacuateur	Latérale à seuil en béton	2	Présence des tassements	2	4
	Type de coursier	Béton armé	1	Présence de fissures	2	2
	Type de bajoyers	Béton armé	1	Présences des fissures	3	3
	Bassin de dissipation	Béton armé	1	Erosion et Ruine	4	4
	Conduite de prise et vidange	Conduite en acier noire	4	non fonctionnelle	4	16
<b>Fonctionnelle</b>	État d'envasement de la cuve	Talweg ruissellement	3	10 à 20 ans	2	6
	Fréquence d'entretien	Absence	4	Routes	2	8
<b>Indice de vulnérabilité</b>						<b>100</b>

La valeur de l'indice de vulnérabilité obtenue (Iv=100) reclasse la retenue expertisée en orange 1.

4.5.4.3. Evaluation de la vulnérabilité après la réhabilitation

Pour la réhabilitation de l'ouvrage expertisé, on propose les modes de réparations suivants :

Tableau 4.16 : Mode de réparation correspondant aux défauts apparents.

Pathologies	Mode de réparations possibles
Présence de terriers sur le talus amont	Réparer par des travaux de petits terrassements et reconstitution de l'étanchéité du remblai (injection)
Présence de la végétation arbustive	Procéder à une coupe systématique des brins et accompagner de produits chimiques dévitalisant afin de tuer les sujets.
Présence de glissement sur la berge	Enherbement- mise en place d'enrochements, blocs préfabriqués, gabions ou Matelas Reno.
Affaissement de la crête	Rechargement de la crête afin de restaurer le profil
Présence de fissures sur le coursier	Décapage du béton jusqu'à apparition des aciers, badigeon avec un produit de reprise de béton, bétonnage.
Bassin de dissipation emporté par la crue	Mise en place d'un bassin de dissipation

Sur le tableau 4.17, nous présentons les paramètres de l'évaluation ayant été modifiés après recommandations de réhabilitation.

Tableau 4.17: Indice de vulnérabilité après réhabilitation.

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coefficient de pondération	Pi	Nei x Pi
<b>Structurelle</b>	Etanchéité de la retenue	Digue en argile compactée	1	Présence de suintements	2	1
	Protection du talus amant	Enrochement	1	Végétation	2	2
	Protection du talus aval	Enrochement	1	Végétation	2	2
	Le revêtement de la retenue	Revêtement en béton armé	1	Présence d'ornière	2	2
	Type d'évacuateur	Latérale à seuil en béton	2	tassements	2	4
	Type de coursier	Béton armé	1	Aucune dégradation	1	1
	Type de bajoyers	Béton armé	1	déformations	2	2
	Type de bassin de dissipation	Béton armé	1	Aucune dégradation	1	1
<b>Fonctionnelle</b>	Conduite de prise et vidange	Conduite en acier noire	4	fonctionnelle	1	4
	Etat d'envasement de la cuve	Talweg ruissellement	3	10 à 20 ans	2	6
	Fréquence d'entretien	Annuelle	3	Routes	2	6
<b>Indice de vulnérabilité</b>						<b>55</b>

La valeur de l'indice de vulnérabilité recalculé après réhabilitation (Iv=55) reclasse la retenue expertisée en vert.

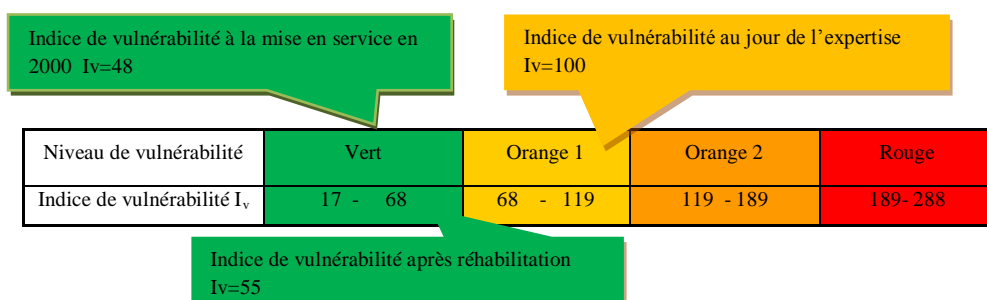


Figure 4.5 : Evaluation de la vulnérabilité dans le cycle de vie de la retenue collinaire Illoula oumalou N° 1.

#### 4.5.5. Retenue collinaire Timizart 201

La retenue collinaire Timizart 201 est située à l'est de chemin de wilaya 06 (C.W 06), ou lieu dit Djemaa Azekka oudhrgl, en contrebas d'une piste agricole. Cette retenue, de capacité de 60 000m<sup>3</sup>, a été réalisée par la DHW en 1988.



Photo 4.29. Vue générale de la retenue Timizart 201.

##### 4.5.5.1. Evaluation de la vulnérabilité à la mise en service en 1988.

Tableau 4.18 : Evaluation de la vulnérabilité à la mise en service en 1988.

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coefficient de pondération	Pi	Nei×Pi
Environnementale	Implantation de l'ouvrage	Vallées et plaines	2	Climat humide	3	6
	Zone sismique	Zone IIa	2	Milieu rural	2	4
	Type de sol	Sol meuble	3	Tassement	2	6
	Action de la neige	Zone A	4		1	4
	Action de vent	Zone I	2	Ph=0,5 Pc=0,50 Pt=0,50 Ps=0,75	2,25	4,5
Structurelle	Etanchéité de la retenue	Digue en argile compactée	1	Talus sec	1	1
	Protection du talus amont	Enrochement	1	Aucune dégradation	1	1
	Protection du Talus aval	Enrochement	1	Aucune dégradation	1	1
	Revêtement de la crête la retenue	Sans protection	4	Crête en bonne état	1	4
	Type d'évacuateur	sur rive à seuil en béton	2	Aucune dégradation	1	2
	Type de coursier	Béton banche	4	Aucune dégradation	1	4
	Type de bajoyers	Béton banche	4	Aucune dégradation	1	4
	Type de bassin de dissipation	Maçonnerie	4	Aucune dégradation	1	4
	Conduite de prise et vidange	Conduite en acier noire	4	fonctionnelle	1	4
Fonctionnelle	Destination de l'ouvrage	irrigation	1	carrossable	2	2
	Etat d'envasement de la cuve	Talweg (ruissellement)	3	Inférieur à 10ans	1	3
	Fréquence d'entretien	trimestrielle	1	Routes	2	2
<b>Indice de vulnérabilité</b>					<b>56,5</b>	

La valeur de l'indice de vulnérabilité simulée au jour de la mise en service classe la retenue en Vert ( $17 \leq Iv = 56,5 \leq 68$ ). Celle-ci présente un bon comportement aux aléas naturels.

4.5.5.2. Evaluation de la vulnérabilité au jour de l'expertise

❖ Défauts apparents



Photo 4.30 : Glissement d'enrochement de talus amant.



Photo 4.31 : Affaissement de la crête retenue.



Photo 4.32 : Désordre dus ou batillage.



Photo 4.33 : Végétation arbustive sur le talus amant.



Photo 4.34 : Murs bajoyers présence de fissures



Photo : 4.35 : Corrosion et colmatage de la vanne.

Les paramètres de l'évaluation structurelle ayant subit modifications suites aux défauts apparents sont donnés sur tableau 4.19 suivant :

Tableau 4.19 : Indice de vulnérabilité au jour d'expertise en 2012.

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coefficient de pondération	Pi	NeixPi
Environnementale	Etanchéité de la retenue	Digue en argile compactée	1	Présence de Suintement	2	2
	Protection du talus amant	Enrochement	1	Présence des glissements	4	4
	Protection du talus aval	Enrochement	1	Présence de ravines	4	4
	Revêtement de la retenue	sans protection	4	Présence d'Affaissement	4	16
	Type d'évacuateur	latérale sur rive à seuil en béton	2	Présence des tassements	2	4
	Type coursier	Béton banche	4	Erosion importante	3	12
	Type de bajoyers	Béton banché	4	Présence des fissures	3	12
	Type de bassin de dissipation	Maçonnerie	4	Emporté par les crues	4	16
Fonctionnelle	Conduite de prise vidange	Conduite en acier noire	4	non fonctionnelle	4	16
	Etat d'envasement de la cuve	Talweg (ruissellement)	3	20 à 30	3	9
	Fréquence d'entretien	Absence	4	Routes	2	8
<b>Indice de vulnérabilité</b>						<b>129,5</b>

La valeur de l'indice de vulnérabilité obtenue ( $I_v=129,5$ ) reclasse la retenue expertisée en orange 2.

4.5.5.3. Evaluation de la vulnérabilité après la réhabilitation

Pour la réhabilitation de l'ouvrage expertisé, on propose les modes de réparations suivants :

Tableau 4.20 : Mode de réparation correspondant aux défauts apparents.

Pathologies	Mode de réparations possibles
Glissement des enrochements de talus amant	Maitre en place des enrochements
Présence des affaissements sur la crête	Rechargement de la crête afin de restaurer le profile
Présence des fissures sur les murs bajoyers	Réparation des murs bajoyers
Bassin de dissipation emporté par les crues	Mise en place un bassin dissipateur
Colmatage et corrosion des vannes de prise de vidange	Mise en place de la vanne de vidange
Désordres dus ou batillage.	Réparation ponctuelle en mettant en place des enrochements plus gros à la place de ce qui on été déplacés.

Nous donnons ci-après les paramètres de l'évaluation ayant subit des variations après les recommandations de reptations.

Tableau 4.21: Indice de vulnérabilité après réhabilitation.

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coefficient de pondération	Pi	Nei x Pi
<b>Environnementale</b>	Etanchéité de la retenue	Digue en argile compactée	1	Présence de suintement	2	2
	Protection du talus amant	Enrochement	1	Présences de végétation	2	2
	Protection du talus aval	Enrochement	1	Présences de végétation	2	2
	Revêtement de la crête	Revêtements en béton armé	1	Présences de végétation	1	1
	Type d'évacuateur	latérale sur rive à seuil en béton	1	Présence de tassement	2	2
	Type de coursier	Béton banche	4	Aucune dégradation	1	4
	Type de bajoyers	Béton banche	4	Aucune dégradation	1	4
	Type de bassin de dissipation	Maçonnerie	4	Aucune dégradation	1	4
	Conduite de prise vidange	Conduite en acier noire	4	fonctionnelle	1	4
<b>Fonctionnelle</b>	Etat d'envasement de la cuve	Talweg (ruissellement)	3	20 à 30	3	9
	Fréquence d'entretien	Annuelle	3	Routes	2	6
<b>Indice de vulnérabilité</b>						<b>66,5</b>

La valeur de l'indice de vulnérabilité recalculé après réhabilitation (**Iv=66,5**) reclasse la retenue expertisée en vert.

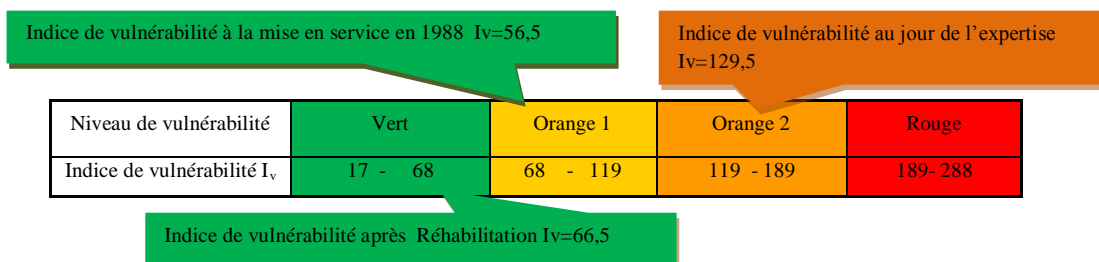


Figure 4.6 : Evaluation de la vulnérabilité dans le cycle de vie de la retenue collinaire Timizart 201.

4.5.6. Retenue collinaire Timizart 360

La retenue collinaire Timizart 360 est située en contrebas de la route qui relie Souk-el-had à Ouaguenoun, ou lieu dit Mahvouva. Cette retenue, de capacité de 50 000m<sup>3</sup>, a été réalisée par la DHW en 1988.



Photo 4.36. Vue générale de la retenue Timizart 360.

4.5.6. 1.Evaluation de la vulnérabilité à la mise en service en 1988

Tableau 4.22: Indice de vulnérabilité à la mise en service en 1988.

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coefficient de pondération	Pi	Nei×Pi
Environnementale	Implantation de l'ouvrage	Vallées et pleine	2	Climat humide	3	6
	Zone sismique	Zone IIa	2	Milieu rural	2	4
	Type de sol	Sol meuble	3	Risque de glissement	4	12
	Action de la neige	Zone A	4		1	4
	Action de vent	Zone I	2	Ph=0,75	2,5	5
Pc=0,50						
Pt=0,50						
Ps=0,75						
Structurelle	Type d'étanchéité	Digue en argile compactée	1	Talus sec	1	1
	protection du talus amont	Enrochement	1	Aucune dégradation	1	1
	Protection du talus aval	Enrochement	1	Aucune dégradation	1	1
	Revêtement de la crête	Tout-venant	3	Aucune dégradation	1	3
	Type d'évacuateur	latérale sur rive à seuil en béton	2	Aucune dégradation	1	2
	Type de coursier	Béton banché	4	Aucune dégradation	1	4
	Type de bajoyers	Béton banché	4	Aucune dégradation	1	4
	Type de bassin de dissipation	Maçonnerie	4	Aucune dégradation	1	4
	Conduite de vidange	Conduite en acier noire	4	Fonctionnelle	1	4
Fonctionnelle	Destination de l'ouvrage	irrigation	1	carrossable	2	2
	Etat d'envasement de la cuve	Canalisation	1	Inférieur à 10ans	1	3
	Fréquence d'entretien	trimestrielle	1	Routes	2	2
<b>Indice de vulnérabilité</b>						<b>62</b>

La valeur de l'indice de vulnérabilité simulée au jour de la mise en service classe la retenue en Vert ( $17 \leq Iv = 62 \leq 68$ ). Celle-ci présente un bon comportement aux aléas naturels.

4.5.6. 2.Evaluation de la vulnérabilité au jour de l'expertise

❖ Défauts apparents



Photo 4.37 : Désordre dus au batillage.



Photo 4.38 : Présence de fissures sur le talus aval.



Photo 4.39: Glissement du talus amont.



Photo 4.40: Creusement de ravines sur le narement aval.



Photo 4.41 : Orniérage sur la crête.



Photo 4.42: Glissement des murs bajoyer.

Les paramètres de l'évaluation structurelle ayant subit des variations suite aux défauts sus cités, sont illustrés dans le tableau 4.23 qui suit :

Tableau 4. 23: Indice de vulnérabilité au jour d'expertise en 2012

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coefficient de pondération	Pi	Nei x Pi
Structurelle	Etanchéité de la retenue	Digue en argile compactée	1	Fuites légères	3	3
	Protection du talus amont	Enrochement	1	Présence des glissements	4	4
	Protection du talus aval	Enrochement	1	Présence des ravines et fissures	4	4
	Le revêtement de la crête	Tout-venant	3	Présence des ornières	4	12
	Type d'évacuateur	latérale sur rive à seuil en béton	2	Obturation de déversoir	4	8
	Type de coursier	Béton banché	4	Ruine et effondrement	4	16
	Type de bajoyers	Béton banché	4	Ruine et effondrement	4	16
	Type de bassin de dissipation	Maçonnerie	4	Ruine	4	16
	Conduite de prise et vidange	Conduite en acier noire	4	non fonctionnelle	4	16
Fonctionnelle	Etat d'envasement de la cuve	Canalisation	1	20 à 30	3	3
	Fréquence d'entretien	Absence	3	Routes	2	6
					<b>Indice de vulnérabilité</b>	<b>121</b>

La valeur de l'indice de vulnérabilité obtenue (**Iv=121**) reclasse la retenue expertisée en orange 2.

4.5.6. 3.Evaluation de la vulnérabilité après la réhabilitation

Pour la réhabilitation de l'ouvrage expertisé, on propose les modes de réparations suivants :

Tableau 4.24 : Mode de réparation correspondant aux défauts apparents.

Pathologies	Mode de réparations possibles
Désordres dus ou batillage.	Réparation ponctuelle en mettant en place des enrochements plus gros à la place de ce qui on été déplacés.
Présence de fissures sur le talus aval	Pose d'un enrochement pour protéger le talus contre les aléas naturels
Glissement du talus amont	Enherbement- mise en place d'enrochements, blocs préfabriqués, gabions ou Matelas Reno.
Creusement de ravines sur le parement aval.	Réparation des ravines conformément aux recommandations du Chapitre 1
Orniérage sur la crête.	Remblayer avec du tout venant soigneusement compacté
Glissement des murs bajoyer	Maitre en place des murs en gabionnages

Nous donnons ci-après les paramètres de l'évaluation ayant subit des variations.

Tableau 4.25: Indice de vulnérabilité après réhabilitation.

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coefficient de pondération	Pi	Ne ix Pi
Structurelle	Etanchéité de la retenue	Digue en argile compactée	1	Présence de suintement	2	2
	Protection du talus amant	Enrochement	1	Présence de végétation	2	2
	Protection du talus aval	Enrochement	1	Présence de végétation	2	2
	Le revêtement de la crête	Tout-venant	3	Présence de végétation	1	3
	Type d'évacuateur	latérale sur rive à seuil en béton	2	Aucune dégradation	1	2
	Type de coursier	Béton banché	4	Aucune dégradation	1	4
	Type de bajoyers	Béton banché	4	Aucune dégradation	1	4
	Type de bassin de dissipation	Maçonnerie	4	Aucune dégradation	1	4
	Conduite de prise et vidange	Conduite acier noire	4	fonctionnelle	1	4
Fonctionnelle	Etat d'envasement de la cuve	Canalisation	1	20 à 30	3	3
	Fréquence d'entretien	Annuelle	3	Routes	2	6
Indice de vulnérabilité						69

La valeur de l'indice de vulnérabilité recalculé après réhabilitation (**Iv=69**) reclasse la Retenue expertisée en orange 1.

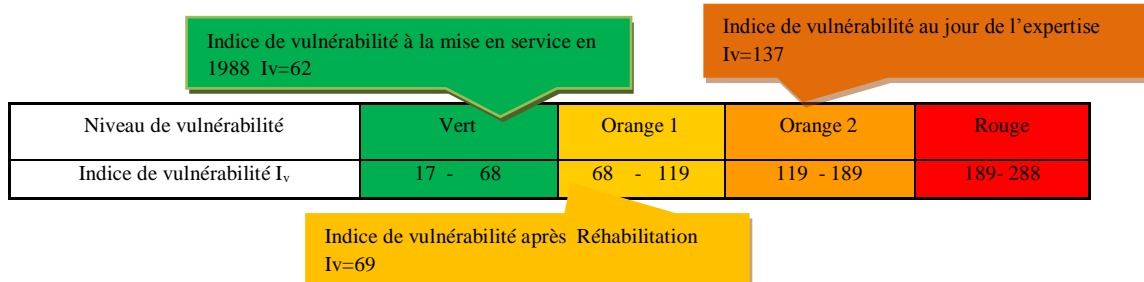


Figure 4.7 : Evaluation de la vulnérabilité dans le cycle de vie de la retenue collinaire Timizart 360.

#### 4.5.7. Retenue collinaire Timizart 363

La retenue collinaire Timizart 363 est située à l'est de chemin de wilaya 06 (C.W06) ou lieu dit El-hamri (Chergui). Cette retenue, de capacité de 70 000 m<sup>3</sup>, a été réalisée par la DHW en 1986.



Photo 4.43. Vue générale de la retenue Timizart 363.

#### 4.6.7.1. Evaluation de la vulnérabilité à la mise en service en 1986

Tableau 4.26 : Indice de vulnérabilité à la mise en service en 1986.

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coefficient de pondération	Pi	Nei×Pi
Environnementale	Implantation de l'ouvrage	Vallées et plaines	2	Climat humide	3	6
	Zone sismique	Zone IIa	2	Milieu rural	2	4
	Type de sol	Sol meuble	3	Risque de glissement	4	12
	Action de la neige	Zone A	4	–	1	4
	Action de vent	Zone I	2	Ph=0,75 Pc=0,50 Pt=0,50 Ps=0,75	2,50	5
Structurelle	Etanchéité de la retenue	Digue en argile compactée	1	Talus sec	1	1
	Protection du talus amont	Enrochement	1	Aucune dégradation	1	1
	Protection du talus aval	Enrochement	1	Aucune dégradation	1	1
	Le revêtement de la crête	Tout-venant bien compacté	3	Aucune dégradation	1	3
	Type d'évacuateur	latérale sur rive à seuil en béton	2	Aucune dégradation	1	2
	Type de coursier	Béton banché	4	Aucune dégradation	1	4
	Type de bajoyers	Béton banché	4	Aucune dégradation	1	4
	Type de bassin de dissipation	Gabion	3	Aucune dégradation	1	3
Conduite de prise et vidange	Conduite acier noire	4	Fonctionnelle	1	4	
Fonctionnelle	Destination de l'ouvrage	irrigation	1	carrossable	2	2
	Etat d'envasement de la cuve	Canalisation	1	Inférieur à 10ans	1	1
	Fréquence d'entretien	trimestrielle	1	Routes	2	4
<b>Indice de vulnérabilité</b>						<b>61</b>

La valeur de l'indice de vulnérabilité simulée au jour de la mise en service classe la retenue en Vert ( $17 \leq Iv = 61 \leq 68$ ). Celle-ci présente un bon comportement aux aléas naturels.

4.5.7. 2. Evaluation de la vulnérabilité au jour de l'expertise

❖ Défauts apparents



Photo 4.44 : Présence d'ornières sur la crête de la retenue



Photo 4.45: Végétation arbustive sur le talus amant et glissement des enrochements



Photo 4.46 : Creusement de ravines sur le parement aval.



Photos 4.47. Evacuateur de crue endommagé.

Les paramètres de l'évaluation structurale ayant subi des variations sont illustrés dans le tableau 4.27, conformément aux défauts sus cités.

Tableau 4. 27: Indice de vulnérabilité au jour d'expertise en 2012

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coefficient de pondération	Pi	Ne ix Pi
Structurale	Etanchéité de la retenue	Digue en argile compactée	1	Fuites légères	3	3
	Protection du talus amant	Enrochement	1	Présence de végétation et des glissements	4	4
	Protection du talus aval	Enrochement	1	Présence des ravines	4	4
	Le revêtement de la crête	Tout- venant bien compacté	3	Présence des ornières	4	12
	Type d'évacuateur	latérale sur rive à seuil en béton	2	Présence d'obstacle	4	8
	Type de coursier	Béton banché	4	Ruine et effondrement	4	16
	Type de bajoyers	Béton banché	4	Ruine et effondrement	4	16
	Type de bassin de dissipation	Gabion	3	Ruine	4	12
Conduite de prise de vidange	Conduite en acier noire	4	non fonctionnelle	4	16	
Fonctionnelle	Etat d'envasement de la cuve	Canalisation	1	20 à 30	3	3
	Fréquence d'entretien	Absence	3	Routes	2	6
					<b>Indice de vulnérabilité</b>	<b>133</b>

La valeur de l'indice de vulnérabilité obtenue (**Iv=133**) reclasse la retenue expertisée en orange 2. Celui-ci présente un comportement aux aléas faibles, et donc présentant une vulnérabilité assez élevée.

4.5.7. 3. Evaluation de la vulnérabilité après la réhabilitation

Pour la réhabilitation de l'ouvrage expertisé, on propose les modes de réparations suivants :

Tableau 4.28 : Mode de réparation correspondant aux défauts apparents

Pathologies	Mode de réparations possibles
Présence d'ornières sur la crête de la retenue	Remblayer avec du tout venant soigneusement compacté.
Végétation arbustive sur le talus amant	procéder à une coupe systématique des brins et accompagner de produits chimiques dévitalisant afin de tuer les sujets.
Glissement des enrochements sur le talus amont	Enherbement- mise en place d'enrochements, blocs préfabriqués, gabions ou Matelas Reno.
Creusement de ravines sur le parement aval.	Réparation des ravines conformément aux recommandations du Chapitre 1.
Ruine et effondrement de l'évacuateur de crue	Mise en place d'un évacuateur de crue.

Nous donnons ci-après les paramètres de l'évaluation ayant subit des variations.

Tableau 4.29: Indice de vulnérabilité après réhabilitation.

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coefficient de pondération	Pi	Ne ix Pi
<b>Structurelle</b>	Etanchéité de la retenue	Digue en argile compactée	1	Présence des suintements	2	2
	Protection du talus amant	Enrochement	1	Présence de végétation	2	2
	Protection du talus aval	Enrochement	1	Présence des fissures	3	3
	Le revêtement de la crête	Tout- venant bien compacté	3	Présence d'orniérage	1	3
	Type d'évacuateur	latérale sur rive à seuil en béton	2	Présence des tassements	2	4
	Type de coursier	Béton banché	4	Aucune dégradation	1	4
	Type de bajoyers	Béton banché	4	Aucune dégradation	1	4
	Type de bassin de dissipation	Gabion	3	Aucune dégradation	1	3
<b>Fonctionnelle</b>	Conduite de prise et vidange	Conduite en acier noire	4	fonctionnelle	1	4
	Etat d'envasement de la cuve	Canalisation	1	20 à 30	3	3
	Fréquence d'entretien	Annuelle	3	Routes	2	6
<b>Indice de vulnérabilité</b>						<b>71</b>

La valeur de l'indice de vulnérabilité recalculé après réhabilitation (**Iv=71**) reclasse la retenue expertisée en orange 1.

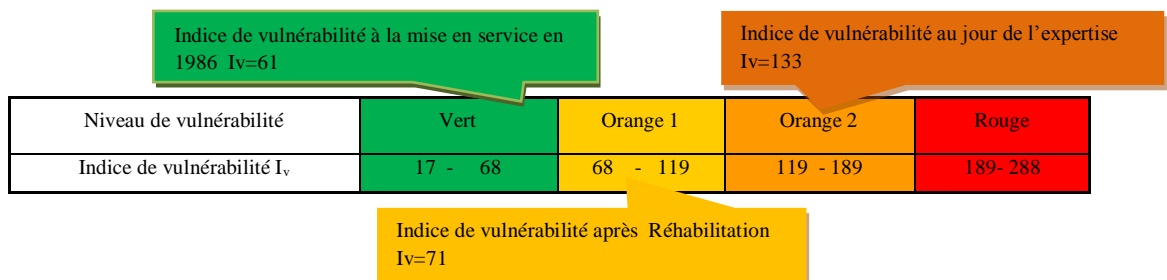


Figure 4.8 : Evaluation de la vulnérabilité dans le cycle de vie de la retenue collinaire Timizart 363.

#### 4.5.8. Retenue collinaire Timizart 366

La retenue collinaire TIMIZART 366 est située à l'ouest de chemin de wilaya 06 (C.W 06) ou lieu dit Imalloucene (Elmansoura). Cette retenue, de capacité de  $135\,000\text{ m}^3$ , a été réalisée par la DHW en 1986.



Photo 4.48. Vue générale de la retenue Timizart 366.

##### 4.5.8. 1. Evaluation de la vulnérabilité à la mise en service en 1986

Tableau 4.30: Indice de vulnérabilité à la mise en service en 1986.

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coefficient de pondération	Pi	Nei × Pi
Environnementale	Implantation de l'ouvrage	Vallées et plaines	2	Climat humide	3	6
	Zone sismique	Zone IIa	2	Milieu rural	2	4
	Type de sol	Sol meuble	3	Tassement	2	6
	Action de la neige	Zone A	4		1	4
	Action de vent	Zone I	2	Ph=0,5 Pc=0,5 Pt=0,5 Ps=0,75	2,25	4,5
Structurelle	Etanchéité de la retenue	Digue en argile compactée	1	Talus sec	1	1
	Protection du talus amont	Enrochement	1	Aucune dégradation	1	1
	Protection du talus aval	Enrochement	1	Aucune dégradation	1	1
	Le revêtement de la crête	Tout- venant bien compacté	3	Crête en bonne état	1	3
	Type d'évacuateur	latérale sur rive à seuil en béton	2	Aucune dégradation	1	2
	Type de coursier	Béton armé	1	Aucune dégradation	1	1
	Type de bajoyers	Béton armé	1	Aucune dégradation	1	1
	Type de bassin de dissipation	Béton armé	1	Aucune dégradation	1	1
Conduite de prise et vidange	Conduite en acier noire	4	fonctionnelle	1	4	
Fonctionnelle	Destination de l'ouvrage	irrigation	1	carrossable	2	2
	Etat d'envasement de la cuve	Talweg (ruissellement)	3	Inférieur à 10ans	1	3
	Fréquence d'entretien	Trimestrielle	1	Routes	2	6
<b>Indice de vulnérabilité</b>						<b>50,5</b>

La valeur de l'indice de vulnérabilité simulée au jour de la mise en service classe la retenue en Vert ( $17 \leq Iv = 50,5 \leq 68$ ). Celle-ci présente un bon comportement aux aléas naturels.

## 4.5.8.2. Evaluation de la vulnérabilité au jour de l'expertise

## Défauts apparents



Photo 4.49 : Végétation arbustive sur le talus amant.



Photo 4.50 : Végétation arbustive sur le talus aval.



Photo 4.51 : Affaissement de la crête



Photo 4.52 : Ravines sur le parement amant



Photo 4.53 : Ornières sur la crête de la retenue.



Photo 4.54 : Evacuateur de crue obturé.

Les paramètres de l'évaluation structurelle ayant subi des variations sont illustrés dans le tableau 4.31 suite aux défauts cités plus haut.

Tableau 4. 31: Indice de vulnérabilité au jour d'expertise en 2012

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coefficient de pondération	Pi	Neix Pi
Structurelle	Etanchéité de la retenue	Digue en argile compactée	1	Présence de suintement	2	2
	Protection du talus amant	Enrochement	1	Présence de ravines	3	3
	Protection du talus aval	Enrochement	1	Présence de végétation	2	2
	Revêtement de la crête	Tout- venant bien compacté	3	Présence ornières	2	6
	Type d'évacuateur	latérale sur rive à seuil en béton	2	Obturation de déversoir	4	8
	Type de coursier	Béton armé	1	Erosion importante	3	3
	Type de bajoyers	Béton armé	1	Perte de stabilité	4	4
	Type de bassin de dissipation	Béton armé	1	Ruine	4	4
	Conduite de prise et vidange	Conduite en acier noire	4	non fonctionnelle	4	16
Fonctionnelle	Etat d'envasement de la cuve	Talweg (ruissellement)	3	20 à 30	3	9
	Fréquence d'entretien	Absence	4	Routes	2	8
<b>Indice de vulnérabilité</b>						<b>91,5</b>

La valeur de l'indice de vulnérabilité obtenue (**Iv=91,5**) reclasse la retenue expertisée en orange 2. Celui-ci présente un comportement aux aléas faibles, et donc présentant une vulnérabilité assez élevée.

