

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Djilali Bounaama *Khemis Miliana*
Faculté : Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre
Département: Sciences Agronomiques
Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master
Spécialité : Hydraulique Agricole

Thème

**Contribution à l'aménagement hydro-agricole d'un bassin versant érodé du
Cheliff**

(Cas de Barrage Harraza- Ain Defla)

présenté par :

M^{elle} Bahloul Fatiha

M^{elle} Chaouchi Horiya

Soutenu le : 3 juillet 2016 à 10 :00h

Devant le jury composé de :

Président : M ^r Merouche Abdelkader	MCB	UDB Khemis-Miliana
Promotrice : M ^{me} Bouaichi Ilhem	MAA	UDB Khemis-Miliana
Examineur : M ^{elle} Karahacane Hafsa	MAA	UDB Khemis-Miliana

Année universitaire: 2015-2016

Remerciements

On tient à remercier notre promotrice Meme BOUAICHI Ilhem, qui nous a toujours accueilli à bras ouverts et à tout moment, de nous avoir assisté le long de la réalisation du travail.

Nous remercions les membres du jury d'avoir accepté d'examiner Ce travail et présidé la soutenance et d'avoir accepté d'examiner Notre travail.

Nous remercions également toutes les personnes qui ont contribué directement ou indirectement dans ce Travail

Nous remercions la DGF de la commune de djelida ET surtout monsieur KIRAD Mohamed pour les données et les sorties sur terrain

*Les cadres de l'ANPT du commun de Djelida
Les cadres d'ANRH de khemis Miliana*



Dédicaces

Au nom de Allah le tout puissant et le très miséricordieux par la grâce duquel on a pu réaliser ce travail que je dédie en signe de Respect, de Reconnaissances et d'Amour à :

- ❖ *Mes très chers parents pour leur affection, leur soutien et leur confiance.*
- ❖ *A mes chers frères, mes trais chers sœurs et leurs enfants pour leur aide et soutien.*
- ❖ *Mes amis(es) : Zoulikha, Saliha, Fatiha, Selma et Samia.*

Chaouchi Horiya

Dédicaces

Au nom de Allah le tout puissant et le très miséricordieux par la grâce duquel on a pu réaliser ce travail que je dédie en signe de Respect, de Reconnaissances et d'Amour à :

- + Mes très chers parents pour leur affection, leur soutien et leur confiance.*
- + A mes chers frères, mes très chers sœurs et leurs enfants .*
- + A mon faïencerie pour leur soutien et leur aide.*
- + Tous mes collègues pour leur aide :Houriya ,Saliha ,Biba ,Salma et Hasna .*

Bahloul Fatiha

Sommaire

Introduction Générale

Chapitre I : Revue Bibliographique

Chapitre II : Présentation de la zone d'étude

Chapitre III : Matériel et Méthodes

Chapitre IV : Résultats et Discussion

Conclusion Générale

Table des matières

Introduction générale	1
Chapitre I : Revue Bibliographique	
I-Bassin versant	3
I-1. Concept et définition	3
I.2. Types du bassin versant	3
I.2.1.Bassin versant topographique	3
I.2.2. Bassin versant hydrogéologique	4
I.3. Caractéristiques d'un bassin versant	4
I.3.1 Caractéristiques physiques	4
I.3.2. Caractéristiques géométriques	4
I.3.3.Réseau hydrographique	4
I.4. Généralités sur les barrages	4
I.5. Dégradation des sols dans le bassin versant	4
I.5.1. Causes fondamentales de la dégradation des sols dans un bassin versant	5
I.5.2. Conséquences de la dégradation des bassins versants	5
I.5.2.1. Transport Solide	6
I.5.2.2.Sédimentation	6
I.5.2.3. Envasement	7
I.5.2.4. Réduction de la capacité de la retenue	8
I.6 Moyen de lutte contre l'envasement utilise en Algérie	8
I.6.1. Reboisement	9

I.6.2. Réalisation de barrage de décantation	9
I.6.3. Surélévation des barrages	9
I.6.4. Chasses dites à l'Espagnole	9
I.6.5. Soutirage des courants de densité	9
I.6.6. Dragage des barrages	9
I.7. Aménagement des bassins versants	10
I.7.1. Aménagements traditionnels	10
I.7.1.1. Création obstacle de ruissellement	10
1.7.1.2. Captation des eaux de ruissellement	14
I.7.1.3 Protection des pentes contre l'érosion	17
1.7.1.4. Correction torrentielle	18
1.7.1.5. Principes généraux de l'aménagement des grosses ravines	19
Chapitre II : Présentation de la zone d'étude	
II.1 Introduction	22
II.2 Situation géographique et délimitations.	22
II.3. Présentation de barrage Harreza	23
II.4 Caractéristiques hydrologiques	23
II.5 Localisation du barrage de Harreza	24
II.6 Caractéristiques de bassin versant	25
II.7 Hydrologie	25
II.7.1 Hydrographie du bassin versant de Harreza	25
II.7.2. Apport liquide et solide de l'Oued Harreza	26
II.7.3. Réseau de surveillance	28
II.7.4. Caractéristiques climatiques	28
II.7.4.1. Précipitations	29

II.7.4.2 Température	30
II.7.4.3 Evapotranspiration	31
II.7.4.4. Vent	32
II.7.4.5 Humidité	33
II.7.4.6 <i>Grêles et neiges</i>	33
II.7.5. Caractéristique Hydrogéologique du bassin versant	33
II.7.5.1 Densité de drainage	34
II.7.5.2 Coefficient de torrencialité (C_t)	34
II.7.5.3. Temps de concentration	34
II.7.5.4 Vitesse de ruissellement	34
II.7.5.5 Altitude moyenne du bassin versant	35
II.7.5.6 Indice de pente globale	35
II.7.5.7 Pente moyen du bassin versant	35
II.7.6 Géologie	36
II.7.7 Géologie de la cuvette	37
II.7.8 Hydrogéologie	37
II.7.9. Conclusion	37
Chapitre III : Matériel et Méthodes	
III.1. Introduction	38
III.2 Matériel et méthodes utilisés	38
III.2.1 Appareille de mesures	38
III.2.2 Collecte des données	38
III.3 Caractéristique du bassin versant	39
III.3.1 Classes des pentes	39
III.3.2 Classes d'érosions	40
III.3.3 Occupation actuelle des terres	41
III.3.4 Répartition de Bassin Versant	42

III.5 Cartes utilisées	42
III.6 Calcul de l'érosion	43
III.7. Volume de la vase déposé annuellement	43
III.7 Cause de l'érosion des sols dans le Bassin versant	44
III.8 Techniques adoptées pour l'aménagement des versants	45
III.9 Localisation des zones érodées dans le bassin versant de Harreza	48
III-10. Localisation des zones érodées sue une carte Thématique de bassin versant Harreza	50
III.11 Localisation les zones des actions dans le bassin versant de Harreza.	51
II.11 Localisation les actions sur une carte thématique de bassin versant Harreza.	54
III-12. Les actions réalisées par le secteur privé	55
III-13. Conclusion	56
Chapitre IV : Résultats et Discussion	
IV. 1. Synthèse sur les travaux entrepris	57
IV-2. Proposition de méthodes et techniques de protection antiérosive	58
IV.3. Carte d'Aménagement de bassin versant Harreza	61
IV.4. Discussion	62
IV.5. Conclusion	63
Conclusion générale et Recommandations	64
Référence Bibliographiques	66

Liste des figures

<i>Figure N°</i>	<i>Titre</i>	<i>Page</i>
1	Schéma d'un bassin versant	3
2	Les Processus de L'érosion	5
3	Modes du transport solide	6
4	Dépôt de vase	7
5	Situation géographique de la zone d'étude	22
6	Hydrographie du bassin versant de Harreza	26
7	Variation des précipitations annuelles.	29
8	Variation des précipitations mensuelles (mm).	29
9	Variation des températures moyenne mensuelles (C°)	30
10	Variation de l'évapotranspiration moyenne mensuelle	31
11	Variation de Vent moyenne mensuelle.	32
12	Variation d'humidité moyenne mensuelle.	33
13	Classe des pentes en fonction des superficies.	40
14	Classe d'érosion en fonction de superficie	41
15	Carte des zones érodées dans le Bassin Versant Harreza	50
16	Carte des actions réalisées dans le Bassin Versant Harreza.	54
17	Photo aérienne de la zone d'étude	57
18	La Carte des Aménagement Proposé.	61

Liste des tableaux

<i>Tableau N°</i>	<i>Titre</i>	<i>Page</i>
1	Etat d'envasement de quelques barrages d'Algérie. (2004).	7
2	Caractéristiques du barrage Harreza	23
3	La localisation du bassin versant de Harreza	24
4	Identification de Bassin Versant	25
5	Répartition de la superficie par tranche pluviométrique avec localisation	25
6	les précipitations totales annuelles dans la station pluviométrique durant la période de 2005/2014.	29
7	Les précipitations mensuelles	29
8	La température de barrage Harreza durant la période de 2005/2014.	30
9	Evaporation du barrage de Harraza pour la période de (2005/2014).	31
10	le vent de la région de Harreza pour la période de (2005/2014).	32
11	Humidité du barrage de Harreza en (%).	33
12	Tableau des caractéristiques du bassin versant	35
13	Classe des pentes	39
14	Classes d'érosions du bassin versant de Harreza	40
15	Occupation actuelle des terres dans le bassin versant de Harreza	41
16	Aménagement suggérées pour la lutte anti-érosive.	42
17	Technique proposées pour contre l'érosion selon l'occupation du sol et le type d'érosion.	46

Liste des Photo

Photo N°1	Titre	Page
1	Végétalisation de badlands par Eucalyptus camal du lensis et pin d'Alep sur banquettes au Maroc.	11
2	Les oliviers sur terrasse. (Tribak A ,1995)	13
3	Une vue sur des terrasses soutenues par des talus dans la zone de culture du safran (Siroua au sud du Maroc).	14
4	L'enherbement des inter-rangs.	14
5	Haies vives renforçant le cordon de pierre	15
6	Epierrage et ramassage des pierres autour des gros blocs évoluant en cordons le long des courbes de niveau.	15
7	Murettes.	16
8	Lac collinaire dans la région nord Marocain installé pour contrer le problème d'envasement d'un barrage en aval.	16
9	Cultures parallèles aux courbes de niveau	17
10	Bandes alternantes	17
11	Ravin aménagé dans un champ de céréale : seuils en pierres sèches.	19
12	Mur en gabions, construit par l'Etat (Tizgui au Maroc).	20
13	Un zoom sur un seuil construit en maçonnerie sur un ravin dans la région rifaine au Maroc.	20
14	Barrage Harreza (cliché BAHLOUL et CHAOUCHI 2016)	24
15	Labour au sens d'écoulement (Cantant Taghlissia) (Cliché Bahloul et Chaouchi, 2016)	43
16	Le pin D'alep Attaque par le cheni processionnaire (des Bource)Canton Ouledji (Cliché Bahloul et Chaouchi,2016)	43
17	pâturage (Canton Ouledji) (Cliché Bahloul et Chaouchi ,2016)	43
18	Zone érodé (Djebel Timidrisse)	45
19	Oued Harreza Canton Ouledji	45
20	Zone érodé (Canton Harreza)	46
21	Zone érodé (Canton Baba drisse)	46
22	les zones érodées (Canton Baba Driss).	46
23	Aménagement des ravins Seuil en Gabion Canton Ouledji	48
24	Reboisement Cyprine (50%) et Pin D'Alep (50%) (2006) Canton L'Ouledji (Forêt Domanial Beni Zoug Zoug Djelida)	48

25	Fixation des berges par Accacia; 2006 Canton Taghlissia	48
26	Plantation Fruitier, Olivier ; 2004(PR) Localité Taghlissia 2 (Commune Djemaa Ouled cheikhe)	49
27	Plantation Olivier (25Ha) en 2010(PPDRI) Canton Ouledji	49
28	Plantation Cypré et Pin D'Alep (2006) Canton Sidi Belgacem(PER2)	49
29	Plantation fruitier, Olivier (30Ha), Sidi Mohamed ben mira En l'année 2000 (FNDR)	50
30	Plantation Opuntia suivant les courbes de niveau Canton Baba Driss	52
31	Plantation Opuntia et Olivier 16 Ha (Privé 2008) Canton Sidi Belgacem	52
32	Banquette (Plantation Opuntia et Olivier) 16 Ha (Privé) Djebel Hathmia	52
33	En vue générale de Bassin versant Harreza	55

Liste des abréviations

Singe	Signification
ANBT	Agence Nationale des Barrages et des Transferts
ANRH	Agence Nationale des Ressources Hydriques
BV	Bassin Versant
C.à.d.	C'est.à.dir
DGF	Direction Générale des Forêts
FAO	Food and Agriculture Organisation, (Organisation des Nations Unies pour L'alimentation et l'agriculture).
G.P.S	Global Positioning System
Moy	Moyenne
Max	Maximum
Min	Minimum
Moy	Moyenne
PER2	Programme Emploi Rural.
PPDRI	Projet de Proximité de développement rural intégré.
PR	Programme Sectorielle.
SBV	Sous Bassin Versant

∴

Résumé

Le phénomène de l'érosion hydrique prend de plus en plus d'ampleur dans les bassins versants algériens, la tendance actuelle pour son étude consiste à identifier les zones érodées et proposer un schéma d'aménagement pour atténuer sa gravité.

Le bassin versant du barrage de Harreza fait l'objet de notre étude en raison de sa situation stratégique dans le périmètre du Haut Cheliff où ses eaux sont destinées à l'irrigation des terres agricoles situées à l'aval.

La localisation des zones ravinées et la précision des caractéristiques climatiques et hydriques de la zone d'étude constituent une étape préliminaire à tout aménagement de lutte antiérosive appropriée. Celle-ci permet de mettre en évidence que le phénomène érosif dans cette zone résulte de la conjonction de plusieurs facteurs : agressivité des pluies ; érodibilité des sols ; raideur du relief ; faiblesse du couvert végétal à cet effet des enquêtes ont été menées sur terrain, elles ont permis l'identification des zones érodées, et des aménagements existants réalisés par différents organismes, ainsi notre but principal consiste en la contribution à l'aménagement hydro agricole du bassin versant du barrage de Harreza.

Mots clés : érosion hydrique, bassin versant, aménagement, Harreza, zones érodées.

ملخص

ان ظاهرة الحت المائي أصبحت ذات أهمية متزايدة في أحواض السكب، والاتجاه لهذه الدراسة هو تحديد المناطق المتأكلة واقتراح خطة التنمية للتخفيف من حدته.

حوض المياه لسد حرازة هو موضوع دراستنا بسبب موقعه الاستراتيجي في محيط شلف الأعلى حيث تستخدم مياه في ري الأراضي الزراعية المجاورة.

موقع مناطق الوديان ودقة خصائص المناخ والماء لمنطقة الدراسة هي خطوة أولية في أي تطور للسيطرة على تآكل التربة. وهذا يسمح لتسليط الضوء على ظاهرة التآكل في هذا المجال بسبب مزيج من العوامل: شدة هطول الأمطار؛ انجراف التربة، تنوع التضاريس و قلة الغطاء النباتي لهذا الغرض قمنا بالتحقيقات على أرض الواقع ، وأنها سمحت بتحديد المناطق المتأكلة، والتهبئات الحالية ، ويتكون هدفنا الرئيسي في المساهمة في تهيئة الري الفلاحي لحوض المياه لسد حرازة .

كلمات البحث: الحت المائي ، أحواض المياه، تهيئة، حرازة، المناطق المتأكلة

Summary

The phenomena of water erosion is becoming increasingly important in the Algerian watersheds, the trend for the study is to identify eroded areas and propose a development plan to mitigate its severity.

The watershed of Harreza dam is the subject of our study because of its strategic location in the perimeter of the High Cheliff where its waters are used for irrigation of agricultural lands downstream.

The location of ravines zones and the accuracy of climate and water characteristics of the study area are a preliminary step in any development of appropriate érosion control. This allows to highlight the érosion phenomenon in this area due to a combination of factors: rainfall aggressiveness; Soil erodibility; stiffness of the relief; low vegetation cover for this purpose investigations were carried out on land, they allowed the identification of eroded areas, and existing developments by different agencies, and our main goal consists in the contribution to the hydro-agricultural development of the basin catchment dam Harreza.

Keywords: water erosion, watershed management, Harreza, lapped areas

Introduction générale

En Algérie où la disponibilité de l'eau est limitée, sa répartition inégale et sa demande en forte croissance, la perte de capacité des barrages par leur envasement continu est considérée comme un problème crucial à l'échelle nationale (**BOUDJADJA, 1998**). La récupération de la capacité perdue des barrages par des techniques de dragage, de succion ou de chasse des sédiments, représente une solution parfois indispensable, mais toujours temporaire puisqu'elle ne s'attaque pas à la véritable source du problème(**Boutkhal et al ,2006**).

