

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLICQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة الجيلالي بونعاما - خميس مليانة
Université Djillali Bounaama - Khemis Miliana



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre
Département des Sciences Agronomiques
Spécialité : Aménagement Hydro- Agricole

MEMOIRE

de fin d'études présenté pour l'obtention du diplôme de *Master*

Thème

**Contribution aux calculs des aménagements antiérosifs
dans le bassin versant du barrage de l'Oued Harreza
(Wilaya de Ain Defla)**

Présenté par :

M^{elle} BETTASSA Kawther

M^{elle} TAFIANI Aicha

Soutenu le 02/07/2018, devant le jury composé de :

Mr TOUIL Sami	MAA Président	UDB- KhemisMiliana
Mme BOUAICHI Ilhem	MAA Promotrice	UDB- KhemisMiliana
Mme MATEN Chahrazed Naziha	MAB Co-Promotrice	UDB- KhemisMiliana
Mme KARAHACANE Hafsa	MAA Examinatrice	UDB- KhemisMiliana
Mr IMESSAOUDENE Yacine	MAB Examineur	UDB- KhemisMiliana

Année universitaire 2017/2018

Remerciements

Nous remercions notre DIEU tout puissant de nous avoir accordé la santé et le courage pour accomplir ce modeste travail.

Au terme de ce travail, Nous sommes reconnaissantes à notre promotrice Madame « BOUAICHI Ilhem » à qui nous adressons un grand respect, et nous tenons à la remercier pour son aide, et ses précieux conseils qu'elle nous a donnés tout au long de notre travail de recherche.

Nous tenons par la même occasion à remercier notre Co-promotrice Mme « MATÈNE Naziha » pour son inestimable aide et soutien.

Nous remercions les membres du jury en l'occurrence : Mr TOUIL Sami d'avoir accepté de présider le jury, Mme KARAHACANE Hafsa et Mr IMESSAOUDENE Yassine d'avoir bien voulu examiné notre travail.

Nos vifs remerciements s'adressent aussi aux cadres de la conservation des forêts de la wilaya d'Ain Defla et de la circonscription du même organisme de la Daira de Djelida dirigé par Mr «KIRAD Mohamed » pour leur accompagnement, leur soutien ainsi que leur collaboration afin de réaliser cette recherche sans oublier leur assistance aux différentes sorties menées sur terrain.

A la fin, nous présentons nos sincères remerciements à toutes les personnes qui ont rendu possible la présente étude par leurs différentes contributions.

Aicha et Kawther

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

Ma chère mère, qui ma toujours entouré d'amour et de tendresse, Dieu la protège et la garde pour moi

Mon cher père, pour son soutien et son encouragement, qui grâce à lui j'ai trouvé mon chemin, Dieu le protège et le garde pour moi

Ma sœur Fatima

Mes frères : Mahfoud, Djeloul et Mohamed

A mes chères amies : Asma, Radhia, Hassiba, Amel.

Mon ami : Kheir-Eddine

Ma binôme Kawther et sa famille

A tous les étudiants de la promotion Mater Aménagement Hydraulique-Agricole

2017/2018

Aicha

Dédicaces

J'E dédie ce modeste travail à :

*Ma très chère et douce mère, Mon très cher père à qui j'adresse mes vœux
les plus ardents pour la conservation de leur santé et de leur vie*

Mes chers frères : Yaâqoub, Nadhir, Salim, et Ishaq

Mes très chers amis : Akila, Widad, Amel et Radhia

A ma binôme Aicha et sa famille

A toutes la promotion de Master Aménagement Hydro-Agricole 2017-2018

Kawther

Résumé

L'érosion selon sa nature est un phénomène résultant de l'action de l'eau ou du vent menée sur les couches superficiels du sol provoquant sa destruction et son détachement. Elle est accentuée par différents facteurs de diverses natures.

D'une manière générale, la nécessité de protéger les versants de Harezza s'avère essentiels dans une perspective de gestion intégrée des ressources en eau conjuguée aux projets de proximité de développement rural intégré (PPDRI). Compte tenu de l'état avancé de la dégradation du bassin versant, la situation de l'heure réclame des mesures conservatoires en vue de procéder à un aménagement approprié. C'est dans cette optique que la présente étude se veut une contribution substantielle à l'identification des sites probables nécessitant une protection antiérosifs appropriée.

Ainsi, une contribution à la réalisation du plan d'aménagement antiérosif du bassin versant de Harreza classé moyennement érodé permettra d'assurer une meilleure conservation des sols et une réduction éventuelle du taux de transport des sédiments dans les cours d'eau et dans le barrage.

A cet effet, 03 sites ont été répertoriés, ils appartiennent à des zones moyennement vulnérables à la dégradation hydrique pour le premier, et à d'autres fortement vulnérables au même phénomène étudié pour le deuxième et le troisième. Des propositions ont été suggérées il s'agit de réaliser le reboisement de 240 plants sur une superficie de 2877m² pour le site 01, 04 seuils en gabions espacés de 48m sur un ravin d'une longueur de 200m et 10 murettes de 63m de longueur chacune.

Mots clés

Erosion, bassin versant, barrage Harreza, aménagement, antiérosif, vulnérabilité.

الملخص

التآكل هو ظاهرة ناتجة عن عمل الماء أو الرياح أو مادة كيميائية أو مادة أخرى وتؤدي إلى إزالة الطبقات العلوية من التربة. وبعبارة أخرى ، فإن التآكل هو تدمير سطح النسيج أو المادة أو الهيكل للتربة: إزالة المواد من سطح التربة عن طريق التجوية والمياه الجارية والرياح

بشكل عام ، فإن الحاجة إلى حماية تلال حرازة ملحة للغاية. وبالنظر إلى الحالة المتردية لتدهور مستجمعات المياه، فإن الوضع الحالي يستدعي اتخاذ تدابير للحفاظ على العلاج المناسب. ومن هذا المنطلق تهدف الدراسة الحالية إلى تقديم مساهمة كبيرة في تحديد العوامل والأسباب التي تكمن وراء هذا التدهور من أجل اقتراح خطة علاجية مناسبة.