4.5.8.3. Evaluation de la vulnérabilité après la réhabilitation

Pour la réhabilitation de l'ouvrage expertisé, on propose les modes de réparations suivants :

Tableau 4.32 : Mode de réparation correspondant aux défauts apparents

Pathologies	Mode de réparations possibles
Végétation arbustive sur le talus amant et aval de la retenue	Procéder à une coupe systématique des brins et accompagner de produits chimiques dévitalisant afin de tuer les sujets.
Présence d'ornières sur la crête de la retenue	Remblayer avec du tout venant soigneusement compacté.
Affaissement de la crête	Rechargement de la crête afin de restaurer le profile
Creusement de ravin sur le talus amant	Réparation des ravines conformément aux recommandations du Chapitre 1.
Colmatage de l'évacuateur de crue	Suppression des obstacles
Perte de stabilité des murs bajoyers	Mise en place de murs bajoyers

Nous donnons ci-après les paramètres de l'évaluation ayant subit des variations.

Tableau 4.33: Indice de vulnérabilité après réhabilitation.

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coefficient de pondération	Pi	Ne ix Pi
Structurelle	Etanchéité de la retenue	Digue en argile compactée	1	Présence de Suintement	2	2
	Protection du talus amant	Enrochement	1	Présence de végétation	2	2
	Protection du talus aval	Enrochement	1	Aucune dégradation	1	1
	Revêtement de la crête	Tout- venant bien compacté	3	Aucune dégradation	1	3
	Type d'évacuateur	latérale sur rive à seuil en béton	2	Présence des tassements	2	4
	Type de coursier	Béton armé	1	Obturation partielle de coursier	2	2
	Type de bajoyers	Béton armé	1	Aucune dégradation	2	2
	Type bassin de dissipation	Béton armé	1	Aucune dégradation	1	2
	Conduite de prise vidange	Conduite en acier noire	4	fonctionnelle	1	4
Fonctionnelle	Etat d'envasement de la cuve	Talweg ruissellement	3	20 à 30	3	9
	Fréquence d'entretien	Annuelle	3	Routes	2	6
					Indice de vulnérabilité	63,5

La valeur de l'indice de vulnérabilité recalculé après réhabilitation (**Iv=63,5**) reclasse la retenue expertisée en Vert.

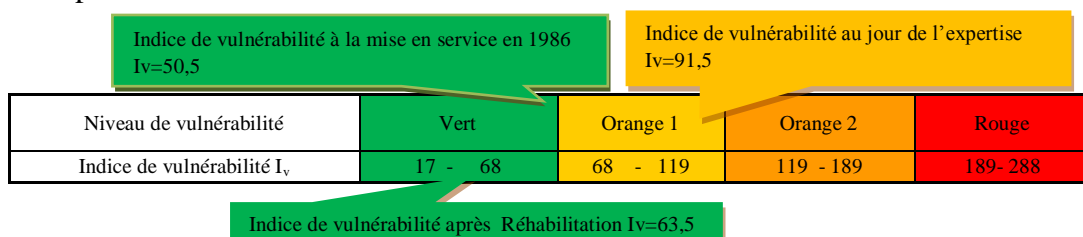


Figure 4.9 : Evaluation de la vulnérabilité dans le cycle de vie de la retenue Timizart 366.

#### 4.5.9. Retenue collinaire Timizart 388

La retenue collinaire Timizart 388 est située à l'ouest de chemin de wilaya 06 (C.W 06) ou lieu dit imrache (Tansaout ouabbou). Cette retenue, de capacité de 60 000 m<sup>3</sup>, a été réalisée par la DHW en 1986.



Photo 4.55. Vue générale de la retenue Timizart 388.

##### 4.5.9.1. Evaluation de la vulnérabilité à la mise en service en 1986.

Tableau 4.34 : Indice de vulnérabilité à la mise en service en 1986.

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coefficient de pondération	Pi	Nei×Pi
Environnementale	Implantation de l'ouvrage	Vallées et pleine	2	Climat humide	3	6
	Zone sismique	Zone IIa	2	Milieu rural	2	4
	Type de sol	Sol meuble	3	Tassement	2	6
	Action de la neige	Zone A	4		1	4
	Action de vent	Zone I	2	Ph=0,5	2,25	4,5
Pc=0,50						
Pt=0,50						
Ps=0,75						
Structurelle	Etanchéité de la retenue	Digue en argile compactée	1	Talus sec	1	1
	Protection du talus Amont	Non protégé	4	Aucune dégradation	1	4
	Protection du talus aval	Talus non protégé	4	Aucune dégradation	1	4
	Revêtement de la crête	Sans protection	4	Crête en bonne état	1	4
	Type d'évacuateur	latérale sur rive à seuil en béton	2	Aucune dégradation	4	4
	Type de coursier	Béton	1	Aucune dégradation	1	1
	Type de bajoyers	Béton	1	Aucune dégradation	1	1
	Type de bassin de dissipation	Béton	1	Aucune dégradation	1	1
	Conduite de vidange	Acier noire	4	fonctionnelle	1	4
Fonctionnelle	Destination de l'ouvrage	irrigation	1	carrossable	2	2
	Etat d'envasement de la cuve	Canalisation	1	Inférieur à 10ans	1	1
	Fréquence d'entretien	trimestrielle	1	Routes	2	2
<b>Indice de vulnérabilité</b>						<b>53,5</b>

La valeur de l'indice de vulnérabilité simulée au jour de la mise en service classe la retenue en Vert ( $17 \leq I_v = 53,5 \leq 68$ ).

4.5.9.2. Evaluation de la vulnérabilité au jour de l'expertise

Les paramètres de l'évaluation structurelle ayant subi des variations sont illustrés dans le tableau 4.35, suite aux défauts sus cités.

❖ Défauts apparents



Photo 4.56 : Ornières sur la crête.



Photo 4.57 : Talus amont non protégé.



Photo 4.58: Creusement de ravines sur le talus aval.



Photo 4.59 : Corrosion et colmatage de la vanne de vidange



Photo 4.60 : Evacuateur emporté par la crue



La valeur de l'indice de vulnérabilité obtenue ( $I_v=92,5$ ) reclasse la retenue expertisée en orange 1.

Tableau 4. 35: Indice de vulnérabilité au jour d'expertise en 2012

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coefficient de pondération	Pi	Nei x Pi
Structurelle	Etanchéité de a retenue	Digue en argile compactée	1	Présence de Suintement	2	2
	Protection du talus amont	Non protégé	4	Présence de végétation	1	4
	Protection du talus aval	Talus non protégé	4	Présence de ravines	3	12
	Revêtement de la crête	sans protection	4	Présence d'orniérages	2	8
	Type d'évacuateur	latérale sur rive à seuil en béton	2	Obturation de déversoir	4	8
	coursier	Béton	1	Erosion importante	3	3
	Murs bajoyers	Béton	1	Perte de stabilité	4	4
	Bassin de dissipation d'énergie	Béton armé	1	Ruine	4	4
Conduite de vidange	Conduite en acier noire	4	non fonctionnelle	4	16	
Fonctionnelle	Etat d'envasement de la cuve	Canalisation	1	20 à 30	3	3
	Fréquence de l'entretien	Annuelle	3	Routes	2	6
<b>Indice de vulnérabilité</b>						<b>92,5</b>

### 4.5.9.3. Evaluation de la vulnérabilité après la réhabilitation

Pour la réhabilitation de l'ouvrage expertisé, on propose les modes de réparations suivants :

**Tableau 4.36 : Mode de réparation correspondant aux défauts apparents.**

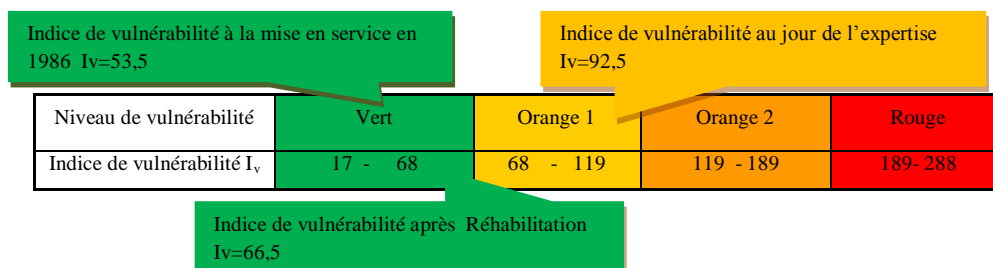
Pathologies	Mode de réparation possibles
Présence d'ornières sur la crête de la retenue	Remblayer avec du tout venant soigneusement compacté.
Creusement de ravines sur le talus aval	Réparation des ravines
Ruine et effondrement de l'évacuateur	Mise en place d'un évacuateur
Colmatage, endommagement, et corrosion des vannes de prise de vidange	Mise en place de la vanne de vidange

Nous donnons ci-après les paramètres de l'évaluation ayant subi des variations (tableau 4.37) :

**Tableau 4.37: Indice de vulnérabilité après réhabilitation.**

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coefficient de pondération	Pi	Ne ix Pi
Structurelle	Etanchéité de la retenue	Digue en argile compactée	1	Présence de Suintement	2	2
	Protection du talus amont	Talus non protégé	4	Présence de végétation	2	8
	Protection du talus aval	Enrochement	4	présence de végétation	2	8
	Revêtement de la crête	Revêtement en béton armé	1	Aucune dégradation	1	1
	Type d'évacuateur	latérale sur rive à seuil en béton	2	Présence des tassements	2	4
	Type de coursier	Béton	1	Obturation partiel de coursier	2	2
	Type de bajoyers	Béton	1	Aucune dégradation	1	1
	Type de bassin de dissipation	Béton	1	Aucune dégradation	1	1
	Conduite de prise et vidange	Conduite en acier noire	4	fonctionnelle	1	4
Fonctionnelle	Etat d'envasement de la cuve	Canalisation	1	20 à 30	3	3
	Fréquence d'entretien	Annuelle	3	Routes	2	6
Indice de vulnérabilité						66,5

La valeur de l'indice de vulnérabilité recalculé après réhabilitation ( $I_v=66,5$ ) reclasse la retenue expertisée en vert. Celui-ci présente un bon comportement aux aléas naturels.



**Figure 4.10 : Evaluation de la vulnérabilité dans le cycle de vie de la retenue collinaire Timizart 388.**

#### 4.5.10. Retenue collinaire Timizart

La retenue collinaire Timizart est située à l'ouest de chemin de wilaya 06 (C.W 06) ou lieu dit El-hamri (hvididhe). Cette retenue, de capacité de 70 000 m<sup>3</sup>, a été réalisée par la DHW en 2000.



Photo 4.61. Vue générale de la retenue Timizart

##### 4.5.10.1. Evaluation de la vulnérabilité à la mise en service en 2000.

Tableau 4.38: Indice de vulnérabilité à la mise en service en 2000.

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coefficient de pondération	Pi	Nei×Pi
Environnementale	Implantation de l'ouvrage	Vallées et pleine	2	Climat humide	3	6
	Zone sismique	Zone IIa	2	Milieu rural	2	4
	Type de sol	Sol meuble	3	Présence de tassements	2	6
	Action de la neige	Zone A	4	-	1	4
	Action de vent	Zone I	2	Ph=0,75 Pc=0,5 Pt=0,5 Ps=0,75	2,25	4,5
Structurelle	Etanchéité de la retenue	Digue en argile compactée	1	Talus sec	1	1
	Protection du Talus amont	Enrochement	1	Aucune dégradation	1	1
	Protection du talus aval	Enrochement	1	Aucune dégradation	1	1
	Le revêtement de la crête	Tout- venant bien compacté	3	Aucune dégradation	1	3
	Type d'évacuateur	sur rive à seuil en béton	2	Aucune dégradation	1	2
	Type de coursier	Béton armé	1	Aucune dégradation	1	1
	Type de bajoyers	Béton armé	1	Aucune dégradation	1	1
	Type de bassin de dissipation	Béton armé	1	Aucune dégradation	1	1
Conduite de prise et vidange	Conduite en acier noir	4	fonctionnelle	1	4	
Fonctionnelle	Destination de l'ouvrage	irrigation	1	carrossable	2	2
	Etat d'envasement de la cuve	Canalisation	1	Inférieur à 10ans	1	1
	Fréquence d'entretien	Trimestrielle	1	Routes	2	2
<b>Indice de vulnérabilité</b>						<b>44,5</b>

La valeur de l'indice de vulnérabilité simulée au jour de la mise en service classe la retenue en Vert ( $17 \leq I_v = 44,5 \leq 68$ ). Celle-ci présente un bon comportement aux aléas naturels.

## 4.5.10.2. Evaluation de la vulnérabilité au jour de l'expertise

## ❖ Défauts apparents



Photo 4.62: Végétation arbustive sur le talus amont.



Photo 4.63 : Glissement des enrochements du talus amont.



Figure 4.64 : Protection du talus aval vieillie.



Photo 4.65 : Glissement de terrain sur les bajoyers



Photo 4.66 : Endommagement du bassin de dissipation d'énergie



Photo 4.67 : Colmatage de la vanne de vidange.

Les paramètres de l'évaluation structurelle ayant subits des variations sont illustrés dans le tableau 4.39, suite aux défauts sus cités.

Tableau 4. 39: Indice de vulnérabilité au jour d'expertise en 2012.

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coefficient de pondération	Pi	NeixPi
Structurelle	Etanchéité de la retenue	Digue en argile compactée	1	Présence de suintements	2	2
	Protection du Talus amont	Enrochement	1	Présence des glissements	4	4
	Protection du talus aval	Enrochement	1	Présence de ravines	4	4
	Revêtement de la crête	Tout- venant bien compacté	3	Présence d'orniérage	2	6
	Type d'évacuateur	Déversoir latérale sur rive à seuil en béton	2	Présences de fissures	3	6
	Type de coursier	Béton armé	1	Altération du béton et érosion	3	3
	Type de bajoyers	Béton armé	1	Déformation des bajoyers	2	2
	Type de bassin de dissipation	Béton armé	1	Affouillement et érosion	4	4
	Conduite de prise et vidange	Conduite en acier noire	4	non fonctionnelle	4	16
Fonctionnelle	État d'envasement de la cuve	Canalisation	1	20 à 30	3	3
	Fréquence d'entretien	Absence	4	Routes	2	8
<b>Indice de vulnérabilité</b>						<b>84,5</b>

La valeur de l'indice de vulnérabilité obtenue ( $Iv=84,5$ ) reclasse la retenue expertisée en orange 1.

4.5.10.3. Evaluation de la vulnérabilité après la réhabilitation

Pour la réhabilitation de l'ouvrage expertisé, on propose les modes de réparations suivants :

Tableau 4.40: Mode de réparation correspondant aux défauts apparents.

Pathologies	Mode de réparations possibles
Végétation arbustive sur le talus amont	Procéder à une coupe systématique des brins et accompagner de produits anti-végétations.
Colmatages de bassin de dissipation	Suppression des obstacles
Glissement de terrain sur les murs bajoyers	Suppression des obstacles
Colmatage de la vanne de vidange	Mise en place de la vanne de vidange

Nous donnons sur le tableau 4.41 les paramètres de l'évaluation ayant subit des variations :

Tableau 4.41: Indice de vulnérabilité après réhabilitation.

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coef de pondération	Pi	Nei x Pi
Structurelle	Etanchéité de la retenue	Digue en argile compactée	1	Présence de suintement	2	2
	Protection du talus amant	Enrochement	1	Présence de végétation	2	2
	Protection du talus aval	Enrochement	1	Présence de végétation	2	2
	Revêtement de la crête	Tout- venant bien compacté	3	Présence de végétation	1	3
	Type d'évacuateur	Déversoir latérale sur rive à seuil en béton	2	Présence des tassements	2	4
	Type de coursier	Béton armé	1	Obturation partielle de coursier	2	2
	Type de bajoyers	Béton armé	1	Déformation des bajoyers	2	2
	Type de bassin de dissipation	Béton armé	1	Aucune dégradation	1	1
	Conduite de prise vidange	Conduite en acier noire	4	fonctionnelle	1	4
Fonctionnelle	Etat d'envasement de la cuve	Canalisation	1	20 à 30	3	3
	Fréquence d'entretien	Annuelle	3	Routes	2	6
<b>Indice de vulnérabilité</b>						<b>57,5</b>

La valeur de l'indice de vulnérabilité recalculé après réhabilitation ( $I_v=57,5$ ) reclasse la retenue expertisée en vert.

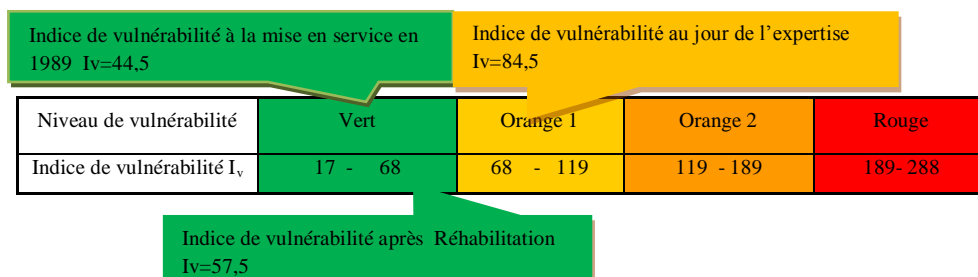


Figure 4.11 : Evaluation de la vulnérabilité dans le cycle de vie de la retenue collinaire Timizart.

#### 4.5.11. Retenue collinaire Freha 389

La retenue collinaire Freha 389 est située au nord du chef lieu de la commune de Freha. Cette retenue, de capacité de 50 000m<sup>3</sup>, a été réalisée par la DHW en 1986.



Photo 4.68. Vue générale de la retenue Freha 389.

##### 4.5.11.1. Evaluation de la vulnérabilité à la mise en service en 1986

La valeur de l'indice de vulnérabilité simulée au jour de la mise en service classe la retenue en Vert ( $17 \leq Iv = 57 \leq 68$ ). Celle-ci présente un bon comportement aux aléas naturels.

Tableau 4.42: Indice de vulnérabilité à la mise en service en 1986.

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coef de pondération	Pi	Nei × Pi
Environnementale	Implantation de l'ouvrage	Vallées et pleins	2	Climat humide	3	6
	Zone sismique	Zone IIa	2	Zone urbaine	4	8
	Type de sol	Sol meuble	3	Risque de glissement	4	12
	Action de la neige	Zone A	4	-	1	4
	Action de vent	Zone I	2	Ph=0,5 Pc=1 Pt=0,5 Ps=1	3	6
Structurelle	Etanchéité de la retenue	Digue en argile compactée	1	Talus sec	1	1
	Protection du talus amont	Enrochement	1	Aucune dégradation	1	1
	Protection du talus aval	Talus non protégé	4	Aucune dégradation	1	4
	Revêtement de la crête	Sans protection	4	Présence de la végétation	1	4
	Type d'évacuateur de crue	Déversoir latérale sur rive à seuil en béton	2	Aucune dégradation	1	2
	Type de coursier	Béton armé	1	Aucune dégradation	1	1
	Type de bajoyers	Béton armé	1	Aucune dégradation	1	1
	Type de bassin de dissipation	Béton armé	1	Aucune dégradation	1	1
Conduite de prise de vidange	Conduite en acier noire	4	Aucune dégradation	1	4	
Fonctionnelle	Destination de l'ouvrage	irrigation	1	Accessible par route carrossable	2	2
	Etat d'envasement de la cuve	Canalisation	1	Inférieur à 10ans	1	1
	Fréquence d'entretien	trimestrielle	1	Habitations	3	1
<b>Indice de vulnérabilité</b>						<b>59</b>

## 4.5.11.2. Evaluation de la vulnérabilité au jour de l'expertise

## ❖ Défauts apparents



Photo 4.69 : Affaissement de la crête de la retenue.



Photo 4.70 : Végétation arbustive Sur le talus amont



Photo 4.71 : Absence de protection et ravinement du Talus aval.



Photo 4.72 : Obturation de l'évacuateur de crue par la végétation.



Photo 4.73: Destruction de l'évacuateur de crue.

Les paramètres de l'évaluation structurelle ayant subi des variations sont illustrés dans le tableau 4.43, suite aux défauts sus cités. La valeur de l'indice de vulnérabilité obtenue ( $I_v=123$ ) reclasse la retenue expertisée en orange 2.

Tableau 4. 43 Indice de vulnérabilité au jour d'expertise en 2012.

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coef de pondération	Pi	Ne ix Pi
Structurelle	Protection du talus amant	Enrochement	1	Végétations	2	2
	Protection du talus aval	Talus non protégé	4	Présence des ravines	4	16
	Revêtement de la crête	Sans protection	4	Affaissement de la crête	4	16
	Type d'évacuateur de crue	Déversoir latérale sur rive à seuil en béton	2	Obturé	4	8
	Type de coursier	Béton armé	1	Ruine et effondrement	4	4
	Type de bajoyers	Béton armé	1	Ruine et effondrement	4	4
	Type e bassin de dissipation	Béton armé	1	Ruine et effondrement	4	4
	Conduite de prise et vidange	Conduite en acier noire	4	non fonctionnelle	4	16
Fonctionnelle	Etat d'envasement de la cuve	Canalisation	1	20 à 30	3	3
	Fréquence d'entretien	Absence	4	Habitations	3	12
<b>Indice de vulnérabilité</b>						<b>123</b>

4.5.11.3. Evaluation de la vulnérabilité après la réhabilitation

Pour la réhabilitation de l'ouvrage expertisé, on propose les modes de réparation suivants :

Tableau 4.44 : Mode de réparation correspondant aux défauts apparents.

Pathologies	Mode de réparations possibles
Végétation arbustive sur le talus amont	Procéder à une coupe systématique des brins et accompagner de produits anti-végétations.
Talus aval non protégé	Tout venant bien compacté
Affaissement de la crête	Rechargement de la crête afin de restaurer le profile
Présence des ravines	Réparations des ravines
Destruction de l'évacuateur de crue	Mise en place d'un évacuateur.
Endommagement des vannes de prise de vidange	Mise en place de la vanne de vidange

Les paramètres de l'évaluation ayant subit des variations après réhabilitation sont donnés sur le tableau 4.45.

Tableau 4.45 : Indice de vulnérabilité après réhabilitation.

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coef de pondération	Pi	Ne ixPi
<b>Structurelle</b>	Protection du talus amant	Enrochement	1	Aucune dégradation	1	1
	Protection du talus aval	Tout-venant bien compacté	3	Aucune dégradation	1	3
	Revêtement de la crête	Revêtement en béton armé	1	Présence de tassement	2	2
	Type d'évacuateur de crue	Déversoir latérale sur rive à seuil en béton	2	Présence des tassements	2	4
	Type de coursier	Béton armé	1	Aucune dégradation	1	1
	Type de bajoyers	Béton armé	1	Aucune dégradation	1	1
	Type de bassin de dissipation	Béton armé	1	Aucune dégradation	1	1
	Conduite de prise et vidange	Conduite en acier noire	4	fonctionnelle	1	4
<b>Fonctionnelle</b>	Etat d'envasement de la cuve	Canalisation	1	20 à 30	3	3
	Fréquence d'entretien	Annuelle	3	Habitations	3	9
<b>Indice de vulnérabilité</b>						<b>67</b>

La valeur de l'indice de vulnérabilité recalculé après réhabilitation (**Iv=67**) reclasse la retenue expertisée en vert. Celui-ci présente un bon comportement aux aléas naturels.

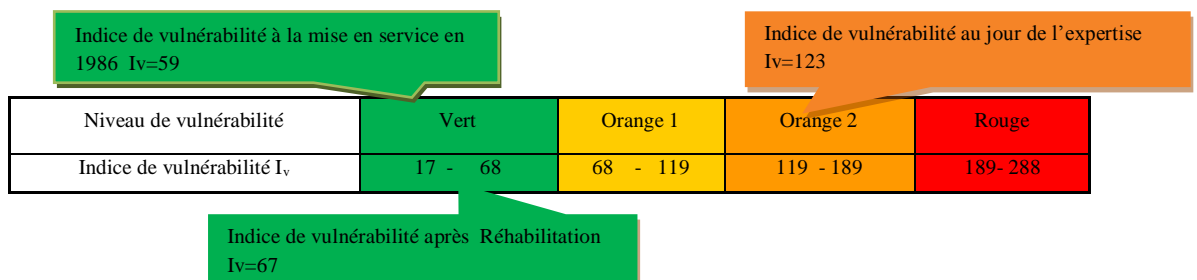


Figure 4.12 : Evaluation de la vulnérabilité dans le cycle de vie de la retenue collinaire Freha 389.

#### 4.5.12. Retenue collinaire Freha 395

La retenue collinaire Freha 395 est située à l'est du chemin de wilaya 06 (C.W 06) ou lieu dit Tikorbine, en contrebas d'une piste agricole. Cette retenue, de capacité de  $55\,000\text{m}^3$ , a été réalisée par la DHW en 1988.



Photo 4.74. Vue générale de la retenue Freha 395.

##### 4.5.12.1. Evaluation de la vulnérabilité à la mise en service en 1988

La valeur de l'indice de vulnérabilité simulée au jour de la mise en service classe la retenue en Vert ( $17 \leq Iv = 58 \leq 68$ ). Celle-ci présente un bon comportement aux aléas naturels.

Tableau 4.46 : Indice de vulnérabilité à la mise en service en 1988.

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coef de pondération	Pi	Nei×Pi
Environnementale	Implantation de l'ouvrage	Vallées et plains	2	Climat humide	3	6
	Zone sismique	Zone IIa	2	Milieu rural	2	4
	Type de sol	Sol meuble	3	Risque de glissement	4	12
	Action de la neige	Zone A	4		1	4
	Action de vent	Zone I	2	Ph=0,75 Pc=0.5 Pt=0,5 Ps=0,75	2,5	5,0
Structurelle	Etanchéité de la retenue	Digue en argile compactée	1	Talus sec	1	1
	Protection du talus amont	Enrochement	1	Aucune dégradation	1	1
	Protection du talus aval	Talus non protégé	4	Aucune dégradation	1	4
	Revêtement de la crête	Sans protection	4	Aucune dégradation	1	4
	Type d'évacuateur de crue	sur rive à seuil en béton	2	Aucune dégradation	1	2
	Type de coursier	Béton armé	1	Aucune dégradation	1	1
	Type de bajoyers	Béton armé	1	Aucune dégradation	1	1
	Type de bassin de dissipation	Béton armé	1	Aucune dégradation	1	1
	Conduite de prise de vidange	Conduite en acier noire	4	Fonctionnelle	1	4
Fonctionnelle	Destination de l'ouvrage	irrigation	1	Accessible par sentier piéton	3	3
	Etat d'envasement de la cuve	Talweg	3	Inférieur à 10ans	1	3
	Fréquence d'entretien	trimestrielle	1	Routes	2	2
<b>Indice de vulnérabilité</b>						<b>58</b>

4.5.12.2. Evaluation de la vulnérabilité au jour de l'expertise

❖ Défauts apparents



Photo 4.75 : Ravines importantes sur le côté rive gauche de la digue



Photo 4.76: Glissement de talus amont de la digue



Figure 4.77 : Végétation abusive sur le talus amont



Photo 4.78: Fissure des murs bajoyer



Figure 4.79 : Une grande fosse d'érosion à l'aval l'évacuateur



Figure 4.80 : Vanne de vidange émergée dans l'eau

Les paramètres de l'évaluation structurelle ayant subit des variations sont illustrés dans le tableau 4.48 suivant d'après les défauts cités plus haut. La valeur de l'indice de vulnérabilité obtenue (**Iv=110**) reclasse la retenue expertisée en orange 1.

Tableau 4. 47: Indice de vulnérabilité au jour d'expertise en 2012.

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coef de pondération	Pi	Ne ix Pi
Structurelle	Etanchéité de la retenue	Digue en argile compactée	1	Fuites légère	3	3
	Protection du talus amont	Enrochement	1	Présence des glissements	4	4
	Protection du talus aval	Talus non protégé	4	Présence des fissures	3	12
	Revêtement de la crête	sans protection	4	Présence d'orniérage	2	8
	Type d'évacuateur de crue	Latérale sur rive à seuil en béton	2	Fissurations	3	6
	Type de coursier	Béton armé	1	Altération de béton	3	3
	Type de bajoyers	Béton armé	1	Rupture des joints	3	3
	Type de bassin de dissipation	Béton armé	1	Déformation de la structure	2	3
	Conduite de prise de vidange	Conduite en acier noire	4	non fonctionnelle	4	16
Fonctionnelle	Etat d'envasement de la cuve	Talweg	3	20 à 30	3	9
	Fréquence de l'entretien	Absence	4	Habitations	3	9
<b>Indice de vulnérabilité</b>						<b>110</b>

4.5.12.3. Evaluation de la vulnérabilité après la réhabilitation

Pour la réhabilitation de l'ouvrage expertisé, on propose les modes de réparations suivants :

Tableau 4.48 : Mode de réparation correspondant aux défauts apparents

Pathologies	Mode de réparations possibles
Présence de la végétation	Produits anti-végétations + Fauchage
Présence de fuites	L'étanchéité doit être améliorée par une géo-membrane, un tapis mince en argile ou couche de bitume. Effectuer un suivi régulier afin d'en connaître les évolutions
Présence d'orniérages	Rechargement de la crête afin de restaurer le profile
Présence des ravines	Réparations des ravines
Glissement de Talus amant de la retenue	Enherbement, Enrochements ou blocs préfabriqués-Matelas Reno ou gabions

Nous donnons ci-après les paramètres de l'évaluation ayant subit des variations. La valeur de l'indice de vulnérabilité recalculé après réhabilitation (Iv=68) reclasse la retenue expertisée en Orange 1.

Tableau 4.49 : Indice de vulnérabilité après réhabilitation.

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coef de pondération	Pi	Nei x Pi
Structurelle	Etanchéité de la retenue	Digue en argile compactée	1	Présence des suintements	2	2
	Protection du talus amant	Enrochement	1	Présence de végétation	2	2
	Protection du talus aval	Enrochement	1	Présence de végétation	2	2
	Revêtement de la crête	Revêtement en béton armé	1	Présence de végétation	1	1
	Type d'évacuateur de crue	Latérale sur rive à seuil en béton	2	Présence des tassements	2	4
	Type de coursier	Béton armé	1	Aucune dégradation	1	1
	Type de bajoyers	Béton armé	1	Présence des déformations	2	2
	Type de bassin de dissipation	Béton armé	1	Aucune dégradation	1	1
	Conduite de prise de vidange	Conduite en acier noire	4	fonctionnelle	1	4
Fonctionnelle	Etat d'envasement de la cuve	Talweg	3	20 à 30	3	9
	Fréquence de l'entretien	Annelle	3	Routes	2	6
<b>Indice de vulnérabilité</b>						<b>68</b>

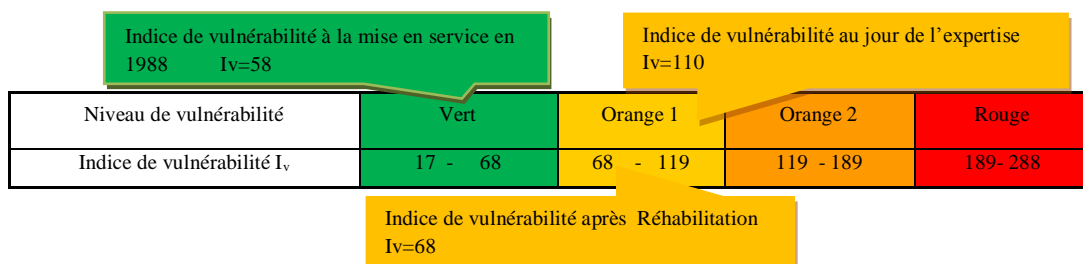


Figure 4.13 : Evaluation de la vulnérabilité dans le cycle de vie de la retenue collinaire Freha 395.