L'érosion des bassins versants en amont des barrages, sous toutes ses formes laminaire, en rigole, en ravine, des berges, glissement de terrain, coulée de boue, etc. est à l'origine de l'envasement des barrages, que ce processus soit naturel ou anthropique, l'érosion est un phénomène complexe. Elle englobe non seulement le détachement ou l'ablation des particules de sol, mais aussi leur déplacement d'un point à un autre du bassin versant (**Touaibia,2006**).

Les conséquences de l'érosion ne se limitent pas à l'envasement des barrages, l'érosion contribue aussi à la perte de la couche arable, la plus fertile du sol, diminuant sa productivité et dégradant la qualité des eaux de surface. Par ailleurs, les particules de sol qui rejoignent les oueds et les barrages contribuent, d'une part, à rehausser le lit des cours d'eau entraînant un risque plus élevé d'inondation et, d'autre part, à augmenter la turbidité des eaux, ce qui affecte les infrastructures en aval telles que les usines de traitement d'eau potable, les centrales hydroélectriques et les barrages. Ce dernier problème touche particulièrement les pays du Maghreb. En Algérie, une réduction de 20% de la capacité initiale de stockage était liée à l'envasement des retenues depuis la construction des barrages (**Ammari ,2012**).

L'atteinte de cet objectif de réduction du taux d'envasement passe non seulement par l'élaboration de mesures de protection anti-érosive orientées vers la réduction des taux d'érosion, mais aussi par la réduction de la quantité des sédiments atteignant le barrage, quel que soit le degré de réduction envisageable du taux d'envasement du barrage à l'étude, la protection de sa capacité utile aura un impact; à moyen et long terme sur le développement durable des ressources en eau et se répercutera sur l'ensemble des activités économiques liées directement ou indirectement à la disponibilité de l'eau en quantité et en qualité suffisante (**Benblidia et al 2001**).

Introduction générale

L'objectif de cette étude, est la conception d'aménagements et d'ouvrages anti-érosifs qui assureront :

- ❖ Une meilleure conservation des sols sur le bassin versant dominant le barrage;
- ❖ La réduction éventuelle du taux de transport des sédiments vers le barrage;
- ❖ La réduction du taux de sédimentation et d'envasement du barrage; Et, conséquemment, la prolongation de la vie utile du barrage.

Étude de la protection du bassin versant du barrage Herreza, ce rapport inclut les parties suivantes :

- ❖ Le chapitre I : Une Revue bibliographique.
- ❖ Le chapitre II : rappelle brièvement le cadre de l'étude; présente succinctement la localisation du bassin versant et précise lors des travaux de numérisation cartographique des limites du bassin versant;
- ❖ Le chapitre III : Matériel et méthodes ; sur les principaux aspects de la méthodologie mise dans le cadre de cette étude;
- ❖ Le chapitre 4 : Résultats et discussions ; des propositions scientifiques aux techniques d'Aménagement Hydro-agricole.

La dernière étape présente une brève conclusion découlant des principaux résultats dans le cadre de la présente étude.

I. Le bassin versant

I.1. Concept et définition

Le bassin versant, est une section d'un cours d'eau, est défini comme la surface drainée par ce cours d'eau et ses affluents en amont de la section (**Ulysse, 2008**).

Tout écoulement prenant naissance à l'intérieur de cette surface doit traverser la section considérée, appelée exutoire, pour poursuivre son trajet vers l'aval (**Mehaiguene, 2002**).

Autrement dit, Le bassin versant représente l'unité géographique sur laquelle se base l'analyse du cycle hydrologique et de ses effets. Plus précisément, le bassin versant est une surface élémentaire hydrologiquement close, c'est-à-dire qu'aucun écoulement n'y pénètre de l'extérieur et que tous les excédents (**Merrien, 2009**).

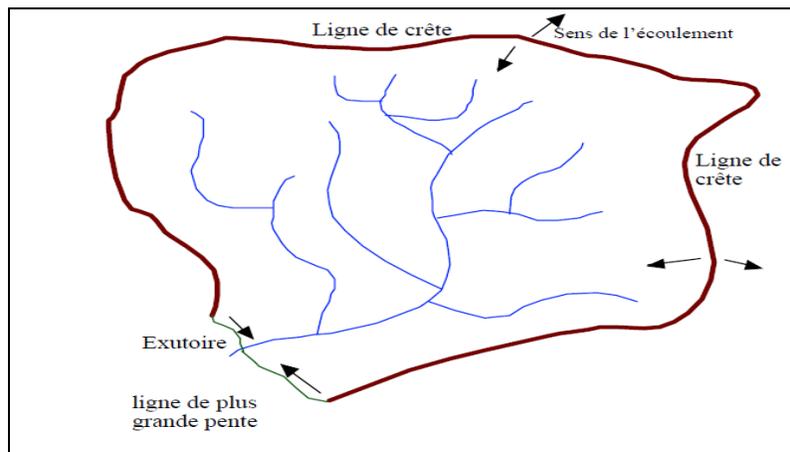


Figure n°1 : Schéma d'un bassin versant (**Merrien, 2009**).

I.2. Types du bassin versant

I.2.1. Le bassin versant topographique

Selon **Merrien (2009)** Si le sous-sol est imperméable, le cheminement de l'eau sera déterminé que par la topographie ; le bassin versant sera limité par les lignes des crêtes et les lignes de grande pente. Le bassin versant est l'unité spatiale qui va être utilisée pour effectuer un bilan hydrologique.

I.2.2. Le bassin versant hydrogéologique

Si la région est perméable, une partie des eaux tombées à l'intérieur du bassin versant topographique s'infiltreront et sortent souterrainement du bassin. Inversement, on peut avoir l'entrée

d'eaux souterraines dans le bassin versant. Pour déterminer les limites du bassin versant hydrogéologique, il est donc nécessaire de prendre en compte les limites géologiques, Une des limites du bassin versant hydrogéologique est la ligne de partage des eaux. Cette limite peut varier en fonction du niveau de l'eau dans la nappe.

I.3. les caractéristiques d'un bassin versant

Chaque bassin versant est unique de par sa taille, sa forme, son orientation, la densité de son réseau hydrographique, le relief, la nature du sol, l'occupation du sol (cultures, haies, forêts, plans d'eau...), son climat..., mais également l'urbanisation et les activités humaines (Mehaiguene, 2002).

I.3.1. Caractéristiques physiques

I.3.2. Caractéristiques géométriques

- La surface
- La forme
- Le relief

I.3.3. Le réseau hydrographique

Le réseau hydro graphiques définit comme l'ensemble des cours d'eau naturels ou artificiels, permanents ou temporaires, qui participent à l'écoulement. Le réseau hydrographique est une des caractéristiques les plus importantes du bassin. Le réseau hydrographique peut prendre une multitude de formes (Mehaiguene, 2002).

I.4 Généralités sur les barrages

Les barrages sont des ouvrages destinés à retenir et à stocker de l'eau pour la restituer à des utilisateurs divers, Ce sont des ouvrages hydrauliques, souvent importants, très délicats du point de vue de leur conception, et de leur réalisation et de leur exploitation et qui nécessitent un entretien très soutenu et soigné (Saidi ,1991).

I.5 La dégradation des sols dans le bassin versant

La dégradation des sols se définit comme un processus qui réduit le potentiel de production des sols ou de l'utilité des ressources naturelles . Elle se définit également comme un changement de tous les aspects naturels ou biophysiques de l'environnement par une activité anthropique au détriment de la végétation, des sols, de l'état de surface, de l'eau de surface et souterraine et des écosystèmes (Ulysse, 2008).

I.5.1. Causes fondamentales de la dégradation des sols dans un bassin versant

Selon Ulysse(2001) De façon générale, on distingue deux aspects de dégradation : l'arrachement et le déplacement des éléments de la surface du sol par l'érosion hydrique et éolienne, et la dégradation du sol sur place par l'action d'éléments chimiques ou physiques. Par ordre d'importance, elles sont :

- Le déboisement anarchique.
- L'agriculture.
- Le surpâturage.

➤ Erosion

Le terme érosion vient du latin « ERODERE » qui signifie « Ronger », donc l'érosion est le détachement des particules du sol de leur emplacement initial pour les transportés en aval. Malgré que l'érosion ait un effet néfaste sur les zones amont, sauf qu'elle enrichit les plaines qui constituent les principaux terrains agricoles (**Roose 1993**).

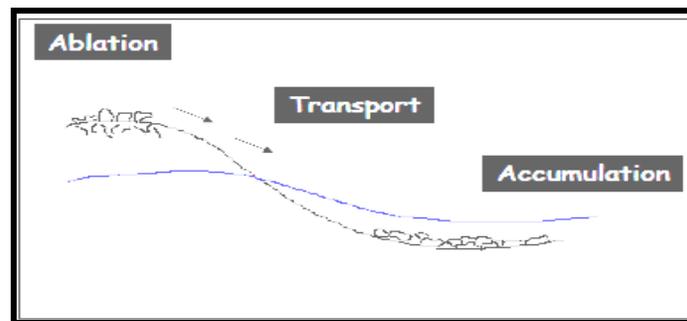


Figure n°2 : Les Processus de L'érosion

I.5.2. Conséquences de la dégradation des bassins versants

La dégradation des bassins versants conduit à une accélération de la dégénérescence écologique, à une restriction des possibilités économiques et à une intensification des problèmes sociaux).

L'envasement est la conséquence directe de l'érosion et la sédimentation, qui sont aussi la cause de la dégradation des sols agricoles ; 45% des sols agricoles du Nord Algérien sont directement menacés par l'érosion, soit 12 Millions d'hectares (**Ulysse, 2008**).

I.5.2.1. Transport Solide

Le processus d'érosion, entraînement, transport, dépôt de sédiments est très complexe ; le détachement des particules dans le processus d'érosion se produit suite à l'énergie cinétique de

l'impact de la goutte de pluie, ou les forces générées par l'écoulement de l'eau, dès que la particule se détache elle est entraînée et transportée, ce transport dépend des dimensions et du poids de la particule, aussi des forces exercées par l'écoulement sur la particule (**Vanoni,1977**).

➤ **Modes de Transport**

Le transport solide total de sédiments est l'ensemble du transport des particules qui passent dans une section de la cour d'eau, les sédiments sont transportées par plusieurs modes (**Abdelli, 2007**) :

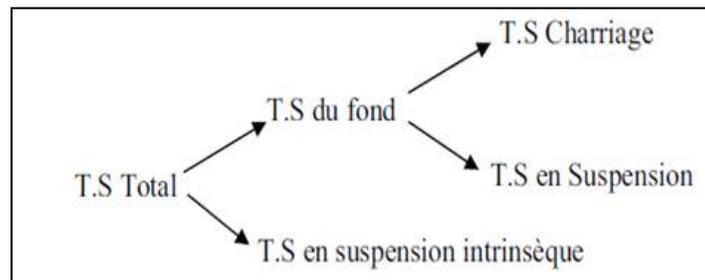


Figure n°3 : Modes du transport solide (Abdelli, 2007)

I.5.2.2. La sédimentation

Selon **Abdelli (2007)** Les particules arrachées aux terres se déposent entre le lieu d'origine et les mers en fonction :

1. de leur dimension
2. De leur densité
3. De la capacité de transport du ruissellement ou de la rivière.

I.5.2.3. L'envasement

L'envasement est défini comme étant le dépôt de sédiments dans les retenues et barrages, réduisant ainsi leurs capacités de stockage . La construction d'un barrage change les caractéristiques hydrauliques de l'écoulement et la capacité de transport des sédiments ,transportée par l'écoulement, la matière solide tend a se déposer à l'approche des plans d'eau, car en réduisant sa vitesse, l'écoulement perd petit à petit sa capacité de transport quand le cour d'eau s'approche et se jette dans le lac du réservoir, les particules grossières se déposent en premier ensuite les plus fines jusqu'à atteindre la digue, n' ayant pas où s'échapper le dépôt se tasse et se consolide en réduisant ainsi la capacité de stockage du réservoir, sachant qu'en moyenne 90% des sédiments transportés par le cour d'eau sont piégés (**Ulysse, 2008**).

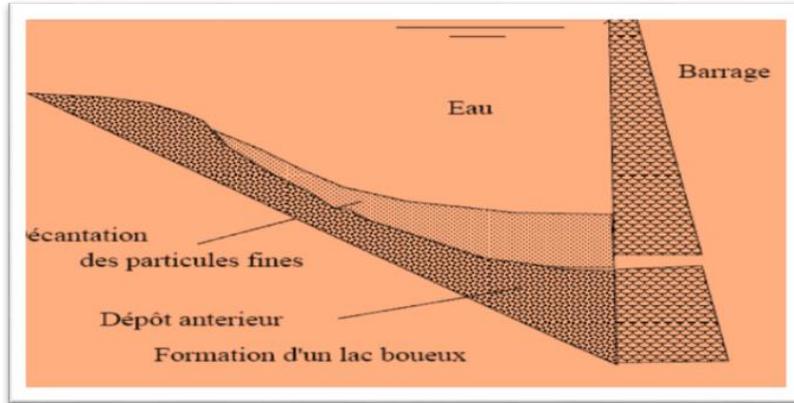


Figure n°4: Dépôt de vase (Remini, 2003)

Le problème d’envasement des barrages n’est pas un problème propre à l’Algérie, beaucoup de pays dans le monde souffre du problème surtout dans les zones arides et semi-arides, où le manque de ressources hydrique est accentué par l’érosion des sols qui peut atteindre les 5000 t/km²/an contre 30 à 50 t/km²/an en Europe (Abdeli, 2007).

En Afrique du Sud la moyenne d’envasement pour 170 barrages d’un volume allant de 0,5 à 5000 Hm³ est de 0,35%, ce qui engendre une perte de capacité de 105 Hm³ par an ce qui correspond à une perte économique de 21,2 Millions de Dollars ((Roose 1993).).

Le tableau suivant résume l’état d’envasement de quelques barrages Algériens d’après plusieurs auteurs ainsi que les données de l’ANBT pour les six barrages du bassin des Côtiers Algérois.

Tableau n°1 : Etat d’envasement de quelques barrages d’Algérie. (2004).

Barrage	Année de mise en service	Volume initial Hm ³	Envasement moyen annuel Hm ³	Perte de volume %
Oued El Fodda	1932	228	2.31	71
Ghrib	1939	280	3.2	72
Ighil Emda	1953	155	1.33	42
Boughezoul	1934	55	0.66	81
Derdeur	1984	110	1.05	25
Taksebt	2001	175	0.27	-
Keddara	1986	145.6	0.05	2.2
El Hamiz	1879	21	0.35	26
Bouromi	1985	188	0.8	3.4
Meurad	1861	1.2	0.005	83.3
Boukerdane	1992	97	0.21	-

Source :(ANBT, 2004)

I.5.2.4. Réduction de la capacité de la retenue

Cette réduction de la capacité de stockage de l'eau est sans aucun doute la conséquence la plus dramatique de l'envasement: chaque année le fond vaseux évolue et se consolide avec occupation d'un volume considérable de la retenue (**Remini, 2003**).

La quantité de sédiments déposés dans les 110 barrages Algériens était évaluée à 560 Mm³ en 1995 soit un taux de comblement de 12,5 %; elle sera de 650 Mm³ en l'an 2000, soit un taux de comblement de 14,5 %. A titre d'exemple, la capacité initiale du barrage de Ghrib (Ain Defla) était de 280 Mm³ en 1939 et n'était plus que de 109 Mm³ en 1977, Une projection a été faite pour l'an 2010, d'où il ressort que certains barrages comme par exemple ceux du Fergoug et Zardezas. (**Remini, 2003**)

I.6 Moyens de lutte contre l'envasement utilisés en Algérie

La majorité des barrages en Algérie ont une durée de vie de l'ordre d'une trentaine d'année. Il est rare cependant, que l'on puisse admettre à l'issue d'une période aussi courte, l'abondance d'un aménagement hydraulique particulièrement lorsqu'il s'agit de réservoirs destinés à l'adduction en eau potable ou l'irrigation dont les intérêts socio-économiques justifient une garantie de service illimitée. Il importe donc, non seulement de prévoir le rythme de comblement de la retenue de façon aussi précise que possible, de manière à prendre les dispositions économiques et sociales qui s'imposent mais aussi et surtout de sauvegarder au maximum l'existence de la retenue en luttant contre ce phénomène utilisés en Algérie. Nous pouvons citer: (**Ulysse, 2008**).