وبالتالي ، فإن المساهمة في تنفيذ خطة التنمية المائية الزراعية لمستجمعات المياه المتقلبة بشكل معتدل في حرازة ستضمن الحفاظ على مستوى أفضل للتربة في مستجمعات المياه وتخفيض محتمل في معدل نقل الرواسب في المجاري المائية في السد

ولهذه الغاية، تم إدراج 3 مواقع، وهي تنتمي إلى مناطق معرضة بشكل معتدل لتدهور المياه لأول مرة، وغيرها من المواقع المعرضة بشدة للظاهرة نفسها التي تمت دراستها للثاني والثالث. اقترحت الاقتراحات بأنها مسألة تدرك:

إعادة تشجير 240 شجرة على مساحة 2788 . للموقع 01؛

4 عتبة من التراب متباعدة بمسافة 48 متر على طول الوادي بطول 200 متر.

10 جدران بطول 63 متر لكل منها.

Summary

Erosion is a phenomenon that results from the action of water, winds or a chemical on mineral or other matter and causes the removal of the upper layers of the soil. In other words, erosion is the destruction of the surface of a fabric, material or structure. For soils: removal of materials from the soil surface by weathering, running water and wind.

In general, the need to protect the hills of Harezza is extremely urgent. Given the exaggerated state of watershed degradation, the current situation calls for conservation measures for appropriate management. It is in this perspective that the present study is intended as a substantial contribution to the identification of the factors and causes that underlie this degradation in order to propose an appropriate management plan.

Thus, a contribution to the implementation of the hydro-agricultural development plan for the moderately eroded Harreza watershed will ensure better soil conservation on the watershed and a possible reduction in the rate of sediment transport in watercourses. Water and in the dam.

To this end, 3 sites were listed, they belong to areas that are moderately vulnerable to water degradation for the first, and others that are highly vulnerable to the same phenomenon studied for the second and third. Proposals have been suggested it is a question of realizing the reforestation of 240 plants on an area of 2877 m² for site 01, 04 gabion thresholds spaced 48m apart on a ravine 200m long and 10 walls of 63m length each.

Keywords

Erosion, watershed, Harreza dam, management, anti-erosion, vulnerability.

Liste des abréviations

ANBT :	Agence Nationale des Barrages et Transferts
ANRH :	Agence Nationale des Ressources Hydriques
BV :	Bassin Versant
CIRAD :	Coopération Internationale en Recherche Agronomique agronomique pour le Développement
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

Liste des tableaux

N°		Page
1	Classes d'érosion hydrique.....	5
2	Les caractéristiques techniques du barrage Harreza.....	29
3	Identification de Bassin Versant.....	30
4	Répartition des terres du bassin versant de Harreza.....	30
5	Répartition hypsométriques des surfaces en fonction des altitudes.....	35
6	Précipitations totales annuelles pour la période 2005/2014.....	36
7	Température de barrage Harreza durant la période de 2005/2014.....	37
8	Evaporation du barrage de Harreza pour la période de (2005/2014).....	37
9	Vitesse du vent (m/s) de la région de Harreza pour la période de (2005/2014).....	38
10	Humidité du barrage de Harreza en (%)......	39
11	Occupation actuelle des terres dans le bassin versant de Harreza.....	40
12	Présentation des zones et des superficies de projet de reboisement.....	41
13	Présentation du projet de repeuplement forestier.....	41
14	Présentation des volumes de plantation	41

Liste des figures

N°		Page
1	Les différents stades d'évolution de l'érosion hydrique.....	7
2	Délimitation du BV du Harreza.....	25
3	Réseau hydrographique du bassin.....	29
4	Courbe hypsométrique répartition altimétrique.....	31
5	Variation de précipitations totales annuelles station barrage Harreza.....	34
6	variation de l'évapotranspiration moyenne mensuelle.....	35
7	variation moyenne mensuelle de vitesse du vent.....	36
8	Organigramme adopté pour l'élaboration de la carte de vulnérabilité du sol à l'érosion hydrique.....	42
9	Localisation des sites sur la carte de vulnérabilité du sol à l'érosion hydrique	44
10	Délimitation et localisation du site 01.....	47
11	Traçage du ravin du site 02.....	49
12	Détermination des caractéristiques du site 03.....	51
13	Schéma détaillé du reboisement du site 01.....	56
14	Schéma de construction des murettes.....	60

Liste des photos

N°		Page
1	Plantation d'opuntia.....	14
2	Technique de reboisement.....	16
3	Technique de cordons en pierre.....	17
4	Les murets	18
5	Murs de soutènement.....	19
6	Banquette.....	20
7	Technique des seuils en gabions.....	21
8	Vue générale du Barrage de Harreza.....	26
9	Site 01.....	46
10	Site 02.....	48
11	Site 03.....	50