#### 4.5.13. Retenue collinaire Freha 396

La retenue collinaire Freha 396 situé à l'est de chemin de wilaya 06 (C.W 06) ou lieu dit Guedoul (Nezla), en contrebas d'une piste agricole. Cette retenue de capacité 100 000m<sup>3</sup>, a été réalisée par la DHW en 1986.



Photo 4.81. Vue générale de la retenue Freha 396.

##### 4.5.13.1. Evaluation de la vulnérabilité à la mise en service en 1986

La valeur de l'indice de vulnérabilité simulée au jour de la mise en service classe la retenue en vert ( $17 \leq Iv = 64 \leq 68$ ). Celle-ci présente un bon comportement aux aléas naturels.

Tableau 4.50 : Indice de vulnérabilité à la mise en service en 1986.

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coef de pondération	Pi	Nei x Pi
Environnementale	Implantation de l'ouvrage	Vallées et pleins	2	Climat humide	3	6
	Zone sismique	Zone IIa	2	Zone rurale	2	4
	Type de sol	Sol meuble	3	glissement de terrain	4	12
	Action de la neige	Zone A	4		1	4
	Action de vent	Zone I	2	Ph=0,75 Pc=0.5 Pt=0,5 Ps=0,75	2.5	5
Structurelle	Etanchéité de la retenue	Digue en argile compactée	1	Talus sec	1	1
	Protection du talus amont	Enrochement	1	Aucune dégradation	1	1
	Protection du talus aval	Talus non protégé	4	Aucune dégradation	1	4
	Revêtement de la crête	Sans protection	4	Présence de la végétation	1	4
	Type d'évacuateur de crue	sur rive à seuil en béton	2	Aucune dégradation	1	2
	Type de coursier	Béton banché	4	Aucune dégradation	1	4
	Type de bajoyer	Béton banché	4	Aucune dégradation	1	4
	Type de bassin de dissipation	Maçonnerie	4	Aucune dégradation	1	4
	Conduite de prise de vidange	Conduite en acier noire	4	Fonctionnelle	1	4
Fonctionnelle	Destination de l'ouvrage	irrigation	1	carrossable	2	2
	Etat d'envasement de la cuve	Canalisation	1	Inférieur à 10ans	1	1
	Fréquence de l'entretien	trimestrielle	1	Routes	2	2
<b>Indice de vulnérabilité</b>						<b>64</b>

4.5.13.2. Evaluation de la vulnérabilité au jour de l'expertise

❖ Défauts apparents



Photo 4.82 : Tassement de la crête de la retenue



Photo 4.83: Désordres dus ou batillage



Photo 4.84 : Fuite impotentes dans le talus aval de la retenue



Photo 4.85 : Orniérage sur la crête



Photo 4.86 : Vanne de vidange endommagée



Photo 4.87: Une grande fosse d'érosion à l'aval de l'évacuateur

Les paramètres de l'évaluation structurelle ayant subi des variations suite aux défauts apparents suscités, sont illustrés sur le tableau 4.51. La valeur de l'indice de vulnérabilité obtenue ( $I_v=156$ ) reclasse la retenue expertisée en orange 2.

Tableau 4. 51. Indice de vulnérabilité au jour d'expertise en 2012

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coef de pondération	Pi	Ne ix Pi
<b>Structurelle</b>	Etanchéité de la retenue	Digue en argile compactée	1	Fuites importantes	4	4
	Protection du talus amant	Enrochement	1	Présence des glissements	4	4
	Protection du talus aval	Talus non protégé	4	Présence des ravines	4	16
	Revêtement de la crête	sans protection	4	Présence des tassements	4	16
	Type d'évacuateur de crue	sur rive à seuil en béton	2	Obturation de déversoir	4	8
	Type de coursier	Béton banché	4	Ruine et effondrement	4	16
	Type de bajoyers	Béton banché	4	Perte de stabilité	4	16
	Type de bassin de dissipation	Maçonnerie	4	Affouillement et érosion	4	16
<b>Fonctionnelle</b>	Etat d'envasement de la cuve	Canalisation	1	20 à 30	3	3
	Fréquence de l'entretien	Absence	4	Routes	2	8
					<b>Indice de vulnérabilité</b>	<b>156</b>

### 4.5.13.3. Evaluation de la vulnérabilité après la réhabilitation

Pour la réhabilitation de l'ouvrage expertisé, on propose les modes de réparations suivants :

**Tableau 4.52 : Mode de réparation correspondant aux défauts apparents**

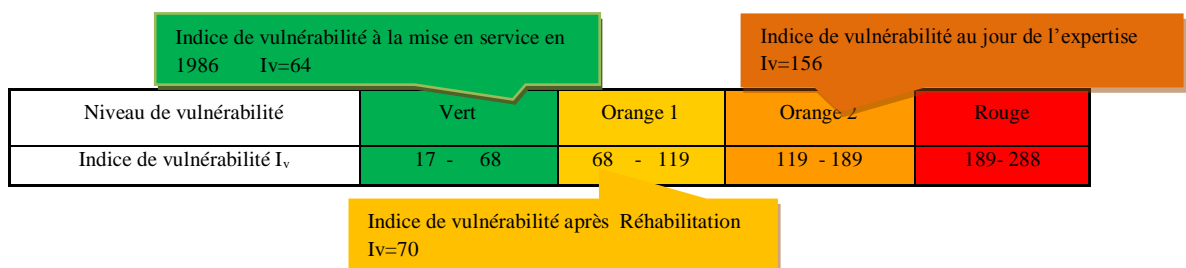
Pathologies	Mode de réparations possibles
Présence de fuites	L'étanchéité doit être améliorée par une géo-membrane, un tapis mince en argile ou couche de bitume. Effectuer un suivi régulier afin d'en connaître les évolutions.
Affaissement de la crête	Rechargement de la crête afin de restaurer le profile
Ruine et effondrement des murs bajoyers	Maitre en place des murs bajoyers
Vane de vidange endommagé	Maitre en place une vane de vidange
Bassin de dissipation déstabilisé par les crues	Mise en place un bassin dissipateur

Nous donnons ci-après les paramètres de l'évaluation ayant subit des variations :

**Tableau 4.53: Indice de vulnérabilité après réhabilitation.**

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coef de pondération	Pi	Ne ix Pi
Structurelle	Etanchéité de la retenue	Digue en argile compactée	1	Présence des suintements	2	2
	Protection du talus amant	Enrochement	1	Présence de la végétation	2	2
	Protection du talus aval	Enrochement	1	Présence de végétation	2	2
	Revêtement de la retenue	Revêtement en béton armé	1	Présence d'orniérage	2	2
	Type d'évacuateur de crue	sur rive à seuil en béton	2	Présence des tassements	2	4
	Type de coursier	Béton banché	4	Aucune dégradation	1	4
	Type de bajoyers	Béton banché	4	Aucune dégradation	1	4
	Type de bassin de dissipation	Maçonnerie	4	Aucune dégradation	1	4
	Conduite de prise de vidange	Conduite en acier noire	4	fonctionnelle	1	4
Fonctionnelle	Etat d'envasement de la cuve	Canalisation	1	20 à 30	3	3
	Fréquence de l'entretien	Annuelle	3	Routes	2	6
<b>Indice de vulnérabilité</b>						<b>70</b>

La valeur de l'indice de vulnérabilité recalculé après réhabilitation ( $I_v=70$ ) reclasse la retenue expertisée en orange 1.



**Figure 4.14 : Evaluation de la vulnérabilité dans le cycle de vie de la retenue collinaire Freha 396.**

#### 4.5.14. Retenue collinaire Freha 397

La retenue collinaire Freha 397 est située au sud du chef lieu de la commune de Freha, en contre bas d'une piste agricole. Cette retenue de capacité de 45 000m<sup>3</sup> a été réalisée par la DHW en 1989.



Photo 4.88. Vue générale de la retenue Freha 397.

##### 4.5.14.1. Evaluation de la vulnérabilité à la mise en service en 1989

La valeur de l'indice de vulnérabilité simulée au jour de la mise en service classe la retenue en Vert ( $17 \leq Iv = 68 \leq 68$ ).

Tableau 4.54: Indice de vulnérabilité à la mise en service en 1989.

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coef pondération	Pi	Nei×Pi
Environnementale	Implantation de l'ouvrage	Vallées et pleins	2	Climat humide	3	6
	Zone sismique	Zone IIa	2	Zone urbaine	4	8
	Type de sol	Sol meuble	3	glissement de terrain	4	12
	Action de la neige	Zone A	4		1	4
	Action de vent	Zone I	2	Ph=0,5	3	6
Pc=1						
Pt=0,5						
Ps=1						
Structurelle	Etanchéité de la retenue	Digue en argile compactée	1	Talus sec	1	1
	Protection du talus amont	Enrochement	1	Aucune dégradation	1	1
	Type de protection aval	Enrochement	1	Aucune dégradation	1	1
	Revêtement de la crête de la retenue	Tout-venant	3	Présence de la végétation	1	3
	Type d'évacuateur de crue	Latérale sur rive à seuil en béton	2	Aucune dégradation	1	2
	Type de coursier	Béton banché	4	Aucune dégradation	1	4
	Type de bajoyers	Béton banché	4	Aucune dégradation	1	4
	Type de bassin de dissipation	Maçonnerie	4	Aucune dégradation	1	4
	Conduite de prise de vidange	Conduite en acier noire	4	Fonctionnelle	1	4
Fonctionnelle	Destination de l'ouvrage	irrigation	1	Accessible par route carrossable	2	2
	Etat d'envasement de la cuve	Talweg	3	Inférieur à 10ans	1	3
	Fréquence de l'entretien	trimestrielle	1	Habitations	3	3
<b>Indice de vulnérabilité</b>						<b>68</b>

4.5.14.2. Evaluation de la vulnérabilité au jour de l'expertise

❖ Défauts apparents



Photo 4.89 : Végétation arbustive sur la crête



Photo 4.90 : Végétation arbustive sur le talus aval



Photo 4.91: Glissement de talus aval de la retenue



Photo 4.92 : Végétation arbustive sur le talus amont de retenues



Photo 4.93 : Glissement de terrain et destruction de l'évacuateur de crue



Photo 4.94 : Affaissement de la crête

Les paramètres de l'évaluation structurelle ayant subi des variations sont illustrés dans le tableau 4.56. Suivant d'après les défauts cités plus haut.

Tableau 4. 55 : Indice de vulnérabilité au jour d'expertise en 2012 .

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coef de pondération	Pi	Ne ix Pi
<b>Structurelle</b>	Etanchéité de la retenue	Noyau argileux compactée	1	Fuites Légères	3	3
	Protection du talus amant	Enrochement	1	Présence des végétations	2	2
	Protection du talus aval	Enrochement	2	Présence de végétation et glissements	4	8
	Revêtement de la retenue	Tout-venant	3	Présence des végétations et affaissement	4	3
	Type d'évacuateur de crue	Latérale sur rive à seuil en béton	2	Destruction de l'évacuateur	4	4
	Type de coursier	Béton banché	4	Ruine et effondrement	4	8
	Type de bajoyers	Béton banché	4	Ruine et effondrement	4	4
	Type de bassin de dissipation	Maçonnerie	4	Ruine et effondrement	4	16
	Conduite de prise de vidange	Conduite en acier noire	4	non fonctionnelle	4	16
<b>Fonctionnelle</b>	Etat d'envasement de la cuve	Talweg	3	20 à 30	3	9
	Fréquence de l'entretien	Absence	4	Habitations	3	12
<b>Indice de vulnérabilité</b>						<b>123</b>

La valeur de l'indice de vulnérabilité obtenue (**Iv=123**) reclasse la retenue expertisée en orange 2.

**4.5.14.3. Evaluation de la vulnérabilité après la réhabilitation**

Pour la réhabilitation de l'ouvrage expertisé, on propose les modes de réparation suivants :

**Tableau 4.56: Mode de réparation correspondant aux défauts apparents**

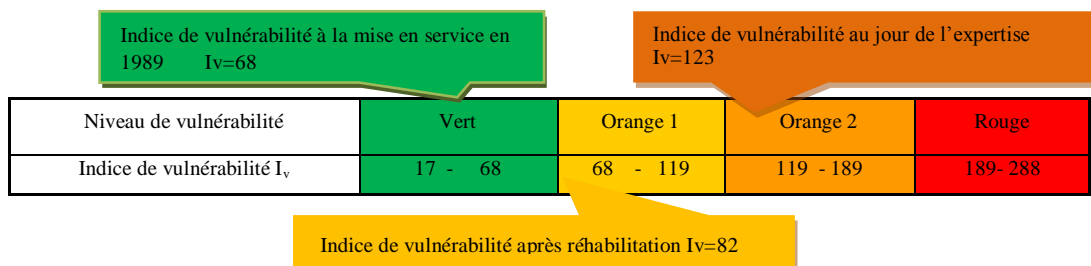
Pathologies	Mode de réparations possibles
Présence de végétation arbustive sur les talus et la crête	procéder à une coupe systématique des brins et accompagner de produits chimiques dévitalisant afin de tuer les sujets.
Glissement de Talus amant de la retenue	Enherbement- mise en place d'enrochements, blocs préfabriqués, gabions ou Matelas Reno.
Destruction de l'évacuateur	Mise en place de l'évacuateur de crus

Nous donnons sur le tableau 4.57 les paramètres de l'évaluation ayant subi des variations.

**Tableau 4.57: Indice de vulnérabilité après réhabilitation.**

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coef de pondération	Pi	Ne ix Pi
<b>Structurelle</b>	Etanchéité de la retenue	Noyau argileux compactée	1	Présence des suintements	2	2
	Protection du talus amant	Enrochement	1	Aucune dégradation	1	1
	Protection du talus aval	Enrochement	1	Présence des végétations	2	2
	Revêtement de la crête de la retenue	Tout-venant	3	Présence des Végétations	1	3
	Type d'évacuateur de crue	sur rive à seuil en béton	2	Aucune dégradation	1	2
	Type de coursier	Béton banché	4	Aucune dégradation	1	4
	Type de bajoyers	Béton banché	4	Aucune dégradation	1	4
	Type de bassin de dissipation	Maçonnerie	4	Aucune dégradation	1	4
	Conduite de prise de vidange	Conduite en acier noire	4	fonctionnelle	1	4
<b>Fonctionnelle</b>	Etat d'envasement de la cuve	Talweg	3	20 à 30	3	9
	Fréquence de l'entretien	Annuelle	3	Habitations	3	9
					<b>Indice de vulnérabilité</b>	<b>82</b>

La valeur de l'indice de vulnérabilité recalculé après réhabilitation (**Iv=82**) reclasse la retenue expertisée en orange 1.



**Figure 4.15 : Evaluation de la vulnérabilité dans le cycle de vie de la retenue collinaire Freha 397.**

#### 4.5.15. Retenue collinaire Freha 398

La retenue collinaire Freha 398 située à l'est de chemin de wilaya 06 (C.W 06) au lieu dit Baagou, en contrebas d'une piste agricole. Cette retenue de capacité 100 000 m<sup>3</sup>, a été réalisée par la DHW en 1989.



Photo 4.95. Vue générale de la retenue Freha 398.

#### 4.5.15. 1. Evaluation de la vulnérabilité à la mise en service en 1989

Tableau 4.58: Indice de vulnérabilité à la mise en service en 1989.

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coefficient de pondération	Pi	Nei×Pi
<b>Environnementale</b>	Implantation de l'ouvrage	Vallées et pleins	2	Climat humide	3	6
	Zone sismique	Zone IIa	2	Zone urbaine	4	8
	Type de sol	Sol meuble	3	Risque de glissement	4	12
	Action de la neige	Zone A	4		1	4
	Action de vent	Zone I	2	Ph=0,75	3	6
Pc=1						
Pt=0,5						
Ps=0,75						
<b>Structurelle</b>	Etanchéité de la retenue	Noyau argileux compacté	1	Talus sec	1	1
	Protection du talus amont	Enrochement	1	Aucune dégradation	1	1
	Protection du talus aval	Talus non protégé	4	Aucune dégradation	1	4
	Crête de la retenue	Sans protection	4	Présence de la végétation	1	4
	Type d'évacuateur de crue	Déversoir latéral sur rive avec seuil en gabion	1	Aucune dégradation	1	1
	Type de coursier	Gabion	3	Aucune dégradation	1	3
	Type de bajoyers	Gabion	3	Aucune dégradation	1	3
	Type de bassin de dissipation	Gabion	3	Aucune dégradation	1	3
	Conduite de prise de vidange	Conduite en acier noire	4	Fonctionnelle	1	4
<b>Fonctionnelle</b>	Destination de l'ouvrage	irrigation	1	sentier piéton	3	3
	Etat d'envasement de la cuve	Talweg	3	Inférieur à 10ans	1	3
	Fréquence de l'entretien	trimestrielle	1	Routes	2	2
<b>Indice de vulnérabilité</b>						<b>68</b>

La valeur de l'indice de vulnérabilité simulée au jour de la mise en service classe la retenue en Vert ( $17 \leq Iv = 68 \leq 68$ ).

#### 4.5.15.2. Evaluation de la vulnérabilité au jour de l'expertise

Les paramètres de l'évaluation structurelle ayant subi des variations sont illustrés dans le tableau 4.59 qui suit ; d'après les défauts cités plus haut.

##### ❖ Défauts apparents



Photo 4.96: Envasement partiel de la retenue



Photo 4.97 : Glissement de la partie gauche du talus aval



Photo 4.98 : Evacuateur de crue endommagé



Photo 4.99 : Protection du talus amont vieillie



Photo 4.100 : Fissure sur le talus aval de la retenue



Photo 4.101 : Corrosion de la vanne de vidange

Tableau 4. 59: Indice de vulnérabilité au jour d'expertise en 2012.

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coefficient de pondération	Pi	Ne ix Pi
Structurelle	Etanchéité de la retenue	Digue en argile compactée	1	Fuites Légères	3	3
	Protection du talus amant	Enrochement	1	Présence des glissements	4	4
	Protection du talus aval	Talus non protégé	4	Présence des fissures et glissement	4	16
	Revêtement de la crête	sans protection	4	Présence des tassements	4	16
	Type d'évacuateur de crue	Déversoir latéral sur rive avec seuil en gabion	1	Endommagé	4	4
	Type de coursier	Gabion	3	Ruine et effondrement	4	12
	Type de bajoyers	Gabion	3	Perte de stabilité	4	12
	Type de bassin de dissipation	Gabion	3	Ruine	4	12
	Conduite de prise de vidange	Conduite en acier noire	4	non fonctionnelle	4	16
Fonctionnelle	Etat d'envasement de la cuve	Talweg	3	20 à 30	3	9
	Fréquence de l'entretien	Annuelle	3	Routes	2	6
<b>Indice de vulnérabilité</b>						<b>137</b>

La valeur de l'indice de vulnérabilité obtenue (**Iv=137**) reclasse la retenue expertisée en orange 2.

**4.5.15.3. Evaluation de la vulnérabilité après la réhabilitation**

Pour la réhabilitation de l'ouvrage expertisé, on propose les modes de réparations suivants :

**Tableau 4.60: Mode de réparation correspondant aux défauts apparents**

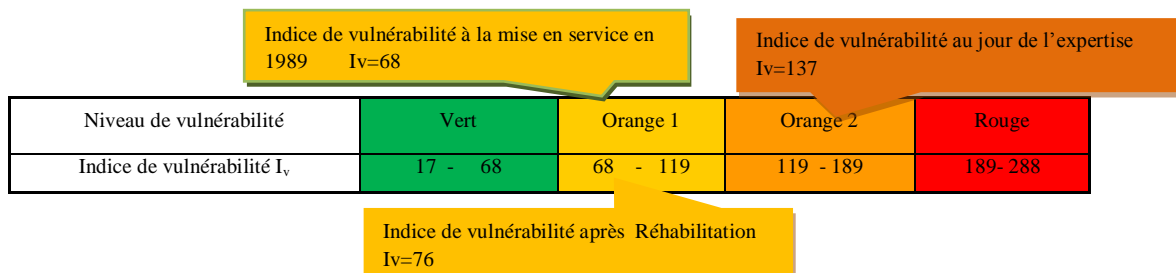
Pathologies	Mode de réparations possibles
Evacuateur de crue endommagé	Mise en place de l'évacuateur de crus
Glissement de talus aval de la retenue	Enherbement- mise en place d'embrochements, blocs préfabriqués, gabions ou Matelas Reno.
Fissures sur le talus aval	Rechargement de talus avale afin de colmater les fissures. Améliorer l'étanchéité avec une géo membrane
Tassement de la crête	Rechargement de la crête afin de restaurer le profil

Nous donnons ci-après les paramètres de l'évaluation ayant subit des variations.

**Tableau 4.61: Indice de vulnérabilité après réhabilitation.**

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coef de pondération	Pi	Nei x Pi
<b>Structurelle</b>	Etanchéité de la retenue	Digue en argile compactée	1	Présence de suintement	2	2
	Protection du talus amant	Enrochement	1	Présence de végétation	2	2
	Protection du talus aval	Enrochement	1	Présence de végétation	2	2
	Revêtement de la crête	Revêtement en béton armé	1	Présence d'orniérage	2	2
	Type d'évacuateur de crue	latéral sur rive avec seuil en gabion	1	Aucune dégradation	1	1
	Type de coursier	Gabion	3	Aucune dégradation	1	3
	Type de bajoyer	Gabion	3	Aucune dégradation	1	3
	Type de bassin de dissipation	Gabion	3	Aucune dégradation	1	3
	Conduite de prise vidange	Conduite en acier noire	4	fonctionnelle	1	4
<b>Fonctionnelle</b>	Etat d'envasement de la cuve	Talweg	3	20 à 30	3	9
	Fréquence de l'entretien	Annuelle	3	Routes	2	6
<b>Indice de vulnérabilité</b>						<b>76</b>

La valeur de l'indice de vulnérabilité recalculé après réhabilitation (**Iv=76**) reclasse la retenue expertisée en orange1.



**Figure 4.16 : Evaluation de la vulnérabilité dans le cycle de vie de la retenue collinaire Freha 398.**

#### 4.5.16. Retenue collinaire Mekla 367

La retenue collinaire Mekla 367 est située au nord du chef lieu de la commune de Mekla, en bordure de l'oued sébaou ou lieu dit Chaibe (Allileche). Cette retenue, de capacité de 100 000 m<sup>3</sup>, a été réalisée par la DHW en 1986.



Photo 4.102. Vue générale de la retenue Mekla 367.

##### 4.5.16.1. Evaluation de la vulnérabilité à la mise en service en 1986

Tableau 4.62: Indice de vulnérabilité à la mise en service en 1986.

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coef de pondération	Pi	Nei×Pi
Environnementale	Implantation de l'ouvrage	Vallées et plains	2	Climat humide	3	6
	Zone sismique	Zone IIa	2	Rase compagne	1	2
	Type de sol	Sol meuble	3	Risque de tassements	2	6
	Action de la neige	Zone A	4		1	4
	Action de vent	Zone I	2	Ph=0,75 Pc=0,50 Pt=0,50 Ps=0,50	2,25	4,5
Structurelle	Etanchéité de la retenue	Digue en argile compactée	1	Talus sec	1	1
	Protection du talus amont	Enrochement	1	Aucune dégradation	1	1
	Protection du talus aval	Enrochement	1	Aucune dégradation	1	1
	Revêtement de la crête	Sans protection	4	Présence de la végétation	1	4
	Type d'évacuateur de crue	sur rive à seuil en béton	2	Aucune dégradation	1	2
	Type de coursier	Béton armé	1	Aucune dégradation	1	1
	Type de bajoyers	Béton armé	1	Aucune dégradation	1	1
	Type de Bassin de dissipation	Béton armé	1	Aucune dégradation	1	1
	Conduite de prise de vidange	Conduite en amiante	4	Fonctionnelle	1	4
Fonctionnelle	Destination de l'ouvrage	irrigation	1	Accessible par route carrossable	2	2
	Etat d'envasement de la cuve	Talweg	3	Inférieur à 10ans	1	3
	Fréquence de l'entretien	trimestrielle	1	Habitation	3	3
					Indice de vulnérabilité	46,5

La valeur de l'indice de vulnérabilité simulée au jour de la mise en service classe la retenue en Vert ( $17 \leq Iv = 46,5 \leq 68$ ).

4.5.16.2. Evaluation de la vulnérabilité au jour de l'expertise

❖ Défauts apparents



Photo 4.103 : Végétation arbustive sur le talus amont



Photo 4.104 : Végétation sur le talus aval



Photo 4.105: Désordre due ou batillage



Photo 4.106: Glissement des enrochements de talus amont de la digue



Photo 4.107 : Destruction de l'évacuateur

Les paramètres de l'évaluation structurelle ayant subit des variations sont illustrés dans le tableau 4.63, d'après les défauts cités plus bas. La valeur de l'indice de vulnérabilité obtenue (**Iv=96,5**) reclasse la retenue expertisée en **orange 1**.

Tableau 4. 63: Indice de vulnérabilité au jour d'expertise en 2012

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coef de pondération	Pi	Ne ix Pi
<b>Structurelle</b>	Type d'étanchéité	Digue en argile compactée	1	Fuites légères	3	3
	Protection du talus amant	Enrochement	1	Présence de Végétations	2	2
	Protection du talus aval	Enrochement	1	Présence de Végétations	2	2
	Revêtement de la crête	sans protection	4	Présence d'orniérage	2	8
	Type d'évacuateur de crue	sur rive à seuil en béton	2	Destruction de l'évacuateur	4	8
	Type de coursier	Béton armé	1	Ruine et effondrement	4	4
	Type de bajoyers	Béton armé	1	Ruine et effondrement	4	4
	Type de bassins de dissipation	Béton armé	1	Ruine	4	4
	Conduite de vidange	Conduite en acier noire	4	non fonctionnelle	4	16
<b>Fonctionnelle</b>	Etat d'envasement de la cuve	Talweg	3	20 à 30	3	9
	Fréquence de l'entretien	Absence	4	Habitation	3	12
					<b>Indice de vulnérabilité</b>	<b>96,5</b>

### 4.5.16.3. Evaluation de la vulnérabilité après la réhabilitation

Pour la réhabilitation de l'ouvrage expertisé, on propose les modes de réparations suivants :

**Tableau 4.64 : Mode de réparation correspondant aux défauts apparents**

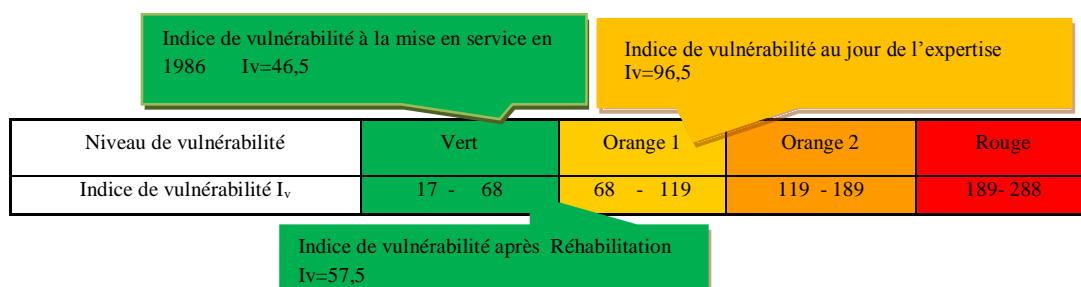
Pathologies	Mode de réparations possibles
Présence de la végétation	Produits anti-végétations ou fauchage
Présence d'ornières	Rechargement de la crête afin de restaurer le profile
Désordre du ou batillage	Réparation ponctuelle en mettant en place des enrochements plus gros a la place de ce qui on été déplacés
Fissures sur le talus aval	Rechargement du talus et amélioration de l'étanchéité géo membrane
Destruction de l'évacuateur	Mise en place de l'évacuateur de crus

Nous donnons ci-après les paramètres de l'évaluation ayant subit des variations.

**Tableau 4.65 : Indice de vulnérabilité après réhabilitation**

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coef de pondération	Pi	Nei x Pi
<b>Structurelle</b>	Etanchéité de la retenue	Digue en argile compactée	1	Présence de suintements	2	2
	Protection du talus amant	Enrochement	1	Aucune dégradation	1	1
	Protection du talus aval	Enrochement	1	Aucune dégradation	1	1
	Revêtement de la retenue	Tout- venant bien compacté	3	Aucune dégradation	1	3
	Type d'évacuateur de crue	sur rive à seuil en béton	1	Aucune dégradation	1	1
	Type de coursier	Béton armé	1	Aucune dégradation	1	1
	Type de bajoyers	Béton armé	1	Aucune dégradation	1	1
	Type de Bassin de dissipation	Béton armé	1	Aucune dégradation	1	1
<b>Fonctionnelle</b>	Conduite de prise de vidange	Conduite en acier noire	4	fonctionnelle	1	4
	Etat d'envasement de la cuve	Talweg	3	20 à 30	3	9
	Fréquence de l'entretien	Absence	4	Habitation	3	12
<b>Indice de vulnérabilité</b>						<b>57,5</b>

La valeur de l'indice de vulnérabilité recalculé après réhabilitation (**Iv=57,5**) reclasse la retenue expertisée en vert.



**Figure 4.17 : Evaluation de la vulnérabilité dans le cycle de vie de la retenue collinaire Mekla 367.**

#### 4.5.17. Retenue collinaire Mekla 368

La retenue collinaire Mekla 368 situé ou nord du chef lieu de la commune de Mekla, en bordure de l'oued sébaou ou lieu dit Chaibe (Bonhama ) sur la route qui relie tizi ouzou Azazga. Cette retenue, de capacité de 70 000 m<sup>3</sup>, a été réalisée par la DHW en 1987.



Photo 4.108. Vue générale de la retenue Mekla 368.

##### 4.5.17.1. Evaluation de la vulnérabilité à la mise en service en 1987

Tableau 4.66 : Indice de vulnérabilité à la mise en service en 1987.