I.6.1. Reboisement

La restauration des sols la formation des banquettes. La plantation de végétation à longues tiges dans les oueds. Il est à noter que les tamaris qui ont poussé à l'amont des barrages de Bouhanifia, du Fergoug, de Cheurfas constituent de véritables pièges à sédiments(**Dupilet , 2003**).

I.6.2. Réalisation de barrage de décantation

Il existe un cas en Algérie, c'est le cas du barrage de Boughezoul qui est exploité partiellement comme bassin de décantation du barrage de Ghrib. Ce barrage a permis de retenir depuis sa création environ 35 M m³ de vase. Il réduit l'envasement de Ghrib de près de 24 %.

I.6.3. Surélévation des barrages

Cette technique a été réalisée sur cinq barrages: Fergoug, Mefiouch, Bakhada, K'sob, Zardézas. La surélévation des barrages permet d'augmenter la capacité de la retenue et donc de compenser la valeur envasée.

I.6.4. Chasses dites à l'Espagnole

Méthode utilisée pendant les premières crues pour les barrages de moindre importance (tel que barrage du barrage Hamiz, Beni Amrane, K'sob, ...).

Cette méthode est efficace quand elle est possible. Elle consiste à vider complètement le barrage au début de l'automne et à le laisser vider, toutes vannes ouvertes, jusqu'aux premières pluies. La première crue enlève sans difficulté les vases de l'année non encore consolidées (**Ulysse, 2008**).

I.6.5. Soutirage des courants de densité

Le soutirage des courants de densité a donné des résultats spectaculaires en Algérie. Cette méthode est utilisée aux barrages d'Ighil Emda et Oued El Fodda.

I.6.6. Dragage des barrages

A travers l'expérience algérienne, le dragage s'est avéré une solution sûre mise à part les difficultés de mise en dépôt et le coût. Jusqu'à maintenant, l'Algérie a procédé à 8 dragages sur quatre barrages:

L'Algérie a acquis en 1989 un matériel complexe de dragage à savoir une drague suceuse refouleuse baptisée (**Remini B ,2010**)

I.7 L'aménagement des bassins versants

Presque toutes les définitions relatives au concept d'aménagement de bassin versant font référence à un ensemble de mesures qui rentre dans le cadre de l'aménagement physique et social du milieu. Ces mesures doivent permettre la protection et l'évaluation du niveau de productivité de toutes les ressources naturelles du milieu ainsi que l'amélioration des conditions socioéconomiques de la population. **(Bernarde , 2008)**

D'après **SHENG (1993)**, cité par **JOSEPH (2003)**, l'ABV consiste à formuler et à adopter une ligne de conduite impliquant la meilleure utilisation possible des ressources du milieu, notamment des terres et des eaux, afin de fournir des biens et des services durables. On doit tenir compte des facteurs sociaux, économiques et institutionnels à l'intérieur et à l'extérieur de ces périmètres.

Selon cette définition, tout aménagement intégral de BV doit alors se baser sur les principes suivants :

I.7.1 Les aménagements traditionnels

Les populations locales ont pu mettre en place et développer certaines techniques traditionnelles permettant de gagner des aires cultivables et de réduire les processus de dégradation. Ces aménagements restent, malgré leur grande variété, émiettés et peu répandus dans l'espace. Ils peuvent être groupés, en fonction de leur mode de confection en deux grands ensembles : des ouvrages construits et des pratiques mécaniques, biologiques et culturelles.

I.7.1.1 Création obstacle de ruissellement

A) Végétalisation (Couverture permanente du sol)

La végétation protège le sol de l'impact des gouttes de pluies, elle ralentit les filets d'eau superficiels et favorise ainsi l'infiltration.

La couverture végétale peut être faite de végétaux vivants ou morts. **(Dupilet , 2003)**

➤ Couverture vivante

Les cultures d'hiver évitent de laisser le sol à nu après le labour; il peut s'agir de culture dont le cycle végétatif commence à la fin de l'automne (blé d'hiver) ou de cultures spécifiques qui seront labourées au printemps et enfouies comme engrais vert.

En zone montagnarde, on peut procéder à la végétalisation des badlands pour les sols sensibles à l'érosion par ravinement généralisé.

L'installation d'une végétation à croissance rapide tels qu'Eucalyptus, Acacia, pins, Atriplex, laurier rose, cactus, etc. assure une amélioration de la couverture du sol et son enrichissement en matière organique (**Dupilet , 2003**).



Photo n°1: Végétalisation de badlands par Eucalyptus et pin d'Alep sur banquettes au Maroc (**Dupilet , 2003**)

Le rôle de la Végétation dans la protection contre l'érosion se résume en:

- ✓ L'interception des gouttes des pluies permet la dissipation de l'énergie cinétique, ce qui diminue dans une large mesure l'effet "splash".
- ✓ Les plantes ralentissent les eaux de ruissellement par la rugosité qu'elles donnent au terrain.
- ✓ Elle augmente la cohésion du sol par son système racinaire

B) Banquettes

Ce sont des levées de terre de faible hauteur (0.50 m) établies selon les courbes de niveau; elles sont généralement plantées par des arbres permettant de valoriser les surfaces marginales, de fixer les ouvrages et améliorer l'infiltration. Elles sont utilisées en DRS. Elles sont des petites terrasses horizontales, perpendiculaires à la ligne de la plus grande pente, dans le but est de remodeler une parcelle. Le talus à l'amont de la banquette dépasse rarement 1 mètre de haut. La largeur de la terrasse varie entre 0.5 et 2.5 mètres. S'il s'agit d'éléments de banquette, la longueur est comprise entre 4 et 10 mètres(**Tribak ,1995**).

C) Les talus

Il s'agit de talus à pente subverticale qui découpent les versants en parcelles orientées parallèlement aux courbes de niveau ; ils sont généralement taillés dans les formations superficielles ou les substrats marneux sous-jacents. La taille et la pente varient en fonction de la déclivité des versants ; elles sont d'autant plus importantes que les versants sont fortement

inclinés, Ces aménagements constituent une pratique assez fréquente et vraisemblablement très ancienne, du fait qu'elle sert à identifier les limites des parcelles partagées entre les héritiers (Dupilet , 2003).

D) Les murets et les cordons en pierres sèches

Cette technique consiste en la construction de murets ou de cordons de faible hauteur en pierres sèches autour de certaines parcelles cultivées ou de vergers complantés. Le matériel nécessaire pour cette opération provient essentiellement de l'épierrage des terrains jonchés de blocs gréseux hétérométriques.

A la différence des murets, les cordons offrent des structures moins nettes constituées de matériel de petite taille. Ils prennent des dimensions variées, de 40 à 50 cm de hauteur et autant de largeur, allongés de manière perpendiculaire aux pentes des versants.

Les murets, composés de blocs de taille importante, constituent de véritables barrières protégeant aussi bien les vergers d'arbres fruitiers que les parcelles cultivées. Leur longueur va de quelques mètres à quelques dizaines de mètres, avec une hauteur de 50 à 120 cm et une largeur qui varie de 50 cm au sommet et environ 80 cm à la base. Ils prennent ainsi des dispositions variées sur les versants, perpendiculaires ou parallèles à la plus grande pent. (Tribak ,1995).

E) Les terrasses

On les trouve sur les versants et dans les fonds des vallées, entre les lits des oueds et le début des fortes pentes. La construction se fait sur les sols profonds afin d'éviter d'aller dans la roche mère. Il n'est pas recommandé de les construire sur les pentes faibles (10 %) du fait de leur coût prohibitif. Elles ont aussi pour but de créer une SAU supplémentaire utilisable pour les cultures vivrières qui sont associées souvent à des plantations d'arbres fruitiers.

Cette technique est peu fréquente dans la région en raison de la forte extension des terrains marneux et la pénurie des ressources en eau. Selon leur mode de confection, deux types de terrasses ont été distingués : Les terrasses façonnées dans la roche en place et les terrasses construites(Dupilet , 2003) .



Photo n°2: Les oliviers sur terrasse. (Tribak ,1995)

Dans cette section, nous allons aborder deux types de terrasses: les terrasses qui sont soutenues par des murs en pierres sèches et celles qui sont soutenues par le talus.

1) Terrasses soutenues par des murs en pierres sèches

Cette technique s'applique aux pentes moyennes à fortes, où la charge caillouteuse est importante, Les murs sont alignés suivant les courbes de niveau et dont l'espacement augmente quand la pente diminue. (Tribak ,1995)

❖ Dimensions des murs:

- Hauteur: de 1 à 3 m
- Base: de 0,4 m à 0,8 m
- Longueur peut dépasser plusieurs dizaines de mètres.

❖ La dimension de la terrasse entre deux murs:

- Largeur: de 3 m à 15 m

2) Terrasses soutenues par des talus

Les terrasses sont confectionnées selon les courbes de niveau, Ces talus ont généralement une hauteur comprise entre 1 et 2,5 m suivant la pente du versant.

❖ La dimension de la terrasse:

- Largeur: 4 à 10 m
- Les talus peuvent être laissés à nu sur les sols peu érodables et peu pentus.
- Les talus sont plantés d'herbacées ou d'arbres fruitiers sur les versants pentus et sensibles à l'érosion(Dupilet , 2003).

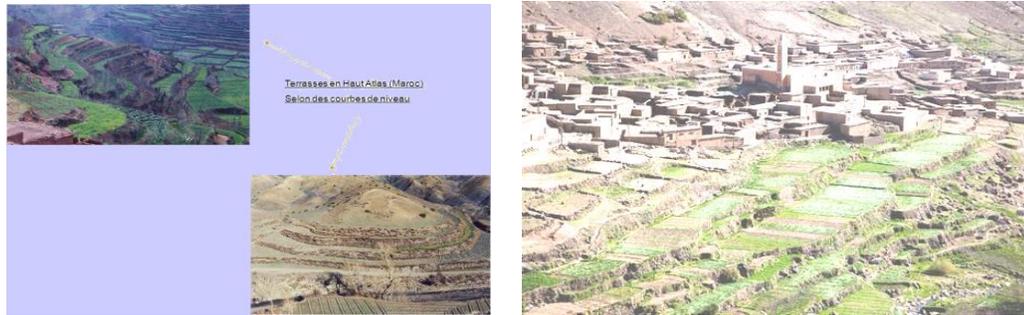


Photo n°3: Une vue sur des terrasses soutenues par des talus dans la zone de culture du safran (Siroua au sud du Maroc) (Tribak ,1995).

1.7.1.2. Captation des eaux de ruissellement

a) Exutoires naturels

Sont des prairies permanentes installées dans des dépressions pouvant être fauchées ou pâturées, des bois ou taillis sur pente faible composés d'espèces à fort pouvoir de pompage (peupliers, saules...), des petits ravins à couvert végétal...

b) Exutoires artificiels

❖ Les bandes d'arrêt enherbées

Peuvent réduire le ruissellement de 30 ou 60 % par rapport au témoin et l'érosion de 30 et jusqu'à 10 % du témoin. (Dupilet , 2003)

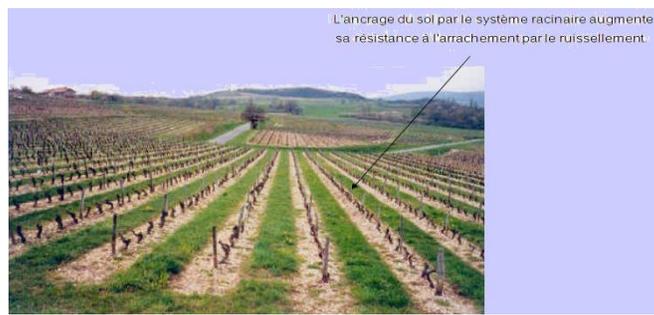


Photo n°4: L'enherbement des inter-rangs. (Dupilet , 2003)

L'enherbement des inter-rangs est une pratique culturale qui s'est développée comme moyen de conservation des sols et de l'eau. L'ancrage du sol par le système racinaire augmente sa résistance à l'arrachement par le ruissellement.

A la place de l'enherbement, on peut utiliser Plusieurs matériaux entre les inter-rangs tels que : composts d'ordures ménagères, pailles, écorces.

La bande enherbée peut de jouer un double rôle : elle permet de lutter à la fois contre l'érosion et contre les pollutions des cours d'eau par les produits phytosanitaires d'origines agricoles et le ruissellement des matières en suspension. **(Dupilet , 2003)**

❖ **Les haies vives**

Constituées de deux à trois lignes d'herbes ou d'arbustes plantés en quinconce et qui fonctionnent également comme des micro-barrages perméables très efficaces. **(Dupilet, 2003)**



Photo n°5: Haies vives renforçant le cordon de pierre. **(Dupilet , 2003)**

C) Les cordons de pierres

Il s'agit de deux à trois niveaux de pierres rangées en courbe de niveau de façon à se renforcer l'une l'autre. Ces cordons de pierres ralentissent le ruissellement, l'étalent en nappes de telle sorte qu'il s'infiltre en moins d'une heure, provoquant ainsi la sédimentation successive des sables, des agrégats puis des particules fines humifères, lesquelles vont former une croûte de sédimentation. Seul l'excédent des eaux passe au-dessus du premier niveau de pierres **(Tribak ,1995)**.



Photo n°6: Epierrage et ramassage des pierres autour des gros blocs évoluant en cordons le long des courbes de niveau **(Tribak ,1995)**.

d/ Les murettes de pierres sèches

Il s'agit d'un mur construit soigneusement en empilant des pierres plates calées par de petits fragments de roche. On en trouve fréquemment dans les massifs montagneux gréseux. Pour construire un muret de pierres sèches, il faut d'abord creuser une tranchée en courbe de niveau jusqu'à un horizon cohérent, mettre en place, au fond et sur la paroi de la tranchée, un filtre drainant constitué d'une couche de sable et de gravier. (Dupilet , 2003)



Photo n° 7: Murettes. (Dupilet, 2003)

e/ Les Bassins de sédimentation et de contrôle du débit

Sont des ouvrages fréquemment réalisés pour empêcher l'érosion des berges et l'érosion en ravins. Ils arrêtent l'érosion causée par un écoulement concentré mais sont inefficaces contre l'érosion en nappe. Également connus sous le nom de « terrasses en canaux », ces bassins servent en quelque sorte de réservoirs aux eaux de crues pour les petits bassins versants. Il empêche l'érosion des terres situées en aval en contrôlant le débit de pointe de l'écoulement du bassin versant (Tribak ,1995).

Le bassin de sédimentation et de contrôle du débit peut jouer le même rôle qu'une voie d'eau gazonnée dans un système de travail conservatoire du sol. Ces bassins qui peuvent être des lacs collinaires peuvent jouer plusieurs rôles dont le plus important est de protéger les infrastructures hydrauliques (barrages) situées en aval.



Photon°8: Lac collinaire dans la région nord Marocain installé pour contrer le problème d'envasement d'un barrage en aval (Tribak ,1995).

I.7.1.3. Protection des pentes contre l'érosion**a) Travaux selon courbes de niveau**

Culture en courbes de niveau (action de cultiver la terre en suivant le relief plutôt que la pente). En ce faisant, on oriente la rugosité du sol due aux mottes et aux petits creux, on les oriente perpendiculairement à la pente de telle sorte que l'on ralentit au maximum la nappe d'eau qui pourrait ruisseler. Ce procédé utilisé comme moyen de conservation des sols et de l'eau, n'est efficace que sur les pentes faibles ne dépassant pas 4%. Sur ces pentes, les travaux selon les courbes de niveau suffisent pour contrecarrer l'érosion en nappe que l'on ne perçoit pas toujours dans ses débuts. (Roose, 2000).



Photo n°9: Cultures parallèles aux courbes de niveau. (Roose, 2000).

b) culture en bandes alternantes

C'est un procédé de culture en bandes parallèles (le plus souvent parallèles aux courbes de niveau) qui est utilisé lorsque la pente augmente et que le labour selon les courbes de niveau ne suffit pas pour arrêter l'érosion. On peut distinguer deux types de bandes alternantes : les bandes alternantes selon les courbes de niveau et les bandes alternantes transversales continues. La largeur des bandes dépend de la pente, de la perméabilité du sol et de son érodibilité. (Roose, 2000)



Photo n°10 : Bandes alternantes. ((Roose, 2000).

1.7.1.4. Correction torrentielle

Elle s'applique au ravinement et aux torrents. Les torrents sont des cours d'eau à régime spasmodique, à pente forte et qui travaillent dans des matériaux faciles à affouiller. Ils provoquent beaucoup de dégâts et menacent les villages, les champs cultivés, les voies de communication, etc. (Roose, 2000).

a) Cas des petites ravines

L'activité des petites ravines est très variable d'une région à l'autre en fonction du stade de dégradation atteint, dans cette section, nous allons aborder les différentes de mesure pour lutter contre les petits ravins à savoir la correction par la fixation biologique et par des diguettes en pierre sèche. (Roose, 2000).