Table des matières

INTRODUCTION GENERALE.....	1
<u>CHAPITRE I</u> : Synthèse bibliographique	
I. Introduction.....	4
I.1.Erosion.....	4
I.1.1.Définition.....	4
I.1.1.2. types d'érosion.....	4
A) Érosion éolienne.....	4
B) Érosion hydrique.....	4
B.1.Mécanismes de l'érosion hydrique.....	5
B.1.1.Erosion fluvial.....	5
B.1.2.Erosion pluviale.....	5
B.1.2.1.Erosion par l'impact (splash)	6
B.1.2.2.Erosion par ruissellement.....	6
B.2. Les différents stades de l'érosion hydrique.....	7
B.3. Les facteurs favorisent de l'érosion hydrique.....	7
B.3.1. Facteur naturels.....	7
a) Relief ou topographie.....	7
b) pente.....	8
c) Nature des roches.....	8
d) Climat.....	8
B.3.2. Les facteurs anthropiques.....	8
B.4.conséquences de l'érosion hydrique.....	9
I.2. Aménagement du bassin versant.....	10
I.2.1. Définition.....	10
I.2.2. Plan d'aménagement.....	10
.2.3. Objectifs d'un Plan d'aménagement.....	10
I.2.4. Types des aménagements antiérosifs.....	11
I.2.4.1. Méthodes de cultures antiérosives.....	11
a) Labour.....	11
b) cultures avec Mulch de chaume.....	11
c) rotation des cultures.....	11
d) Travail du sol.....	12
e) Fumure.....	12

f) Engrais vert.....	12
g) Cultures en ados ou un billon.....	13
h) Double dérayure.....	13
i) Gaufrage du terrain.....	13
j) Culture en bande.....	14
I.2.4.2. Travaux de défense et restauration du sol (DRS).....	14
A. Biologique.....	14
A.1. Plantation d'opuntia.....	14
A.2. Haie antiérosives.....	15
A.3. reboisement et choix des espèces.....	16
A.4. La plantation fruitière.....	17
B Mécanique.....	18
B.1. Cordons de pierre.....	18
B.2. Les murets ou murette.....	19
B.3. Murs.....	20
B.4. banquette.....	20
B.5. Terrasses.....	22
Correction torrentielle (seuil en gabionnes grillage métallique, en pneus et en sacs de plastique).....	22
B.7. Tranché par feu.....	23
B.8. Retenu collinaire.....	23
Conclusion.....	24

CHAPITRE II : Présentation générale de la zone d'étude.

II. Introduction.....	26
II.1. Situation géographique et délimitation.....	26
II.2. Présentation du barrage de Harreza.....	28
II.2.1. Généralités.....	28
II.2.3. Caractéristiques hydrologiques et techniques du barrage.....	29
II.3. Aspect générale de la zone d'étude.....	29
II.3.1. Localisation et répartition des terres.....	29
II.4. Relief.....	30
II.5. Topographie.....	31
II.6. Hydrologie de la zone d'étude.....	31
II.6.1. Hydrographie du bassin versant de Harreza.....	31

II.7. Réseau de surveillance.....	32
II.8. Caractéristiques morphométriques de bassin versant du barrage Harreza.....	32
II.8.1. Surface et Périmètre.....	33
II.8.2. Paramètres du relief.....	33
II.9. Les apports liquide et solide de l'Oued Harreza.....	34
a. apport pompés de l'Oued Cheliff	34
b. Apport solides.....	35
II.10. Caractéristiques du climat.....	35
1) Précipitations.....	36
2) La température.....	36
3) Evapotranspiration.....	37
4) Vent.....	37
5) Humidité.....	38
II.11. Géologie.....	39
II.12. Hydrogéologie.....	40
II.13. Occupation actuelle des terres.....	40
II.14. Historique des travaux d'aménagements antiérosifs du bassin versant de l'Oued .Herreza.....	41
Conclusion.....	42

CHAPITRE III : Matériels et Méthodes

III. Introduction.....	44
III.1 .Matériels et Méthodes.....	44
III.1.1. Matériels.....	44
III.1.2. Méthodologie.....	45
a- Choix des sites à aménager.....	45
b- Localisation des sites à aménager dans le bassin versant de l'Oued Harreza.....	45
III.2. Détermination des caractéristiques des 03 sites.....	48
III.2.1. caractéristiques du site 01.....	48
III.2.2. Caractéristiques du site 02.....	50
III.2.3. Caractéristiques du site 03.....	52
Conclusion.....	54

Chapitre IV : Résultats et Discussions.

IV. Introduction.....	54
-----------------------	----

IV.1. Proposition des aménagements antiérosifs.....	56
IV.1.1 Site 01 : Le reboisement.....	56
IV.1.1.1.Utilités.....	56
IV.1.1.2. Conditions d'applications.....	56
IV.1.1.3. Etudes et travaux préparatoires.....	57
IV.1.1.4 Spécifications techniques.....	57
IV.1.1.5. Calcul du nombre de plants pour le site 01.....	57
IV.1.1.6. choix des espèces.....	58
IV.1.2. Site 02 : Correction torrentielle (Seuil en gabions).....	59
IV.1.2.1. Utilité.....	59
IV.1.2.2. Conditions d'applications.....	60
IV.1.2.3. Spécifications techniques.....	60
IV.1.3. Site 03 : Les Murettes.....	62
IV.1.3.1. Utilité.....	62
IV.1.3.2. Conditions d'application.....	62
IV.1.3.3. Spécification technique.....	63
IV.1.3.4.Caractéristiques des murettes du site 03.....	64
IV.1.3.5. Discussion.....	64
Conclusion Générale.....	65

Introduction

Générale

Introduction Générale

L'érosion, phénomène très complexe, lié à des facteurs naturels et anthropiques difficilement maîtrisables, évolutif aussi bien dans l'espace que dans le temps, affecte beaucoup les infrastructures hydro agricoles, de telle sorte qu'il est parfois quasiment impossible d'y remédier. En Afrique du Nord, la majorité des bassins versants de l'Algérie, la Tunisie, et le Maroc est caractérisée par de fortes dégradations dépassant 2000 T/km².an (Remini W et Remini B, 2003).

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. Un autre problème important relié à l'érosion des sols est la sédimentation des particules érodées dans les réservoirs des 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 (Benblidia et al. 2011).