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coef de pondération	Pi	Nei×Pi
Environnementale	Implantation de l'ouvrage	Vallées et pleins	2	Climat humide	3	6
	Zone sismique	Zone IIa	2	Rase compagne	1	2
	Type de sol	Sol meuble	3	Risque de glissement	4	12
	Action de la neige	Zone A	4		1	4
	Action de vent	Zone I	2	Ph=0,75 Pc=0,50 Pt=0,50 Ps=0,50	2,25	4,5
Structurelle	Etanchéité de la retenue	Digue en argile compacté	1	Talus sec	1	1
	protection du talus amont	Enrochement	1	Aucune dégradation	1	1
	Protection du talus aval	Enrochement	1	Aucune dégradation	1	1
	Revêtement de la crête	Sans protection	4	Présence de la végétation	1	4
	Type d'évacuateur de crue	Latérale sur rive à seuil en béton	2	Aucune dégradation	1	2
	Type de coursier	Béton arme	1	Aucune dégradation	1	1
	Type de bajoyers	Béton arme	1	Aucune dégradation	1	1
	Type Bassin de dissipation	Béton arme	1	Aucune dégradation	1	1
	Conduite de vidange	Conduite en acier noire	4	Fonctionnelle	1	4
Fonctionnelle	Destination de l'ouvrage	irrigation	1	Accessible par route carrossable	2	2
	Etat d'envasement de la cuve	Talweg	3	Inférieur à 10ans	1	3
	Fréquence de l'entretien	trimestrielle	1	Habitation	3	3
<b>Indice de vulnérabilité</b>						<b>52,5</b>

La valeur de l'indice de vulnérabilité simulée au jour de la mise en service classe la retenue en Vert ( $17 \leq I_v = 52,5 \leq 68$ ).

#### 4.5.17.2. Evaluation de la vulnérabilité au jour de l'expertise

Les paramètres de l'évaluation structurelle ayant subi des variations sont illustrés dans le tableau 4.67, d'après les défauts cités plus bas.

##### ❖ Défauts apparents



Photo 4.109 : Orniérage sur la crête de la retenue



Photo 4.110 : Dégradation de talus amant par le passage des véhicules



Photo 4.111 : Présence de suintement sur le talus aval



Photo 4.112 : Végétation arbustive sur le talus amont



Photo 4.113 : Une grande fosse d'érosion à l'aval



Photo 4.114 : Vanne de vidange émergée dans l'eau

La valeur de l'indice de vulnérabilité obtenue ( $I_v=95,5$ ) reclasse la retenue expertisée en orange 1.

Tableau 4. 67: Indice de vulnérabilité au jour d'expertise en 2012

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coef de pondération	Pi	Nei x Pi
<b>Structurelle</b>	Etanchéité de la retenue	Digue en argile compactée	1	Fuites importantes	4	4
	Protection du talus amant	Enrochement	1	Présence de Végétations	2	2
	Protection du talus aval	Enrochement	1	Présence de fuites	4	4
	Revêtement de la crête	sans protection	4	Présence d'orniérage	2	8
	Type d'évacuateur de crue	Latérale sur rive avec seuil en béton	2	fonctionnelle	1	2
	Type de coursier	Béton arme	1	Obturation partielle	2	2
	Type de bajoyers	Béton armé	1	rupture de joints	3	3
	Type de Bassin de dissipation	Béton arme	1	Déplacement des enrochements	3	3
	Conduite de prise de vidange	Conduite en acier noire	4	non fonctionnelle	4	16
<b>Fonctionnelle</b>	Etat d'envasement de la cuve	Talweg	3	20 à 30	3	9
	Fréquence de l'entretien	Absence	4	Habitation	3	12
<b>Indice de vulnérabilité</b>						<b>95,5</b>

**4.5.17.3. Evaluation de la vulnérabilité après la réhabilitation**

Pour la réhabilitation de l'ouvrage expertisé, on propose les modes de réparation suivants :

**Tableau 4.68 : Mode de réparation correspondant aux défauts apparents**

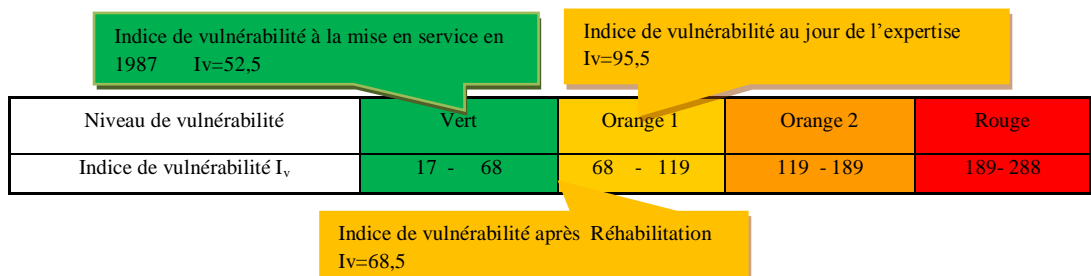
Pathologies	Mode de réparations possibles
Présence de la végétation sur le talus aval	Procéder à une coupe systématique des brins et accompagner de produits chimiques dévitalisant afin de tuer les sujets.
Présence d'orniérages	Rechargement de la crête afin de restaurer le profile
Désordre du ou batillage	Réparation ponctuelle en mettant en place des enrochements plus gros a la place de ce qui on été déplacés
Fuite sur le talus aval	L'étanchéité doit être améliorée par un géo membrane, ou tapis mince en argile

Nous donnons sur le tableau 4.69 les paramètres de l'évaluation ayant subit des variations.

**Tableau 4.69: Indice de vulnérabilité après réhabilitation**

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coef de pondération	Pi	Ne ix Pi
<b>Structurelle</b>	Etanchéité de la retenue	Digue en argile compactée	1	Présence de suintements	2	2
	Protection du talus amant	Enrochement	1	Aucune dégradation	1	1
	Protection du talus aval	Enrochement	1	Présence de Végétations	2	2
	Revêtement de la crête	Sans protection	4	Aucune dégradation	1	4
	Type d'évacuateur de crue	Latérale sur rive avec seuil en béton	2	Aucune dégradation	1	2
	Type de coursier	Béton arme	1	Aucune dégradation	1	1
	Type de bajoyers	Béton armé	1	Présence des déformations	2	2
	Type de Bassin de dissipation	Béton arme	1	Déformation de la structure	2	2
	Conduite de vidange	Conduite acier noire	4	fonctionnelle	1	4
<b>Fonctionnelle</b>	Etat d'envasement de la cuve	Talweg	3	20 à 30	3	9
	Fréquence de l'entretien	Annuelle	3	Habitation	3	9
<b>Indice de vulnérabilité</b>						<b>68,5</b>

La valeur de l'indice de vulnérabilité recalculé après réhabilitation (**Iv=68,5**) reclasse la retenue expertisée à la limite du vert.



**Figure 4.18 : Evaluation de la vulnérabilité dans le cycle de vie de la retenue collinaire Mekla 368**

#### 4.5.18. Retenue collinaire Mekla 391

La retenue collinaire Mekla 391 est située au nord du chef lieu de la commune de Mekla, en bordure de l'oued sébaou ou lieu dit Chaïbe (Ait djoudi), sur la route qui relie tizi ouzou Azazga. Cette retenue, de capacité de 40 000 m<sup>3</sup>, a été réalisée par la DHW en 1989.



Photo 4.115. Vue générale de la retenue Mekla 391 .

##### 4.5.18.1. Evaluation de la vulnérabilité à la mise en service en 1989

La valeur de l'indice de vulnérabilité **simulée** au jour de la mise en service classe la retenue en **vert** ( $68 \leq Iv = 64,5 \leq 119$ ).

Tableau 4.70: Indice de vulnérabilité à la mise en service en 1989.

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coef de pondération	Pi	Nei×Pi
<b>Environnementale</b>	Implantation de l'ouvrage	Vallées et pleins	2	Climat humide	3	6
	Zone sismique	Zone IIa	2	Rase compagne	1	2
	Type de sol	Sol meuble	3	Risque de glissement	4	12
	Action de la neige	Zone A	4		1	4
	Action de vent	Zone I	2	Ph=0,75	2,25	4,5
Pc=0,50						
Pt=0,50						
Ps=0,50						
<b>Structurelle</b>	Etanchéité de la retenue	Digue en argile compactée	1	Talus sec	1	1
	Protection du talus amont	Talus non protégé	4	Aucune dégradation	1	4
	Protection du talus aval	Talus non protégé	4	Aucune dégradation	1	4
	Revêtement de la crête de la retenue	Sans protection	4	Présence de la végétation	1	4
	Type d'évacuateur de crue	sur rive à seuil en gabion	1	Aucune dégradation	1	1
	Type de coursier	Béton banché	4	Aucune dégradation	1	4
	Type de bajoyers	gabion	3	Aucune dégradation	1	3
	Type de Bassin de dissipation	gabion	3	Aucune dégradation	1	3
	Conduite de prise de vidange	Conduite en acier noire	4	Fonctionnelle	1	4
<b>Fonctionnelle</b>	Destination de l'ouvrage	irrigation	1	Accessible par route carrossable	2	2
	Etat d'envasement de la cuve	Talweg	3	Inférieur à 10ans	1	3
	Fréquence de l'entretien	trimestrielle	1	Habitation	3	3
<b>Indice de vulnérabilité</b>						<b>64,5</b>

4.5.18.2. Evaluation de la vulnérabilité au jour de l'expertise

❖ Défauts apparents



Photo 4.116 : Ravines importantes sur le talus aval



Photo 4.117 : Erosion impotente sur le corps de la digue



Figure 4.118 : Vanne de vidange endommagée



Photo 4.119: Fosse d'érosion à l'intérieur de l'évacuateur



Photo 4.120 : Destruction de l'évacuateur de crue



Les paramètres de l'évaluation structurelle ayant subit des variations sont illustrés dans le tableau 4.72 d'après les défauts cités plus haut. La valeur de l'indice de vulnérabilité obtenue ( $I_v=159,5$ ) reclasse la retenue expertisée en **orange 2**.

Tableau 4.71: Indice de vulnérabilité au jour d'expertise en 2012 .

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coef de pondération	Pi	Nei xPi
Structurelle	Etanchéité de la retenue	Digue en argile compactée	1	Fuites importantes	4	4
	Protection du talus amant	Talus non protégé	4	Batillage	3	12
	Protection du talus aval	Talus non protégé	4	Présence de glissement /ravines	4	16
	Revêtement de la crête	sans protection	4	tassement	4	16
	Type d'évacuateur de crue	sur rive à seuil en gabion	1	Destruction de l'évacuateur	4	4
	Type de coursier	Béton banché	4	Effondrement	4	16
	Type de bajoyers	gabion	3	Perte de stabilité	4	12
	Type de Bassin de dissipation	gabion	3	Ruine	4	12
	Conduite de prise de vidange	Conduite en acier noire	4	non fonctionnelle	4	16
Fonctionnelle	Etat d'envasement de la cuve	Talweg	3	20 à 30	3	9
	Fréquence de l'entretien	Absence	4	Habitation	3	12
					<b>Indice de vulnérabilité</b>	<b>159,5</b>

### 4.5.18.3. Evaluation de la vulnérabilité après la réhabilitation

Pour la réhabilitation de l'ouvrage expertisé, on propose les modes de réparations suivants :

**Tableau 4.72 : Mode de réparation correspondant aux défauts apparents**

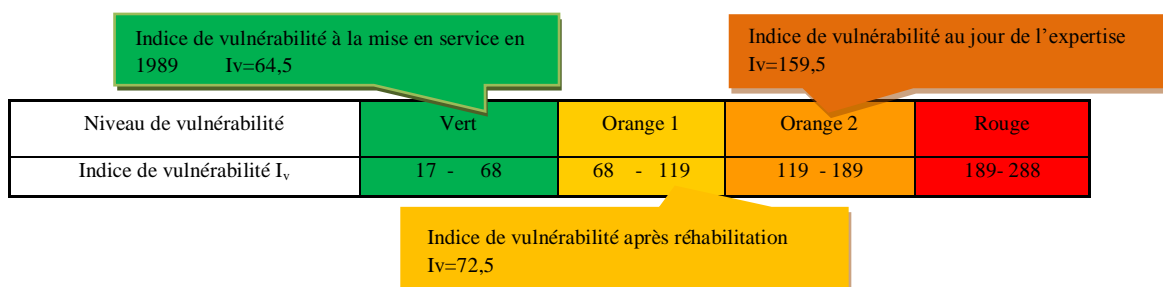
Pathologies	Mode de réparations possibles
Présence de ravines sur le talus aval	Réparations des ravines (cf. chapitre 1)
Destruction de l'évacuateur	Mise en place de l'évacuateur de crus
Désordres dus ou battillage.	Réparation ponctuelle en mettant en place des enrochements plus gros à la place de ce qui on été déplacés.
Vanne de vidange endommagée	Mise en place d'une vanne de vidange
Erosion impotente sur le corps de la digue	Rechargement de talus avale

Nous donnons sur le tableau 4.73 les paramètres de l'évaluation ayant subit des variations.

**Tableau 4.73: Indice de vulnérabilité après réhabilitation**

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coef de pondération	Pi	Ne ix Pi
<b>Structurelle</b>	Etanchéité de la retenue	Digue en argile compactée	1	Présence de suintement	2	2
	Protection du talus amant	Enrochement	1	Présence de végétation	2	2
	Protection du talus aval	Enrochement	1	Présence de végétation arbustive	2	2
	Revêtement de la crête	Tout- venant bien compacté	3	Présence d'ornièrage	2	3
	Type d'évacuateur de crue	sur rive à seuil en gabion	1	Aucune dégradation	1	1
	Type de coursier	Béton banché	4	Aucune dégradation	1	4
	Type de bajoyers	gabion	3	Aucune dégradation	1	3
	Type de bassin de dissipation	gabion	3	Aucune dégradation	1	3
<b>Fonctionnelle</b>	Conduite de prise de vidange	Conduite en acier noire	4	fonctionnelle	1	4
	Etat d'envasement de la cuve	Talweg	3	20 à 30	3	9
	Fréquence de l'entretien	Annuelle	3	Habitation	3	9
<b>Indice de vulnérabilité</b>						<b>72,5</b>

La valeur de l'indice de vulnérabilité recalculé après réhabilitation (**Iv=72,5**) reclasse la retenue expertisée en orange 1.



**Figure 4.19 : Evaluation de la vulnérabilité dans le cycle de vie de la retenue collinaire Mekla 391**

#### 4.5.19. Retenue collinaire Mekla 393

La retenue collinaire Mekla 393 situé ou nord du chef lieu de la commune de Mekla , en bordure de l'oued sébaou ou lieu dit Chaibe (Tilikate) en contrebas d'une piste agricole. Cette retenue, de capacité de 48 000 m<sup>3</sup>, a été réalisée par la DHW en 1986.



Photo 4.121. Vue générale de la retenue Mekla 393.

##### 4.5.19.1. Evaluation de la vulnérabilité à la mise en service en 1986

La valeur de l'indice de vulnérabilité simulée au jour de la mise en service classe la retenue en Vert ( $17 \leq Iv = 51 \leq 68$ ). Celle-ci présente un bon comportement aux aléas naturels.

Tableau 4.74: Indice de vulnérabilité à la mise en service en 1986.

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coefficient de pondération	Pi	Nei×Pi
Environnementale	Implantation de l'ouvrage	Vallées et plains	2	Climat humide	3	6
	Zone sismique	Zone IIa	2	Zone rural	2	4
	Type de sol	Sol meuble	3	Risque de glissement	4	12
	Action de la neige	Zone C	2		1	2
	Action de vent	Zone I	2	Ph=0,50 Pc=0,50 Pt=0,50 Ps=0,50	2	4
Structurelle	Etanchéité de la retenue	Digue en argile compactée	1	Talus sec	1	1
	Protection du talus amant	Enrochement	1	Aucune dégradation	1	1
	Protection du talus aval	Enrochement	1	Aucune dégradation	1	1
	Revêtement de la crête	Sans protection	4	Présence de la végétation	1	4
	Type d'évacuateur de crue	Latérale sur rive à seuil en béton	2	Aucune dégradation	1	2
	Type de coursier	Béton	1	Aucune dégradation	1	1
	Type de bajoyers	Béton	1	Aucune dégradation	1	1
	Type de bassin de dissipation	Béton	1	Aucune dégradation	1	1
Conduite de prise de vidange	Conduite en acier noire	4	Fonctionnelle	1	4	
Fonctionnelle	Destination de l'ouvrage	irrigation	1	Accessible par route carrossable	2	2
	Etat d'envasement de la cuve	Talweg	3	Inférieur à 10ans	1	3
	Fréquence de l'entretien	trimestrielle	1	Route	2	2
<b>Indice de vulnérabilité</b>						<b>51</b>

**4.5.19. 2. Evaluation de la vulnérabilité au jour de l'expertise**

Les paramètres de l'évaluation structurelle ayant subi des variations sont illustrés dans le tableau 4.7,5 d'après les défauts cités plus bas.

❖ **Défauts apparents**



Photo 4.122 : Affaissement de la crête



Photo 4.123 : Glissement de la partie rive gauche du corps de la digue



Photo 4.124 : Végétations arbustives sur le talus amont



Photo 4.125 : Destruction de l'évacuateur de crue



Photo 4.126 : Corrosion de la vanne de vidange

**Tableau 4.75 : Indice de vulnérabilité au jour d'expertise en 2012.**

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coef de pondération	Pi	Nei x Pi
<b>Structurelle</b>	Etanchéité de la retenue	Digue en argile compactée	1	Présence de Suintement	2	2
	Protection du talus amont	Enrochement	1	Présence des glissements	4	4
	Protection du talus aval	Enrochement	1	Présence des glissements	4	4
	Revêtement de la crête	sans protection	4	Présence d'orniérage	2	8
	Type d'évacuateur de crue	Latérale sur rive à seuil en béton	2	Destruction de l'évacuateur	4	8
	Type de bajoyers	Béton	1	Effondrement	4	4
	Murs bajoyers	Béton	1	Effondrement	4	4
	Type de bassin de dissipation	Béton	1	Effondrement	4	4
<b>Fonctionnelle</b>	Conduite de prise de vidange	Conduite en acier noire	4	non fonctionnelle	4	16
	Etat d'envasement de la cuve	Talweg	3	20 à 30	3	9
	Fréquence de l'entretien	Absence	4	Route	2	8
					<b>Indice de vulnérabilité</b>	<b>101</b>

La valeur de l'indice de vulnérabilité obtenue (**Iv=101**) reclasse la retenue expertisée en orange 1.

**4.5.19.3. Evaluation de la vulnérabilité après la réhabilitation**

Pour la réhabilitation de l'ouvrage expertisé, on propose les modes de réparations suivants :

**Tableau 4.76 : Mode de réparation correspondant aux défauts apparents**

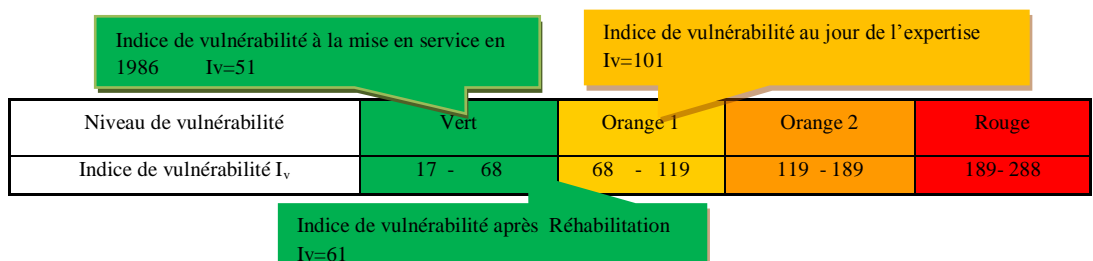
Pathologies	Mode de réparations possibles
Présence de végétation arbustive sur le talus amant	Procéder à une coupe systématique des brins et accompagner de produits chimiques dévitalisant afin de tuer les sujets.
Glissement de la partie rive gauche du corps de la digue	Reconstitution de la digue (remblai et compactage)
Destruction de l'évacuateur	Mise en place de l'évacuateur de crus
Affaissement de la crête	Rechargement de la crête afin de restaurer le profile

Nous donnons ci-après les paramètres de l'évaluation ayant subit des variations.

**Tableau 4.77: Indice de vulnérabilité après réhabilitation**

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coefficient de pondération	Pi	Ne ix Pi
<b>Structurelle</b>	Etanchéité de la retenue	Digue en argile compactée	1	Présence de Suintement	2	2
	Protection du talus amant	Enrochement	1	Présence de végétation	2	2
	Protection du talus aval	Enrochement	1	Présence de végétation arbustive	2	2
	Revêtement de la crête	Revêtement en béton armé	1	Aucune dégradation	1	1
	Type d'évacuateur de crue	Latérale sur rive à seuil en béton	2	Aucune dégradation	1	2
	Type de coursier	Béton	1	Aucune dégradation	1	1
	Type de bajoyers	Béton	1	Aucune dégradation	1	1
	Type de bassin de dissipation	Béton	1	Aucune dégradation	1	1
	Conduite de prise de vidange	Conduite en acier noire	4	fonctionnelle	1	4
<b>Fonctionnelle</b>	Etat d'envasement de la cuve	Talweg	3	20 à 30 ans	3	9
	Fréquence de l'entretien	Annuelle	3	Route	2	6
<b>Indice de vulnérabilité</b>						<b>61</b>

La valeur de l'indice de vulnérabilité recalculé après réhabilitation (**Iv=61**) reclasse la retenue expertisée en vert.



**Figure 4.20 : Evaluation de la vulnérabilité dans le cycle de vie de la retenue collinaire Mekla 393.**

#### 4.5.20. Retenue collinaire Mekla 394

La retenue collinaire Mekla 394 située au nord du chef lieu de la commune de Mekla, en bordure de l'oued sébaou ou lieu dit CHaibe (Tilikate) sur la route qui relie tizi ouzou Azazga. Cette retenue, de capacité de 40 000 m<sup>3</sup>, a été réalisée par la DHW en 1986.



Photo 4.127. Vue générale de la retenue Mekla 394.

##### 4.5.20.1. Evaluation de la vulnérabilité à la mise en service en 1986

Tableau 4.78: Indice de vulnérabilité à la mise en service en 1986.

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coef pondération	Pi	Nei×Pi
Environnementale	Implantation de l'ouvrage	Vallées et plains	2	Climat humide	3	6
	Zone sismique	Zone IIa	2	Zone rurale	2	4
	Type de sol	Sol meuble	3	Risque de glissement	4	12
	Action de la neige	Zone C	2		1	2
	Action de vent	Zone I	2	Ph=0,50 Pc=0,50 Pt=0,50 Ps=0,50	2	4
Structurelle	Etanchéité de la retenue	Digue en argile compactée	1	Talus sec	1	1
	Protection du talus amont	Non protégé	4	Aucune dégradation	1	4
	Protection du talus aval	Non protégé	4	Aucune dégradation	1	4
	Revêtement de la crête	Sans protection	4	Présence de la végétation	1	4
	Type d'évacuateur de crue	sur rive à seuil en gabion	1	Aucune dégradation	1	1
	Type de coursier	Gabion	3	Aucune dégradation	1	3
	Type de bajoyers	Gabion	3	Aucune dégradation	1	3
	Type de bassin de dissipation	Gabion	3	Aucune dégradation	1	3
	Conduite de prise de vidange	Conduite en acier noire	4	Fonctionnelle	1	4
Fonctionnelle	Destination de l'ouvrage	irrigation	1	Accessible par route carrossable	2	2
	Etat d'envasement de la cuve	Talweg	3	Inférieur à 10ans	1	3
	Fréquence de l'entretien	trimestrielle	1	Route	2	2
<b>Indice de vulnérabilité</b>						<b>62</b>

La valeur de l'indice de vulnérabilité simulée au jour de la mise en service classe la retenue en Vert ( $17 \leq Iv = 62 \leq 68$ ).

4.5.20.2. Evaluation de la vulnérabilité au jour de l'expertise

❖ Défauts apparents



Photo 4.128 : Corps de la digue endommagée



Photo 4.129 : Envasement de la cuvette



Photo 4.130 : Talus aval de la retenue endommagée



Photo 4.131 : glissement du talus amont.



Photo 4.132 : Corps de la digue endommagée



Photo 4.133 : Colmatage de l'évacuateur de crue

Les paramètres de l'évaluation structurelle ayant subi des variations sont illustrés dans le tableau 4.79 suivant d'après les défauts cités plus haut. La valeur de l'indice de vulnérabilité obtenue ( $I_v=147$ ) reclasse la retenue expertisée en **orange 2**.

Tableau 4.79 : Indice de vulnérabilité au jour d'expertise en 2012

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coef de pondération	Pi	Ne ix Pi
Structurelle	Etanchéité de la retenue	Digue en argile compactée	1	Fuites importantes	4	3
	Protection du talus amant	Non protégé	4	Présence des glissements	4	16
	Protection du talus aval	Non protégé	4	Présence des glissements	4	16
	Revêtement de la crête	sans protection	4	Endommagement de la crête	4	16
	Type d'évacuateur de crue	sur rive à seuil en gabion	1	Présences des tassements	2	2
	Type de coursier	Gabion	3	Obturation de l'évacuateur	4	12
	Type de bajoyers	Gabion	3	Aucune dégradation	1	3
	Type de bassin de dissipation	Gabion	4	effondrement	4	16
	Conduite de prise de vidange	Conduite en acier noire	4	non fonctionnelle	4	16
Fonctionnelle	Etat d'envasement de la cuve	Talweg	3	20 à 30 ans	3	9
	Fréquence de l'entretien	Absence	4	Route	2	8
					<b>Indice de vulnérabilité</b>	<b>147</b>

4.5.20.3. Evaluation de la vulnérabilité après la réhabilitation

Pour la réhabilitation de l'ouvrage expertisé, on propose les modes de réparations suivants :

Tableau 4.80 : Mode de réparation correspondant aux défauts apparents

Pathologies	Mode de réparations possibles
Colmatage de l'évacuateur de crue	Suppression des obstacles
Envasement de la cuvette	Evacuation des dépôts solides de l'intérieur de la cuve
Digue endommagée	Réparation de la digue
Présence des glissements	Enherbement- mise en place d'encrochements, blocs préfabriqués, gabions ou Matelas Reno.
Affaissement de la crête	Rechargement de la crête afin de restaurer le profil

Nous donnons ci-après les paramètres de l'évaluation ayant subit des variations.

Tableau 4.81: Indice de vulnérabilité après réhabilitation

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coef de pondération	Pi	Ne ix Pi
Structurelle	Etanchéité de la retenue	Digue en argile compactée	1	Présence des suintements	2	2
	Protection du talus amont	Non protégé	4	Présence de végétation	2	8
	Protection du talus aval	Non protégé	4	Présence de végétation arbustive	2	8
	Revêtement de la crête	Revêtement en béton armé	1	Aucune dégradation	1	1
	Type d'évacuateur de crue	Latérale sur rive à seuil en gabion	1	Présences des tassements	2	2
	Type de coursier	Gabion	3	Aucune dégradation	1	3
	Type de bajoyers	Gabion	3	Aucune dégradation	1	3
	Type de bassin de dissipation	Gabion	3	Aucune dégradation	1	3
	Conduite de prise de vidange	Conduite en acier noire	4	fonctionnelle	1	4
Fonctionnelle	Etat d'envasement de la cuve	Talweg	3	20 à 30 ans	3	9
	Fréquence de l'entretien	Annuelle	3	Route	2	6
<b>Indice de vulnérabilité</b>						<b>79</b>

La valeur de l'indice de vulnérabilité recalculé après réhabilitation (**Iv=79**) reclasse la retenue expertisée en orange1.

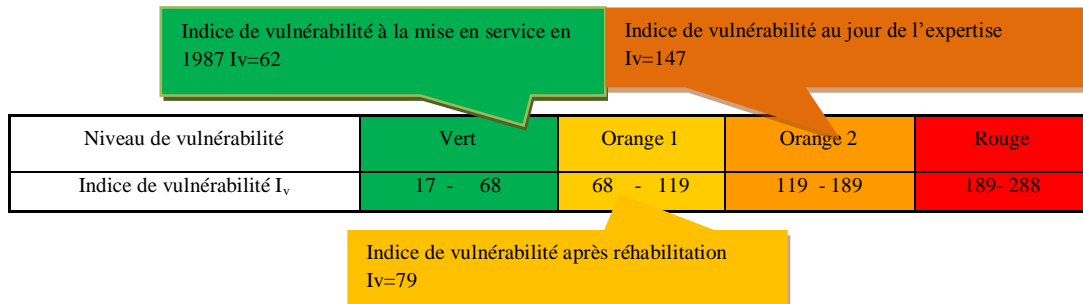


Figure 4.21 : Evaluation de la vulnérabilité dans le cycle de vie de la retenue collinaire Mekla 394.

#### 4.5.21. Retenue collinaire Souamaâ N°2

La retenue collinaire Souamaâ n°2 est située au nord du chef lieu de la commune de Souamaâ, ou lieu dit Tala Ali sur la route qui relie Boubhire et Akbou. Cette retenue, de capacité de 60 000 m<sup>3</sup>, a été réalisée par la DSA en 1999.



Photo 4.134. Vue générale de la retenue Souamaâ N°2.

##### 4.5.21.1. Evaluation de la vulnérabilité à la mise en service en 1999

La valeur de l'indice de vulnérabilité simulée au jour de la mise en service classe la retenue en Vert ( $17 \leq I_v = 49,5 \leq 68$ ).

Tableau 4.82: Indice de vulnérabilité à la mise en service en 1999.

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coef de pondération	Pi	Nei xPi
Environnementale	Implantation de l'ouvrage	Vallées et pleins	2	Climat humide	3	6
	Zone sismique	Zone IIa	2	milieu rural	2	4
	Type de sol	Sol ferme	2	Risque de Tassement	2	4
	Action de la neige	Zone A	4	-	1	4
	Action de vent	Zone I	2	Ph=0,75	2,25	4,5
Pc=0,50						
Pt=50						
Ps=0,50						
Structurelle	Etanchéité de la retenue	Digue en argile compactée	1	Talus sec	1	1
	Protection du talus amont	Enrochement	1	Aucune dégradation	1	1
	Protection du talus aval	Talus non protégé	4	Aucune dégradation	1	4
	Revêtement de la crête	Sans protection	4	Présence de la végétation	1	4
	Type d'évacuateur de crue	Latérale sur rive à seuil en béton	2	Aucune dégradation	1	2
	Type de coursier	Béton armé	1	Aucune dégradation	1	1
	Type de bajoyers	Béton armé	1	Aucune dégradation	1	1
	Type de bassin de dissipation	Béton armé	1	Aucune dégradation	1	1
Conduite de prise de vidange	Conduite en acier noire	4	Fonctionnelle	1	4	
Fonctionnelle	Destination de l'ouvrage	irrigation	1	Accessible par route carrossable	2	2
	Etat d'envasement de la cuve	Talweg	3	Inférieur à 10ans	1	3
	Fréquence de l'entretien	trimestrielle	1	Habitation	3	3
<b>Indice de vulnérabilité</b>						<b>49,5</b>

## 4.5.21.2. Evaluation de la vulnérabilité au jour de l'expertise

## ❖ Défauts apparents



Photo 4.135 : Présence de végétation sur le talus amont



Photo 4.136 : présence des ravines sur le talus aval



Photo 4.137 : bassin de dissipation fissuré



Photo 4.138 : Absence de protection du talus aval



Photo 4.139 : Corrosion de la vanne de vidange et fuite

Les paramètres de l'évaluation structurelle ayant subi des variations sont illustrés dans le tableau 4.83, suite aux défauts cités plus haut.

Tableau 4.83: Indice de vulnérabilité au jour d'expertise en 2012.