**** Correction par fixation biologique**

La fixation biologique par implantation d'une végétation arborée ou herbacée peut constituer une armure défendant les bas-fonds. Ces types d'aménagement à deux objectifs majeurs à savoir premièrement l'amélioration de la productivité agricole ou forestière et deuxièmement la réduction du débit solide et la régularisation des écoulements. L'outil de base est un seuil placé en travers de la ravine et constitué par du matériel végétal vivant. (Roose, 2000).

•Objectif

- Valorisation des terrains où le ravinement commence à réduire la SAU et donc diminuer la productivité
- Limitation de l'élargissement et du creusement des ravins.

**** Correction par des diguettes en pierres sèches**

Par ailleurs, l'utilisation des petits seuils en pierres sèches peut jouer un rôle provisoire dans la correction de ravinement avant la mise en place des seuils biologiques par de la végétation. Ces seuils peuvent créer par leur atterrissement un milieu favorable à l'installation des plants.

*** Objectif**

Il permet d'éviter le creusement du sol et l'agrandissement des ravines et rigoles de petites dimensions aboutissant à des ravins et rigoles de grandes dimensions (50 cm de large et 20 à 30 cm de profondeur) que le ruissellement non contrôlé avait entaillé, endommageant les parcelles et réduisant la SAU céréalière.(Roose, 2000).



Photo n°11: Ravin aménagé dans un champ de céréale : seuils en pierres sèches. **(Roose, 2000).**

b) Cas des grosses ravines

Souvent on a recours au traitement par génie mécanique. Ce type d'aménagement peut avoir deux objectifs:

- Stabiliser le profil en long de la ravine dans les secteurs où la tendance générale est au surcreusement. Ces ouvrages retiennent surtout la partie du versant qui serait peu à peu descendue dans la ravine (par sapement de berges et par glissement) si l'incision s'était poursuivie. Ils arrêtent l'érosion régressive au niveau de la ravine ainsi traitée. L'objectif n'est donc pas ici de retenir beaucoup de sédiments, mais de limiter l'approfondissement de la ravine.
- Retenir les sédiments dans les sections en transit où l'incision est faible. **(Roose, 2000).**

1.7.1.5. Les principes généraux de l'aménagement des grosses ravines

Les barrages doivent avoir une grande durée de vie puisque la végétation ne pourra pas venir prendre immédiatement le relais. Ce seront des ouvrages en dur: en gabions mais surtout en maçonnerie de grosses pierres au mortier de ciment. **(Roose, 2000).**

a) Les barrages en gabions

Réduire la vitesse de ruissellement, retenir les sédiments et protéger les infrastructures socio-économiques en aval, Ils sont utiles pour la correction des ravins à largeur importante. **(Roose, 2000).**



Photo n°12: Mur en gabions, construit par l'Etat (Tizgui au Maroc).

(Roose, 2000).

b) Les seuils en maçonnerie

Les ravins développés sur les formations calcaires ou marno-calcaires souffrant d'érosion active par entailles linéaires sont traités mécaniquement par des seuils en maçonnerie en attendant une végétalisation de leurs fonds, berges et impluviums.

- Le but des paysans est de limiter leur évolution et éviter la généralisation du ravinement sur la parcelle.
- Elle consiste à réduire la vitesse de ruissellement, retenir les sédiments et protéger les infrastructures socio-économiques en aval. (Roose, 2000).

** Description

Ce sont des seuils en maçonnerie, qui forment des barrages implantés transversalement dans les lits des ravins.

- Ils se prêtent pour la correction des ravins très larges.
- Les dimensions de l'alignement pierreux peuvent varier de 0.2 – 0.7 m pour la base et de 0.5-1.5 m pour la hauteur. La longueur peut aller jusqu'à 10 m.
- En amont des alignements le ravin peut être fixé par des plantations (fruitières, forestières,...etc.) qui bénéficient de l'infiltration de l'eau sur les terrasses formées. (Roose, 2000).



Photo n°13: Un zoom sur un seuil construit en maçonnerie sur un ravin dans la région rifaine au Maroc. (Roose, 2000).

L'originalité de la démarche des traitements des ravines est non seulement de bloquer l'érosion linéaire qui creuse les ravines, de stocker quelques dizaines de m³ de sédiments derrière les petits seuils, mais c'est aussi de valoriser l'eau stockée entre les sédiments captés derrière les seuils. **(Roose, 2000).**

II.1. Introduction

La wilaya d'Ain Défla dispose de grandes réserves hydriques tant souterraines que superficielles, ce dernier, elles sont destinées plus particulièrement à l'irrigation.

Elle est située à 150 km au Sud- Ouest d'Alger. Elle est limitée au Nord par la wilaya de Tipaza, à l'Est par celles de Médéa et Blida, à l'Ouest par celle de Chlef, au Sud par la wilaya de Tissemsilt. Elle compte 14 Daïras et 36 communes.

II.2. Situation géographique et délimitations

Le bassin versant de l'oued Harreza (attribué du code 0117) fait partie du bassin de l'Oued Cheliff (01). Situé à 120 Km à l'Ouest d'Alger, entre les géographiques 2° et 2°40' de longitude Est et entre 36° et 36°40' de latitude Nord. D'une altitude moyenne de 450 mètres, il draine une superficie de 142 Km². L'Oued Harreza parcourt une distance de 40,5 Km suivant une orientation Sud-Est vers l'Ouest. Au sud du bassin, le relief atteint une altitude de 765 mètres, tandis que le point le plus bas est à l'exutoire avec une altitude de 313 mètres.

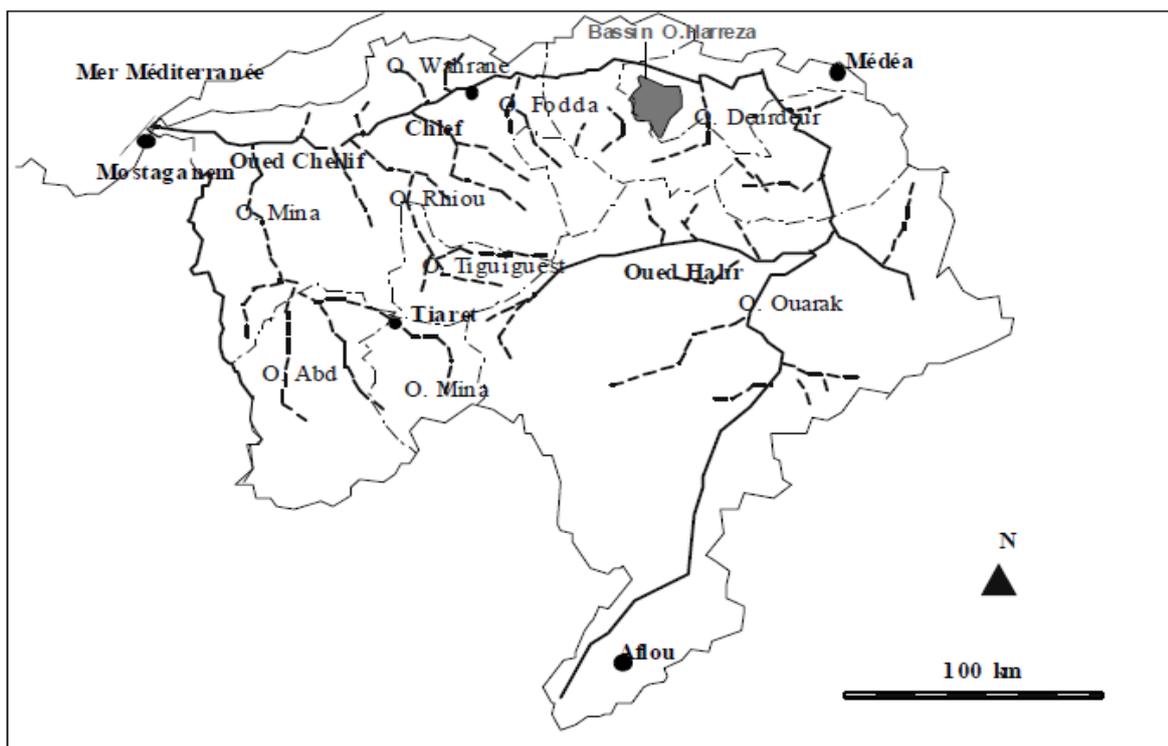


Figure n°5: Situation géographique de la zone d'étude
(Meguenni et Remini, 2008)

II.3. Présentation de barrage Harreza

Le barrage de Harraza se trouve à 15 km au Sud-Ouest de la ville d'El-Khemis Miliana, sur l'Oued Harreza, affluent de la rive gauche de l'Oued Cheliff.

Il est destiné à satisfaire partiellement les besoins en eau d'irrigation de la haute plaine de la rive gauche du Cheliff, par stockage des eaux de l'oued Harraza et les eaux pompées à partir de l'Oued Deurdeur par la station de Khemis II (ONID).

Les caractéristiques hydrologiques et techniques du barrage sont :

II.4 Caractéristiques hydrologiques

OUED HARREZA

- ⊕ Capacité initiale : 70,00 hm³
- ⊕ Capacité dernier levé (2004) : 76,65 hm³
- ⊕ Apport moyen annuel : 30,80 hm³/an
- ⊕ Envasement : 0,28 hm³/an
- ⊕ Surface du bassin versant : 142 km²

BARRAGE HARRAZA

- ⊕ Type : TERRE
- ⊕ Hauteur : 38 m
- ⊕ Longueur : 1800 m
- ⊕ Côte retenue normale : 313,00 m
- ⊕ Côte Plus Hautes Eaux : 314,90 m
- ⊕ Déversoir : SEUIL LIBRE
- ⊕ Vidange de Fond : 4 m³/s

Tableau n°2 : Caractéristiques du barrage Harraza

Barrages	Wilaya	Oued	Type	Mise en service	Capacité dernier levé Hm ³	Destination
Harraza	Ain-Defla	Harraza	Terre	1984	76.65	IRR. Périmètre Haut Cheliff

Source : (DGF Djelida, 2016)



Photo n°14: Barrage Harreza (Cliché Bahloul et Chaouchi 2016)

II.5 Localisation du barrage de Harreza

La localisation et la répartition en terre du bassin d'étude sont données par le tableau suivant :

Tableau n°3 : La localisation du bassin versant de Harreza

Willaya	Daira	Commun	Nature juridique	Surface (Ha)	%
Ain Defla	Djelida	Djelida	Secteur forestier	3043	21.3
		Djmaa Ouled Cheikh	Secteur privé	9268	64.8
			Lac du barrage	867	6.1
			Divers	1127	7.8

Source : (DGF Djelida, 2016)

Tableau n°4 : Identification de Bassin Versant

Bassin Versant	Wilaya	Daïra	Commune	Superficie(Ha)
BV. HARRAZA	Ain - Défla	BORDJ EMIR KHALED + DJELIDA	Djelida	8583 Ha
			Djemaa Ouled Cheikh	2850 Ha
			BORDJ EMIR KHALED	2872 Ha
Total Bassin Versant				14305 Ha

Source : (DGF Djelida, 2016)

Il s'agit de la superficie située à l'intérieur du Bassin Versant et non Superficie totale.

II.6 Caractéristiques de bassin versant

Tableau n°5: Répartition de la superficie par tranche pluviométrique avec localisation

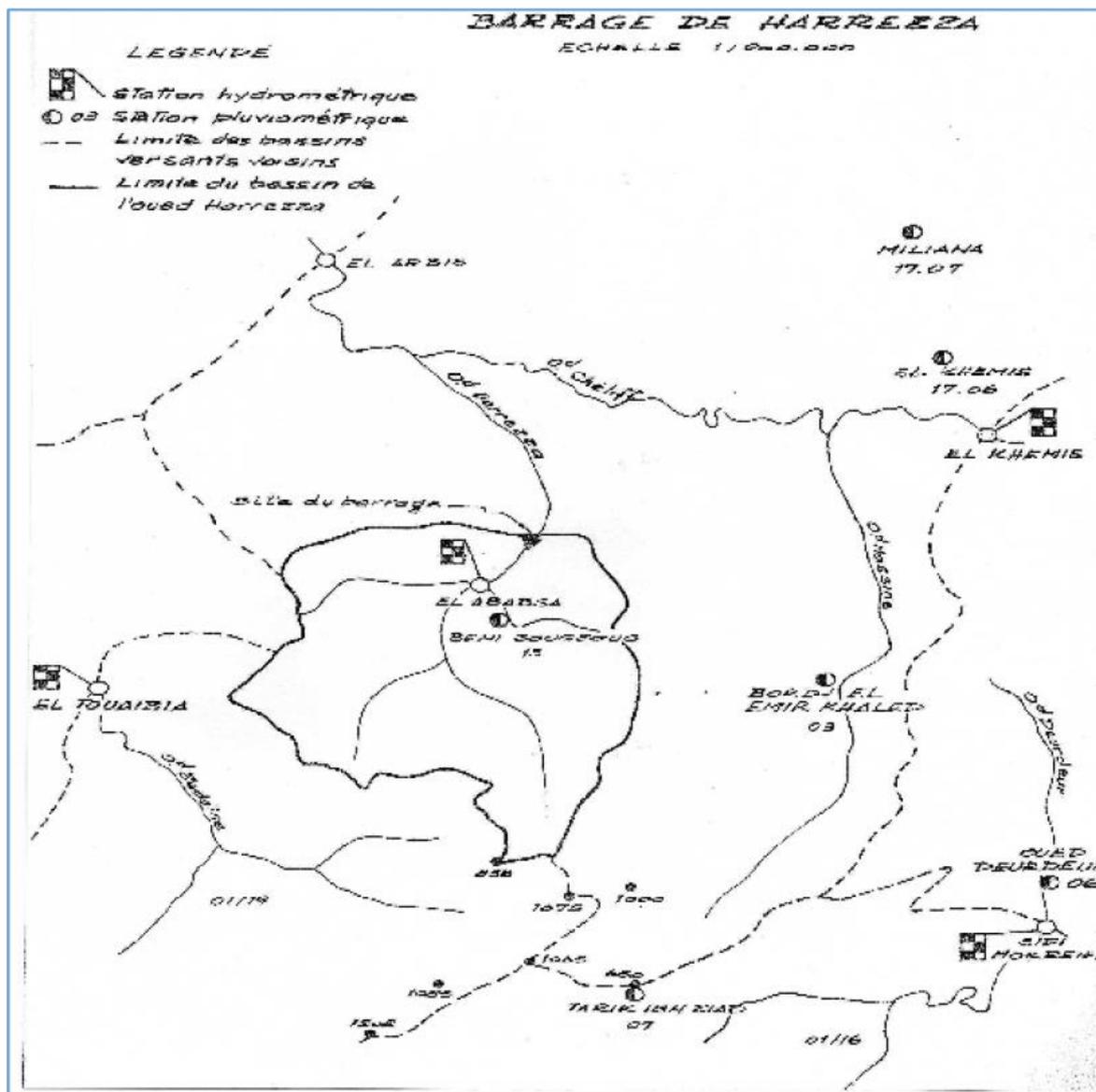
Tranche pluviométrique	Superficie	Zone ou secteur de B.V	Répartition partielle des surfaces en%
350	3305 Ha	Voisinage du lac	23.1
350-450mm	5000 Ha	Partie inférieur du B.V	34.9
450-550mm	6000 Ha	Partie supérieur du BV	42
550-650mm			

Source (DGF Djelida ; 2016)

II.7 Hydrologie

II.7.1 Hydrographie du bassin versant de Harreza

Le bassin versant est drainé par l'oued Harreza et ses affluents. Du côté Est, l'oued Dar Emial prend sa source dans le relief de Beni Zoug Zoug et vient se jeter dans l'oued Harreza. Le bassin versant se trouve dans un foret domanial de Beni Zoug Zoug elle existe dans le territoire de la commun de djemaa Oueled Chikh et Djelida et situe dans le couté sud de la chef-lieu de wilaya de Ain Defla. L'oued Slimane se joint à l'oued principal en drainant la partie Ouest du bassin versant.



(Source : ANBT ; 1985)

Figure n° 6: Hydrographie du bassin versant de Harreza

II.7.2 Les apports liquide et solide de l'Oued Harreza

Les apports sont fournis pour la plupart les mois de janvier à avril. L'apport total du bassin versant, estimé en moyenne à $7,5\text{Mm}^3$ /an. D'entente avec l'administration, les caractéristiques des crues retenues pour le Dimensionnement définitif des ouvrages sont les suivantes :

Les calculs hydrauliques, de la dérivation provisoire et de l'évacuation de crues, ont été effectués pour les débits de pointe de $270\text{m}^3/\text{s}$ et $800\text{m}^3/\text{s}$, respectivement.