L'aménagement des bassins versants a évolué en plusieurs étapes. Dans un premier temps il a été rattaché à la sylviculture et à l'hydrologie forestière. La participation des populations n'était pas prise en compte. Il concernait seulement les services forestiers publics. Dans un deuxième temps, un lien a été établi avec la gestion des ressources en terres et les bénéfices économiques y afférant. Une plus grande attention a alors été portée aux bénéficiaires. Aujourd'hui, on parle d'un aménagement «participatif et intégré», fondé sur la participation et la contribution des populations locales. (Berrayeh, 2006).

Introduction Générale

Face à la dégradation des écosystèmes des montagnes, offrant un paysage nu et sillonné par un ravinement intense, menaçant d'un envasement précoce des barrages en exploitation, le bassin versant du barrage de Harreza est pris en considération où une contribution au calcul des aménagements antiérosifs de 03 sites est entreprise.

Alors :

- Pourquoi faire un aménagement antiérosif ?
- Selon quels critères le type d'aménagement est-il choisi ?
- Comment préparer une fiche technique d'un aménagement ?

Ainsi, à travers notre étude nous allons essayer de répondre à ces questions si ponctuelles et si importantes au volet de traitement d'un bassin versant.

A cet effet, notre travail est structuré tel que :

- **Le premier chapitre** : concerne la présentation du phénomène de l'érosion, les stratégies et les aménagements des bassins versants ;
- **Deuxième chapitre** : présente succinctement la zone d'étude en l'occurrence le bassin versant du barrage de Harreza ;
- **Troisième chapitre** : expose les principaux matériels et méthodes utilisés pour la réalisation de cette étude ;
- **Quatrième chapitre** : Résultats et discussions où les différentes fiches techniques des aménagements antiérosifs proposés sont élaborées.

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

Chapitre I
Synthèse
Bibliographique

Introduction

Les précipitations et le ruissellement de l'eau sur les terres agricoles peuvent être à l'origine d'une érosion hydrique des sols, incluant éventuellement le déplacement des particules érodées jusqu'aux cours d'eau. Ce processus peut avoir des conséquences écologiques et financières significatives. La formation de rigoles et de ravines. Les coulées de boue liées à l'érosion hydrique augmentent par ailleurs la charge en sédiments des cours d'eau, des collecteurs d'égouts et des bassins d'orage, avec notamment comme conséquence une hausse du risque d'inondation. Enfin, des quantités non négligeables de nutriments et de micropolluants, fixés sur les particules de sol et la matière organique érodées, peuvent être déplacées vers les cours d'eau et les autres agro-écosystèmes, affectant la qualité écologique de ces différents milieux.

Dès l'aube des années 1940, les tentatives pour contrer le phénomène d'érosion se sont succédées et se sont étendues à l'échelle nationale. En dehors des projets spécifiques de contrôle de l'érosion presque tous les projets régionaux contiennent un volet de lutte antiérosive. A cette croisade nationale, parallèlement aux interventions de l'Etat, différentes institutions de tendances et d'origine diverses se sont penchées sur le problème. Il en est résulté toute une série d'action dans la gestion conservatoire des eaux, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES) (Murray, 1978).

I.1.Erosion**I.1.1.Définition**

Le mot érosion dérive du verbe "éroder" qui signifie ronger, comme une maladie ronge un corps l'érosion peut dénaturer la terre en décapant l'horizon humifère (le plus fertile et le plus vivant) et en arrachant sélectivement les éléments nutritifs, les particules fines et les matières organiques capables à la fois de stocker l'eau utile et les nutriments, et de nourrir les éléments vivants dans le sol (micro-organismes, mésofaune, racines, etc. ..). (Kilian et al, 1994).

L'érosion des sols est un phénomène de déplacement de matériaux à la surface du sol sous l'action de l'eau, il s'agit alors d'érosion hydrique, ou sous l'action du vent et il s'agit alors d'érosion éolienne. (Stengel).

I.1.1.2. Types d'érosion**A) Érosion éolienne**

L'érosion éolienne résulte de la destruction ou de l'enlèvement de la couverture végétale naturelle (arbres, buissons, graminées et autres plantes herbacées), qui lorsqu'elle est présente brise la force de vent. Elle se produit généralement sur les sols de texture légère à moyenne lorsqu'il n'est pas pris de mesures propres à maintenir la fertilité du sol et sa teneur en matière organique à un niveau suffisant pour entretenir le couvert végétal. On la rencontre principalement dans les grandes plaines, mais elle peut aussi causer des dommages sérieux sur des versants dénudés.

Les particules fines de sol sont emportées par le vent, parfois à de grandes distances. Le sable grossier plus lourd reste en place, et si le processus persiste pendant une longue période la productivité du sol diminue progressivement. Le résultat peut être la formation de dunes vives, qui se déplacent lentement et recouvrent des zones qui elles même ont été touchées par l'érosion éolienne.

On peut observer ce phénomène sur des vastes étendues de terre arable constamment soumises à des cultures nettoyées, et sur des pâturages pluviométrique très irrégulier, où l'on maintient des effectifs de cheptel qui peuvent être en rapport avec la production fourragère dans les années de pluies abondante, mais sont beaucoup trop nombreux pour les années sèches (Gil, 1996).

B) Érosion hydrique

L'érosion hydrique pourrait se définir comme le processus par lequel les particules du sol sont arrachées par l'eau de leur milieu, transportées par celle-ci et déposées en un autre milieu. Selon (Lagace, 1980), les classes d'érosion hydrique représentent dans le tableau 01.

Tableau 01 : classes d'érosion hydrique

Erosion hydrique	Classe	Description
Légère	L	Erosion légère en nappe ou en rigoles.
Modérée	M	Enlèvement d'une grande partie du sol superficiel, début de ravinement.
Forte	F	Tout le sol superficiel est enlevé, ainsi que tout ou partie du sous-sol, ravinement intense.