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coef de pondération	Pi	Ne ix Pi
Structurelle	Etanchéité de la retenue	Digue en argile compactée	1	Présence de Suintement	2	2
	Protection du talus amont	Enrochement	1	Végétations	2	2
	Protection du talus aval	Talus non protégé	4	Présence des ravines	4	16
	Revêtement de la crête	sans protection	4	Présence d'orniérage	2	8
	Type d'évacuateur de crue	Latérale sur rive à seuil en béton	2	Erosion	3	6
	Type de coursier	Béton armé	1	Début d'érosion	2	2
	Type de bajoyers	Béton armé	1	écartement de joints	3	3
	Type de bassin de dissipation	Béton armé	1	Présence de fissures	2	2
	Conduite de prise de vidange	Conduite en acier noire	4	non fonctionnelle	4	16
Fonctionnelle	Etat d'envasement de la cuve	Talweg	3	10 à 20 ans	2	6
	Fréquence de l'entretien	Absence	4	Habitation	3	12
<b>Indice de vulnérabilité</b>						<b>99,5</b>

La valeur de l'indice de vulnérabilité obtenue (**Iv=99,5**) reclasse la retenue expertisée en **orange 1**.

4.5.21. 3. Evaluation de la vulnérabilité après la réhabilitation

Pour la réhabilitation de l'ouvrage expertisé, on propose les modes de réparations suivants :

Tableau 4.84: Mode de réparation correspondant aux défauts apparents

Pathologies	Mode de réparations possibles
Présence de la végétation sur le talus amant	Fauchage Produits anti-végétations
Dégradation du talus aval	Mise en place d'une terre végétale
Corrosion de la vanne de vidange	Mise en place de la vanne de vidange
Présence des ravines	Réparations des ravines cf. au chapitre 1
Ecartement des joints	Colmatage

Nous donnons ci-après les paramètres de l'évaluation ayant subit des variations.

Tableau 4.85: Indice de vulnérabilité après réhabilitation

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coef de pondération	Pi	Ne ix Pi
Structurelle	Etanchéité de la retenue	Digue en argile compactée	1	Présence de Suintement	2	2
	Protection du talus amant	Enrochement	1	Aucune dégradation	1	1
	Protection du talus aval	Enrochement	1	Présence de végétation	2	2
	Revêtement de la crête	Tout- venant bien compacté	3	Aucune dégradation	1	3
	Type d'évacuateur de crue	Latérale sur rive à seuil en béton	2	Obturation partielle de l'évacuateur	2	4
	Type de coursier	Béton armé	1	Aucune dégradation	1	1
	Type de bajoyers	Béton armé	1	Aucune dégradation	2	2
	Type de bassin de dissipation	Béton armé	1	Aucune dégradation	1	1
	Conduite de prise de vidange	Conduite en acier noire	4	fonctionnelle	1	4
Fonctionnelle	État d'envasement de la cuve	Talweg	3	10 à 20 ans	2	6
	Fréquence de l'entretien	Annuelle	3	Habitation	3	9
<b>Indice de vulnérabilité</b>						<b>59,5</b>

La valeur de l'indice de vulnérabilité recalculé après réhabilitation ( $I_v=59,5$ ) reclasse la retenue expertisée en vert.

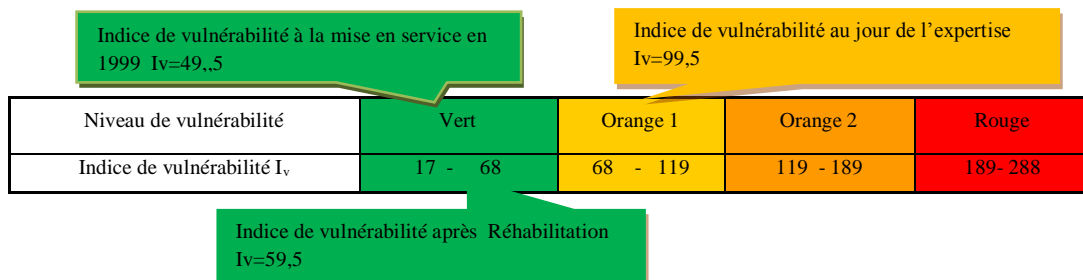


Figure 4.22 : Evaluation de la vulnérabilité dans le cycle de vie de la retenue collinaire Souamaâ N°2.

#### 4.5.22. Retenue collinaire Azzefoun N° 10

La retenue collinaire Azzefoun N° 10 est située au Sud Est du village Mlata, sur la route nationale N° 24. Cette retenue, de capacité de 40 000 m<sup>3</sup>, a été réalisée par la DHW en 1987.



Photo 4.140. Vue générale de la retenue Azzefoun N° 10

##### 4.5.22.1. Evaluation de la vulnérabilité à la mise en service en 1987

La valeur de l'indice de vulnérabilité simulée au jour de la mise en service classe la retenue en **vert** ( $68 \leq Iv = 65 \leq 119$ ), comme l'illustre le tableau 4.86.

Tableau 4.86 : Indice de vulnérabilité à la mise en service en 1987.

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coef de pondération	Pi	Nei×Pi
Environnementale	Implantation de l'ouvrage	Région côtière	4	Climat humide avec embruns en bord de mer	3	12
	Zone sismique	Zone IIa	2	Milieu rural	2	4
	Type de sol	Sol très meuble	4	Risque de glissement	4	16
	Action de la neige	Zone A	4		1	4
	Action de vent	Zone I	2	Ph=0,5 Pc=0,50 Pt=0,25 Ps=0,25	1,50	3
Structurale	Etanchéité de la retenue	Digue en argile compactée	1	Talus sec	1	1
	Protection du talus amont	Enrochement	1	Aucune dégradation	1	1
	Protection du talus aval	Talus non protégé	4	Aucune dégradation	1	4
	Revêtement de la crête	Sans protection	4	Présence de la végétation	1	4
	Type d'évacuateur de crue	Latérale sur rive à seuil en béton	2	Aucune dégradation	1	2
	Type de coursier	béton armé	1	Aucune dégradation	1	1
	Type de bajoyers	béton armé	1	Aucune dégradation	1	1
	Type de bassin de dissipation	béton armé	1	Aucune dégradation	1	1
	Conduite de prise de vidange	Conduite en acier noire	4	Fonctionnelle	1	4
Fonctionnelle	Destination de l'ouvrage	irrigation	1	Accessible par route carrossable	2	2
	Etat d'envasement de la cuve	Talweg	3	Inférieur à 10ans	1	3
	Fréquence de l'entretien	trimestrielle	1	route	2	2
<b>Indice de vulnérabilité</b>						<b>65</b>

## 4.5.22. 2. Evaluation de la vulnérabilité au jour de l'expertise

## ❖ Défauts apparents



Photo 4.141 : Talus amont et aval envahie par la végétation



Photo 4.142 : Orniérage sur la crête de la retenue



Photo 4.143: Glissement du talus aval de la retenue



Photo 4.144 : Glissement des terres sur les murs bajoyer



Photo 4.145 : obturation de l'évacuateur de crue



Photo 4.146 : Végétation arbustive tout autour de la retenue

Les paramètres de l'évaluation structurelle ayant subi des variations sont illustrés dans le tableau 4.87. La valeur de l'indice de vulnérabilité obtenue ( $I_v=118$ ) reclasse la retenue expertisée en **orange 1**.

Tableau 4. 87: Indice de vulnérabilité au jour d'expertise en 2012

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coef de pondération	Pi	Ne ix Pi
<b>Structurelle</b>	Etanchéité de la retenue	Digue en argile compactée	1	Fuites légères	3	3
	Protection du talus amant	Enrochement	1	Présence de végétations	2	2
	Protection du talus aval	Talus non protégé	4	Présence de glissement	4	16
	Revêtement de la crête	sans protection	4	Présence d'orniérage	2	8
	Type d'évacuateur de crue	Latérale sur rive à seuil en béton	2	Obturation de l'évacuateur	4	8
	Type de coursier	béton armé	1	Erosion importante	3	3
	Type de bajoyers	béton armé	1	Perte de stabilité	4	4
	Type de bassin de dissipation	béton armé	1	Affouillement et érosion	4	4
	Conduite de prise de vidange	Conduite en acier noire	4	non fonctionnelle	4	16
<b>Fonctionnelle</b>	Etat d'envasement de la cuve	Talweg	3	20 à 30 ans	3	9
	Fréquence de l'entretien	Absence	4	route	2	4
<b>Indice de vulnérabilité</b>					<b>118</b>	

### 4.5.22. 3. Evaluation de la vulnérabilité après la réhabilitation

Pour la réhabilitation de l'ouvrage expertisé, on propose les modes de réparation suivants :

**Tableau 4.88 : Mode de réparation correspondant aux défauts apparents**

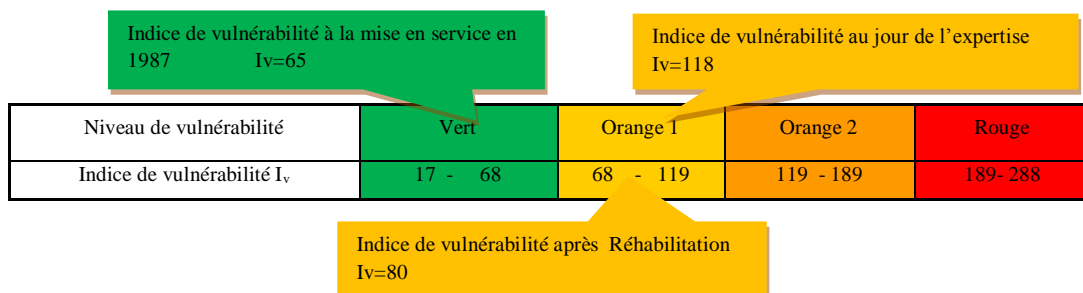
Pathologies	Mode de réparations possibles
Présence d'orniérages	Rechargement de la crête afin de restaurer le profil
Glissement de terrain sur les murs bajoyers	Suppression des obstacles
Glissement du talus aval	Enherbement- mise en place d'engrèvements
Destruction de l'évacuateur	Mise en place de l'évacuateur de crue

Nous donnons ci-après les paramètres de l'évaluation ayant subi des variations.

**Tableau 4.89: Indice de vulnérabilité après réhabilitation**

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coef de pondération	Pi	Ne ix Pi
<b>Structurelle</b>	Etanchéité de la retenue	Digue en argile compactée	1	Présence de suintements	2	2
	Protection du talus amant	Enrochement	1	Aucune dégradation	1	1
	Protection du talus aval	Non protégé	4	Présence de végétation	2	8
	Revêtement de la crête	Non protégé	4	Aucune dégradation	1	4
	Type d'évacuateur de crue	Latérale sur rive à seuil en béton	2	Aucune dégradation	1	2
	Type de coursier	béton armé	1	Aucune dégradation	1	1
	Type de bajoyers	Béton armé	1	Aucune dégradation	1	1
	Type de bassin de dissipation	béton armé	1	Aucune dégradation	1	1
	Conduite de prise de vidange	Conduite en acier noire	4	fonctionnelle	1	4
<b>Fonctionnelle</b>	Etat d'envasement de la cuve	Talweg	3	20 à 30 ans	3	9
	Fréquence de l'entretien	Annuelle	3	route	2	6
<b>Indice de vulnérabilité</b>					<b>80</b>	

La valeur de l'indice de vulnérabilité recalculé après réhabilitation (**Iv=80**) reclasse la retenue expertisée en orange1.



**Figure 4.23 : Evaluation de la vulnérabilité dans le cycle de vie de la retenue collinaire Azzefoun N° 10.**

#### 4.6.23. Retenue collinaire Azzefoun N° 11

La retenue collinaire Azzefoun N° 11 est située au nord du chef lieu de la commune de Azzefoun, sur la route nationale N° 24. Cette retenue, de capacité de 60 000 m<sup>3</sup>, a été réalisée par la DHW en 1987.



Photo 4.147. Vue générale de la retenue Azzefoun N° 11.

#### 4.5.23.1. Evaluation de la vulnérabilité à la mise en service en 1987

Tableau 4.90 : Indice de vulnérabilité à la mise en service en 1987.

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coef de pondération	Pi	Nei xPi
<b>Environnementale</b>	Implantation de l'ouvrage	Région côtière	4	Climat humide avec embruns en bord de mer	3	12
	Zone sismique	Zone IIa	2	En milieu rural	2	4
	Type de sol	Sol très meuble	4	glissement de terrain	4	16
	Action de la neige	Zone A	4		1	4
	Action de vent	Zone I	2	Ph=0,75 Pc=0,50 Pt=0,25 Ps=0,75	2,25	4,5
<b>Structurelle</b>	Etanchéité de la retenue	Digue en argile compactée	1	Talus sec	1	1
	Protection du talus amont	Enrochement	1	Aucune dégradation	1	1
	Protection du talus aval	Talus non protégé	4	Aucune dégradation	1	4
	Revêtement de la crête	Sans protection	4	Présence de la végétation	1	4
	Type d'évacuateur de crue	sur rive à seuil en béton	2	Aucune dégradation	1	2
	Type de coursier	béton armé	1	Aucune dégradation	1	1
	Type de bajoyers	béton armé	1	Aucune dégradation	1	1
	Type de bassin de dissipation	béton armé	1	Aucune dégradation	1	1
Conduite de prise de vidange	Conduite en acier noire	4	Fonctionnelle	1	4	
<b>Fonctionnelle</b>	Destination de l'ouvrage	irrigation	1	Accessible par route carrossable	2	2
	Etat d'envasement de la cuve	Talweg	3	Inférieur à 10ans	1	3
	Fréquence de l'entretien	trimestrielle	1	Habitation	3	3
<b>Indice de vulnérabilité</b>						<b>67,5</b>

La valeur de l'indice de vulnérabilité simulée au jour de la mise en service classe la retenue en orange 1 ( $68 \leq Iv = 67,5 \leq 119$ ).

### 4.5.23.2. Evaluation de la vulnérabilité au jour de l'expertise

Les paramètres de l'évaluation structurelle ayant subi des variations sont illustrés dans le tableau 4.91, d'après les défauts cités plus bas.

#### ❖ Défauts apparents



Photo 4.148 : Végétation arbustive sur le talus amont



Photo 4.149 : Végétation arbustive sur le talus aval



Photo 4.150 : Glissement des terres sur les murs bajoyer



Photo 4.151 : Glissement des terres sur les murs bajoyer



Photo 4.152 : Fosse d'érosion à l'aval de l'évacuateur de crues



Photo 4.153 : Végétation autour de la retenue

La valeur de l'indice de vulnérabilité obtenue ( $I_v=119,5$ ) reclasse la retenue expertisée en orange 2.

Tableau 4.91: Indice de vulnérabilité au jour d'expertise en 2012.

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coef de pondération	Pi	Ne ix Pi
Structurelle	Etanchéité de la retenue	Digue en argile compactée	1	Présence de fuites	3	3
	Protection du talus amont	Enrochement	1	Présence de Végétations	2	2
	Protection du talus aval	Talus non protégé	4	Présence de Végétations	2	8
	Revêtement de la crête	sans protection	4	Présence d'orniérage	2	8
	Type d'évacuateur de crue	sur rive à seuil en béton	2	Destruction de l'évacuateur	4	8
	Type de coursier	béton armé	1	Erosion importante	3	3
	Type de bajoyers	béton armé	1	Perte de stabilité	4	4
	Type de bassin de dissipation	béton armé	1	Ruine	4	4
Fonctionnelle	Conduite de prise de vidange	Conduite en acier noire	4	non fonctionnelle	4	16
	Etat d'envasement de la cuve	Talweg	3	20 à 30 ans	3	9
	Fréquence de l'entretien	Absence	4	Habitation	3	12
<b>Indice de vulnérabilité</b>						<b>119,5</b>

4.5.23.3. Evaluation de la vulnérabilité après la réhabilitation

Pour la réhabilitation de l'ouvrage expertisé, on propose les modes de réparations suivants.

Tableau 4.92 : Mode de réparation correspondant aux défauts apparents

Pathologies	Mode de réparations possibles
Présence d'ornièrages	Rechargement de la crête afin de restaurer le profile
Présence de fuites	Effectuer un suivi régulier afin d'en connaitre les évolutions.
Glissement de terrain sur les murs bajoyers	Suppression des obstacles
Destruction de l'évacuateur	Mise en place de l'évacuateur de crue
Amorce de glissement sur le talus aval	Enherbement- mise en place d'enrochements

Nous donnons ci-après les paramètres de l'évaluation ayant subit des variations.

Tableau 4.93 : Indice de vulnérabilité après réhabilitation.

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coef de pondération	Pi	Ne ix Pi
<b>Structurelle</b>	Etanchéité de la retenue	Digue en argile compactée	1	Présence de suintement	2	2
	Protection du talus amant	Enrochement	1	Aucune dégradation	1	1
	Protection du talus aval	Enrochement	1	Aucune dégradation	1	1
	Revêtement de la crête	Sans protection	4	Aucune dégradation	1	3
	Type d'évacuateur de crue	sur rive à seuil en béton	2	Aucune dégradation	1	2
	Type de coursier	Béton armé	1	Aucune dégradation	1	1
	Type de bajoyers	Béton armé	1	Aucune dégradation	1	1
	Type de bassin de dissipation	Béton armé	1	Aucune dégradation	1	1
	Conduite de prise de vidange	Conduite en acier noire	4	fonctionnelle	1	4
<b>Fonctionnelle</b>	Etat d'envasement de la cuve	Talweg	3	20 à 30 ans	3	9
	Fréquence de l'entretien	Annuelle	3	Habitation	3	9
<b>Indice de vulnérabilité</b>					<b>76,5</b>	

La valeur de l'indice de vulnérabilité recalculé après réhabilitation (**Iv=76,5**) reclasse la retenue expertisée enorange1.

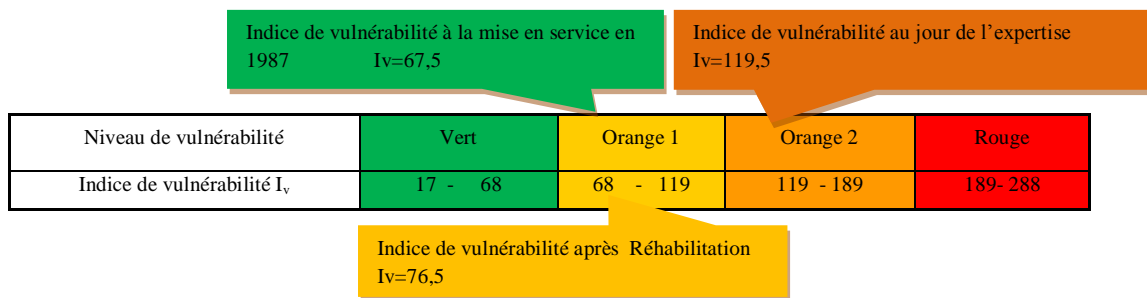


Figure 4.24 : Evaluation de la vulnérabilité dans le cycle de vie de la retenue collinaire Azzefoun N° 11.

#### 4.5.24. Retenue collinaire Azzefoun N° 12

La retenue collinaire Azzefoun N° 12 est située au Sud Est de village Mlata, ou lieu dit Fellag, sur la route nationale N° 24. Cette retenue, de capacité de 70 000 m<sup>3</sup>, a été réalisée par la DSA en 1988.



Photo 4.154. Vue générale de la retenue Azzefoun N°12.

##### 4.5.24.1. Evaluation de la vulnérabilité à la mise en service en 1988

Tableau 4.94 : Indice de vulnérabilité à la mise en service en 1988.

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coef de pondération	Pi	Nei xPi
Environnementale	Implantation de l'ouvrage	Région côtière	4	Climat humide avec embruns en bord de mer	3	12
	Zone sismique	Zone IIa	2	En milieu rural	2	4
	Type de sol	Sol très meuble	4	glissement de terrain	4	16
	Action de la neige	Zone A	4		1	4
	Action de vent	Zone I	2	Ph=0,75 Pc=0,50 Pt=0,25 Ps=0,75	2,5	5,0
Structurelle	Etanchéité de la retenue	Digue en argile compactée	1	Talus sec	1	1
	Protection du talus amont	Enrochement	1	Aucune dégradation	1	1
	Protection du talus aval	Talus non protégé	4	Aucune dégradation	1	4
	Revêtement de la crête	Sans protection	4	Présence des végétations	1	4
	Type d'évacuateur de crue	sur rive à seuil en béton	2	Aucune dégradation	1	2
	Type de coursier	Béton	1	Aucune dégradation	1	1
	Type de bajoyers	Béton	1	Aucune dégradation	1	1
	Type de bassin de dissipation	Béton	1	Aucune dégradation	1	1
	Conduite de prise de vidange	Conduite en acier noire	4	Fonctionnelle	1	4
Fonctionnelle	Destination de l'ouvrage	irrigation	1	Accessible par route carrossable	2	2
	Etat d'envasement de la cuve	Talweg	3	Inférieur à 10ans	1	3
	Fréquence de l'entretien	trimestrielle	1	route	2	2
<b>Indice de vulnérabilité</b>						<b>67</b>

La valeur de l'indice de vulnérabilité simulée au jour de la mise en service classe la retenue en vert ( $17 \leq I_v = 67 \leq 68$ ).

4.5.24.2. Evaluation de la vulnérabilité au jour de l'expertise

❖ Défauts apparents



Photo 4.155 : Creusement de ravines en bordure de la retenue



Photo 4.156 : végétations arbustives sur le talus amont, la crête et le talus aval



Photo 4.157 : Glissement des murs bajoyers



Photo 4.158 : Bassin de dissipation obturé par la végétation



Photo 4.159 : Végétation arbustive autour de la retenue



Photo 4.160 : Orniérage au pied du talus amont de la retenue

Les paramètres de l'évaluation structurelle ayant subit des variations sont illustrés dans le tableau 4.95, suivant d'après les défauts cités plus haut.

Tableau 4.95 : Indice de vulnérabilité au jour d'expertise en 2012

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coef de pondération	Pi	Ne ix Pi
Structurelle	Etanchéité de la retenue	Digue en argile compactée	1	Fuites légères	3	3
	Protection du talus amant	Enrochement	1	Présence de Végétations	2	2
	Protection du talus aval	Talus non protégé	4	Présence de Végétations	2	8
	Revêtement de la crête	sans protection	4	Présence d'orniérages	2	8
	Type d'évacuateur de crue	sur rive à seuil en béton	2	Destruction de l'évacuateur	4	8
	Type de coursier	Béton	1	Erosion importante	3	3
	Type de bajoyers	Béton	1	Perte de stabilité	4	4
	Type de bassin de dissipation	Béton	1	Affouillement et érosion	4	4
	Conduite de prise de vidange	Conduite en acier noire	4	non fonctionnelle	4	16
Fonctionnelle	Etat d'envasement de la cuve	Talweg	3	20 à 30 ans	3	9
	Fréquence de l'entretien	Absence	4	route	2	8
				<b>Indice de vulnérabilité</b>	<b>116</b>	

La valeur de l'indice de vulnérabilité obtenue (**Iv=116**) reclasse la retenue expertisée en orange 1.

### 4.5.24.3. Evaluation de la vulnérabilité après la réhabilitation

Pour la réhabilitation de l'ouvrage expertisé, nous proposons les modes de réparations suivants :

**Tableau 4.96 : Mode de réparation correspondant aux défauts apparents**

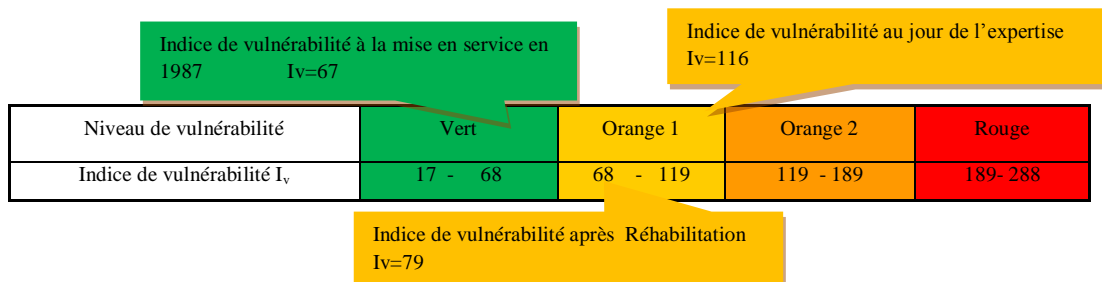
Pathologies	Mode de réparations possibles
Présence d'ornièrages	Rechargement de la crête afin de restaurer le profil
Présence de fuites	Effectuer un suivi régulier afin d'en connaître les évolutions.
Glissement de terrain sur les murs bajoyers	Suppression des obstacles
Présence des ravines	Réparations des ravines
Destruction de l'évacuateur	Mise en place de l'évacuateur de crus

Nous donnons ci-après les paramètres de l'évaluation ayant subi des variations.

**Tableau 4.97: Indice de vulnérabilité après réhabilitation**

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coef pondération	Pi	Ne ix Pi
<b>Structurale</b>	Etanchéité de la retenue	Digue en argile compactée	1	suintements	2	2
	Protection du talus amant	Enrochement	1	Aucune dégradation	1	1
	Protection du talus aval	Enrochement	1	Aucune dégradation	1	1
	Revêtement de la crête	Sans protection	4	Présence de végétation	2	8
	Type d'évacuateur de crue	sur rive à seuil en béton	2	Aucune dégradation	1	2
	Type de coursier	Béton	1	Aucune dégradation	1	1
	Type de bajoyers	Béton	1	Aucune dégradation	1	1
	Type de bassin de dissipation	Béton	1	Aucune dégradation	1	1
	Conduite de prise de vidange	Conduite en acier noire	4	fonctionnelle	1	4
<b>Fonctionnelle</b>	Etat d'envasement de la cuve	Talweg	3	20 à 30 ans	3	9
	Fréquence de l'entretien	Annuelle	3	route	2	6
<b>Indice de vulnérabilité</b>						<b>79</b>

La valeur de l'indice de vulnérabilité recalculé après réhabilitation (**Iv=79**) reclasse la retenue expertisée en orange1.



**Figure 4.25 : Evaluation de la vulnérabilité dans le cycle de vie de la retenue collinaire Azzefoun N° 12.**

#### 4.5.25. Retenue collinaire Azzefoun N° 14

La retenue collinaire Azzefoun N° 14 est située au sud du chef lieu de la commune d'Azzefoun, sur la route qui relie Azzefoun à Tigzirt. Cette retenue, de capacité de 40 000 m<sup>3</sup>, a été réalisée par la DHW en 1995.



Photo 4.161. Vue générale de la retenue Azzefoun N° 14.

##### 4.5.25. 1. Evaluation de la vulnérabilité à la mise en service en 1995

La valeur de l'indice de vulnérabilité simulée au jour de la mise en service classe la retenue en vert ( $17 \leq I_v = 65,5 \leq 68$ ).

Tableau 4.98 : Indice de vulnérabilité à la mise en service en 1995.

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coef de pondération	Pi	Nei×Pi
Environnementale	Implantation de l'ouvrage	Région côtière	4	Climat humide avec embruns en bord de mer	3	12
	Zone sismique	Zone IIa	2	En milieu rural	2	4
	Type de sol	Sol très meuble	4	Risque de glissement	4	16
	Action de la neige	Zone A	4		1	4
	Action de vent	Zone I	2	Ph=0,75 Pc=0,50 Pt=0,25 Ps=0,75	2,25	4,5
Structurelle	Etanchéité de la retenue	Digue en argile compactée	1	Talus sec	1	1
	Protection du talus amant	Enrochement	1	Aucune dégradation	1	1
	Protection du talus aval	Talus non protégé	4	Aucune dégradation	1	4
	Revêtement de la crête	Sans protection	4	Présence de la végétation	1	4
	Type d'évacuateur de crue	sur rive à seuil en béton	2	Aucune dégradation	1	2
	Type de coursier	Béton	1	Aucune dégradation	1	1
	Type de bajoyers	Béton	1	Aucune dégradation	1	1
	Type de bassin de dissipation	Béton	1	Aucune dégradation	1	1
Conduite de prise de vidange	Conduite en acier noire	4	Fonctionnelle	1	4	
Fonctionnelle	Destination de l'ouvrage	irrigation	1	Accessible par route carrossable	2	2
	Etat d'envasement de la cuve	Talweg	3	Inférieur à 10ans	1	3
	Fréquence de l'entretien	trimestrielle	1	Aucun risque	1	1
<b>Indice de vulnérabilité</b>						<b>65,5</b>

4.5.25. 2. Evaluation de la vulnérabilité au jour de l'expertise

❖ Défauts apparents



Photo 4.162 : présence de terriers sur le talus amont



Photo 4.163 : Végétation arbustive sur la crête et les talus



Photo 4.164 : Végétations arbustive tout autour de la retenue



Photo 4.165 : Evacuateur de crue Obturé



Photo 4.166 : Bassin de dissipation endommagé

Les paramètres de l'évaluation structurelle ayant subi des variations sont illustrés dans le tableau 4.99, d'après les défauts cités plus haut.

**Tableau 4. 99 : Indice de vulnérabilité au jour d'expertise en 2012.**

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coefficient de pondération	Pi	Ne ix Pi
<b>Structurelle</b>	Etanchéité de la retenue	Digue en argile compactée	1	Fuites légères	3	3
	Protection du talus amont	Enrochement	1	Présence de terriers	3	3
	Protection du talus aval	Talus non protégé	4	Présence de Végétations	2	8
	Revêtement de la crête	sans protection	4	Présence d 'orniérages	2	8
	Type d'évacuateur de crue	sur rive à seuil en béton	2	Destruction de l'évacuateur	4	4
	Type de coursier	Béton	1	Erosion importante	3	3
	Type de bajoyers	Béton	1	Perte de stabilité	4	4
	Type de bassin de dissipation	Béton	1	Ruine	4	4
<b>Fonctionnelle</b>	Conduite de prise de vidange	Conduite en acier noire	4	non fonctionnelle	4	16
	Etat d'envasement de la cuve	Talweg	3	10 à 20 ans	2	6
	Fréquence de l'entretien	Absence	4	Aucun risque	1	4
<b>Indice de vulnérabilité</b>					<b>105,5</b>	

La valeur de l'indice de vulnérabilité obtenue (**Iv=105,5**) reclasse la retenue expertisée en orange 1.

4.5.25. 3. Evaluation de la vulnérabilité après la réhabilitation

Pour la réhabilitation de l'ouvrage expertisé, on propose les modes de réparations suivants :

Tableau 4.100 : Mode de réparation correspondant aux défauts apparents

Pathologies	Mode de réparations possibles
Présence d'ornièrages	Rechargement de la crête afin de restaurer le profil
Destruction de l'évacuateur	Mise en place de l'évacuateur de crus
Présence de terriers	Réparer par des travaux de petits terrassements et reconstitution de l'étanchéité du remblai (injection)
Présence de la végétation arbustive	procéder à une coupe systématique des brins et accompagner de produits chimiques dévitalisant afin de tuer les sujets.

Nous donnons ci-après les paramètres de l'évaluation ayant subit des variations. La valeur de l'indice de vulnérabilité recalculé après réhabilitation ( $I_v=75,5$ ) reclasse la retenue expertisée en orange 1.