D'accord avec l'hydro gramme de la crue cinq millénaire le débit d'entrée arrive à la valeur maximum de $800\text{m}^3/\text{s}$.

➤ **Apport pompés de l'Oued Chélif**

Le volume moyen annuel pompé de l'Oued Chélif est évalué en $23,3 \times 10^9$ m³ ; il sera obtenu par pompage continu à la station de pompage d'El khemis 2 pendant 6 mois et pour un débit nominal de 3,5 m³/s.

Dans le stade actuel de l'aménagement, à droite de la station de pompage, il n'est pas possible de pomper en période hivernale tous les apports du Chélif, car le niveau devant la prise d'eau latérale ne devra pas descendre au-dessous de la cote 269m pour que les pompes fonctionnent. La création ultérieure d'un seuil, qui augmente le niveau de l'oued Chélif est admise.

L'hypothèse d'un remplissage partiel du réservoir à partir de pompage dans la nappe phréatique en rive droite a été examinée mais elle n'a pas retenue, étant donné le coût élevé des adductions nécessaires à amener l'eau jusqu'à la retenue et le risque de déséquilibre hydrogéologique que cette solution pourrait comporter.

➤ **Apport solides**

L'apport solide prévisible dans la retenue a été évalué par la direction du barrage compte tenu des données d'érosion spécifique disponibles dans la région et des mesures de concentration entreprises dans la station de pompage.

L'avant-projet détaillé avait retenue pour la garde d'envasement le volume de 20 Mm³, correspondant à une durée prévisible de 30 ans. C'était une estimation déjà prudente, justifiée par l'indétermination du transport solide provenant notamment du Chélif, qui peut attendre des concentrations importantes.

Une fois que la capacité du réservoir, déterminée à la cote de retenue normale avec les éléments du nouveau plan au 1 :5000 est de 75Mm³ au lieu des 70Mm³ auparavant considérés, en maintenant le volume utile de la retenue de 50Mm³, on augmentera la garde d'envasement pour 25Mm³ et, en conséquence, la durée qui n'apportera pas une perte de volume utile par l'envasement.

De cette façon, la garde d'envasement sera, en réalisé, correspondant à une durée de l'ordre de 40 ans, pour l'envasement annuel moyen qui a été prévu.

Sur l'apport total de sédiment il est évalué que 30% proviennent de l'oued Harreza et 70% de l'oued Chélif, par pompage.

D'accord avec ces valeurs, l'envasement annuel en pourcentage du débit annuel moyen sera de 2,5% pour les apports de l'oued Harreza et de 1,8% pour les pompées de l'oued Chélif.

II.7.3 Réseau de surveillance

Le réseau de surveillance du bassin versant de Harreza est constitué de :

➤ **Stations hydrométriques :**

- El Ababsa (011715)
- El khemis (0117)
- El Touaibia
- Sidi Mokreife

➤ **Stations pluviométriques :**

- Beni Zoug Zoug
- Miliana
- El Khemis
- Bordj el Amir Khaled
- Deurdeur
- Tarik Ibn Ziad

De ces stations, seulement la station pluviométrique de Beni Zoug Zoug et la station hydrométrique de El Ababsa restent situées au bassin versant de l'oued Harreza en amont du site du barrage.

Au sud, dans les limites du bassin de Harreza avec les bassins versants voisins (bassins des Oueds Zeddin et Massine) il y a une partie montagneuse, qui fait que la station pluviométrique de Tarek ibn Ziad se trouve à controversant.

II .7.4 Caractéristiques climatiques

La caractéristiques climatique du bassin versant Harraza est basé sur les donnée des stations météorologiques dans le bassin, les éléments principaux qui caractérisant le climat sont ; Température de l'Air, pluviométrie, vents et l'évapotranspiration.

Le climat du bassin versant Harraza est de type méditerrané avec un caractère de continentalité marquée, aux étés très chauds et secs aux hivers froids et rigoureux, avec un printemps écourté (Avril, Mai) et un automne très bref (Octobre).

II.7.4.1. Les Précipitations

a) **Les précipitations annuelles**

La moyenne annuelle des précipitations pour le bassin versant de HARRAZA est de 415mm.

Tableau n°6: les précipitations totales annuelles dans la station pluviométrique durent la période de 2005/2014.

Année	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Moyen en (mm)	374,5	319	395,9	543,9	508,7	459,9	476	437,8	351	291,9

Source :(ANRH Khemis –Miliana, 2016)

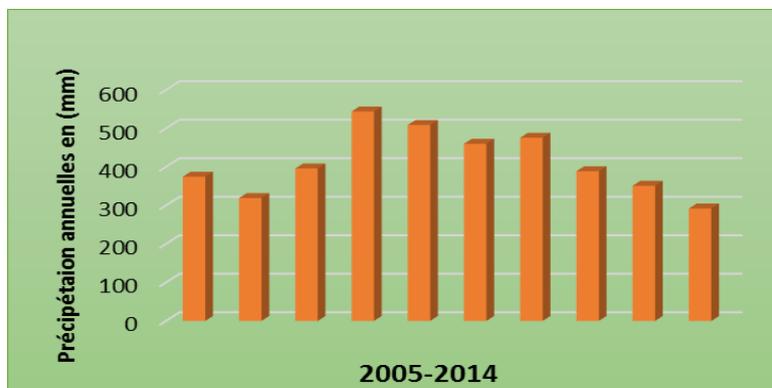


Figure n° 7: variation des précipitations annuelles.

Généralement, la pluie tombe sous forme d'averse de courte durée donc de forte intensité causant ainsi quelque fois une inondation.

a) Les précipitations mensuelles

Tableau n°7: Les précipitations mensuelles

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	janv	Fev	Mars	Avril	Mai	juin	Juil	Aout
2005- 2015	25,54	37,46	55,84	53,25	49,57	57,08	53,25	45,83	23,11	13,54	11,20	10,40

Source : (ANRH Khemis –Miliana, 2016)

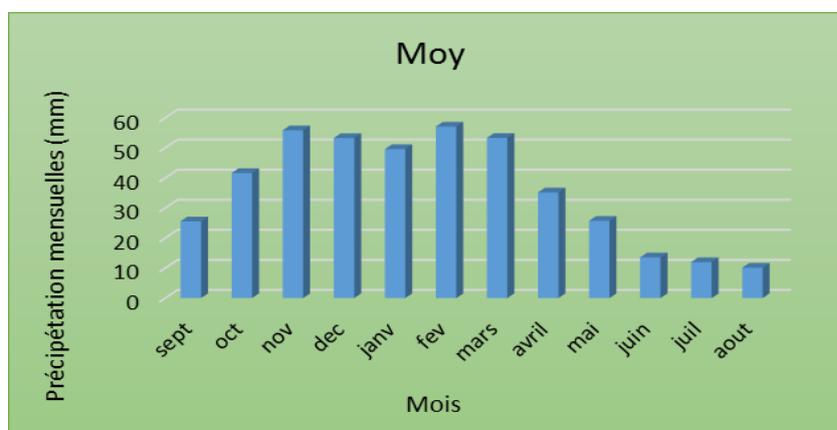


Figure n°8: variation des précipitations mensuelles (mm).

Selon le tableau et la figure on constate que :

- Une période nettement sèche et bien déterminée à partir du mois de fin juin jusqu'au mois de septembre.
- La période principale pluvieuse commence en novembre et finit au mois de mars.
- La pluviosité pendant les mois d'avril, mai et octobre présentent des passages respectivement vers la période sèche et la période pluvieuse.

II.7.4.2.La température

Les données de la température présentée dans le tableau, ci-dessous montre une température annuelle, la température moyenne annuelle 18,79°C et une température minimale annuelle 8,35°C, et une température maximale annuelle 32,66°C, durant l'année (2005/2014).

Tableau n°8: La température de barrage Harreza durant la période de 2005/2014.

Années	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juillet	Aout	Annuelle
Moyen	25,26	20,86	14,03	10,35	9,58	9,88	13,05	16,34	21	26,76	29,58	28,82	18,79
Max	38,75	35	27,19	20,58	30,87	21,47	26,38	28,44	36,31	41,33	44,49	41,175	32,66
Min	14,47	8,51	4,36	2,02	2,38	1,18	2,02	5,71	8,36	12,90	19,74	18,56	8,35

Source :(ANRH Khemis –Miliana, 2016)

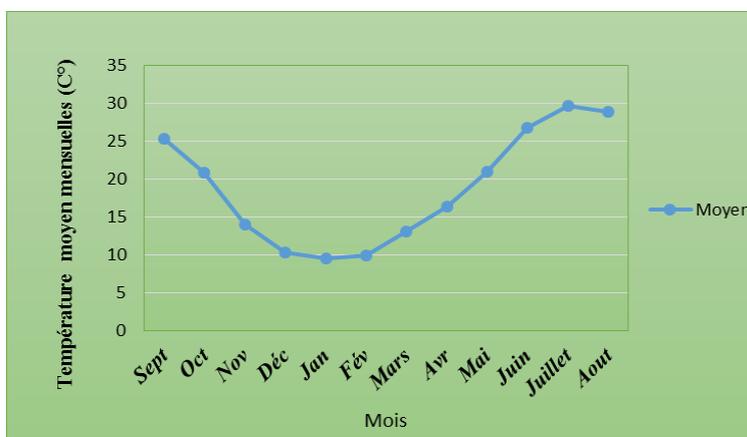


Figure n°9: variation des températures moyenne mensuelles (°C)

A la base ce fait et en utilisant les figures on montre que ;

- La température mensuelle maximale des mois les plus chauds 44.49 C°.
- La température mensuelle minimale des mois les plus froids 9.58 C°.
- les températures moyenne mensuelles à partir du mois de mai jusqu'à la fin d'octobre sont plus élevées que la température annuelle moyenne.
- Les mois les plus froids sont janvier et décembre.

II.7.4.3 Evapotranspiration

L'évapotranspiration est un facteur important dans le bilan hydrologique. C'est un paramètre essentiel pour l'évaluation des besoins en eau des cultures, et par conséquent pour la demande en eau à prendre en compte dans la planification

Tableau n°9 : évaporation du barrage de Harraza pour la période de (2005/2014).

Année	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Annuelle
Moyen (mm)	15,38	10,73	71,99	37,72	38,95	45,53	62,94	10,21	12,79	21,10	19,35	21,61	13,69
Max (mm)	68,11	54,34	45,22	36,67	27,20	30,12	42,23	49,63	60,56	87,33	60,35	97,17	65,89
Min (mm)	9,68	6,66	2,43	0,30	1,8	1,45	1,73	6,79	5,26	24,74	25,97	18,56	10,54

Source : (ANRH Khemis –Miliana, 2016)

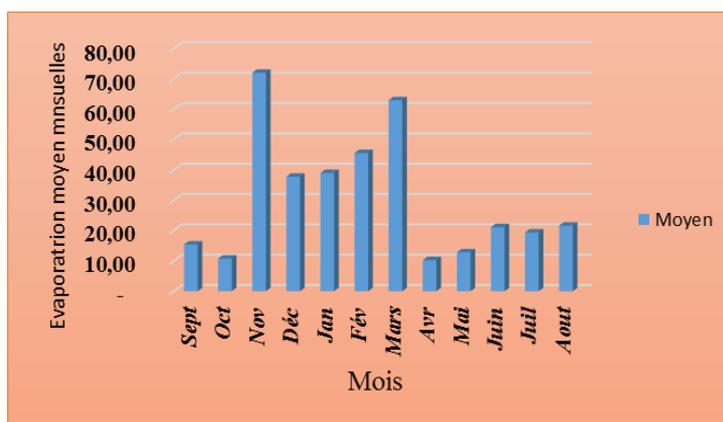


Figure n°10: variation de l'évapotranspiration moyenne mensuelle

II.7.4.4. La vitesse de vent

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

Les vents qui viennent du Nord, bien chargés en air humide venant de la méditerranée, sont empêchés de passer vers la partie intérieure du bassin par la barrière constituée de l'Atlas qui s'allonge d'Ouest en Est. (Tableau n°9 La vitesse du vent m/s).

Tableau n°10: le vent de la région de Harreza pour la période de (2005/2014).

2005-2014	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juillet	Aout	Annuelle
Moyen	3,95	3,09	3,34	2,92	3,12	3,59	3,55	3,21	2,96	3,89	4,52	3,93	42,06

Max	7,35	8,14	10,34	10,84	12,63	10,71	11,24	8,74	8,81	6,01	5,52	5,75	106,10
Min	1,97	1,10	0,89	0,76	0,43	1,21	1,23	1,54	1,26	2,66	3,79	2,73	19,56

Source : (ANRH Khemis –Miliana, 2016)

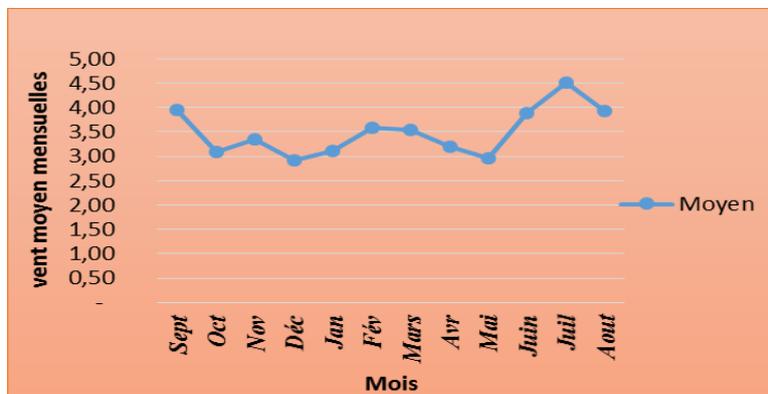


Figure n°11 : variation de Vent moyenne mensuelle.

II.7.4.5 Humidité

Les données d'humidités sont mentionnées dans le tableau II, l'humidité maximale annuelle 96.78 %, et le minimale annuelle 11.89 %.

Tableau n°11: Humidité du barrage de Harreza en (%).

2005-2014	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Annuelle
Max	105,78	109,1	97,78	94,89	95,7	94,6	93,9	93	101,44	91,75	87,67	95,75	96.78
Min	0,00	10	13,5	21	18,9	12,25	9	3,5	0,00	7,00	0	0	11.89

Source : (ANRH Khemis –Miliana, 2016)

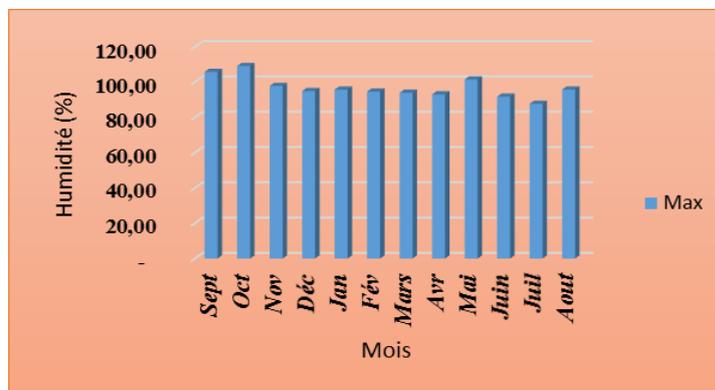


Figure n°12: variation d'humidité moyenne mensuelle.

II.7.4.6 Grêles et neiges

Les grêles et neiges sont pratiquement présentes chaque année, elles sont enregistrées durant les mois de décembre, janvier, février et de mai, elles sont localisées au sommet.