(Gil, 1996).

B.1. Mécanismes de l'érosion hydrique

B.1.1. Erosion fluviale

Elle correspond à l'érosion qui se produit à l'intérieure des fleuves (cours d'eau), elle se manifeste généralement par le sapement des berges ou des rives de l'oued. Et engendre aussi le changement de la morphologie de lit de l'oued elle provoqué dans la plupart des cas par les débits important d'ou leur vitesse (force de l'eau).

B.1.2. Erosion pluviale

Elle est due à l'action directe des gouttes de pluies sur le sol. Ces gouttes d'eau martèlent le sol nu ou peu couvert. L'impact de ces gouttes fait éclater les agrégats et déplacent les particules qui se déposent plus ou moins loin de l'endroit du choc. C'est ce qu'on appelle "effet splash" ou érosion pluviale. Il provoque un tassement des particules et la formation d'une croûte à la surface. La structure fragmentaire des sols est transformée en structure massive. L'érosion pluviale est maximale dans les régions à sol dépourvu de végétation. (CIRAD).

B.1.2.1. Erosion par l'impact (splash)

Les gouttes d'eau qui tombent soit directement sur le sol, soit après interception par le couvert végétal, du feuillage sur le sol, constituent les agents de l'érosion par rejaillissement. La force exercée par l'impact d'une goutte d'eau sur la surface du sol possède des composantes normale et tangentielle à cette surface. La composante normale contribue à compacter le sol, mais comme celui-ci est déformable, seule une faible partie de la quantité de mouvement est absorbée, si bien que l'impact provoque, par réaction, un rejaillissement latéral de gouttelettes d'eau, fragments de la goutte initiale. Les vitesses locale de ces jets latéraux sont à peu près doubles de la vitesse d'impact et suffisantes pour entraîner des particules de sol. La composante tangentielle à la surface du sol de la force d'impact est plus faible et entièrement transmise au sol (cisaillement). (Hadidi, 2008)

B.1.2.2. Erosion par ruissellement

Quand le sol ne peut plus absorber l'eau des précipitations, une lame d'eau se forme à la surface du sol, correspondant à l'eau en excès. La mise en mouvement de cette eau forme le ruissellement.

Le ruissellement a deux origines :

- Lors de pluies intenses (comme les pluies d'orage), la capacité d'infiltration de l'eau dans le sol est inférieure à la quantité d'eau arrivant au sol dans le même laps de temps,
- Si le sol est saturé d'eau, il ne peut plus infiltrer et absorber l'eau arrivant au sol.

(Peigne J ; Isara L, 2013). (1)

B.2. Les différents stades de l'érosion hydrique

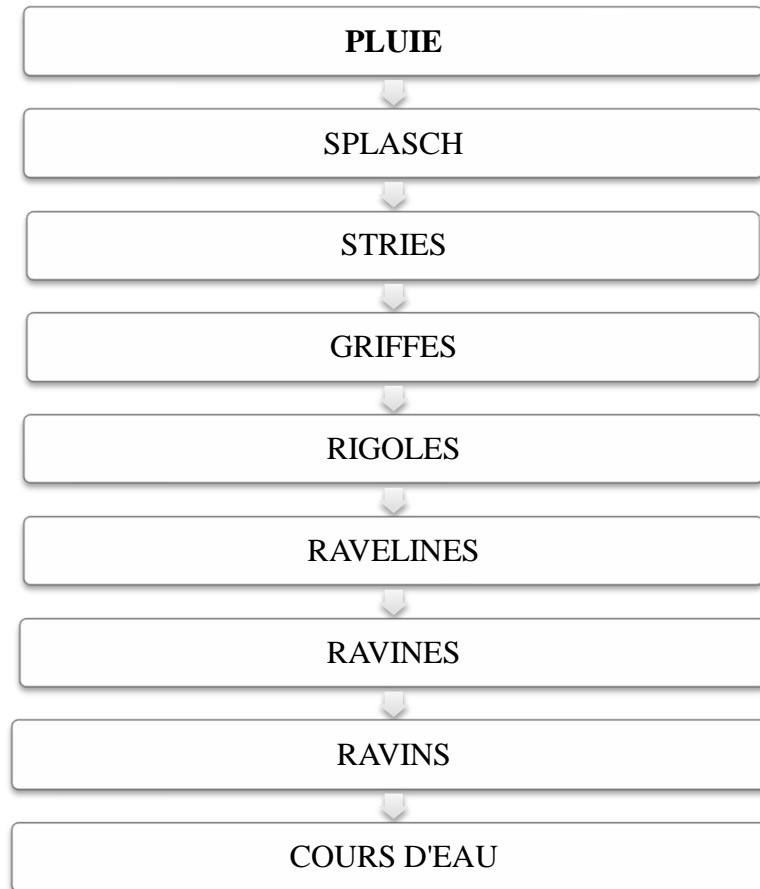


Fig.1. les différents stades d'évolution de l'érosion hydrique (Touaibia, 2015).

B.3. Les facteurs favorisent de l'érosion hydrique

B.3.1. Facteur naturels

a) Relief ou topographie

Les facteurs topographiques essentiels sont la pente du bassin versant, le relief, la densité, l'importance des reliefs et des plaines d'inondation, l'orientation et la taille du bassin. Les fortes pentes avec un écoulement rapide sont généralement à l'origine d'une érosion excessive dont l'importance dépend de la géologie des sols et la protection de la couverture végétale (Benaïcha, 2011).

b) Pente

Elle constitue un élément essentiel de l'érosion. Elle favorise le ruissellement, augmente la vitesse de l'eau entraînant les particules fines du sol et creusant en même temps des griffes et des rigoles. (Touaibia, 2015).

c) Nature des roches

La nature des roches contribue aux phénomènes érosifs. Plus la roche est meuble, plus les risques d'érosion sont grandes (sol de faible cohésion interne). Une étude géologique de l'Algérie a décelé qu'une grande partie des sols est constituée de roches sédimentaires, roche facilement érodables (Touaibia, 2015).

d) Climat

Le climat est un facteur important qui conditionné d'une façon directe le mécanisme de l'érosion. Certaines influences climatiques constituent une partie des processus d'altération. (Witte, 1986).