Tableau 4.101: Indice de vulnérabilité après réhabilitation

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coef de pondération	Pi	Ne ix Pi
<b>Structurelle</b>	Etanchéité de la retenue	Digue en argile compactée	1	Présence de suintements	2	2
	Protection du talus amant	Enrochement	1	Végétation	2	2
	Protection du talus aval	Sans protection	4	Végétation	2	8
	Revêtement de la crête	Sans protection	4	Aucune dégradation	1	4
	Type d'évacuateur de crue	Latérale sur rive à seuil en béton	2	Aucune dégradation	1	2
	Type de coursier	Béton	1	Aucune dégradation	1	1
	Type de bajoyers	Béton	1	Aucune dégradation	1	1
	Type de bassin de dissipation	Béton	1	Aucune dégradation	1	1
	Conduite de prise de vidange	Conduite en acier noire	4	fonctionnelle	1	4
<b>Fonctionnelle</b>	Etat d'envasement de la cuve	Talweg	3	10 à 20 ans	2	6
	Fréquence de l'entretien	Annuelle	3	Aucun risque	1	3
<b>Indice de vulnérabilité</b>						<b>76,5</b>

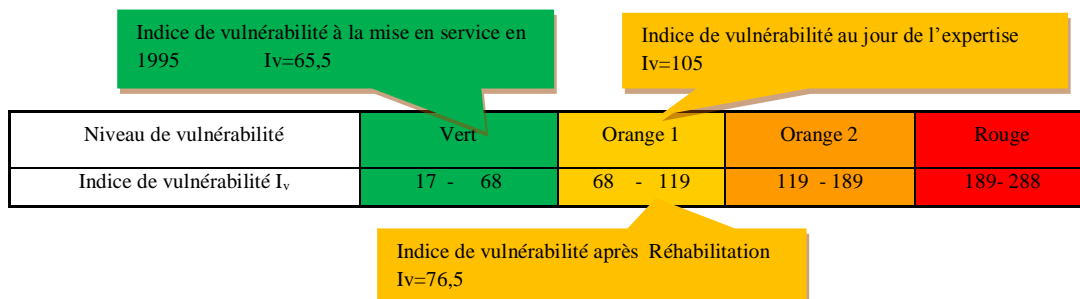


Figure 4.26 : Evaluation de la vulnérabilité dans le cycle de vie de la retenue collinaire Azzefoun N° 14.

#### 4.5.26. Retenue collinaire Azzefoun N° 15

La retenue collinaire Azzefoun N° 15 est située au sud du chef lieu de la commune d'Azzefoun, ou lieu dit Boussouelem, sur la route national N°24 qui mène vers Azzefoun ville. Cette retenue, de capacité de 30 000 m<sup>3</sup>, a été réalisée par la DHW en 1995.



Photo 4.167. Vue générale de la retenue Azzefoun N° 15.

#### 4.6.26. 1. Evaluation de la vulnérabilité à la mise en service en 1995

La valeur de l'indice de vulnérabilité simulée au jour de la mise en service classe la retenue en vert ( $17 \leq Iv = 67,5 \leq 68$ ).

Tableau 4.102 : Indice de vulnérabilité à la mise en service en 1995.

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coef de pondération	Pi	Nei×Pi
Environnementale	Implantation de l'ouvrage	Région côtière	4	Climat humide avec embruns en bord de mer	3	12
	Zone sismique	Zone IIa	2	En milieu rural	2	4
	Type de sol	Sol très meuble	4	Risque de glissement	4	16
	Action de la neige	Zone A	4		1	4
	Action de vent	Zone I	2	Ph=0,75 Pc=0,50 Pt=0,25 Ps=0,25	1,75	3,5
Structurelle	Etanchéité de la retenue	Digue en argile compactée	1	Talus sec	1	1
	Protection du talus amont	Enrochement	1	Aucune dégradation	1	1
	Protection du talus aval	Talus non protégé	4	Aucune dégradation	1	4
	Revêtement de la crête	Sans protection	4	Présence de la végétation	1	4
	Type d'évacuateur de crue	Latérale sur rive à seuil en béton	2	Aucune dégradation	1	2
	Type de coursier	Béton	1	Aucune dégradation	1	1
	Type de bajoyers	Béton	1	Aucune dégradation	1	1
	Type de bassin de dissipation	Béton	1	Aucune dégradation	1	1
Conduite de prise de vidange	Conduite en acier noire	4	Fonctionnelle	1	4	
Fonctionnelle	Destination de l'ouvrage	irrigation	1	Accessible par route carrossable	2	2
	Etat d'envasement de la cuve	Talweg	3	Inférieur à 10ans	1	3
	Fréquence de l'entretien	trimestrielle	1	Equipements publics	4	4
<b>Indice de vulnérabilité</b>						<b>67,5</b>

## 4.5.26. 2. Evaluation de la vulnérabilité au jour de l'expertise

## ❖ Défauts apparents



Photo 4.168 : Désordres dus ou battillage



Photo 4.169 : Affaissement de la crête



Figure 4.170 : Végétation arbustive sur le talus amont



Photo 4.171 : Obturation de l'évacuateur des crues par les remblais Et la végétation



Les paramètres de l'évaluation structurelle ayant subi des variations sont illustrés dans le tableau 4.103. La valeur de l'indice de vulnérabilité obtenue (**Iv=130,5**) reclasse la retenue expertisée en orange 2.

Tableau 4. 103: Indice de vulnérabilité au jour d'expertise en 2012

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coef de pondération	Pi	Ne ix Pi
Structurelle	Etanchéité de la retenue	Digue en argile compactée	1	Fuites légères	3	3
	Protection du talus amont	Enrochement	1	Désordres dus au battillage	3	6
	Protection du talus aval	Talus non protégé	4	Végétation arbustive	2	8
	Revêtement de la crête	Sans protection	4	Affaissement de la crête	4	16
	Type d'évacuateur de crue	Sur rive à seuil en béton	2	Obturation de l'évacuateur	4	8
	Type de coursier	Béton	1	Erosion importante	3	3
	Type de bajoyers	Béton	1	rupture de joints	3	3
	Type de bassin de dissipation	Béton	1	Affouillement et érosion	4	4
Fonctionnelle	Conduite de prise de vidange	Conduite en acier noire	4	non fonctionnelle	4	16
	Etat d'envasement de la cuve	Talweg	3	10 à 20 ans	2	6
	Fréquence de l'entretien	Absence	4	Equipements publics	4	16
<b>Indice de vulnérabilité</b>						<b>130,5</b>

**4.5.26. 3. Evaluation de la vulnérabilité après la réhabilitation**

Pour la réhabilitation de l'ouvrage expertisé, on propose les modes de réparation suivants :

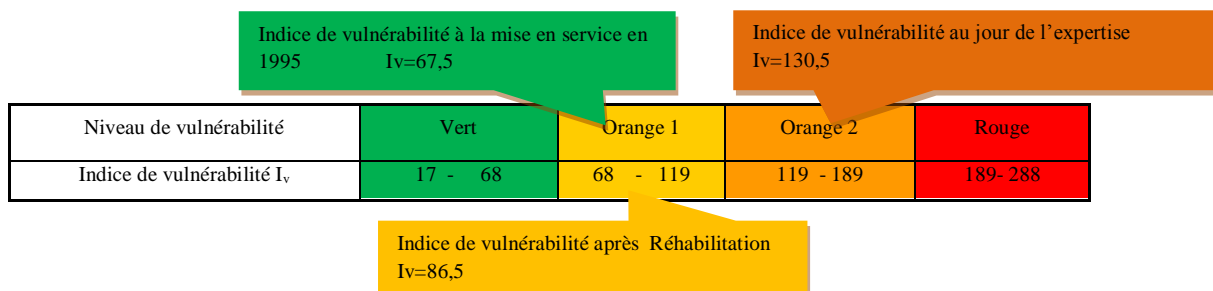
**Tableau 4.104 : Mode de réparation correspondant aux défauts apparents**

Pathologies	Mode de réparations possibles
Végétation arbustive	Procéder à une coupe systématique des brins et accompagner de produits chimiques dévitalisant afin de tuer les sujets.
Affaissement de la crête	Rechargement de la crête afin de restaurer le profile
Présence de fuites	L'étanchéité doit être améliorée par une géo-membrane, un tapis mince en argile ou couche de bitume. Effectuer un suivi régulier afin d'en connaitre les évolutions
Obturation de l'évacuateur de crus par le remblai	Suppression du remblai
Erosion et affouillement du bassin de dissipation	Pose de l'enrochement sur le dissipateur existants

Nous donnons ci-après les paramètres de l'évaluation ayant subit des variations. La valeur de l'indice de vulnérabilité recalculé après réhabilitation (**Iv=86,5**) reclasse la retenue expertisée en orange1.

**Tableau 4.105 : Indice de vulnérabilité après réhabilitation.**

Evaluation	Critère de notation	Note élémentaire	Nei	Coef de pondération	Pi	Ne ix Pi
<b>Structurelle</b>	Etanchéité de la retenue	Digue en argile compactée	1	Suintements	2	2
	Protection du talus amant	Enrochement	1	Végétation	2	2
	Protection du talus aval	Talus non protégé	4	Aucune dégradation	1	4
	Revêtement de la crête	Sans protection	4	Orniérages	2	8
	Type d'évacuateur de crue	Latérale sur rive à seuil en béton	2	Aucune dégradation	1	2
	Type de coursier	béton	1	Végétation	2	2
	Type de bajoyers	béton	1	Déformations	2	2
	Type de bassin de dissipation	béton	1	déformations	1	1
<b>Fonctionnelle</b>	Conduite de prise de vidange	Conduite en acier noire	4	fonctionnelle	1	4
	Etat d'envasement de la cuve	Talweg	3	10 à 20 ans	2	6
	Fréquence de l'entretien	Annuelle	3	Equipements publics	4	12
<b>Indice de vulnérabilité</b>						<b>86,5</b>



**Figure 4.27 : Evaluation de la vulnérabilité dans le cycle de vie de La retenue collinaire Azzefoun N° 15.**

## Conclusion

La méthodologie à base d'indice de vulnérabilité, appliquée au cas des retenues collinaires de la wilaya de Tizi-Ouzou, permet une évaluation simple et rapide de leur vulnérabilité. La détermination de l'indice de vulnérabilité dans le cycle de vie des retenues collinaires montre à travers l'expertise des retenues étudiées, qu'au delà d'un certain degré de dégradation les conséquences sur le comportement de la structure ne sont plus négligables. La structure, après réhabilitation gagne de la performance mais ne revient jamais à son état initial.

Dans le prochain chapitre, nous nous intéressons à créer une base de données géoréférencées qui consiste à stocker toute l'information recueillie dans une base de donnée et que l'on peut visualiser sur une carte. A celle-ci nous pouvons faire plusieurs analyses thématiques. Cet outil peut être un puissant aide à la décision pour les gestionnaires afin de visualiser les retenues prioritaires à la réhabilitation.

## Chapitre 5 : Développement d'un SIG pour la gestion d'un parc de retenues collinaires

### Introduction

Afin de rassembler toutes les données géographiques et attributaires de notre zone d'étude, que nous avons compilés dans des fiches techniques (annexe 2), et les structurer de manière à pouvoir extraire des informations pour la prise de décisions de gestion, nous utilisons le Système Informatique Géographique(SIG). Les données ainsi extraites nous permettent de procéder à l'analyse thématique des retenues expertisées afin de les classer selon leur indice de vulnérabilité. Par ailleurs, nous allons élaborer un programme quinquennal de réhabilitation, qui sera un excellent outil décisionnel pour l'DHW et la DSA, en proposant des réparations pour les retenues expertisées, afin résoudre des problèmes complexes d'aménagement, d'analyse et de réhabilitation en commençant du plus menaçant au plus superficiel.

### 5.1. Fonctionnalités d'un SIG

#### 5.1.1. Principes

Un SIG permet de gérer des données localisées spatialement : on parle de données géo-référencées. Un SIG ne se résume pas à un programme informatique, mais désigne l'ensemble de la structure mise en place pour gérer l'information : données, logiciels, matériels et personnel. Les fonctionnalités d'un SIG se décomposent en cinq aspects principaux (règles des 5A) :

- acquisition : saisie des informations géographiques sous forme numérique,
- archivage : gestion sous forme de base de données,
- analyse : un SIG permet la manipulation et l'interrogation des données géographiques,
- affichage : mise en forme et visualisation, modules d'exports cartographiques,
- abstraction : les données offrent une représentation possible du monde réel.

L'information manipulée dans un SIG est donc beaucoup plus riche que celle contenue dans de simples cartes. Celles-ci n'en sont que des produits dérivées mais elles sont toutefois indispensables pour mener des actions de communication.

#### 5.1.2. Types de données manipulées

Pour garantir le succès de ces opérations, un certain nombre d'exigences (données) sont à accomplir :

- calage de cartes d'état majeur, afin de pouvoir étudier toute la région d'étude,

- construction d'une base de données, en créant une table Excel,
- Affichage d'un semi de point,
- enfin, réalisation d'une analyse thématique.

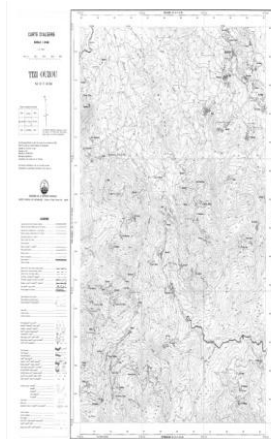
### 5.1.3. Calage de l'image raster

#### 5.1.3.1. Cartes utilisées

Notre zone d'étude s'étend sur cinq cartes d'état majeur : la carte Tizi Ouzou-42-Est (figure 5.1), la carte Tizi Ouzou-34-Est (figure 5.2), la carte Tizi ouzou-32-Ouest (figure 5.3), la carte Azzefoune (figure 5.4) et la carte Azzofoun \_ 14 Ouest (figure 5.5). Ces cinq cartes sont prises à partir de vues aériennes en 1985 et complétées sur le terrain en 1987. Elles sont dressées et publiées par l'Institut National de Cartographie et télédétection (I.N.C.T), en utilisant la projection U.T.M (Universal transverse Mercator), à une échelle 1/25 000 (INC, 1997)



**Figure 5.1 : Carte  
Tizi ouzou - 42-Est.**



**Figure 5.2 : Carte  
Tizi ouzou - 34- Est.**



**Figure 5.3 : Carte  
Tizi ouzou - 32- Ouest.**



**Figure 5.4 : Carte  
Azzofoun.**



**Figure 5.5 : Carte  
Azzofoun - 14- Ouest.**

Afin de cerner toute la zone d'étude, il y a lieu de mettre les cinq cartes en mosaïque. Pour ce faire, nous procédons, pour chaque carte, de la manière suivante :

- ouvrir la carte avec Paint,
- sélectionner et découper juste la carte, en enlevant les bordures (figure 5.6).

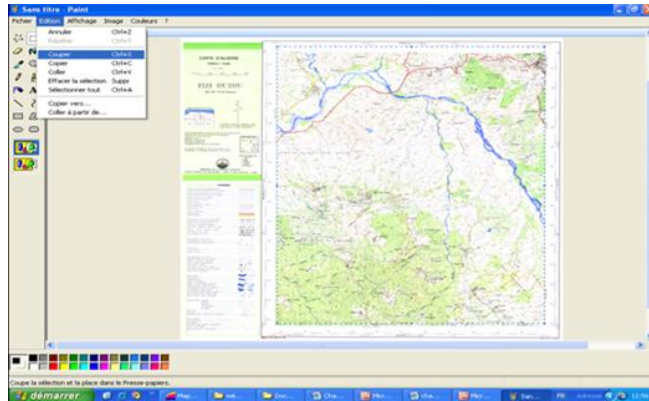


Figure 5.6 : Carte Tizi ouzou - 32- Ouest dans paint

- Ouvrir une nouvelle fenêtre dans Paint et coller la carte déjà coupée (figure 5.7).

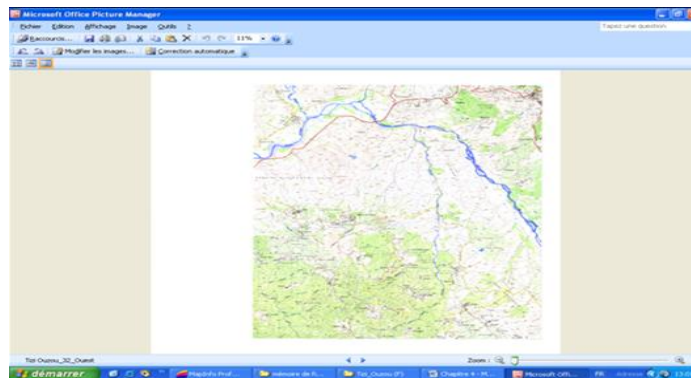


Figure 5.7 : Nouvelle fenêtre de paint de la Carte Tizi ouzou - 32- Ouest coupée

- Enregistrer la nouvelle carte.  
Enfin, pour mettre ces cinq cartes en mosaïque, comme le montre la figure 5.8, nous utilisons le logiciel photo chop.

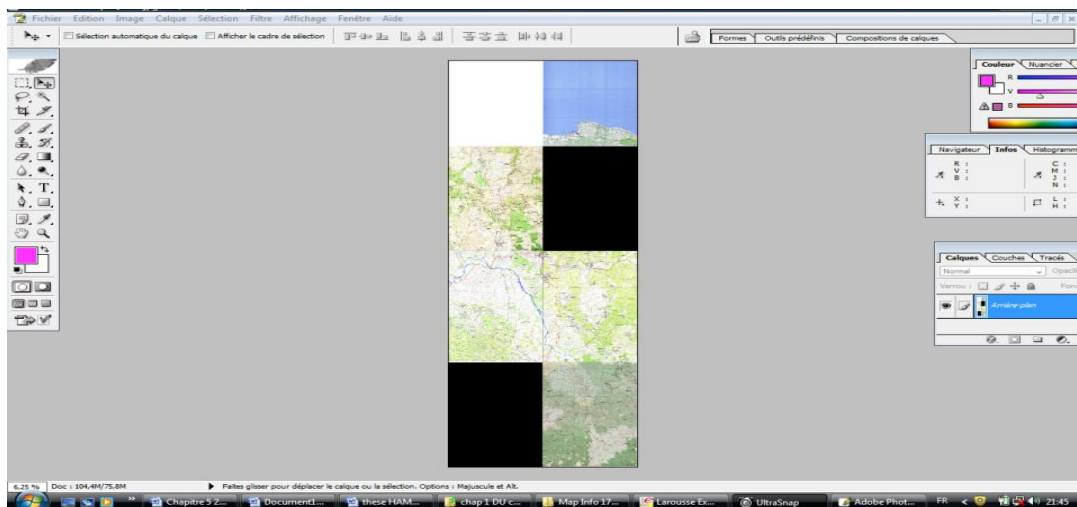


Figure 5.8 : mosaïque des cartes d'état major

Un calage des cartes est indispensable. Chaque image raster doit être calée avant de l'utiliser pour que MapInfo puisse effectuer des calculs géographiques (distances, surfaces ...) la concernant.

**5.1.3.2. Caler le mosaïque des cinq cartes de Tizi Ouzou**

L'application SIG a été conçue pour être utilisée sur un fond de cartes d'état major à l'échelle 1/25 000 avec une précision de positionnement de l'ouvrage sur carte allant de 10 à 20 m. Les retenues seront implantés en points (objets ponctuels) géo-référencés à l'aide d'un couple de coordonnées (X, Y), mesurés par GPS ou par levé topographique, en utilisant une projection UTM (Universal Transverse Mercator) (WGS84).

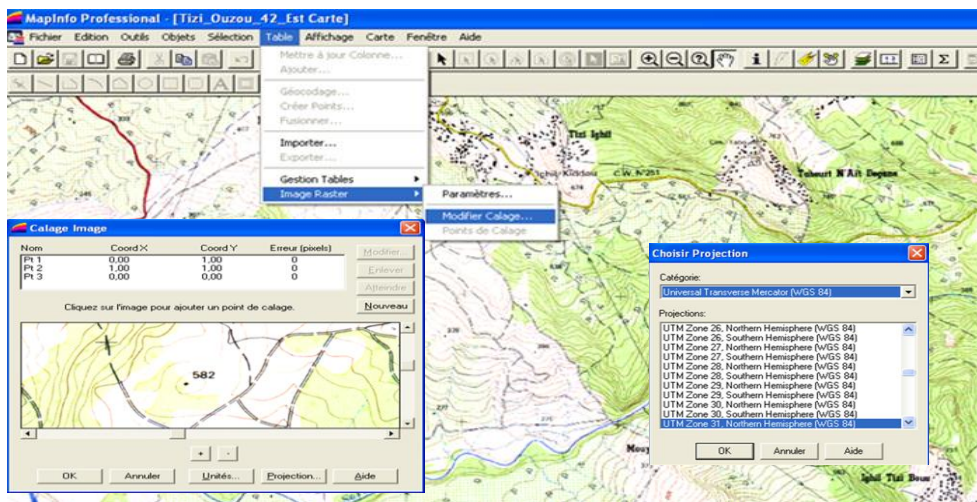


Figure 5.9 : Calage de mosaïque des cartes d'état major .

Pour améliorer le processus de calage, on doit choisir quatre points de calage. Pour avoir les quatre points de calage, nous avons utilisé le quadrillage kilométrique UTM fuseau 31, lequel nous a permis de déterminer les coordonnées géographiques de ces quatre points. Les points considérés pour le calage des différentes cartes suscités sont illustrés sur les tableaux 5.1, 5.2, 5.3 et 5.4, ci- dessous :

Tableau 5.1 : Coordonnées X, Y des quatre point de calage de la carte Azzefoun - 14 Ouest.

N°	X (m)	Y (m)
Pt1	612000	4081000
Pt2	622000	4081000
Pt3	612000	4069000
Pt4	622000	4069000

Tableau 5.2 : Coordonnées des points de calage de la carte T-Ouzou-32-ouest , T- Ouzou-42-est.

N°	X (m)	Y (m)
Pt1	612000	4067000
Pt2	633000	4067000
Pt3	612000	4054000
Pt4	633000	4055000

Tableau 5.3 : Coordonnées des points de calage de la carte T-Ouzou-34-est.

N°	X (m)	Y (m)
Pt1	623000	4053000
Pt2	633000	4053000
Pt3	624000	4041000
Pt4	634000	4041000

Tableau 5.4: Coordonnées des points de calage de la carte Azzefoun.

N°	X (m)	Y (m)
Pt1	623000	4095000
Pt2	633000	4053000
Pt3	623000	4082000
Pt4	633000	4082000

### 5.1.4. Construction de la base de données

Une table attributaire affiche des données alphanumériques constituée des enregistrements (lignes) et des champs (colonnes). Chaque ligne et colonne définit une seule caractéristique (ou attributs) de membres du groupe, décrivant des propriétés particulières des objets géographiques. Pour les besoins de notre projet, un ensemble d'informations environnementales, fonctionnelles et structurelles ayant été récolté lors de nos sorties sur le terrain, sont stockées dans un fichier Excel (Annexe 3). Ce dernier ainsi construit se constitue de 46 colonnes et 27 lignes dont un extrait est donné en Tableau 5.5.

Tableau 5.5 : Extrait de la table de la base des données

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
Non du site	Code de la DHW	X (mètre)	Y (mètre)	Z (mètre)	date de visite	Ingenieur chargé de	Wilaya	Daira	commune	Lieu dit	Hauteur de la	Capacité en m	volume réel es	sup irriguée 0	
1	Bouzeguene 2	N° 2	627 149,00	4 054 227,00	276,00	01/10/2011	MmmsSARADOUNI	15	Bouzeguene	Bouzeguene	Talgonthe	13	52000,00	52000,00	10
3	Bouzeguene 1	N° 3	627 669,00	4 054 673,00	283,00	05/10/2011	MmmsSARADOUNI	15	Bouzeguene	Bouzeguene	Avnovesakare	10	75000,00	75000,00	15
4	Iloula oumalou	N° 1	626 494,00	4 052 205,00	349,00	10/10/2011	MmmsSARADOUNI	15	Bouzeguene	Iloula oumalou	Ofni	11	40000,00	40000,00	8
5	Iloula oumalou	N° 399	626 741,00	4 051 427,00	333,00	15/10/2011	MmmsSARADOUNI	15	Bouzeguene	Iloula oumalou	Ofni	10	80000,00	80000,00	10
6	Freha	N°389	618 070,00	4 069 720,00	185,00	01/02/2012	MmmsSARADOUNI	15	Azazega	Freha	Freha	8	50000,00	50000,00	10
7	Freha	N° 395	614 910,00	4 069 650,00	150,00	05/02/2012	MmmsSARADOUNI	15	Azazega	Freha	Debeure	9,5	55000,00	55000,00	11
8	Freha	N° 396	611 930,00	4 067 510,00	219,00	10/02/2012	MmmsSARADOUNI	15	Azazega	Freha	Nezla	8	100000,00	100000,00	20
9	Freha	N° 397	616 230,00	4 068 270,00	138,00	15/02/2012	MmmsSARADOUNI	15	Azazega	Freha	Freha	9,5	45000,00	45000,00	10
10	Freha	N° 398	614 450,00	4 070 100,00	155,00	20/02/2012	MmmsSARADOUNI	15	Azazega	Freha	Debeure	10	100000,00	100000,00	20
11	Mekla	N° 391	616 880,00	4 064 380,00	200,00	10/03/2012	MmmsSARADOUNI	15	Mekla	Mekla	Ait djoudi	10	40 000,00	40 000,00	8
12	Mekla	N° 393	614 150,00	4 064 467,00	144,00	25/02/2012	MmmsSARADOUNI	15	Mekla	Mekla	Tili kate	7	48000,00	48000,00	10
13	Mekla	N° 394	613 543,00	4 064 374,00	176,00	27/02/2012	MmmsSARADOUNI	15	Mekla	Mekla	Tili kate	7	40000,00	40000,00	8
14	Mekla	N° 367	615 520,00	4 064 240,00	210,00	01/04/2012	MmmsSARADOUNI	15	Mekla	Mekla	Allilche	8,5	10000,00	10000,00	20
15	Mekla	N° 368	617 310,00	4 064 680,00	192,00	10/04/2012	MmmsSARADOUNI	15	Mekla	Mekla		8,5	70000,00	70000,00	14
16	Souamaa	N° 1	620 441,00	4 062 076,00	194,00	20/04/2012	MmmsSARADOUNI	15	Mekla	Souamaa	Tala ali	11	60000,00	60000,00	12
17	Timizart	N° 363	613 610,00	4 067 580,00	139,00	03/01/2012	MmmsSARADOUNI	15	Ouaguenoun	Timizart	Chergui	9	70000,00	70000,00	14
18	Timizart	N° 388	612 110,00	4 068 620,00	173,00	05/01/2012	MmmsSARADOUNI	15	Ouaguenoun	Timizart	Tansaout ouabb	8	60000,00	60000,00	12
19	Timizart	N° 360	611 800,00	4 071 930,00	200,00	11/01/2012	MmmsSARADOUNI	15	Ouaguenoun	Timizart	Mahvouva	10	50000,00	50000,00	10
20	Timizart	N° 366	612 920,00	4 070 020,00	196,00	15/01/2012	MmmsSARADOUNI	15	Ouaguenoun	Timizart	Einmassoura	10	135 000,00	135 000,00	16
21	Timizart	N° 201	612 380,00	4 070 920,00	176,00	20/01/2012	MmmsSARADOUNI	15	Ouaguenoun	Timizart	Djemaaz Azekku	9	60000,00	60000,00	12
22	Timizart	N° 1	612 280,00	4 067 900,00	163,00	28/01/2012	MmmsSARADOUNI	15	Ouaguenoun	Timizart	Ivividhe	10	70 000,00	70 000,00	10
23	Azfoun	N° 10	623 970,00	4 083 040,00	78,00	05/05/2012	MmmsSARADOUNI	15	Azfoun	Azfoun	Azfoun	9,5	40000,00	40000,00	8
24	Azfoun	N° 11	623 660,00	4 083 450,00	38,00	10/05/2012	MmmsSARADOUNI	15	Azfoun	Azfoun	Mechta	12	60000,00	60000,00	12
25	Azfoun	N° 12	623 430,00	4 083 060,00	80,00	15/05/2012	MmmsSARADOUNI	15	Azfoun	Azfoun	Fallag	10	70 000,00	70 000,00	8
26	Azfoun	N° 14	622 820,00	4 083 030,00	100,00	20/05/2012	MmmsSARADOUNI	15	Azfoun	Azfoun	Azfoun	11	40000,00	40000,00	8

### 5.1.5. Affichage du semi de point

Les cartes d'états major calée sont utilisées pour implanter chaque retenue connaissant ces coordonnées (X, Y) ainsi que son altitude Z obtenues avec un GPS (tableau 5.6).

Tableau 5.6 : Coordonnées des retenues.

Région d'étude	N° d'ordre	Non de la retenue	x (m)	Y (m)	Z (m)
Bouzeguene	1	Bouzeguene N°2	627149	4054227	276
	2	Bouzeguene N°3	627669	4054673	283
	3	Iloula oumalou N°1	626494	4052205	349
	4	Iloula oumalou N°399	626741	4051427	333
Azazga	5	Freha N°389	618070	4069720	185
	6	Freha N°395	614910	4069650	150
	7	Freha N°396	611930	4067510	219
	8	Freha N°397	616250	4068270	138
	9	Freha N°398	614450	4070100	155
Mekla	10	Mekla N°367	615520	4064240	210
	11	Mekla N°368	617 310	4064 680	192
	12	Mekla N°391	616 880	4064 380	200
	13	Mekla N°393	614150	4064467	144
	14	Mekla N°394	613 543	4064374	176
	15	Souamaa N°1	620 441	4062076	194
Ouaguenoun	16	Timizart N°201	612380	4070920	176
	17	Timizart N°360	636740	386340	160
	18	Timizart N°363	613610	4067580	139
	19	Timizart N°366	612920	4070020	196
	20	Timizart N°388	612110	4068620	173
	21	Timizart	612280	4067900	163
Azzefoun	22	Azzefoun N°10	623970	4083040	78
	23	Azzefoun N°11	623660	4083450	38
	24	Azzefoun N°12	623430	4083060	80
	25	Azzefoun N°14	622820	4083030	100
	26	Azzefoun N°15	625920	4083240	50

Pour pouvoir implanter les retenues collinaires sur la carte, on procède de la manière suivante :

- ouvrir le fichier Excel : **Fichier > Ouvrir Table** (Faire le soin de choisir le fichier de type Excel).
- Cliquer sur *ouvrir*, la fenêtre **Excel-Informations** (figure 5.10) apparait. Nous choisissons *autres*, afin de délimiter le nombre de lignes et colonnes de la table Excel que nous souhaitons voir s'afficher (figure 5.10).