II.7.5 Caractéristique Hydrogéologique du bassin versant

II.7.5.1 Densité de drainage

Elle est définie comme étant le rapport entre la longueur totale de tous les cours d'eau et la surface totale du bassin versant. (Meguenni et Remini ,2008)

$$D_d = \frac{\sum L_i}{S}$$

II.7.5.2 Coefficient de torrencialité (C_t)

Le coefficient de torrencialité est le produit de la densité de drainage par la fréquence des talwegs élémentaires :

$$C_t = D_d * F$$

Où : F : fréquence des talwegs élémentaires $F=N/S$

Avec : N : nombre de talwegs d'ordre 1

S : surface du bassin versant

II.7.5.3 Temps de concentration

C'est le temps parcouru, par la particule d'eau pour s'écouler depuis l'élément le plus éloigné du bassin versant jusqu'à l'exutoire de ce dernier. (Meguenni et Remini ,2008)

Pour sa détermination, on utilisé la formule de GIANDOTTI

$$T_c = \frac{4\sqrt{S} + 1,5L_p}{0,8\sqrt{H_{moy} - H_{min}}}$$

Où : L_p : longueur du talweg principale (Km)

S : surface du bassin versant (Km²)

H_{moy} : altitude moyen du bassin versant (m)

H_{min} : altitude minimale du bassin versant (m)

II.7.5.4 Vitesse de ruissellement

Elle est donnée par la formule suivante

$$Vr = Lp/Tc \quad (\text{Km/h})$$

Où: Lp : longueur du talweg principale en Km

Tc : temps de concentration en h

II.7.5.5 Altitude moyenne du bassin versant

$$H_{moy} = \frac{\sum S_i \overline{H}_i}{S}$$

\overline{H}_i : Altitude moyenne entre deux courbes de niveau successive (m)

S_i : Surface partielle comprise entre deux courbes de niveau Successives (Km²)

S : surface du bassin versant (Km²)

II.7.5.6 Indice de pente globale

$$I_g = (D/L)$$

Avec:

D : dénivlée entre H5% et H95%

L : longueur du rectangle équivalent

II.7.5.7 Pente moyen du bassin versant

Elle est donnée par la formule suivante

$$I_{moy} = (\Delta H * (0,5L_1 + L_2 + \dots + 0,5L_n) / S)$$

ΔH : équidistance entre deux courbes de niveau successives

L_i : longueur de la courbe de niveau d'ordre I

S : surface du bassin versant

Tableau n°12 : Tableau des caractéristiques du bassin versant

Désignation	Symbole	Unité	Quantité
Superficie du bassin versant	S	Ha	14305
Périmètre	P	Km	142
Altitude maximale	Hmax	M	715
Altitude moyenne	Hmoy	M	470
Altitude minimale	Hmin	M	230

Indice de compacité	K _c	-	1,5
La pente globale	I	m/km	23.9
Longueur du rectangle équivalent	L	Km	82.4
Largeur du rectangle équivalent	L	Km	12.6
Densité de drainage	D _d	m/ Km ²	651

Source : (DGF Djelida ; 2016)

II.7.6 Géologie

La géologie du site, montre que, d'une Façon générale, le barrage repose :

- ❖ En rive droite : sur des matériaux résultants de l'altération des schistes ;
- ❖ En rive gauche : sur des matériaux argilo-détritiques ;
- ❖ En fond de la vallée : sur des limons argileux ;
- ❖ En rive droite, la formation est datée de l'Albien (Crétacé moyen). Sous le substratum formé par des schistes très altérés de couleur jaune, des schistes beaucoup plus compacts, de couleur gris sombre, forment la base de la série.

A l'intérieur de ces schistes on trouve des petits niveaux de quartzite et même de gros bancs très plissés et tectonisés.

Dans quelques zones ces terrains sont surmontés par des matériaux détritiques plus récents. Au sommet de la colline du Gramat se trouvent des bancs de quartzite pentes de 10° à 15° vers le Nord-Est. Au pied de la rive apparaissent des galets roulés ainsi que des argiles rouges appartenant au Miocène.

Dans le col, où la digue auxiliaire a été exécutée, la fondation de base des schistes était recouverte d'une couche de matériaux argilo-détritiques.

En rive gauche, sur une pente très douce affleurent des terrains de couleur rouge. La formation appartient au Miocène qui recouvre la couche de l'Albien et constituée de matériaux argilo détritiques présentant parfois un faciès conglomératique.

Au large de cette rive, un encroutement calcaire masque partiellement le substratum, constitué soit par la série argilo-détritique du Miocène soit par des schistes de l'Albien.

Sur une largeur moyenne de l'ordre de 400 m, le fond de la vallée est occupé par une terrasse limoneuse récente constituée de limons argileux bruns, reposant soit directement sur le substratum de l'Albien soit sur des alluvions appartenant au Miocène. Sur une partie de la largeur de la vallée cette terrasse domine une couche d'alluvions de l'ordre de 4 m d'épaisseur.

II.7.7 Géologie de la cuvette

Les conditions géologiques de fondation de l'ouvrage de retenue présentent une hétérogénéité relative, en rive droite, puisqu'un peu de conglomérats du Miocène est trouvé en bordure de la terrasse actuelle.

Les terrains immergés étant de dominance argileuse, la retenue ne devra pas poser de problèmes d'étanchéité.

Les matériaux qui ont été utilisés pour la construction de la digue sont des limons argileux de la base terrasse existant dans la zone de la cuvette sur une bande qui se développe tout au long du lit de l'Oued.

Aussi on disposait de matériaux argilo-détritiques du Miocène pour l'éventuelle protection du parement aval de la digue prévue dans l'avant-projet détaillé.

Ces formations, qui ont déjà été commentées ci-dessus, étaient disponibles sur des zones d'emprunt localisées à proximité du site du barrage, permettent de satisfaire les besoins pour une distance moyenne de l'ordre de 2 km.

II.7.8 Hydrogéologie

D'abord, les sondages et les puits de reconnaissance et après les excavations effectuées à droite du site du barrage et dans les zones d'emprunt en amont de la digue ont repéré la nappe phréatique à une profondeur moyenne de l'ordre de 5 m dans la terrasse alluviale Oued principal : Oued Harreza

- ❖ Ecoulement moyen annuel : 17098.600 m³
- ❖ Précipitation moyenne annuelle : 472 mm
- ❖ Envasement moyen annuel : 120000 tonnes /an
- ❖ Lithologie dominante : Marnes
- ❖ Erosion spécifique : Modérée
- ❖ Durée envasement du barrage : 99 an

II.7.9. Conclusion

Ce chapitre a été consacré que le Bassin versant de Harraza situé à 120 km à l'ouest d'Alger et drain une superficie de 142 km².

La géologie de site est disposait de matériaux argileux détritiques du Miocène et un sol limons argileux. .

III.1 Introduction

Ce chapitre présente la méthodologie mise en œuvre pour la partie expérimentale du mémoire, il inclut tout d'abord une description des matériels et méthodes utilisés pour identifier les zones érodées et les actions réalisées dans le bassin versant Harreza.

III.2 Matériel et méthodes utilisés

Avant la réalisation de l'inventaire proprement dit, une liste d'organismes ou structures a été dressée sur la base des connaissances et informations disponibles. La collecte et l'analyse des données ont été réalisées en trois étapes :

- la première étape a consisté à contacter les structures retenues pour les informer de l'objectif de l'enquête d'inventaire et de l'identité de l'expert désigné pour la collecte des informations.
- la deuxième étape a porté sur la collecte de l'information au niveau des sièges de ces structures sur la fiche d'inventaire préparée à cette fin.
- la troisième étape a concerné l'exploitation des données collectées des questionnaires et la synthèse des résultats.

III.2.1 Les Appareils de mesures

❖ G.P.S.

Vous donne en quelques instants votre position en longitude et latitude (minimum de 3 signaux captés), et éventuellement votre altitude (minimum de 4 signaux captés) quel que soit l'endroit où vous vous trouvez à la surface du globe.

❖ Clisimètre

Un clisimètre est un instrument utilisé par les topographes, constitué d'un petit pendule. Le clisimètre permet aux topographes de mesurer avec une grande précision l'inclinaison d'une pente, restituée avec un pourcentage. Exemple : Son clisimètre indique une pente de 2%.

❖ Présentation des systèmes d'information inventoriés :

Les SIG, extensions des SIG et bases de données utilisés notamment en cartographie numérique; Les logiciels les plus utilisés au niveau des divisions travaillant en cartographie numérique sont essentiellement MapInfo.

III.2.2 Collecte des données

En plus de la revue de littérature et de la recherche bibliographique, la collecte des données s'est développée sur cinq fronts principaux, l'obtention de données climatologiques,

la prise d'observations de terrain sur la couverture végétale et les conditions pédologiques du bassin à l'étude, et finalement la collecte des données socio-économiques.

❖ Collecte des données cartographiques

Les feuillets topographiques ont été acquis à l'Institut National de Cartographie et de Télédétection (INCT) .1 échelles de cartographies ont été retenues, à savoir :

- 1:200 000 (cartes topographiques et cartes géologiques);

❖ Collecte de données sur le terrain

Des missions sur le terrain ont été menées sur le bassin versant à l'étude. Ces missions avaient pour but d'effectuer des points de contrôle sur le terrain afin de comparer et de mieux comprendre les données des images satellites. Le travail consistait à repérer, sur le terrain, des points judicieusement choisis (unité et type de paysage représentatif, zone soumise à de fortes érosions, unités de paysages homogènes ou mixtes, sites d'ouvrages anti-érosifs, ouvrages hydrauliques et barrages, précision sur l'occupation du sol, etc.), de les situer précisément grâce au GPS, de décrire le site et de prendre des photos numériques.

❖ Conception du SIG et traitement des données

Compte tenu du caractère spatial du projet, la gestion des données territoriales a été entièrement conçue sur les fondements d'un système à référence géographique.

III.3 Caractéristique du bassin versant

III.3.1 Classes des pentes

La classe des pentes met en exergue, sur l'ensemble du bassin les différentes formes de relief.

Les grandes pentes sont constatées sur les formations montagneuses du bassin. Les faibles pentes sont constatées à l'aval du bassin.

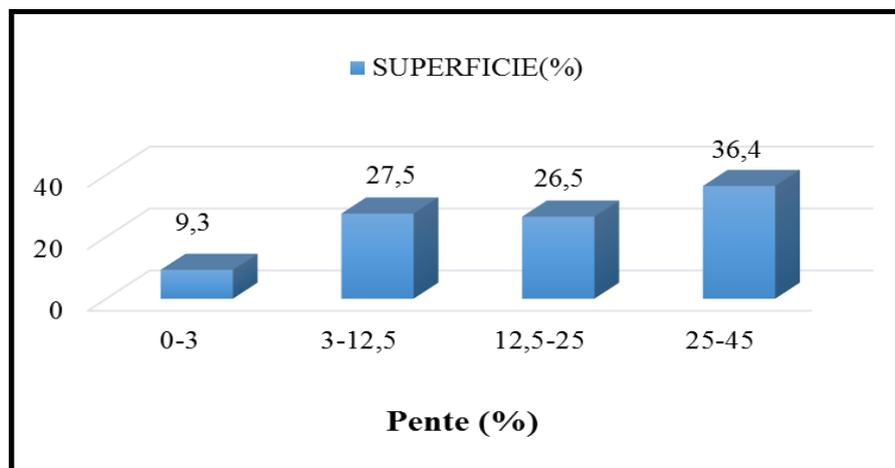
Le tableau 09. Contient les classes des pentes, dont les valeurs extrêmes sont 0 et 45%, la répartition des pentes en fonction du % de superficie du bassin qu'elles occupent. (Tableau 09 et figure).

Tableau n°13 : Classes des pentes du bassin versant de Harraza.

Classes (%)	Superficie (Ha)	Par rapport à la superficie totale en %
0-3%	1337	9.3
3-12.5%	3940	27.5
12.5-25%	3840	26.5
25-45%	524	36.4

>45%	-	-
------	---	---

(DGF Djelida, 2016)

**Figure n°13** : Classe des pentes en fonction de superficie.

La figure ci-dessus montre qu'il y a prédominance de pentes faibles sur le bassin de Cheliff-Harraza. En effet plus de 36 % du bassin ont une pente inférieure à 12.5% et plus de 64 % du bassin ont une pente comprise entre 12.5 et 45%. Cela peut traduire que les pentes jouent un rôle important dans le transport solide du bassin.

III.3.2 Classes d'érosions

Tableau n°14: Classes d'érosions du bassin versant de Harreza

Classes	Superficie (Ha)	Répartition partielle des surfaces en %
Erosion faible	6918	48.3
Erosion moyenne	6121	42.7
Erosion forte	1061	7.4
Erosion intence	204	1.6

(DGF Djelida ; 2016)

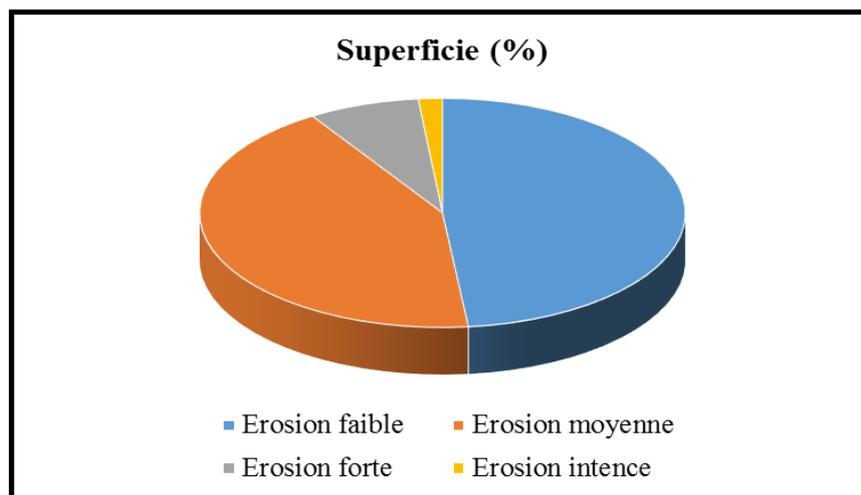


Figure n°14 : Classe d'érosion en fonction de superficie.

III.3.3 Occupation actuelle des terres

Tableau n°15 : Occupation actuelle des terres dans le bassin versant de Harreza

Occupation	Superficie (Ha)	Répartition partielle des surfaces en %
Forêt	3215	22.5
Culture annuelle	8678	60.6
Arboriculture	10	0.07
Parcours	18	0.1
Terres incultes	1189	8.3
Maquis	328	2.3
Autres lac du barrage	876	6.1

(DGF Djelida ; 2016)

III.3.4 Répartition de Bassin Versant

Le bassin versant Harreza, la forêt domaniale Beni Zoug Zoug on a divisé en 14 canton à une superficie total intérieur de 3043Ha. (Tableau N° 4).

Tableau n°16: Répartition de Bassin Versant Harraza par canton.

Bassin Versant	Foret Domanial	Canton	Superficie total du canton(Ha)	Superficie située à l'intérieure du Bassin Versant
Harraza	BENI ZOUG ZOUG	Ouledj	11 Ha	11 Ha
		Kherraza Nord	123 Ha	123 Ha
		Kherraza Sud	84 Ha	84 Ha
		Sera Sidi Ahmed	15 Ha	15 Ha
		Boulerthan	270 Ha	270 Ha
		Boukahla	87 Ha	87 Ha
		Ouled Mira	585 Ha	585 Ha
		Khelidj Naala	674 Ha	640 Ha
		Enza Brahim	324 Ha	260 Ha
		Sidi Belgacem	174 Ha	44 Ha
		Ouled Abbou	1047 Ha	104 Ha
		Baba Driss	338 Ha	338 Ha
		Taghlissia	152 Ha	152 Ha
				Meloua
Total				3043 Ha

(DGF Djelida ; 2016)

III.4 Les données utilisées

- ❖ Les levées bathymétriques du barrage de Harreza ; (ANBT, 2014) ;
- ❖ Les données pluviométriques : choix des stations pluviométriques pour le calcul de la pluie moyenne ; (ANRH, 2016) ;

III.5 Cartes utilisées

- ❖ Carte hypsométrique du Cheliff ; (ABH, 2008)
- ❖ Carte des réseaux hydrographiques du Cheliff ; (ANRH -2008)
- ❖ Carte de découpage des bassins versants ; (ANRH, 2008)
- ❖ Carte de localisation des barrages et délimitation des bassins versants des barrages.

III.6 Calcul de l'érosion

Basé sur les données des derniers levés bathymétriques, l'érosion a été calculée en se basant sur les notions suivantes :

a) Volume envasé

C'est le volume de vase déposé au fond des retenues des barrages, exprimé en hm^3 , il est calculé à partir des derniers levés bathymétriques en cours, il est égal à :

- La différence des volumes entre la capacité initiale et la capacité finale du dernier levé bathymétrique pour les barrages non dévasés ;
- La différence des volumes entre la capacité initiale et la capacité finale du dernier levé bathymétrique plus le volume dévasé pour les barrages déjà dévasés ;

b) Nombre d'années

Le nombre d'années pris en considération pour ramener le volume envasé du total à l'annuel est la différence en année entre celle du dernier levé bathymétrique effectué et l'année de mise en eau du barrage.

III.7 Volume de la vase déposé annuellement

- Est le rapport du volume total envasé sur le nombre d'années, donné en (hm^3/an) .