La fréquence et l'intensité des précipitations sont les deux caractéristiques importantes du facteur climatique de l'érosion hydrique des sols. Ces caractéristiques sont à l'origine de la formation du ruissellement quand la quantité des pluies dépasse la capacité d'absorption de l'eau par le sol (Bergsma et al. 1996).

Le potentiel érosif de la pluie est désigné par le terme général d'*émotivités*. Ce paramètre est lié à l'intensité des averses se taux caractéristiques des gouttes de pluie (taille, vitesse, forme, angle d'impact) qui déterminent leur énergie cinétique (Riezebos et al. 1985).

B.3.2 Facteurs anthropiques

Les pratiques qui favorisent l'érosion ont été largement abordées dans la littérature, les principaux facteurs anthropiques dans le pourtour méditerranéen ont été définis comme étant :

1. La déforestation, qui favorise le ruissellement et accroît les risques d'inondation et les risques de glissement de terrain. (Pnue, 1997).
2. Le surpâturage qui provoque un tassement du sol, une diminution de sa perméabilité et un croisement du ruissellement et par conséquence la perte du sol.

3. L'intensification de l'agriculture et de l'utilisation des sols qui entraînent une suppression des éléments structurant le paysage, (retournement des prairies, agrandissement des parcelles ...) ce qui augment le risque érosif et accélère les taux d'érosions par un facteur allant 10 à 100 (Meade et al, 1990).

4. L'abandon des terres, et en particulier de celles à faible rendement

5. La croissance démographique, la vulnérabilité aux phénomènes érosifs (Auzet, 1987).

B.4. Conséquences de l'érosion hydrique

La perte de matière organique et d'éléments nutritifs et la mise à nu de couches du sol moins fertiles qui peuvent conduire à une baisse de rendement des cultures.

Une réduction volume de sol explorable par les racines et de la réserve utile en eau et en éléments nutritifs pour des sols peu profonds ou des sols présentant, à faible profondeur, des propriétés défavorables (forte charge caillouteuse, acidité).

L'impact à long terme de l'érosion sur les rendements est difficile à évaluer en pratique. En effet, l'augmentation de la productivité des cultures suite aux développements technologiques et aux apports de fertilisants et d'amendements organiques a vraisemblablement masqué jusqu'à présent l'impact de la dégradation des sols sur les rendements (FAO, 1983).

Une eau très conséquence importante est l'envasement des barrages et des retenues en aval ce qui affecte leur capacité à mobiliser les eaux de surface dans un but d'irrigation ou d'alimentation en eau potable par exemple. Les écosystèmes, les productions et la sécurité alimentaire sont alors sévèrement affectés.

L'envasement accéléré des barrages, des canaux d'irrigation et des réservoirs (Mohammed. et al. 2006).

Une augmentation du coût de traitement des eaux de consommation

I.2. Aménagement du bassin versant

I.2.1. Définition

Presque toutes les définitions relatives au concept d'aménagement de bassin versant font référence à un ensemble de mesures qui rentrent 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. Les programmes de recherches et d'expérimentation réalisés entre 1986 et 1995 permettent aujourd'hui de disposer de solutions permettant à la fois d'intensifier la production en montagne et de préserver les sols des phénomènes d'érosion (Roose et al. 1993).

I.2.2. Plan d'aménagement

Le plan d'aménagement se définit alors comme l'exercice intellectuel par lequel on conçoit un ensemble d'actions orientées vers l'atteinte d'objectifs jugés prioritaires, afin de surmonter et de prévenir les effets néfastes de l'imprévoyance (Glasson, 1974)

I.2.3. Objectifs d'un Plan d'aménagement

Selon Gil, (1996) un plan d'aménagement de bassin versant peut avoir les objectifs suivants: 1-amélioration du niveau et des conditions de vie de la population,

- 1- arrêt de l'érosion et de la dégradation des sols par des mesures systématiques de conservation de sol et des eaux,
- 2-satisfaction des besoins économiques et garantie de la sécurité de la population d'un bassin versant ou d'un pays donné,
- 3- protection des infrastructures en aval et des investissements publics,
- 4- établissement d'un équilibre écologique entre l'homme et son milieu,
- 5- production soutenue avec des rendements accrus grâce à une meilleure gestion des systèmes de production.

I.2.4. Types des aménagements antiérosifs

I.2.4.1. Méthodes de cultures antiérosives

La méthode la plus efficace consiste à pratiquer une culture rationnelle avec restitution maximum d'humus, compatible avec les moyens existants.

a) Labour

Le labour accroît la capacité de stockage de l'eau dans le sol pendant environ un mois après sa réalisation. Le labour accroît la rugosité du sol et limite la vitesse de ruissellement des premières pluies. Cet effet est encore plus remarquable lorsque le labour est réalisé en billons perpendiculairement à la pente. Mais un labour réalisé dans de mauvaises conditions d'humidité-sol trop sec- et surtout dans le sens de la pente, peut avoir un effet inverse et favoriser l'érosion (CIRAD).

b) Cultures avec Mulch de chaume

Paillage de la surface du sol à l'avantage de constituer un couvert protecteur à un moment où la culture ne peut pas encore couvrir le sol. Il facilite l'infiltration et peut aussi contribuer à réduire la température de sol (FAO, 1983).