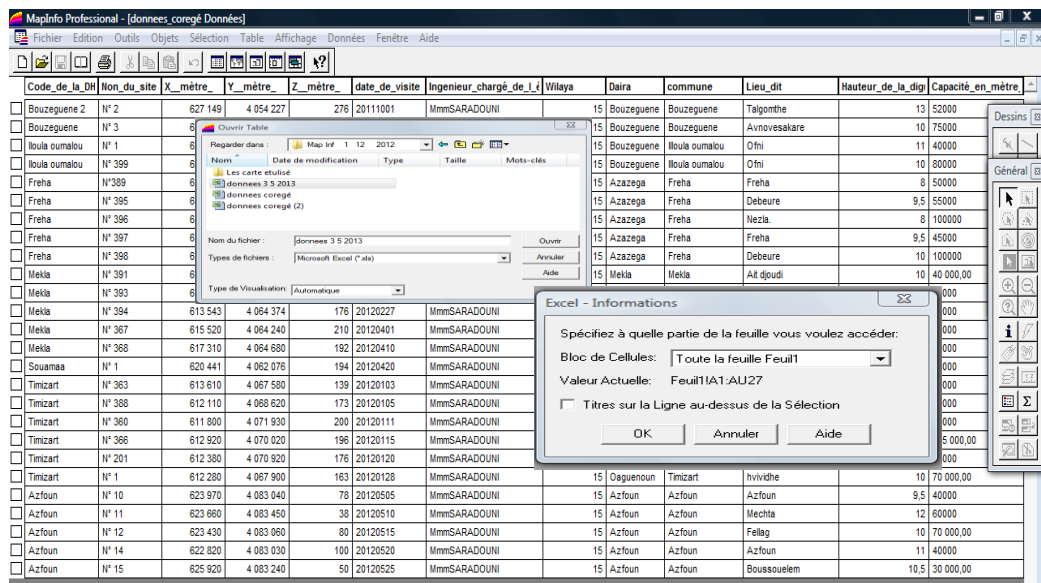


Figure 5.10 : Ouverture du fichier de données dans le SIG

Le fichier Excel « Indice de vulnérabilité » contenant les données géo-référencées est ouvert à partir de Mapinfo pour semer tous les ouvrages sur le fond de carte d'état major comme des objets ponctuels. Nous identifions les colonnes contenant les coordonnées (X et Y) de la base attributaire, puis nous choisissons le système de projection (Universal Transverse Mercator WGS84, zone 31, Northern hemisphere).

pour afficher la semi de point, aller à : *Fenêtre* > *Carte* (figure 5.11).

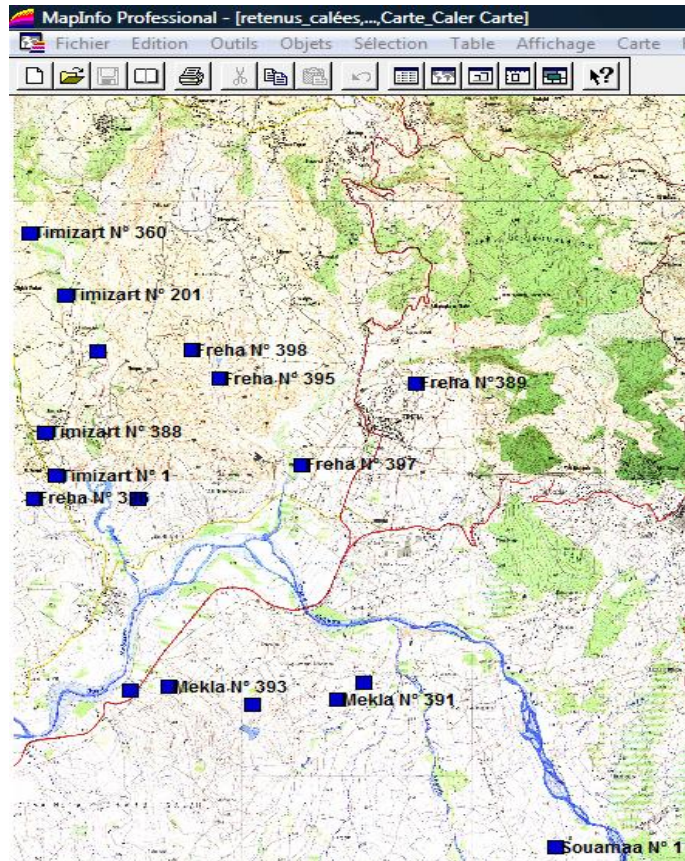


Figure 5.11 : Interface de l'extrait du semi de point dans le SIG.

Maintenant que le semi est réalisé, nous nous intéresserons à l'analyse thématique du parc de retenue expertisée. La variable d'analyse des retenues du parc est le champ qui véhicule l'indice de vulnérabilité «  $I_v$  ». Dans cette analyse, nous définissons quatre classes telles que prévues au chapitre 3. Le niveau vert ( $17 \leq I_v \leq 68$ ), le niveau orange 1 ( $68 \leq I_v \leq 119$ ), le niveau orange 2 ( $119 \leq I_v \leq 189$ ) et le niveau rouge ( $189 \leq I_v \leq 196$ ).

### 5.1.6. L'analyse thématique avec MapInfo

L'analyse thématique est une étape principale lors de la construction d'un SIG. Elle reste très recommandée et conseillée car elle donne un sens à une représentation graphique du parc ; ce qui est une meilleure manière de la représentation de l'information. Dans le cas de notre étude, et afin d'apprécier l'évolution de la vulnérabilité dans le temps des retenues du

parc, notre analyse est effectuée en considérant trois périodes de leur cycle de vie. La première période correspond à la mise en service de la retenue (figure 5.13), la seconde période est celle du jour de l'inspection de l'ouvrage (figure 5.14) et enfin la troisième période représente la phase après la réhabilitation (figure 5.15). Le fichier Excel « Indice de vulnérabilité » contenant les données géo-référencées est ouvert à partir de Mapinfo pour semer tous les ouvrages sur le fond de carte d'état major comme des objets ponctuels. Nous identifions les colonnes contenant les coordonnées (X et Y) de la base attributaire, puis nous choisissons le système de projection (Universal Transverse Mercator WGS84, zone 31, Northern hemisphere) (figure 5.12).

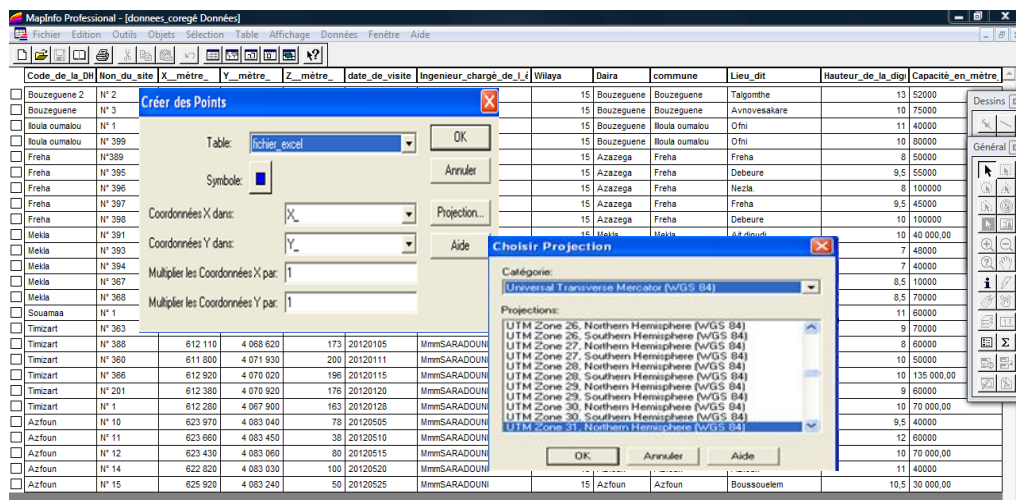


Figure 5.12 : Ouverture du fichier de données dans le SIG

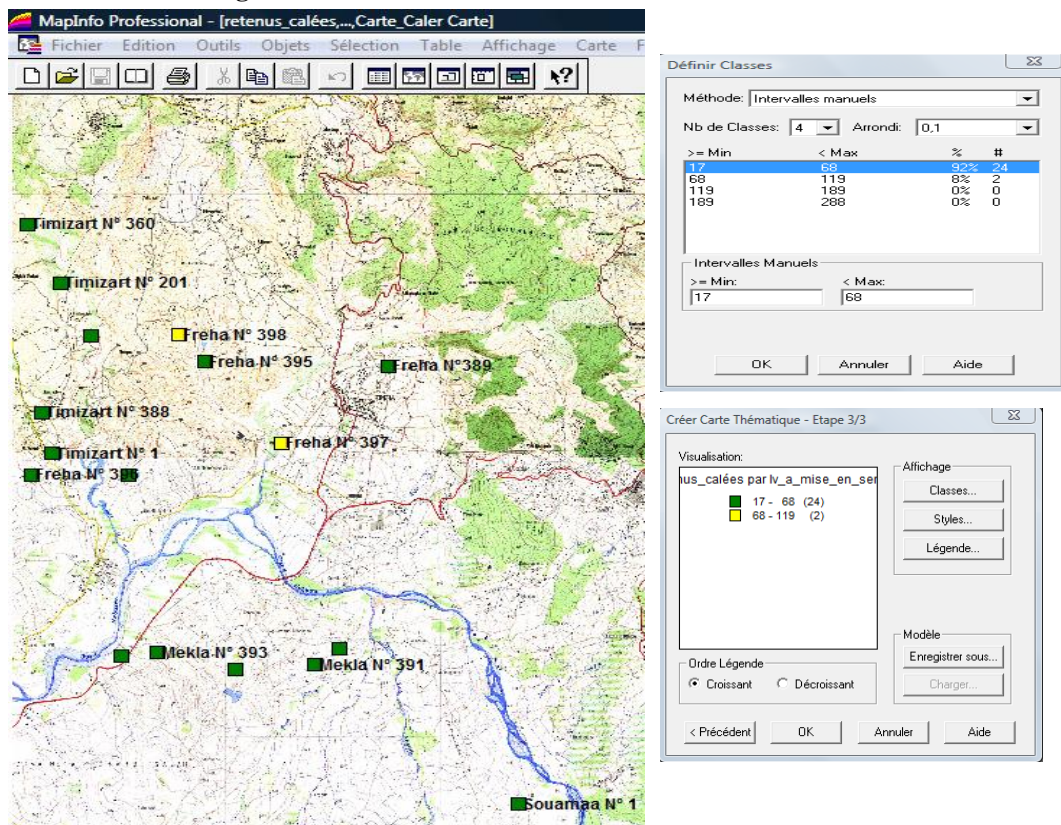


Figure 5.13 : Analyse thématique pour l'indice de vulnérabilité à la mise en service

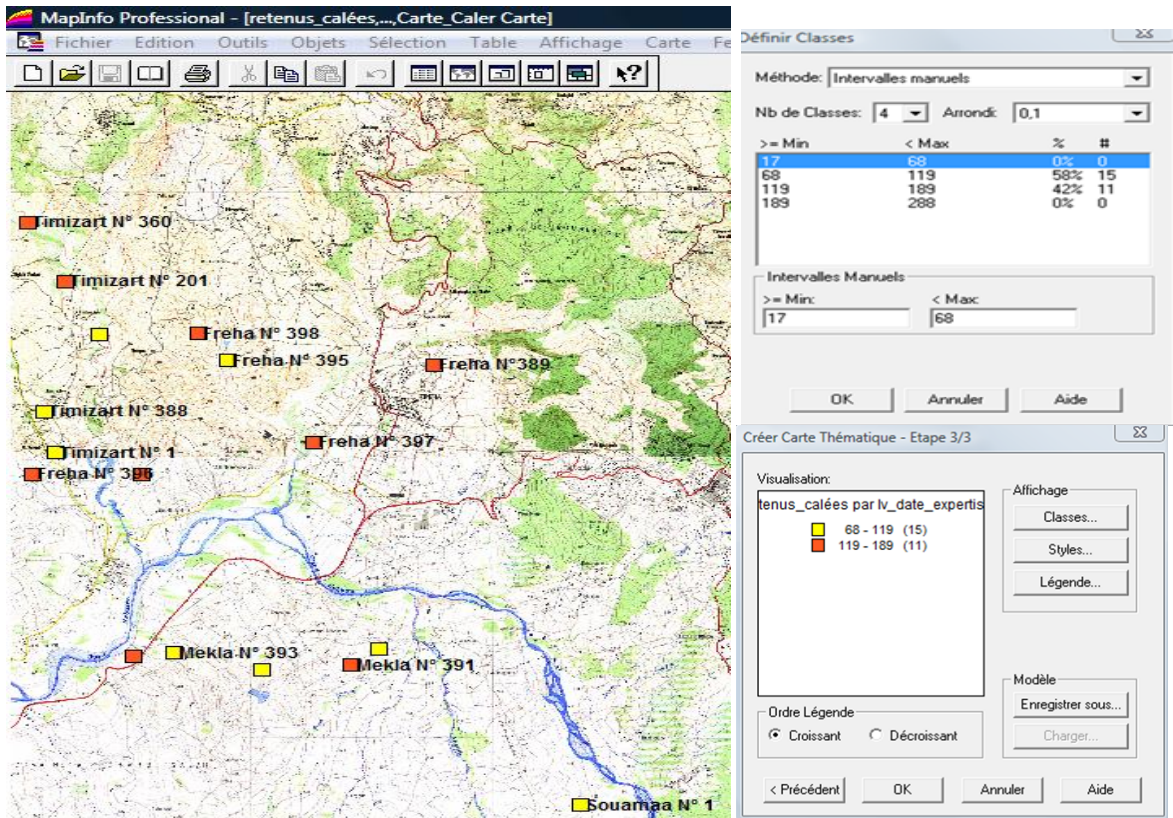


Figure 5.14 : Analyse thématique pour l'indice de vulnérabilité au jour de l'inspection.

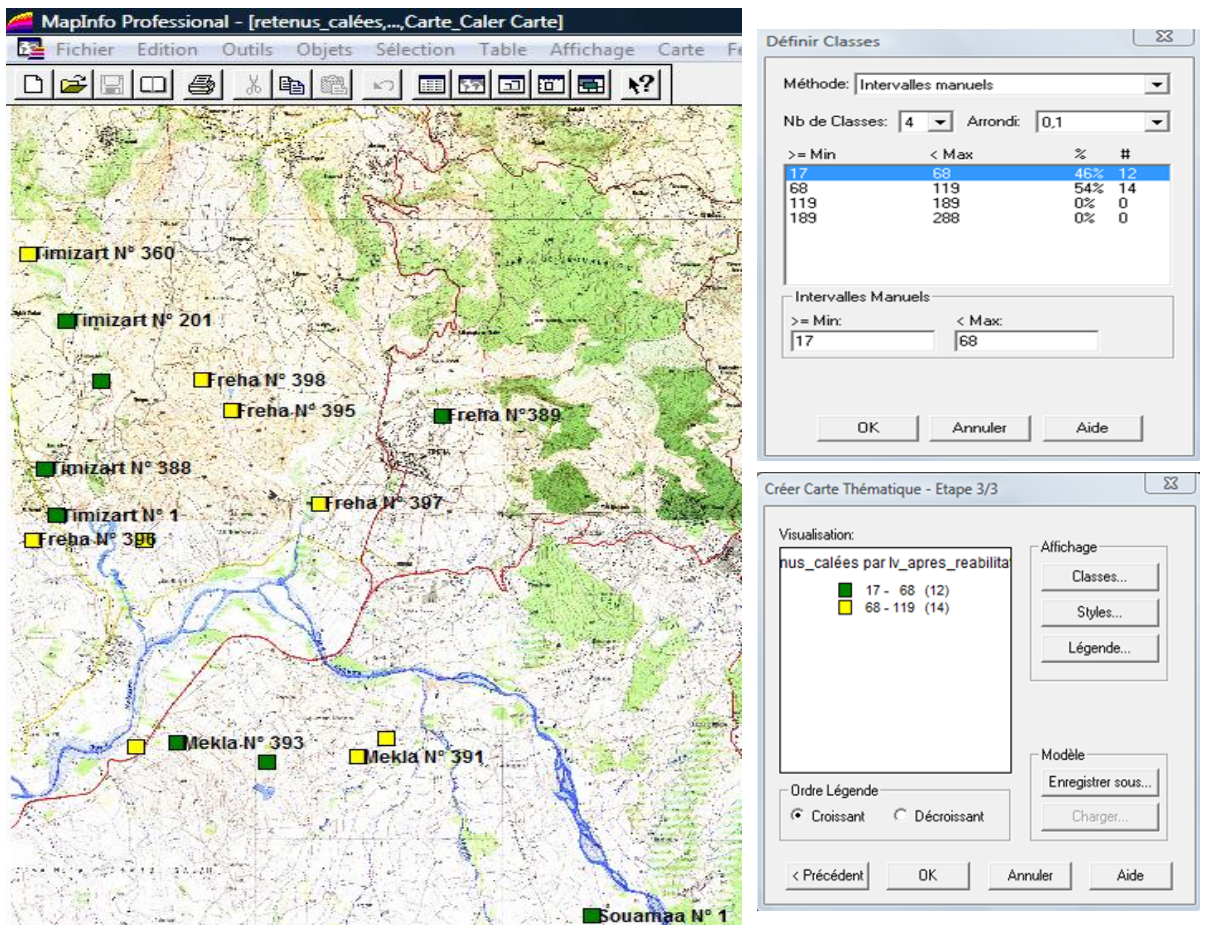


Figure 5.15 : Analyse thématique pour l'indice de vulnérabilité après réhabilitation.

## 5.2. Interprétation des résultats

Les résultats de analyse thématique, faite à la mise en service, montre que **92%** des retenues expertisées sont de classe **verte** ( $17 \leq Iv \leq 68$ ) (figure 5.13). Autrement dit, celles-ci présentent un bon comportement aux aléas naturels. Par ailleurs, 8% de ces retenues sont classées en **orange 1** ( $68 \leq Iv \leq 119$ ). Celles-ci étant pénalisées par certains paramètres environnementaux (lieu d'implantation, type du sol), et fonctionnels (l'accessibilité). Ces retenues sont donc moyennement vulnérables à la mise ne service.

Au jour de l'inspection, l'analyse thématique montre que 58% des retenues expertisées passent en orange1 ( $68 \leq Iv \leq 119$ ), et 42% en orange 2 (figure 5.14). Ainsi l'indice de vulnérabilité augmente en fonction de l'âge et du niveau de gravité de ces retenues ; selon les défauts qui sont dus aux aléas naturels, accélérés par le manque d'entretien. Ces ouvrages présentent un comportement assez bon ou moyen ; donc nécessitent des travaux de renforcement et de réhabilitation.

Après réhabilitation, nous notons une diminution de l'indice de vulnérabilité de toutes les retenues. 54% des retenues ayant un comportement assez bon (classe orange1) et 46% retrouvent un bon comportement après les opérations de réhabilitations (classe verte). Toute fois, l'indice de vulnérabilité n'atteint jamais valeur initiale.

La détermination de l'indice de vulnérabilité dans le cycle de vie d'une retenue montre, à travers l'analyse thématique, qu'au delà d'un certain degré de dégradation les conséquences sur le comportement de la structure ne sont plus négligeables. Les travaux de réparation ou de réhabilitation permettent de faire gagner de la performance à l'ouvrage, mais ne le remet plus à sa performance initiale.

## 5.3. Programme de réhabilitation proposé

Nous allons classer ces retenues de la plus vulnérable à la moins vulnérable (tableau 5.7). Après avoir classé ces retenues, nous allons donner un programme de réparation sur cinq ans, à raison de cinq retenues par année, en commençant par les retenues les plus endommagées. Ainsi, nous avons à traiter d'abord les retenues ayant un faible comportement aux aléas naturels (classées orange 2), puis les retenues moyennement vulnérable (classées orange 1) et de laisser en derniers les retenues présentant un bon comportement aux aléas naturels (classées en vert ) et ne nécessitant pas une attention particulière.

**Tableau 5.7. Classification des retenues par ordre décroissant de l'indice de vulnérabilité**

Nom de la retenue	Valeur de l'indice de vulnérabilité « Iv »
Mekla N°391	155,50
Freha N°396	154,50
Azfoun N°15	146,50
Azfoun N°12	135,50
Timizart N°201	130,00
Timizart N°363	129,50
Freha N°398	126,50
Azfoun N°14	124,50
Mekla N°394	124,00
Mekla N°393	122,00
Timizart N°388	122,00
Timizart N°360	121,50
Azfoun N°11	120,50
Azfoun N°10	119,00
Mekla N°367	115,50
Bouzeguene N°3	114,00
Timizart N°366	113,00
Iloula oumalou N1°	112,00
Freha N°395	108,50
Freha N°389	100,50
Souamaa N°1	98,50
Timizart N°1	97,00
Iloula oumalou N°399	95,00
Mekla N°368	93,50
Bouzeguene N°2	86,50

## Conclusion

La méthode de l'indice de vulnérabilité présente un excellent outil décisionnel au stade préliminaire de l'expertise entre les mains des ingénieurs experts. Le SIG lui apporte son aide, il permet d'implanter les retenues sur les cartes d'états majors, rassemble et stocke les informations recueillies sur le terrain et grâce à l'analyse thématiques, il permet de déduire les retenues ayant un bon ou mauvais comportement aux aléas naturelles. Aussi, il facilite les décisions apprendre pour la réhabilitation est la restauration de l'ouvrage, Il est même en mesure de décider de la restriction de service ou de la démolition d'une retenue.

Par ailleurs, dans un bureau d'études, le SIG accompagnant la méthode pourrait à la fois être utilisée au stade de conception et de prédiction pour la politique de gestion de la retenue durant son exploitation et la fréquence de surveillance de l'ouvrage. Autrement dit, nous renseigne sur l'attention à accorder à l'ouvrage.

## **Conclusion générale**

Dans le cadre de notre recherche, nous avons proposé une méthode d'évaluation de la vulnérabilité afin d'améliorer la gestion patrimoniale des retenues. Ainsi, notre recherche est menée en se basant sur le fait que la gestion de patrimoine d'ouvrages est un problème complexe qui induit de nombreuses décisions dans un contexte multi acteurs, multicritères, absence de méthodologie, mécanismes de vieillissement complexes et multiples, imprécision et incomplétude des informations, manque d'archives, manque de communication, insuffisance de données, il est nécessaire de recourir au jugement des experts.

La méthodologie à base d'indice, présentée dans ce mémoire, permet une évaluation simplifiée et rapide de la vulnérabilité des retenues collinaires. Elle présente ainsi un excellent outil décisionnel au stade préliminaire de l'expertise entre les mains des ingénieurs experts, qui auront à décider des solutions à adopter pour la réhabilitation ou restauration de l'ouvrage.

Entre les mains des gestionnaires, elle permet de fixer les priorités d'intervention dans son programme de réhabilitation ou de réparation. Ils sont même en mesure de décider de la restriction de service ou de la démolition d'une retenue. Par ailleurs, entre les mains des ingénieurs de bureau d'études, la méthode peut être utilisée au stade de conception de l'ouvrage. L'indice de vulnérabilité peut à ce moment là prédire la politique de gestion de la retenue durant son exploitation et la fréquence de surveillance de l'ouvrage. Autrement dit, elle nous renseigne sur l'attention à accorder à l'ouvrage.

La détermination de l'indice de vulnérabilité dans le cycle de vie des retenues collinaires montre à travers l'expertise des retenues étudiées, qu'au delà d'un certain degré de dégradation les conséquences sur le comportement de la structure ne sont plus négligables.

Le SIG apporte son aide, il permet d'implanter les retenues sur les carte d'état major, rassemble et stocker les informations recueillies sur le terrain et grâce à l'analyse thématiques il permet de déduire les retenues ayant un bon ou mauvais comportement aux aléas naturelles. Aussi, il facilite les décisions apprendre pour la réhabilitation est la restauration de l'ouvrage, Il est même en mesure de décider de la restriction de service ou de la démolition d'une retenue.

Par ailleurs, dans un bureau d'études, le SIG accompagnant la méthode pourrait à la fois être utilisée au stade de conception et de prédiction pour la politique de gestion de la retenue durant son exploitation et la fréquence de surveillance de l'ouvrage. Autrement dit, nous renseigne sur l'attention à accorder à l'ouvrage.

## Références bibliographiques

**BENLAOUKLI B., TOUAIBIA B.,** " L'expérience algérienne dans les études des retenues collinaires ", Séminaire international sur les petits barrages dans monde méditerranée, Tunis, 2001.

**BENDAHMANE F.,** "Influence de l'écoulement sur la résistance des sols: étude expérimentale préliminaire " , thèse de DEA, Université de Nantes, 2002.

**BENSAIBI M., TADJER K., MEZAZIGH B.,** "Scénario catastrophe de la ville de Blida ", Algérie, 2004.

**BOULHEOUNE F.,** "Détermination de l'indice de vulnérabilité pour les bâtiments en béton armé ", Thèse magister en génie civil, Blida, juin2006.

**BUYLE-BODIN F., BLANPAIN O.,** "Analyse du cycle de vie des ouvrages en béton", annales du BTP N° 6, décembre 2002.

**BOÉRO J., CAPRA B., SCHOEFS F., BERNARD O., LASNE M.,** "Analyse de risques pour la maintenance des structures portuaires : exemple de quais gabions soumis à de la corrosion", IXèmes Journées Nationales Génie Côtier-Génie Civil, Brest, 12-14 septembre 2006.

**BENSAIBI M., TADJER K., MEZAZIGH B.,** "Scénario catastrophe de la ville de Blida, Algérie, 2004.

**CAMERO D., PALAZ J .,** " Vulnérabilité sismique à grande échelle de la ville de Prilly", Projet ENAC- Master semestre 2, Ecole polytechnique Fédérale de Lausanne EPA, 2010 .

**CREMONA C.,** "Application des notions de fiabilité à la gestion des ouvrages existants", Association Française de Génie Civil, 2002,

**CARTE D'ETAT MAJOR DE LA WILAYA DE TIZI-OUZOU,** Ministère de la décence nationale, Institut National de cartographie, 123, Rue de Tripoli Hussein Day Algérie, 1987.

**DEGOUTTE G., ENGREF, ROYET P.,** "Sécurité des barrages en service", Ed Cemagref, 1993.

**DTR B-C 2-48.** Règles parasismiques algériennes (addenda 2003), CGS, Alger, juin 2003.

**DTR C 2-4.7.** Règlement neige et vent 1999, Ministère de l'habitat, Alger, juillet 1999.

- DTR B-C 2-48.** Règles parasismiques algériennes (addenda 2003), CGS, Alger, juin 2003.
- DTR C 2-4.7.** Règlement neige et vent 1999, Ministère de l'habitat, Alger, juillet 1999
- HAMMOUM H.,** " Diagnostic et analyse de risques liés au vieillissement des réservoirs en béton armé. Développement de méthodes d'aide à l'expertise ", Thèse de doctorat es science en Génie Civil, Université Mouloud MAMMARI de Tizi-Ouzou, 2012.
- HAMMOUM H.,** " Support du cours : Initiation aux systèmes d'information géographiques (SIG ." , Université Mouloud MAMMARI de Tizi-Ouzou, 2008.
- IVANOV A.,** "Hydrologie et régularisation des débits", Closse MOSCOU, 1979.
- LECLERCQ M., BONVILLER A., DEROO L.,** "Projet de confortement de la levée du Val d'Authion).
- MESSAHEL M., BENHAFID M S.,** " Aménagements hydro agricoles: Situation actuelle et perspectives de développement en Algérie", Options méditerranéennes séries B, n° 48. Ecole Nationale Supérieure de l'Hydraulique (ENSH), Algérie, 2003.
- MRE :** Ministère des Ressources en Eau, "Le secteur de l'eau en Algérie", Alger, 2005.
- MENASRI Y., NOUAOURIA M.S., GUENFOUD M.,** " Evaluation de la vulnérabilité sismique à l'échelle d'une structure en béton armé par l'analyse statique non linéaire (pushover) ".
- MATHIEU G.,** "Méthodologie d'évaluation des ouvrages hydrauliques en béton appliquée un patrimoine". Annales du BTP, N° 5-6, 2003.
- NOLLET M .J .,** " Evaluation de la vulnérabilité des bâtiments existants" ? , université Québec, juin 2004.
- PHILIPONNAT G,** "Fondation et ouvrage en terre." Ed. Eyrolle, Paris, 1979.
- PEYRAS L.,** "Diagnostic et analyse de risques liés au vieillissement des barrages - développement de méthodes d'aide à l'expertise", thèse de doctorat, Université Blaise Pascal, Clermont II, 2003.
- ROYET P.,** "La surveillance et l'entretien des petits barrages ", Ed Cemagref, Paris, 2006.
- ROYET P.,** "La surveillance et l'entretien des petits barrages - Guide Pratique ", Ed Cemagref, Paris, 1994.

**SERRE D.**, "Évaluation de la performance des digues de protection contre les inondations - Modélisation de critères de décision dans un système d'information géographique", thèse de doctorat, Université de marne la vallée, 2005.

**TOUAÏBIA B.**, "Les retenues", Polycopie de cours de régularisation des débit, Ecole Nationale Supérieure de l'hydraulique, Blida, 1995.

**TALON A., BOISSIER D., PEYRAS L.**, "Analyse des risques : Identification et estimation, démarches d'analyses des risques, méthodes qualitatives d'analyse de risque", université numérique ingénierie et technologie, mars 2009.

**UNITED STATES DEPARTMENT OF INTERIOR**, Bureau of reclamation, design of small dams. A Water resources technical a publication .New York, 1977.

**ZWINGELSTEIN G.**, "La maintenance basée sur la fiabilité". Guide pratique d'application de la RCM. Paris: Hermès Editions, 1996, 666 p.

**Zacek M.**, "Guide d'évaluation de la présomption de vulnérabilité aux séismes des bâtiments existants", collection conception parasismique, mai 2004.