III.7 Cause de l'érosion des sols dans le Bassin versant



Photo n° 15: Cantant Taghlissia : Labour au sens d'écoulement
(Cliché Bahloul et Chaouchi, 2016)



Photo n° 16: Le pin D'alep Attaque par le cheni processionnaire (des Bource)
Canton Ouledji (Cliché Bahloul et Chaouchi,2016)



Photo n°17 : pâturage (Canton Ouledji) (Cliché Bahloul et Chaouchi ,2016)

III.8 Techniques adoptées pour l'aménagement des versants

Le traitement des versants est fondamental afin de diminuer l'érosion en nappe et la susceptibilité aux glissements de terrain. Les aménagements ont pour objectifs d'empêcher le ruissellement en favorisant l'infiltration de l'eau dans les sols et leur évacuation. Les interventions peuvent se classer en deux grands groupes. Le premier groupe vise les pratiques agricoles et le deuxième groupe englobe les aménagements anti-érosifs.

Quant aux aménagements anti-érosifs, ils se distinguent par leurs effets durables s'étalant sur de nombreuses années. Le **Tableau n° 17** présente ces aménagements.

Tableau n°17 : Aménagement suggérées pour la lutte anti-érosive.

Type	Intervention anti – érosive
Biologique	Plantation d'opuntia Régénéralisation Haies vives Reboisement Plantation fruitière
Mécanique	Cordons de pierres Murettes Banquettes Bourrelets Seuils dans les ravines Drains et exutoires

(ANBT, 2006)

Par ailleurs, l'aménagement des versants doit également considérer les glissements de terrain, car les méthodes de lutte pour éviter l'érosion en nappe pourraient créer des conditions favorables à leur déclenchement (Roose, 1994).

II.9 Localisation des zones érodées dans le bassin versant de Harreza.

La plupart de bassin versant touché par déférent type d'érosion qui un effet négative sur la qualité du sol et sur les ressource en eau (envasement de Barrage) ; les photos suivant montre les terrains qu'est touché par cette phénomène.



Photo n°18: (Djebel Timidrisse)

(Canton Ouledji) (Cliché Bahloul et Chaouchi du 03/04/2016)

Type d'érosion : érosion en ravine due de ruissellement



Photo n° 19: Oued Harreza.

Canton Ouledji (Cliché : Chaouchie et Bahloul F, 03/04/2016)



Photo n°20 : (Canton Harreza)
(Cliché Bahloul et Chaouchi; 03/04/2016)



Photo n° 21: (Canton Baba drisse)
(Cliché : Bahloul et Chaouchi ,03/04/2016)



Photo n° 22: (Canton Baba Driss).
(Cliché : Bahloul et Chaouchi ,03/04/2016)

III-10 Localisation des zones érodées sur une carte thématique de bassin

Versant Harreza

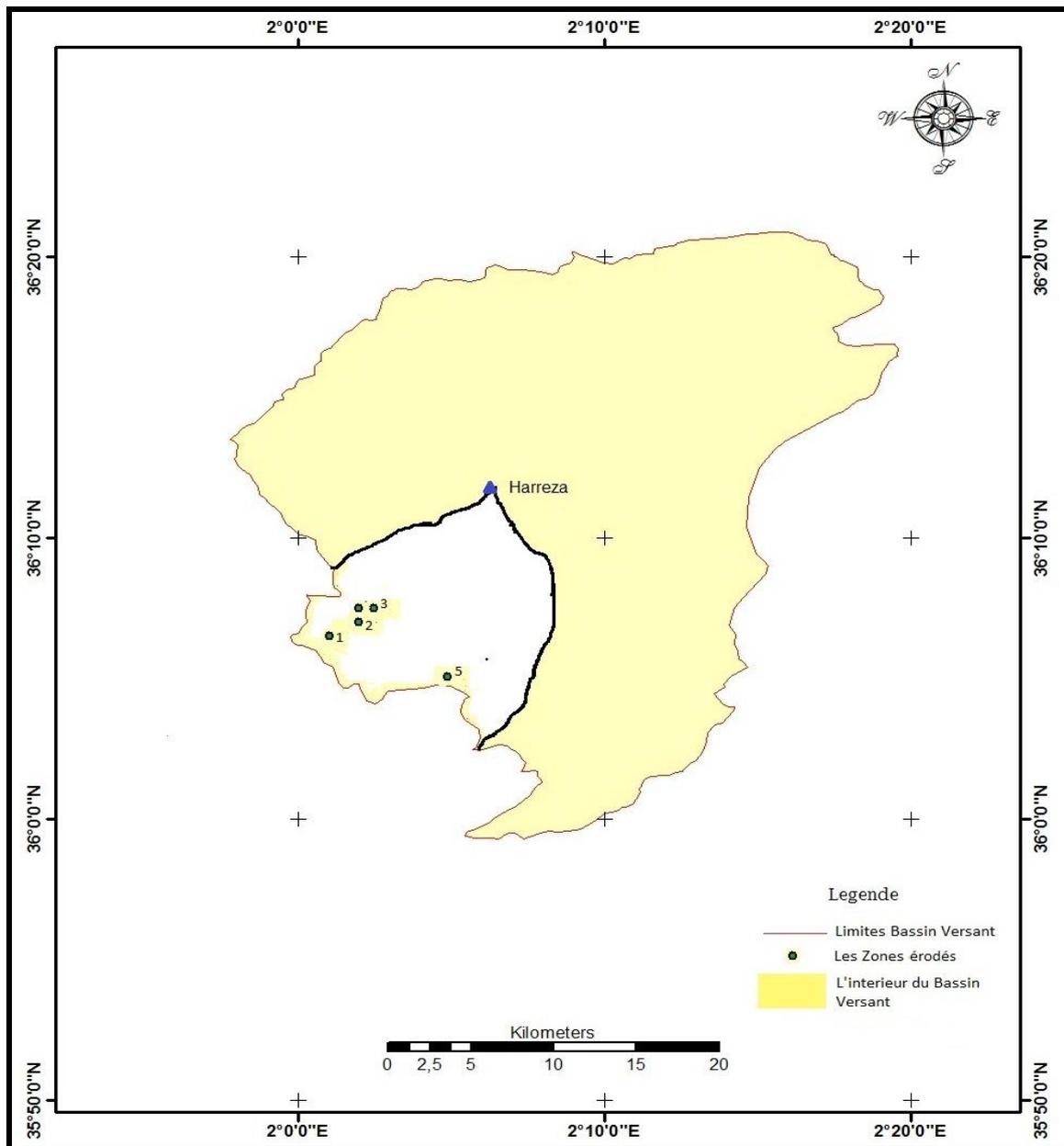


Figure n°15: Carte des zones érodées dans le Bassin Versant Harreza.

La carte montre que les terrains touchés par l'érosion sont dispersés à l'intérieur du bassin versant.

Le type d'érosion le plus dominant ; érosion en ravine due au ruissellement et de sapement de berge.

III.11 Localisation les zones des actions dans le bassin versant de Harreza.

Les aménagements réalisés dans le bassin versant ont diminué de 50% le phénomène de l'érosion hydrique surtout dans les zones nues.



Photo n° 23: Aménagement des ravins Seuil en Gabion
Canton Ouledji (Cliché : Bahloul et Chaouchi, 03/04/2016)



Photo n°24 : Reboisement Cyprine (50%) et Pin D'Alep (50%) (2006)
Canton L'Ouledji (Forêt Domaniale Beni Zoug Zoug Djelida) (Cliché : Bahloul et Chaouchi:
03/04/2016)



Photo n°25: Fixation des berges par Accacia; 2006 Canton Taghlissia
(Cliché : Chaouchie et Bahloul ,03/04/2016)



Photo n°26: Plantation Fruitier, Olivier ; 2004(PR)
Localité Taghlissia 2 (Commune Djemaa Ouled cheikhe)
(Cliché : Bahloul et Chaouchi,31/05/2016)

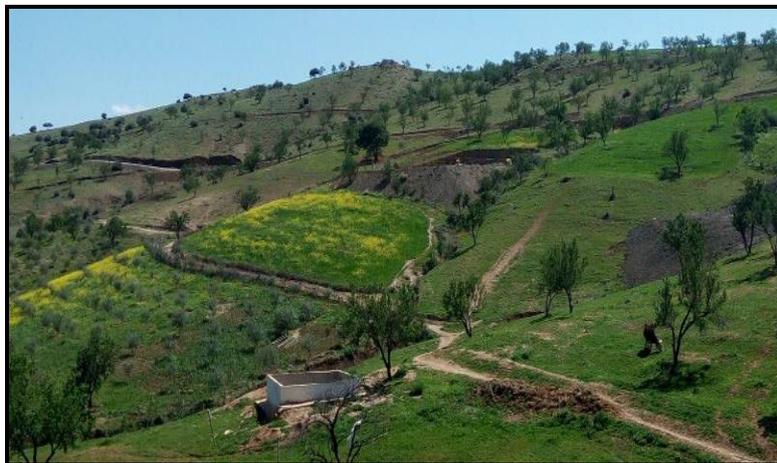


Photo n° 27: Plantation Olivier (25Ha) en 2010(PPDRI)
Canton Ouledji (Bahloul et Chaouchi, 03/04/2016)



Photo n°28: Plantation Cypré et Pin D'Alep (2006)
Canton Sidi Belgacem(PER2) (Cliché : Bahloul et Chaouchi: 03/04/2016)



Photo n°29: Plantation fruitier, Olivier (30Ha), Sidi Mohamed ben mira

En l'année 2000 (FNDR)

(Cliché : Bahloul et Chaouchi,09/06/2016)

III.11 Localisation les actions sur une carte thématique de bassin versant Harreza

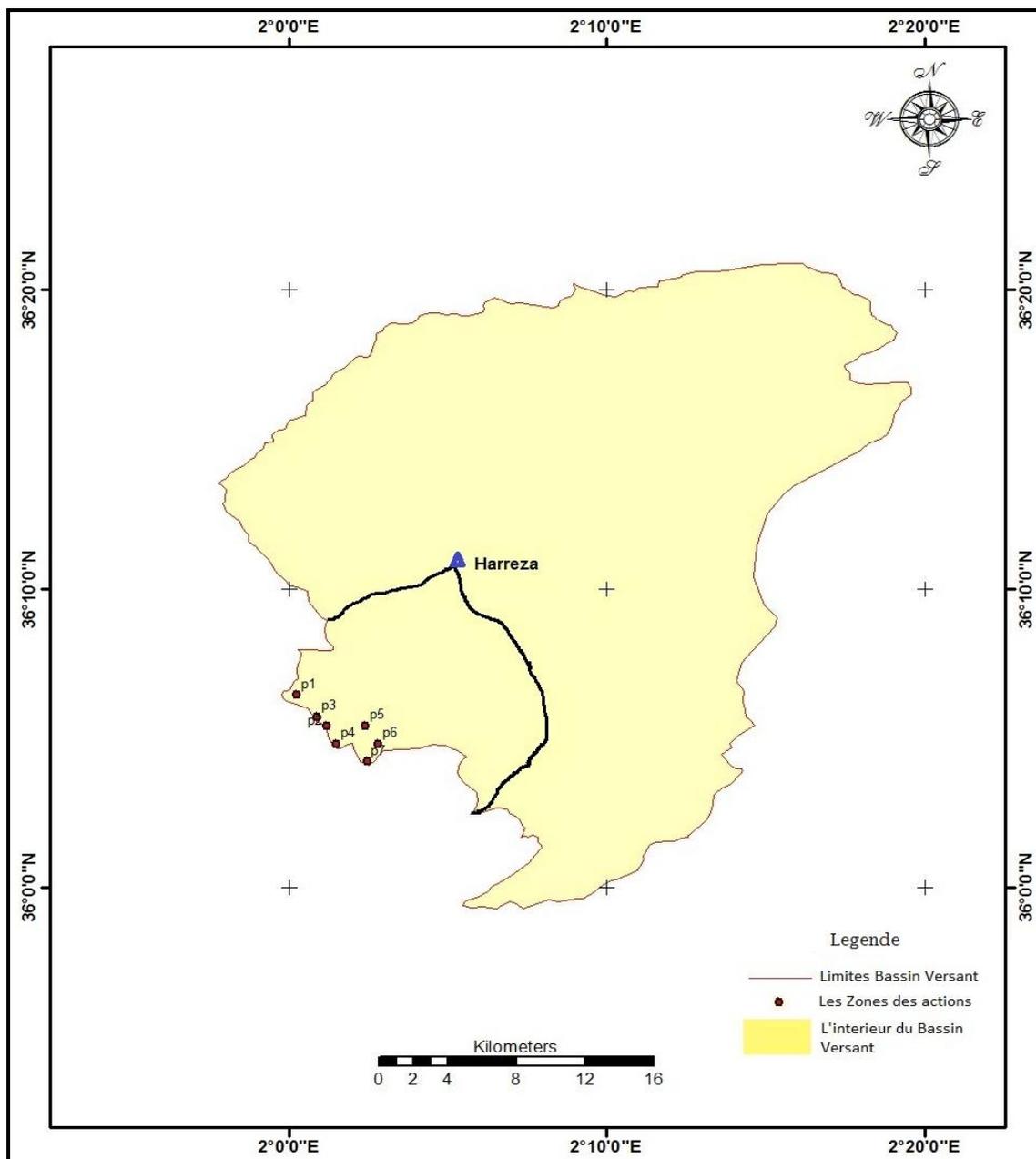


Figure n°16: Carte des actions réaliser dans le Bassin Versant Harreza.

Malgré les aménagements anti érosif on a des problèmes d'érosion, puisque il y a d'autre facteur qui favoris cette phénomène.

III-12. Les actions réalisées par le secteur privé



Photon° 30: Plantation Opuntia suivant les courbes de niveau
Canton Baba Driss (Cliché : Bahloul et Chaouchi, 03/04/2016)



Photo n°31: Plantation Opuntia et Olivier 16 Ha (Privé 2008)
Canton Sidi Belgacem (Cliché : Bahloul et Chaouchi, 03/04/2016)



Photo n°32 Banquette (Plantation Opuntia et Olivier) 16 Ha (Privé)
Djebel Hathmia (Cliché : Bahloul et Chaouchi, 09/06/2016)

III-13. Conclusion

Au cours du Chapitre III, nous avons identifié les zones érodées dans la zone d'étude et ceci à travers trois sorties sur terrain accompagnées par les services de la direction des forêts de Djelida, le travail s'est poursuivi par l'évaluation du degré d'érosion, le système d'information géographique mis en place a permis de générer les cartes thématiques des principales zones érodées et les actions à réaliser.

IV.1. Synthèse sur les travaux entrepris

Le bassin versant du barrage Harreza couvre une superficie de près de 142 km² s'étendant sur des milieux naturels et socio-économiques d'une grande diversité. En conformité avec les termes de référence, certains volets de l'étude ont conduit à étendre la recherche au-delà des limites du bassin, notamment :

- Les zones couvertes par des systèmes d'information géographique, lesquels présentent un intérêt quant à leur compatibilité au système développé dans le cadre de cette étude et quant aux données qu'ils intègrent.
- Les zones, bassins ou régions ayant fait l'objet d'études similaires.
- les sites ou les bassins ayant été touchés par des projets de conservation du sol, d'agroforesterie ou de reforestation pour lesquels l'analyse des succès et des échecs pourra contribuer à une évaluation plus juste des actions envisageables.



Figure n° 17: Photo aérienne de barrage à 10h le 15 /04/2016



Photon° 33: En vue générale de Bassin versant Harreza

(Cliché : Bahloul et Chaouchi, 09/06/2016)

IV-2. Proposition de méthodes et techniques de protection antiérosive

Les techniques présentent les mesures de protection des versants, des ravines ainsi que les ouvrages spéciaux de protection .elle contiennent des informations détaillées sur :

- L'utilité de l'intervention propose.
- Les conditions d'application.

❖ ZONE I : Correction par fixation biologique (Régénéralisation)

La fixation biologique par implantation d'une végétation arborée ou herbacée peut constituer une armure défendant les bas-fonds. Ces types d'aménagement à deux objectifs majeurs à savoir ;

Premièrement l'amélioration de la productivité agricole ou forestière et deuxièmement la réduction du débit solide et la régularisation des écoulements. L'outil de base est un seuil placé en travers de la ravine et constitué par du matériel végétal vivant.

Planter des arbres à forte densité d'Acacia, d'Eucalyptus, de pin, d'agave, d'Atriplex, de laurier rose, de Tamarix, de rétama, de cactus, etc.

❖ ZONE II : Les bandes d'arrêt enherbées

- ❖ éventuellement un rôle important de corridor biologique. Peuvent réduire le ruissellement de 30 ou 60 % par rapport au témoin et l'érosion de 30 et jusqu'à 10 % du témoin.