c) Rotation des cultures

Est aussi une pratique simple très répandue. Elle a pour but d'améliorer la fertilité grâce à la présence de légumineuses ou bien de faciliter la lutte contre les ravageurs ou les maladies. Dans les zones semi-arides de l'Australie, une pratique très au point, consiste à alterner la culture de céréales avec une légumineuse fourragère annuelle qui se resème d'elle-même comme le trèfle méditerranéen ou Medicago. Doolette (1977), fait état d'essais réalisés en vue d'adapter ce système en Tunisie. Arabie et Rosse (1989) le testent actuellement en Algérie (FAO).

d) Travail du sol

En Algérie, l'érosion en nappe mesurée sur les champs contribue peu à la charge sédimentaire des oueds. Toutefois, dans certaines conditions, celle-ci peut être élevée et avoir des conséquences néfastes sur l'environnement.

Les pratiques agricoles améliorées visent donc une plus grande infiltration de l'eau dans le profil du sol pour d'une part, augmenter la production de biomasse, le rendement en grains et en paille, et d'autre part, pour mieux couvrir le sol et ainsi réduire l'érosion au champ, et surtout le ravinement en aval.

Le succès de l'application de bonnes pratiques agricoles est conditionné par la qualité de l'appui technique offert aux producteurs et du degré de leur sensibilisation face aux problèmes d'érosion. (Roy et al, 2007)

e) Fumure

Le sol s'épuise rapidement en éléments fertilisants, pour cela il faut le remplacer par des engrais, les éléments ainsi enlevés. Un apport d'humus facilite la reconstitution ;

- Les agrégats refont le sol ;
- Le chaulage favorise la constitution des agrégats en flocculant les colloïdes du sol (Touaibia, 2015).

f) Engrais vert

Ils constituent la partie aérienne des végétaux qui sera enfouit en général sur place. Elles apportent au sol une quantité de matière organique importante, l'amélioration du point de vu physique. Chimique et biologique. Les principaux engrais verts sont la féverole, la vesce, le lupin, la moutarde et le bersim. Elles ne peuvent être appliquées que pour les régions où la pluviométrie annuelle dépassé 600 m. (Touaibia, 2015).

g) Cultures en ados ou un billon

Cette méthode est également connue aux Etats-Unis sous les termes de sillon cloisonné et bassins de stockage. Le principe consiste à accroître le stockage de l'eau en surface, en façonnant d'abord des billons et des sillons, puis en formant les sillons par de petits monticules de terre formant des cloisons, l'emploi de billons en pente seul entraîne généralement une augmentation du ruissellement superficiel , comparé à une plantation à plat ; par contre des billons cloisonnés ralentissent le ruissellement et augment le stockage (Rosse et al ; 1984).

h) Double dérayure

La dérayure est un sillon recreusé séparant le champ en 2 parties. La double dérayure est un redoublement d'une dérayure pour une seconde situé à 1 m environ. Elle sert de guide aux opérations culturales. Les labours sont parallèles à la bande. Les sillons recreusés permettent l'évacuation des eaux excédentaires.

Elles sont établies sur les pentes < 20% : elles sont perpendiculaires à la ligne de plus grande pente avec une légère pente de 0.5 à 1 %.

Sur les pentes < 10 %, elles sont établies tous le 35 m et tous les 20 m pour les pentes comprises entre 10 et 20 %. Le cadre, ainsi tracé, reste permanent.

La bande comprise entre 2 sillons, n'est jamais labourée. Elle jouera de tampon filtre et retiendra une partie des alluvions. Dans le temps, la dérayure évoluera en terrasse. La double dérayure peut être renforcée par la plantation d'arbres. (Touaibia, 2015).

i) Gaufrage du terrain

Pour les terrains, à très faible pente, très filtrant il est donné à la surface une structure alvéolaire qui s'oppose à l'enlèvement des éléments fins et retient les précipitations. (Touaibia, 2015).

j) Culture en bande

Les opérations sont culturelles, elles sont menées sur des parcelles allongées de pentes inférieure à 8 %, parallèles aux courbes de niveau et d'une largeur de 10 à 50 m.

Deux bandes successives ne portent pas la même pente le versant n'est ainsi jamais nu, l'eau de ruissellement rencontre toujours une bande travaillée ou une bande avec de la végétation, cette eau divisée, elle s'infiltrera. (Khaldi et al. 2007).

I.2.4.2. Travaux de défense et restauration du sol (DRS)

La plupart des techniques décrites sont valables aux terrains à faible pente et tiennent compte en grande partie de la vocation de chaque parcelle.

Les terres de montagne ne seraient que faiblement protégées si nous nous tenons à ces techniques. Certains dispositifs peuvent y remédier comme les terrasses. Les murets et les banquettes. En raison de leur importance, ces dispositifs feront l'objet d'un paragraphe à part.

A. Biologique

A.1. Plantation d'opuntia

L'opuntia est propagé par voie végétative, plus précisément par bouture de raquettes (cladodes). En général, les raquettes sont préalablement séchées pendant environ 2 semaines afin de réduire les risques de pourriture.

Une densité de plantation de 1 200 à 2 000 raquettes (cladodes) à l'hectare est recommandée en zone aride et semi-aride (150 à 400 mm/an), alors qu'une densité de 3 200 à 5 000 raquettes à l'hectare est retenue lorsque la pluviométrie est supérieure à 400 mm/an.

Les plants doivent être plantés en formations denses et en suivant les courbes de niveau. Les climats et les sols humides sont à éviter car l'espèce est sensible à la pourriture. (DGF de Djelida, 2018).