# Annexe 1

## Modèle de fiche d'enquête d'une retenue collinaire

### 1. Fiche descriptive de l'ouvrage

<b>Nom de la retenue collinaire :</b>														
<b>Date d'expertise :</b>														
<b>Ingénieur chargé d'expertise :</b>														
<b>Propriétaire de la retenue :</b>														
<b>Gestionnaire :</b>														
<b>Date de mise en service :</b>														
<b>Typologie de la retenue : En remblai homogène</b>														
<b>Nature du remblai :</b> Argile ( )      Limons ( )      Marnes ( )      Autre ( ).....														
<b>Etanchéification de la zone de stockage de la retenue</b> Oui ( )      Non ( )														
<b>Localisation de la retenue :</b> Wilaya : Daïra : Commune : Adresse (Nom du site) : Coordonnées UTM (Universel Transversal Mercator) : X= Y= Z=														
<b>Code de la retenue :</b> Numéro de la Wilaya : <table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse; width: 100px; height: 15px;"><tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr></table> Numéro de la Daïra : Numéro de la Commune : Numéro de la Retenue :														
<b>Caractéristiques de la retenue</b>														
Hauteur de la retenue: Capacité de la retenue : Volume réel exploité : Longueur de la digue :														
<b>Ouvrage de vidange</b> Diamètre de la conduite de vidange : Longueur de la conduite : Débit : Nombre des vannes : Type de vanne : Diamètre de vanne : Temps de vidange :														

### 2- Evaluation environnementale

#### 2.1. Implantation de l'ouvrage

Paramètres hydrogéologiques	Climat désertique des grandes étendues sahariennes	Climat semi aride	Climat humide	Climat montagnard
<b>Implantation de l'ouvrage</b> <b>Nei</b> <b>Pi</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Montagne				
Vallées et pleine				
Haut plateau et Nord de l'Atlas Saharien				
Grandes étendues sahariennes				
Région côtière				

#### 2.2. Zone sismique

Lieu d'implantation	Rase compagne	Milieu rural	Zone industrielle	Milieu urbain
<b>Zone sismique</b> <b>Nei</b> <b>Pi</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Zone 0				
Zone I				
Zone IIa				
Zone IIb				
Zone III				

**2.3. Type de sol**

Les conditions de terrain		Présence de nappe	Présence de tassements	Présence de Failles en surface	Risque de Glissement de terrain
Type de sol	Pi				
Catégorie S <sub>1</sub> (Sol rocheux)	1	1	2	3	4
Catégorie S <sub>2</sub> (Sol ferme)	2				
Catégorie S <sub>3</sub> (Sol meuble)	3				
Catégorie S <sub>4</sub> (Sol très meuble)	4				

**2.4. Action de la neige**

Zones de neige	Zone A	Zone B	Zone C	Zone D
Nei	4	3	2	1

Les pondérations Pi sont prises égale 1

**2.5. Action de vent**

Zone de vent	Pas d'action	Zone I	Zone II	Zone III
Nei	1	2	3	4

**Pi=Ph+Pc+Pt+Ps**

Hauteur de la digue		Catégorie de terrain		Site topographique		Etat de surface de plan d'eau	
Ph		Pc		Pt		Ps	
Hauteur <5m :	0,25	Catégorie I :	0,25	Site I :	0,25	En arc :	0,25
Hauteur de 5 à 10m :	0,50	Catégorie II :	0,50	Site II :	0,50	Rectiligne :	0,50
Hauteur de 10 à 15m :	0,75	Catégorie III :	0,75	Site III :	0,75	Circulaire :	0,75
Hauteur >15m :	1,00	Catégorie IV :	1,00	Site IV :	1,00	Carrée :	1,00

**3. Evaluation structurelle****3.1. Etanchéité de la retenue**

Degré de satisfaction de l'étanchéité		Talus sec	Présence de suintement	Fuites légères	Fuites importantes
Type d'étanchéité	Pi	1	2	3	4
Digue homogène en argile compactée	1				
Noyau central argileux compacté	2				
Paroi moulé	3				
Masque étanche amont	4				

**3.2. Type de protection****3.2.1. Talus amont**

Degré de dégradation de la protection		Aucune dégradation	Présence de végétation	Présence des fissures /Terriers/Batillages	Présence des glissements
Type de Protection	Pi	1	2	3	4
Enrochement	1				
Béton armé	2				
Béton bitumineux	3				
Talus non protégé	4				

**3.2.2. Talus aval**

Degré de dégradation de la Protection		Aucune dégradation	Présence de végétations arbustives	Présence des fissures/terriers /	Présence des glissements/ ravines/fuites
Type de Protection	Pi	1	2	3	4
Enrochement	1				
Béton armé	2				
Béton bitumineux	3				
Talus non protégé	4				

**3.3. Crête du barrage**

Etat de la crête		Présence de la végétation	présence d'orniérage	Présence de fissures	Affaissement de la crête (Tassement)
Type de revêtement	Pi	1	2	3	4
Revêtement en béton armé	1				
Revêtement en bitume	2				
Tout-venant bien compacté	3				
Sans protection	4				

### 3.4. Evacuateurs

#### 3.4.1. Déversoir

Type du déversoir	Etat du déversoir		Aucune dégradation 1	Présence de tassements 2	Présence de fissures 3	Présence d'obstacles 4
	Nei	Pi				
Déversoir latéral sur rive avec seuil en gabion	1					
Déversoir latérale sur rive à seuil en béton	2					
Déversoir tulipe	3					
Déversoir central placé sur le remblai	4					

#### 3.4.2. Coursier

Type de matériau	Etat de dégradation		Aucune dégradation 1	Présence de végétation ou obturation partielle 2	Altération du béton /Erosion 3	Ruine et effondrement 4
	Nei	Pi				
Béton armé /Béton	1					
Maçonnerie	2					
Gabion	3					
Béton banché	4					

#### 3.4.3. Mur bajoyers

Type de matériau	Etat de dégradation		Aucune dégradation 1	Déformations 2	Fissures ou rupture de joints 3	Perte de stabilité 4
	Nei	Pi				
Béton armé /Béton	1					
Maçonnerie	2					
Gabion	3					
Béton banché	4					

#### 3.4.4. Bassin de dissipation d'énergie

Type de matériaux	Etat de dégradation		Aucune dégradation 1	Déformation de la structure 2	Déplacements des enrochements 3	Affouillement/t érosion/ Ruine 4
	Nei	Pi				
Béton armé /Béton	1					
Enrochement	2					
Gabion	3					
Maçonnerie	4					

### 3.5. Ouvrage de vidange

Nature de conduite	Etat de dégradation		Bon état de fonctionnement		Exposé à l'air libre (corrodé, rouillée)		Fuites (mauvais état des joints)		Non fonctionnelle/détériorée/obturée	
	Nei	Pi	Vanne	Conduite	Vanne	Conduite	Vanne	Conduite	Vanne	Conduite
Conduite en PEHD	1		0.5	0.5	1	1	1.5	1.5	2	2
Conduite en galvanisé	2									
Conduite en Fonte	3									
Conduite en acier noire	4									

## 4. Evaluation fonctionnelle

#### 4.1. Destination de l'ouvrage

Destination de l'ouvrage	Etat d'accessibilité de l'ouvrage		Accessible par route revêtue 1	Accessible par route carrossable 2	Accessible par sentier piéton 3	Retenue inaccessible 4
	Nei	Pi				
Eau pour l'irrigation	1					
Retenue pour lutter contre les inondations	2					
Eau pour l'alimentation	3					
Eau pour l'industrie	4					

## 4.2 Fréquence de l'entretien

Risque engendré en aval Pi		Aucun risque 1	Routes 2	Habitations 3	Equipements publics 4
Fréquence d'entretien	Nei				
Trimestrielle	1				
Semestrielle	2				
Annuelle	3				
Absence d'entretien	4				

## 4.3. Etat d'envasement de la cuve

Age de la retenue Pi		Inférieur à 10ans 1	10 à 20 2	20 à 30 3	Supérieur à 30 4
Typologie d'entre d'eau	Nei				
Canalisation	1				
Talweg (fente de neige)	2				
Talweg (ruissellement)	3				
Source	4				

## Annexe 2

### Fiche d'enquête de la retenue collinaire Bouzeguene N°2



Photo 2.1 : Vue générale de la retenue Bouzeguene N°2.

#### 1. Fiche descriptive de l'ouvrage

<b>Nom de la retenue collinaire :</b> Bouzeguene N°2	
<b>Date d'expertise :</b> Octobre 2011	
<b>Ingénieur chargé d'expertise :</b> Mm SARADOUNI Fatiha	
<b>Propriétaire de la retenue :</b> DSA	
<b>Gestionnaire :</b> Agriculteurs	
<b>Date de mise en service :</b> 1999	
<b>Typologie de la retenue :</b> En remblai homogène	
<b>Nature du remblai :</b> Argile (X)      Limons ( )      Marnes ( )      Autre ( )	
<b>Etanchéification de la zone de stockage de la retenue</b> Oui ( )      Non (X)	
<b>Localisation de la retenue :</b> Wilaya : Tiziouzou Daïra : Bouzeguene Commune : Bouzeguene Adresse (Nom du site) : Talghomthe Coordonnées UTM (Universel Transversal Mercator) : X= 627149 Y=4054227 Z=276	
<b>Code de la retenue :</b> Numéro de la Wilaya : 15        1   5   3   4   3   4   0   2   Numéro de la Daïra : 34 Numéro de la Commune : 34 Numéro de la Retenue : 02	
<b>Caractéristiques de la retenue</b>	
Hauteur de la retenue: 13 Capacité de la retenue : 52000m <sup>3</sup> Volume réel exploité : 52000m <sup>3</sup> Longueur de la digue : -	
<b>Ouvrage de vidange</b> Diamètre de la conduite de vidange : 200mm Longueur de la conduite : 60m Débit : - Nombre des vannes : 01 Type de vanne : Acier noire Diamètre de vanne : - Temps de vidange : -	

## 2- Evaluation environnementale

### 2.1. Implantation de l'ouvrage

Paramètres hydrogéologiques	Pi	Climat désertique des grandes étendues sahariennes 1	Climat semi aride 2	Climat humide 3	Climat montagnard ou tellien de montagne 4
Montagne	1				X
Vallées et pleine	2				
Haut plateau et Nord de l'Atlas Saharien	2				
Grandes étendues sahariennes	3				
Région côtière	4				

### 2.2. Zone sismique

Lieu d'implantation	Pi	Rase compagne 1	Milieu rural 2	Zone industrielle 3	Milieu urbain 4
Zone 0	1				
Zone I	1				
Zone IIa	2	X			
Zone IIb	3				
Zone III	4				

### 2.3. Type de sol

Les conditions de terrain	Pi	Présence de nappe 1	Présence de tassements 2	Présence de Failles en surface 3	Risque de Glissement de terrain 4
Catégorie S <sub>1</sub> (Sol rocheux)	1				
Catégorie S <sub>2</sub> (Sol ferme)	2				
Catégorie S <sub>3</sub> (Sol meuble)	3				X
Catégorie S <sub>4</sub> (Sol très meuble)	4				

### 2.4. Action de la neige

Zones de neige	Zone A	Zone B	Zone C	Zone D
Nei	4	3	2	1
	X			

Les pondérations Pi sont prises égale 1

### 2.5. Action de vent

Zone de vent	Pas d'action	Zone I	Zone II	Zone III			
Nei	1	2	3	4			
		X					
<b>Pi=Ph+Pc+Pt+Ps</b>							
Hauteur de la digue Ph		Catégorie de terrain Pc		Site topographique Pt		Etat de surface de plan d'eau Ps	
Hauteur <5m : 0,25		Catégorie I : 0,25		Site I : 0,25		En arc : 0,25	
Hauteur de 5 à 10m : 0,50		Catégorie II : 0,50		Site II : 0,50		Rectiligne : 0,50	
Hauteur de 10 à 15m : 0,75		Catégorie III : 0,75		Site III : 0,75		Circulaire : 0,75	
Hauteur >15m : 1,00		Catégorie IV : 1,00		Site IV : 1,00		Carrée : 1,00	

## 3. Evaluation structurelle

### 3.1. Etanchéité de la retenue

Degré de satisfaction de l'étanchéité	Pi	Talus sec 1	Présence de suintement 2	Fuites légères 3	Fuites importantes 4
Digue homogène en argile compactée	1		X		
Noyau central argileux compacté	2				
Paroi moulé	3				
Masque étanche amont	4				

## 3.2. Type de protection

## 3.2.1. Talus amont

Degré de dégradation de la protection Pi		Aucune dégradation 1	Présence de végétation 2	Présence des fissures /Terriers/Batillages 3	Présence des glissements 4
Type de Protection	Nei				
Enrochement	1		X		
Béton armé	2				
Béton bitumineux	3				
Talus non protégé	4				

## 3.2.2. Talus aval

Degré de dégradation de la Protection Pi		Aucune dégradation 1	Présence de végétations arbustives 2	Présence des fissures/terriers / 3	Présence des glissements/ ravines/fuites 4
Type de Protection	Nei				
Enrochement	1				X
Béton armé	2				
Béton bitumineux	3				
Talus non protégé	4				

## 3.3. Crête du barrage

Etat de la crête Pi		Présence de la végétation 1	présence d'ornierage 2	Présence de fissures 3	Affaissement de la crête (Tassement) 4
Type de revêtement	Nei				
Revêtement en béton armé	1				
Revêtement en bitume	2				
Tout-venant bien compacté	3		X		
Sans protection	4				

## 3.4. Evacuateurs

## 3.4.1. Déversoir

Etat du déversoir Pi		Aucune dégradation 1	Présence de tassements 2	Présence de fissures 3	Présence d'obstacles 4
Type du déversoir	Nei				
Déversoir latéral sur rive avec seuil en gabion	1				
Déversoir latérale sur rive à seuil en béton	2				X
Déversoir tulipe	3				
Déversoir central placé sur le remblai	4				

## 3.4.2. Coursier

Etat de dégradation Pi		Aucune dégradation 1	Présence de végétation ou obturation partielle 2	Altération du béton /Erosion 3	Ruine et effondrement 4
Type de matériau	Nei				
Béton armé /Béton	1			X	
Maçonnerie	2				
Gabion	3				
Béton banché	4				

## 3.4.3. Mur bajoyers

Etat de dégradation Pi		Aucune dégradation 1	Déformations 2	Fissures ou rupture de joints 3	Perte de stabilité 4
Type de matériau	Nei				
Béton armé /Béton	1			X	
Maçonnerie	2				
Gabion	3				
Béton banché	4				

## 3.4.4. Bassin de dissipation d'énergie

Etat de dégradation		Aucune dégradation	Déformation de la structure	Déplacement des enrochements	Affouillement/t érosion/ Ruine
Pi		1	2	3	4
Type de matériaux	Nei				
Béton armé /Béton	1			X	
Enrochement	2				
Gabion	3				
Maçonnerie	4				

## 3.5. Ouvrage de vidange

Etat de dégradation	Bon état de fonctionnement		Exposé à l'air libre (corrodé, rouillée)		Fuites (mauvais état des joints)		Non fonctionnelle/détériorée/obturée	
	Vanne	Conduite	Vanne	Conduite	Vanne	Conduite	Vanne	Conduite
Pi	0.5	0.5	1	1	1.5	1.5	2	2
Nature de conduite	Nei							
Conduite en PEHD	1							
Conduite en galvanisé	2							
Conduite en Fonte	3							
Conduite en acier noire	4						X	X

## 4. Evaluation fonctionnelle

## 4.1. Destination de l'ouvrage

Etat d'accessibilité de l'ouvrage		Accessible par route revêtue	Accessible par route carrossable	Accessible par sentier piéton	Retenue inaccessible
Pi		1	2	3	4
Destination de l'ouvrage	Nei				
Eau pour l'irrigation	1		X		
Retenue pour lutter contre les inondations	2				
Eau pour l'alimentation	3				
Eau pour l'industrie	4				

## 4.2 Fréquence de l'entretien

Risque engendré en aval		Aucun risque	Routes	Habitations	Equipements publics
Pi		1	2	3	4
Fréquence d'entretien	Nei				
Trimestrielle	1				
Semestrielle	2				
Annuelle	3				
Absence d'entretien	4		X		

## 4.3. Etat d'envasement de la cuve

Age de la retenue		Inférieur à 10ans	10 à 20	20 à 30	Supérieur à 30
Pi		1	2	3	4
Typologie d'entre d'eau	Nei				
Canalisation	1				
Talweg (fente de neige)	2				
Talweg (ruissellement)	3		X		
Source	4				

## 5. Défauts apparents



**Photo 2.2 : Glissement de terrain sur la berge gauche.**



**Photo 2.3 : Orniérage sur la crête de la retenue.**



**Photo 2.4 : Présence de végétation sur le talus amant.**



**Photo 2.5 : Colmatage de l'évacuateur de crue.**



**Photo 2.6 : Bassin de dissipation déstabilisé.**



**Photo 2.7: Corrosion et endommagement de la vanne de vidange.**



**Photo 2.8 : Creusement de ravin sur le parement aval.**



**Photo 2.9 : Désordre d'où au battillage.**

### Annexe 3:tableaux de la base des données

Non du site	Code de la DHW	X (mètre)	Y (mètre)	Z (mètre)	date de visite
Bouzeguene	N° 2	627 149,00	4 054 227,00	276,00	01/10/2011
Bouzeguene	N° 3	627 669,00	4 054 673,00	283,00	05/10/2011
Iloula oumalou	N° 1	626 494,00	4 052 205,00	349,00	10/10/2011
Iloula oumalou	N° 399	626 741,00	4 051 427,00	333,00	15/10/2011
Freha	N°389	618 070,00	4 069 720,00	185,00	01/02//2012
Freha	N° 395	614 910,00	4 069 650,00	150,00	05/02/2012
Freha	N° 396	611 930,00	4 067 510,00	219,00	10/02/2012
Freha	N° 397	616 250,00	4 068 270,00	138,00	15/02/2012
Freha	N° 398	614 450,00	4 070 100,00	155,00	20/02/2012
Mekla	N° 391	616 880,00	4 064 380,00	200,00	10/03/2012
Mekla	N° 393	614 150,00	4 064 467,00	144,00	25/02/2012
Mekla	N° 394	613 543,00	4 064 374,00	176,00	27/02/2012
Mekla	N° 367	615 520,00	4 064 240,00	210,00	01/04/2012
Mekla	N° 368	617 310,00	4 064 680,00	192,00	10/04/2012
Souamaa	N° 1	620 441,00	4 062 076,00	194,00	20/04/2012
Timizart	N° 363	613 610,00	4 067 580,00	139,00	03/01/2012
Timizart	N° 388	612 110,00	4 068 620,00	173,00	05/01/2012
Timizart	N° 360	611 800,00	4 071 930,00	200,00	11/01/2012
Timizart	N° 366	612 920,00	4 070 020,00	196,00	15/01/2012
Timizart	N° 201	612 380,00	4 070 920,00	176,00	20/01/2012
Timizart	N° 1	612 280,00	4 067 900,00	163,00	28/01/2012
Azfoun	N° 10	623 970,00	4 083 040,00	78,00	05/05/2012
Azfoun	N° 11	623 660,00	4 083 450,00	38,00	10/05/2012
Azfoun	N° 12	623 430,00	4 083 060,00	80,00	15/05/2012
Azfoun	N° 14	622 820,00	4 083 030,00	100,00	20/05/2012
Azfoun	N° 15	625 920,00	4 083 240,00	50,00	25/05/2012

Ingenieur chargé de l'expertise	Wilaya	Daira	commune	Lieu dit	Hauteur de la digue
MmmSARADOUNI F	15	Bouzeguene	Bouzeguene	Talgomthe	13
MmmSARADOUNI F	15	Bouzeguene	Bouzeguene	Avnovesakare	10
MmmSARADOUNI F	15	Bouzeguene	Illoula oumalou	Ofni	11
MmmSARADOUNI F	15	Bouzeguene	Illoula oumalou	Ofni	10
MmmSARADOUNI F	15	Azazega	Freha	Freha	8
MmmSARADOUNI F	15	Azazega	Freha	Debeure	9,5
MmmSARADOUNI F	15	Azazega	Freha	Nezla.	8
MmmSARADOUNI F	15	Azazega	Freha	Freha	9,5
MmmSARADOUNI F	15	Azazega	Freha	Debeure	10
MmmSARADOUNI F	15	Mekla	Mekla	Ait djoudi	10
MmmSARADOUNI F	15	Mekla	Mekla	Tili kate	7
MmmSARADOUNI F	15	Mekla	Mekla	Tili kate	7
MmmSARADOUNI F	15	Mekla	Mekla	Allileche	8,5
MmmSARADOUNI F	15	Mekla	Mekla	Bonhama	8,5
MmmSARADOUNI F	15	Mekla	Souamaa	Tala ali	11
MmmSARADOUNI F	15	Oaguenoun	Timizart	Chergui	9
MmmSARADOUNI F	15	Oaguenoun	Timizart	Tansaout ouabbou	8
MmmSARADOUNI F	15	Oaguenoun	Timizart	Mahvouva	10
MmmSARADOUNI F	15	Oaguenoun	Timizart	Elmansoura	10
MmmSARADOUNI F	15	Oaguenoun	Timizart	Djemaazekka ou	9
MmmSARADOUNI F	15	Oaguenoun	Timizart	hvidhe	10
MmmSARADOUNI F	15	Azfoun	Azfoun	Azfoun	9,5
MmmSARADOUNI F	15	Azfoun	Azfoun	Mechta	12
MmmSARADOUNI F	15	Azfoun	Azfoun	Fellag	10
MmmSARADOUNI F	15	Azfoun	Azfoun	Azfoun	11
MmmSARADOUNI F	15	Azfoun	Azfoun	Boussoulem	10,5

Capacité en m3	volume réel exploité en m3	sup irriguée (ha)	Destination	Exploitant	Année de réalisation
52000,00	52000,00	10	Irrigation	Agriculteurs	1999
75000,00	75000,00	15	Irrigation	Agriculteurs	1999
40000,00	40000,00	8	Irrigation	Agriculteurs	2000
80000,00	80000,00	10	Irrigation	Agriculteurs	2000
50000,00	50000,00	10	Irrigation	Agriculteurs	1985
55000,00	55000,00	11	Irrigation	Agriculteurs	1987
100000,00	100000,00	20	Irrigation	Agriculteurs	1986
45000,00	45000,00	10	Irrigation	Agriculteurs	1989
100000,00	100000,00	20	Irrigation	Agriculteurs	1989
40 000,00	40 000,00	8	Irrigation	Agriculteurs	1989
48000,00	48000,00	10	Irrigation	Agriculteurs	1985
40000,00	40000,00	8	Irrigation	Agriculteurs	1986
10000,00	10000,00	20	Irrigation	Agriculteurs	1985
70000,00	70000,00	14	Irrigation	Agriculteurs	1986
60000,00	60000,00	12	Irrigation	Agriculteurs	1999
70000,00	70000,00	14	Irrigation	Agriculteurs	1986
60000,00	60000,00	12	Irrigation	Agriculteurs	1985
50000,00	50000,00	10	Irrigation	Agriculteurs	1988
135 000,00	135 000,00	16	Irrigation	Agriculteurs	1985
60000,00	60000,00	12	Irrigation	Agriculteurs	1989
70 000,00	70 000,00	10	Irrigation	Agriculteurs	2000
40000,00	40000,00	8	Irrigation	Agriculteurs	1986
60000,00	60000,00	12	Irrigation	Agriculteurs	1997
70 000,00	70 000,00	8	Irrigation	Agriculteurs	1988
40000,00	40000,00	8	Irrigation	Agriculteurs	1994
30 000,00	30 000,00	6	Irrigation	Agriculteurs	1995

<b>Arrivé d'eau amont</b>	<b>Type de digue</b>	<b>Nature du remblai</b>	<b>Type de protection talus amont</b>
Talweg	homogène	Terre compactée	Enrochement
Talweg	homogène	Terre compactée	Enrochement
Talweg	homogène	Terre compactée	Enrochement
Canalisation	homogène	Terre compactée	Enrochement
Talweg	homogène	Terre compactée	Enrochement
Talweg	homogène	Terre compactée	Enrochement
Canalisation	homogène	Terre compactée	Absence
Talweg	homogène	Terre compactée	Enrochement
Talweg	homogène	Terre compactée	Enrochement
Talweg	homogène	Terre compactée	Enrochement
Talweg	homogène	Terre compactée	Enrochement
Talweg	homogène	Terre compactée	Enrochement
Talweg	homogène	Terre compactée	Enrochement
Talweg	homogène	Terre compactée	Enrochement
Talweg	homogène	Terre compactée	Enrochement
Talweg	homogène	Terre compactée	Enrochement
Canalisation	homogène	Terre compactée	Absence
Canalisation	homogène	Terre compactée	Enrochement
Talweg	homogène	Terre compactée	Enrochement
Canalisation	homogène	Terre compactée	Enrochement
Talweg	homogène	Terre compactée	Enrochement
Talweg	homogène	Terre compactée	Enrochement
Talweg	homogène	Terre compactée	Enrochement
Talweg	homogène	Terre compactée	Enrochement
Talweg	homogène	Terre compactée	Absence
Talweg	homogène	Terre compactée	Enrochement
Talweg	homogène	Terre compactée	Enrochement

Type de protection talus aval	Position de l'E - C	Fonction hydraulique de L'E - C	Le coursier (type de matériaux)
Végétation	Latéral	Surface libre	Maçonnerie
Végétation	Latéral	Surface libre	En béton
Végétation	Latéral	Surface libre	En béton
Végétation	Latéral	Surface libre	En béton
Végétation	Latéral	Surface libre	En béton
Végétation	Latéral	Surface libre	Maçonnerie
Végétation	Latéral	Surface libre	Béton banché
Végétation	Latéral	Surface libre	Maçonnerie
Végétation	Latéral	Surface libre	Gabion
Végétation	Latéral	Surface libre	Béton banché
Végétation	Latéral	Surface libre	Maçonnerie
Végétation	Latéral	Surface libre	Gabion
Végétation	Latéral	Surface libre	Maçonnerie
Végétation	Latéral	Surface libre	En béton
Végétation	Latéral	Surface libre	En béton
Végétation	Latéral	Surface libre	Gabion
Végétation	Latéral	Surface libre	Maçonnerie
Végétation	Latéral	Surface libre	Béton banché
Végétation	Latéral	Surface libre	Maçonnerie
Végétation	Latéral	Surface libre	Béton banché
Végétation	Latéral	Surface libre	Maçonnerie
Végétation	Latéral	Surface libre	En béton
Végétation	Latéral	Surface libre	En béton
Végétation	Latéral	Surface libre	Maçonnerie
Végétation	Latéral	Surface libre	Maçonnerie
Végétation	Latéral	Surface libre	Maçonnerie

<b>l'état de l'ouvrage 2</b>	<b>Bassin de dissipation d'énergie</b>	<b>L'état de l'ouvrage3</b>	<b>Bajoyers et murs</b>	<b>Etat de l'E-C</b>
Emporté par les crues	Emporté par les crues	Emporté par les crues	Maçonnerie	Emporté par les cru
Colmaté	En béton	endommagé	En béton	glissement de terrai
Bonne état	Emporté par les crues	Emporté par les crues	En béton	Bonne etat
Endommagé	En béton	Emporté par les crues	En béton	présence de fissures
Colmaté	Emporté par les crues	Emporté par les crues	En béton	présence de fissures
presence des Fissures	Maçonnerie	tuée par l'erosion	Maçonnerie	Bonne etat
Endommagé	Béton banché	tuée par l'erosion	Béton banché	endommagé
Endommagé	Maçonnerie	endommagé	Absence	
Endommagé	Gabion	endommagé	Gabion	endommagé
Endommagé	Gabion	endommagé	Gabion	endommagé
Endommagé	Maçonnerie	Endommagé	Béton banché	endommagé
Colmaté	Absence	Emporté par les crues	Gabion	Emporté par les cru
Endommagé	Maçonnerie	Emporté par les crues	Absence	
debut d'erosion	En béton	Affouillement	En béton	Bonne etat
debut d'erosion	En béton	Erosion	En béton	Bonne etat
Endommagé	Gabion	Emporté par les crues	Béton banché	Emporté par les cru
Emporté par les crues	Maçonnerie	Emporté par les crues	Maçonnerie	endommagé
Emporté par les crues	Béton banché	Emporté par les crues	Maçonnerie	glissement de terrai
Colmaté	Emporté par les crues	Emporté par les crues	Maçonnerie	Bonne etat
Bonne état	Béton banché	Affouillement	Maçonnerie	présence de fissures
Bonne état	En béton	Endommagé	Maçonnerie	glissement de terrai
debut d'erosion	En béton	Bonne état	Bonne état	glissement de terrai
debut d'erosion	En béton	Emporté par les crues	En béton	glissement de terrai
debut d'erosion	Maçonnerie	Emporté par les crues	Maçonnerie	endommagé
debut d'erosion	Maçonnerie	Endommagé	Maçonnerie	présence de fissures
debut d'erosion	Maçonnerie	Endommagé	Maçonnerie	glissement de terrai





<b>Défauts apparents</b>	<b>Iv mise en service</b>	<b>Iv au jour de l'expertise</b>	<b>Iv après réhabilitation</b>
Défaut spécifique de gravité	50,50	92,50	64,50
Défaut spécifique de gravité	50,50	96,50	58,50
Défaut spécifique de gravité	48,00	100,00	55,00
Défaut spécifique de gravité	54,50	95, 50	58,50
Défaut spécifique de gravité	59,00	123,00	67,00
Défaut spécifique de gravité	58,00	110,00	68,00
Défaut spécifique de gravité	64,00	156,00	70,00
Défaut spécifique de gravité	68,00	123,00	82,00
Défaut spécifique de gravité	68,00	137,00	76,00
Défaut spécifique de gravité	64,50	159,50	72,50
Défaut spécifique de gravité	51,00	101,00	61,00
Défaut spécifique de gravité	62,00	147,00	79,00
Défaut spécifique de gravité	46,50	96,50	57,50
Défaut spécifique de gravité	52,50	95,50	68,50
Défaut spécifique de gravité	49,50	99,50	59,50
Défaut spécifique de gravité	61,00	133,00	71,00
Défaut spécifique de gravité	53,50	92,50	66,50
Défaut spécifique de gravité	62,00	121,00	69,00
Défaut spécifique de gravité	50,50	91,50	63,50
Défaut spécifique de gravité	56,50	129,50	66,50
Défaut spécifique de gravité	44,50	84,50	57,50
Défaut spécifique de gravité	65,00	118,00	80,00
Défaut spécifique de gravité	67,50	119,50	76,50
Défaut spécifique de gravité	67,00	116,00	79,00
Défaut spécifique de gravité	65,50	105,50	76,50
Défaut spécifique de gravité	67,50	130,50	86,50

## Résumé

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 Ouzou. Ces retenues collinaires ne sont pas gérées par un organisme de gestion et pour la plus part, 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.

Nous développons à travers cette étude, 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, nous aurons à développer 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 géoréférencée sera implantée sur des cartes d'état major à l'échelle 1/50 000<sup>ème</sup>. 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.

**Mots clés :** Retenues collinaires, vulnérabilité, expertise, diagnostic, SIG

## Abstract

The important development of small dams in irrigation in Algeria is linked to the need to store water to protect against seasonal or interannual variability of floods. In the eighties, an extensive program of dams (numbering 83) was made by the Direction de l'Hydraulique of Tizi Ouzou (Algeria). These small dams are not managed by a management agency and for the most part, their use is left to farmers. They were exposed to the phenomenon of aging by the degradation of embankment dams and ancillary structures. Today, thirty years later it is time to review their condition, because the mastery of the aging phenomenon is a major economic challenge. We develop through this work, a simple and practical method that allows to professional (technician or engineer) of civil engineering to quickly assess the presumption of vulnerability to natural hazards (snow, wind, earthquake etc ....) of a small dam, by guiding them in their diagnosis. In the same context, we develop a first Geographic Information System (GIS), which represents a tool for decision support for owners of hydraulic structures. The GIS will allow us to store, view, edit and analyze all the details of the small dam which are considered for inspection (designation of the small dam, nature, disorders,...). The information will be located on georeferenced topographic map at scale 1/50 000<sup>th</sup>. From the available informations (detailed visual inspections, historical, etc..), we include the calculation of the vulnerability index able to assess their condition. From all collected informations, a multicriteria thematic analysis is conducted.

**Key words :** Small dams, vulnerability, expertise, diagnosis, GIS