La bande enherbée peut de jouer un double rôle : elle permet de lutter à la fois contre l'érosion et contre les pollutions des cours d'eau par les produits phytosanitaires d'origines agricoles et le ruissellement des matières en suspension.

❖ **ZONE III : Correction torrentielle ; Seuil en Gabion**

L'emplacement des seuils est déterminé de manière à placer le premier pied du seuil supérieur à un niveau inférieur à celui de l'atterrissement des dépôts de matériaux derrière l'ouvrage. Ce dernier niveau est calculé à partir de la hauteur des ouvrages, de la distance les séparent et de la pente du terrain

La fixation biologique d'une ravine vient consolider les versants et le fond de ravine stabilisé par différents types de seuils; si on inverse l'ordre, les plantes sont emportées avec les terres lors des crues.

❖ **ZONE IV : Reboisement**

Le reboisement consiste à repeupler d'espèces arborées un site donné.

En plus de son intérêt économique pour la production de bois et l'aménagement paysager ou récréatif, le reboisement constitue une stratégie de lutte contre l'érosion. Il a pour rôle essentiel d'augmenter la couverture protectrice des terres et ainsi de réduire l'impact des gouttes de pluies sur le sol de même que le ruissellement de surface.

Plantation des plantes à usage aromatique, cosmétique et médicinal.

❖ **ZONE V : Banquettes**

Ce sont des levées de terre de faible hauteur (0.50 m) établies selon les courbes de niveau; elles sont généralement plantées par des arbres permettant de valoriser les surfaces marginales, de fixer les ouvrages et améliorer l'infiltration. Elles sont utilisées en DRS. Elles sont des petites terrasses horizontales, perpendiculaires à la ligne de la plus grande pente, dans le but est de remodeler une parcelle. Le talus à l'amont de la banquette dépasse rarement 1 mètre de haut. La largeur de la terrasse varie entre 0.5 et 2.5 mètres. S'il s'agit d'éléments de banquette, la longueur est comprise entre 4 et 10 mètres.

Cette technique s'applique sur les pentes faibles à moyennes (< 30 %), et sur des sols relativement profonds.

Plantation d'opuntia

Cette espèce est très efficace pour protéger et restaurer les sols dégradés. En effet, l'opuntia est peu exigeant en éléments nutritifs. Il peut être planté à de fortes densités, il freine efficacement le ruissellement de surface.

-Par ailleurs, l'opuntia produit des fruits qui sont prisés sur le marché générant ainsi une source de revenus pour les agriculteurs.

Les plantes doivent être plantées en formation denses et en suivant les courbes de niveau.

IV.3. Carte d'Aménagement de bassin versant Harreza

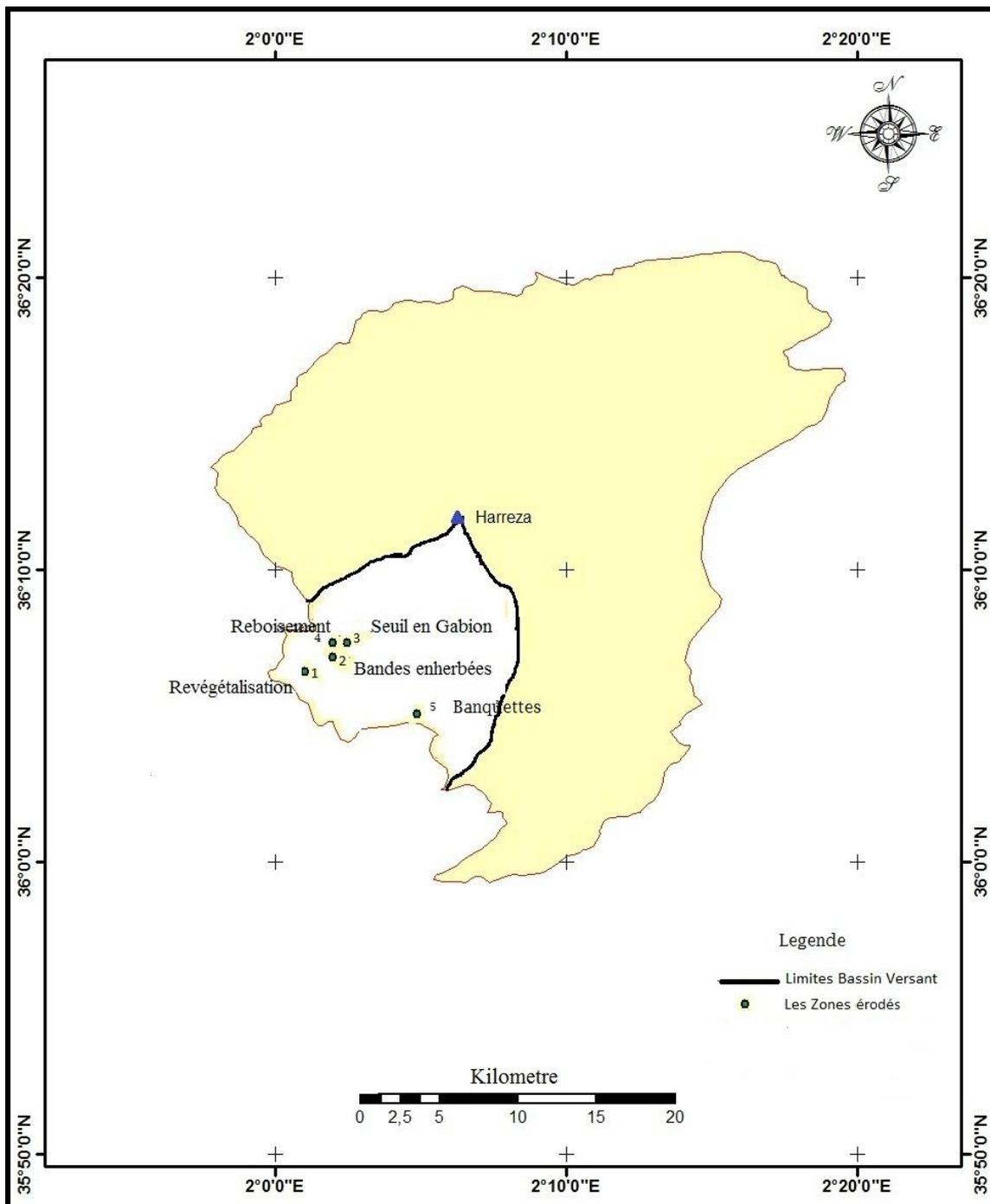


Figure n°18 : La Carte des Aménagement Proposé.

La carte thématique de bassin versant de Harraza montre les aménagements proposer et plus adapté selon les défèrent type d'érosion ; végétalisation, bande d'arrêt enherbées, correction torrentielle (seuil en Gabion) et Banquettes.

IV.4. Discussion

Pour la protection des sols du BV de Harreza contre l'érosion hydrique, deux types de mesures sont proposés : des mesures techniques et des mesures biologiques.

❖ Mesures techniques

Elles se concentrent sur la correction torrentielle, vu l'importance de cette dernière, soit la construction de barrages de tous types et tailles. Ces ouvrages purement techniques ont tout d'abord pour but de diminuer la pente et par conséquent la vitesse d'écoulement le long du talweg. La rétention d'eau et de sédiments engendre une augmentation de l'humidité du sol à l'amont des ouvrages.

L'aménagement hydraulique des ravins, différents types d'ouvrages sont à distinguer :
– le seuil en gabion : ce type d'ouvrage n'est pas nouveau dans la région, il a fait l'objet d'un traitement des ravines du sous bassin- versant. Du fait de sa robustesse, il est placé en tête de ravine ;

❖ Mesures biologiques

Peuvent être réalisées sur les sédiments retenus car l'humidité élevée facilite la croissance des plantes, qui, sans ces interventions techniques, ne pourraient résister aux vitesses d'écoulement trop importantes dans les ravins ; végétalisation, reboisement plantation l'opuntia.

Ces sols fonctionnent différemment au niveau du bassin versant en fonction des différents événements pluviométriques et la végétation. Les sols peu évolués d'érosion sont peu profonds, sensibles au ruissellement et l'érosion. Les autres sols sont plus profonds et moins sensibles et sont localisés au niveau des bas de pente.

IV.5.Conclusion

D'après l'étude menée au chapitre 4, nous avons dégagé 5 zones érodées à aménager, ces zones sont situées dans des endroits où le phénomène de l'érosion commence à prendre de l'ampleur, il s'agit de zones où les actions suivantes sont à mener, zone1 : revégétalisation, zone2 : band enherbées, zone3 : seuils en gabions, zone4 : reboisement, zone5 :banquette , parallèlement, il existe d'autres zones où l'action érosive est alarmante et où l'intervention par des méthode d'aménagement n'est plus possible.

Conclusion Générale et Recommandations

Ce travail qui reste à parfaire à affiner dans certains de ses aspects constitue une approche nouvelle et originale et de l'étude de l'envasement des barrages. Il prend appui sur une compilation bibliographique en la matière et tente une approche dynamique confrontée aux données de terrain dans le but d'aboutir à un modèle fiable pouvant être au service de la gestion des barrages.

L'érosion hydrique dans le bassin versant de l'oued Harreza résulte de la conjonction de différents facteurs : érodibilité des sols, érosivité des pluies, raideur. Celle-ci offre l'avantage d'intégrer pleinement le facteur anthropique en associant l'homme avec son savoir local, ses attentes et ses besoins.

La lutte contre l'érosion n'a pas été sous-tendue par une vision stratégique et une hiérarchisation des objectifs: fallait-il réduire le transfert des sédiments aux barrages et par conséquent se polariser sur l'érosion hydrique au niveau des ravins et oueds, les sapements de berges qui fournissent l'essentiel des sédiments ou plutôt préserver les terrains cultivés des versants et donc agir sur les techniques culturales et la reconversion des systèmes de cultures. Les techniciens croyaient, à tort, pouvoir à la fois protéger la capacité productive des champs, réduire l'envasement des barrages, et reconstituer les ressources superficielles et souterraines.

Les principales conclusions découlant de la présente phase de caractérisation du bassin versant sont les suivantes :

Le bassin versant à l'étude présente une grande diversité biophysique et socioéconomique. Avec une superficie de près de 142km², des couverts végétaux allant de la forêt dense aux vastes prairies anthropiques et des reliefs évoluant des zones montagneuses et escarpées aux vallées étroites en passant par les hauts plateaux, l'analyse des taux d'érosion et d'envasement du barrage requiert un système d'information géographique flexible et polyvalent.

La localisation des zones de production de sédiments sont dispersées à long de bassin versant et l'impact théorique des pratiques et des actions suggérées pourra ainsi être vérifié selon différentes approches : zone 1 et 2 localisée à Djbel timidrisse et oued Harraza (Canton Ouledji), zone 4 dont le canton Harraza et dernière zone localisée dont le canton Baba drisse.

Les aménagements proposés pour diminuer l'effet négatif de processus de l'érosion et adaptés à la région étudiée et pour les différentes zones touchées ; Révégétalisation, les bandes enherbées, correction torrentielle ; seuil en Gabion, reboisement et les banquettes.

Conclusion Générale et Recommandations

Les pratiques agricoles ont également évolué, et peuvent être à l'origine d'une dégradation hydraulique des bassins agricoles, le travail excessif du sol avec la machinerie contribue à la destruction de la structure et la compaction du sol.

Pour cela, nous recommandons ce qui suit :

- **Eviter la culture en rang :** en augmentant la vitesse d'évacuation des eaux de drainage, produit un écoulement linéaire plus érosif. À la longue, le sol se détériore, son rendement baisse et la pollution diffuse augmente.
- **La grande teneur en matière organique :** La matière organique améliore la structure du sol, et de ce fait diminue l'effet splash des gouttes de pluie.
- **Eviter labour au sens d'écoulement :** Le travail du sol dans le sens de la pente accentue fortement le phénomène de ruissellement en traçant des lignes d'écoulement préférentielles pour l'eau. Un travail perpendiculaire à la pente est donc souhaitable, bien que parfois difficile à mettre en œuvre.
- **Eviter laisse les sols nus en l'hiver :** favorisent l'érosion des sols en diminuant les capacités d'infiltration des sols.
- **Diminution la taille des parcelles ;** limite les vitesses d'écoulement de l'eau sur les versants.
- **Les cultures intermédiaires ;** implantées avant une culture de printemps offrent une couverture hivernale efficace qui augmente les capacités d'infiltration du sol durant les périodes les plus pluvieuses.

--A--

- ❖ **Ammari A, 2012** : vulnérabilité a l'envasement des barrages (cas du bassin-versant hydrographiques des côtières Algérois).
- ❖ **ANBT, 2008** ; document interne.
- ❖ **ANRH ,2014** ; document interne.

--B--

- ❖ **Bannari, 1998** ; Analyse de l'apport de deux indices de végétation a la classification dans les milieux hétérogènes. journal Canadian de télédétection, vol.24, p.233-239.
- ❖ **Barrow,C.J. 1991** :Land degradation ;development and breakdown of terrestrial environments ,Cambridge University press,295P.
- ❖ **Bernard U, 2008**: Contribution à l'élaboration d'un plan d'aménagement du bassin versant de la rivière coup à l'Inde.

--C--

- ❖ **Contribution** à l'élaboration d'un plan d'aménagement du bassin versant de la rivière coup à l'inde, 2008.
- ❖ **Chikaoui M et Naimi M, 2011** : Dégradation des sols dans les RIF Marocain.

--D--

- ❖ **Dernane et al, 2014** ; Contribution à l'estimation des taux d'érosion et l'envasement des barrages du bassin versant de l'Oued Chélif 69p.

--G--

- ❖ **Guide technique** de la lutte contre l'érosion des sols, 2003.
- ❖ **Guide pratique** d'aménagement des bassins versants, Etude planification.

- ❖ **Graf, 2000**; the hydraulics of reservoir sedimentation; water power et deam construction April pp.45-52.

--*K*--

- ❖ **Kassoul Met Bolorgey M, 1997**: Caractérisation de la sédimentation des barrages en l'eau d'Algérie.

--*M*--

- ❖ **Merrien-soukatchofv .2009** ; Hydrologie-Hydrogeologie-Septembre 2008-
Véronique.
- ❖ **Meguenni K et Remini B ,2008** ; Evaluation du débit solide dans le bassin versant de Harraza Algérie.
- ❖ **Meguenni K ,2002** ;Contribution a l'étude du charriage et son impact sur l'évaluation du taux d'abrasion du bassin versant de l'oued Harreza .Mémoire de magistère ,Département de Génie Rural ,université de Blida ,Juin,96p .
- ❖ **Mokhtar B ,2009** ; Contribution à l'étude du transport solide en suspension bassin de l'oued Cheliff-Ghrib.

--*R*--

- ❖ **Remini B, 2011** ; Une nouvelle approche de lutte contre l'envasement des barrages ; la techniques des obstacles émerges.
- ❖ **Remini B ,Hallouche w,2007** ;Evolution de l'envasement du barrage de l'oued El Foda (Algérie),Revue wasser Energie luft, Avril,75-78.
- ❖ **Remini B, 2006** ; La problématique de l'eau en Algérie, Ed.O.P.U. 182P.
- ❖ **Roose E ,2000** ;Soscante années de recherche en coopération sur l'érosion hydrique et antiérosive au Maghreb.
- ❖ **Rome, 1977** ;Aménagement des bassins versants .

--*S*--

Références Bibliographiques

- ❖ **Sari A, 2002** : Cours l'Hydrologie de surface : Université Bab Ezzouar Alger. Sensing of Environnement, vol.59p.530-536.

--T—

- ❖ **Tribak A, 1995** : Stratégie et technique de lutte antiérosive dans les montagnes du prerif oriental (Maroc).

LES ZONES ERODES DE BASSIN VERSANT HARRAZA

	EST	NORD
ZONE 1	36° 07' 00 ''	2° 02' 00''
ZONE 2	36° 06' 30'	2° 1' 30'
ZONE 3	36° 7' 30''	2° 2' 00''
ZONE 4	36° 07' 30''	2° 2' 30''
ZONE 5	36° 7' 30''	2° 2' 00''

LES ACTION REALISER DONT LE BASSIN VERSANT HARRAZA

	EST	NORD
ZONE 1	36° 6' 30 ''	2° 01' 30''
ZONE 2	36° 04' 00'	2° 00' 30'
ZONE 3	36° 3' 30''	2° 00' 00''
ZONE 4	36° 03' 00''	2° 1' 15''
ZONE 5	36° 6' 00''	2° 56' 00''
ZONE 6	36° 8' 00''	1° 07' 00''
ZONE 7	36° 3' 00''	2° 00' 00''