Photo 01 : plantation d'opuntia (cliché Bettassa et Tafiani, 2018)

A.2. Haie antiérosives

Les haies de plein champ sont des haies plantées pour former une barrière. Elles sont conduites avec des coupes fréquentes, de façon à construire une masse végétale dense constituée de feuilles, de branches, voire d'épines et de matière morte accumulée au sol. Ces haies sont le plus souvent utilisées pour leur fonction antiérosive dans les parcelles sur pente, avec une disposition préférentielle en courbes de niveau, c'est-à-dire à altitude constante.

Les troncs rapprochés, les nombreuses racines et l'accumulation de matière morte à la base de la haie, éventuellement favorisée par l'empilement d'émondes lors de la taille, ont tendance à bloquer le ruissellement de l'eau et l'érosion du sol qu'il provoque. A la longue, le mécanisme peut aboutir à l'apparition de terrasses par accumulation de matière organique et de sol au pied de la haie.

L'écartement entre les haies est l'ordre de quelques mètres, d'autant plus réduit que la pente est forte. Les effets des haies en courbes de niveau peuvent être spectaculaires, en permettant aux agriculteurs de travailler, entre les haies, sur des zones où la pente est réduite,

et en maintenant un sol stabilisé entre les haies. On observe souvent une amélioration de la fertilité vers l'aval des terrasses, en raison d'une accumulation de sédiments au pied de la haie. On parle d'effet (barrière). Ces haie peuvent être utilisées avec différents objectifs, par exemple produire du fourrage ou du petit bois de feu.

Néanmoins, il faut penser que toute exportation de matière végétale à partir des haies est autant de pris sur la parcelle de culture, que ce soit en termes de ressources minérales du sol (concurrence avec les cultures), ou en termes de contribution physique à l'effet barrière de la haie. (Harmattan, 2007).

A.3. Reboisement et choix des espèces

Le reboisement affecte les terrains inapte à l'agriculture, ceux qui sont fortement érodés ou vulnérables à l'érosion et ceux qui ont aussi des pentes supérieures à 50%. La technique et le choix de l'espèce relève d'un spécialiste

Il existe 2 types de reboisement :

- en massif
- en bandes protectrices

- **Massif :**

Le reboisement assure une très bonne protection du sol, une fois que les espèces soient bien développées par :

- La couronne des arbres empêche le martèlement de la pluie sur le sol et la retient ;
- La litière assure une quantité de matière organique importante ;
- La forêt, par ses racines, fixe le sol.

Les terrains affectés par les glissements sont à étudier avant de les reboiser.

- **Bandes protectrices**

Dans tout terrain à aménager, il existe des ravins. La technique globale consiste à reboiser sur tout le porteur, une bande de 5 – 15m de large (espèce qui se bouturent telles que le laurier rose). (Touaibia B, 2015).



Photo 02 : technique de reboisement (cliché Bettassa et Tafiani, 2018)

A.4. Plantation fruitière

Les arbres fruitiers tels que l'olivier, l'amandier et le pistachier jouent un rôle important dans l'équilibre de l'écosystème. Le verger, par sa longue durée de vie est un élément de fixation de la population et permet d'abriter des cultures vivrières nécessaires à la consommation à court terme.

Par rapport à d'autres espèces, ils utilisent de façon très efficace l'eau du sol et du sous sol. Par leur système racinaire très développé, ils participent à la stabilisation et la conservation du sol (Lbbey, 1991).

Les essences fruitières les plus utilisés en Algérie pour lutter contre la dégradation des terres sont : L'amandier (*Amygdalis communis*), la vigne (*Phylloxera vasterix*), l'olivier (*Olea europea*) (Asnoui, 2014).

B. Mécanique

B.1. Cordons de pierres

Les cordons de pierres sont des alignements de pierres établis de façon à ralentir l'écoulement de l'eau sur de grandes surfaces relativement dénudées et sur des pentes faibles (<12%). Ils favorisent l'étalement de l'eau, évitent la formation de rigoles, favorise ainsi l'infiltration et le dépôt de sédiments. L'effet des cordons est d'autant plus marqué que le déficit saisonnier est prononcé et que l'aménagement s'accompagne de pratiques culturales améliorées

La technique des cordons de pierres n'est applicable que sur les sols établis en pentes légères. Lorsque la pente est forte (>12%), il y a lieu d'utiliser des murettes

· Elle requiert également une participation villageoise importante pour le transport / mise en place des cordons (Roy et al, 2007).



Photo 03: technique de cordons en pierre (Roy et al, 2007)

B.2.Murets ou murette

Les murettes ralentissent l'écoulement des eaux de ruissellement afin de favoriser leur infiltration. Elles servent généralement d'appui à des terrasses horizontales de largeur variable et aménagées en marches d'escalier successives

· Les terrasses peuvent être construites directement ou progressivement par des procédés faisant intervenir les façons culturales.

· La construction progressive consiste à disposer des obstacles horizontaux appelés « ligne d'arrêt de labours », puis à effectuer les labours en versant vers le bas à l'intérieur des bandes de culture ainsi délimitées. La pente du terrain diminue ainsi progressivement. (Roy P et al, 2007).



Photo 04 : Les murets (Rey et al., 2007)

B.3. Murs

L'implantation de murs de soutènement aboutit rapidement à la formation de gradins horizontaux permettant une infiltration totale des précipitations. Les murs sont installés suivant les courbes de niveau et sont en pierres sèches. Ils sont destinés surtout aux collines adaptées à des cultures forestières et à la viticulture.

Il est possible de recourir aux gabions, grosses caisses grillagées. Les dimensions de ces caisses sont en général de 0.50, 1 et 2 m. Le remplissage se fait par des cailloux locaux, arrangés avec un maximum de soin pour aboutir à un minimum de vide. Les dimensions de cailloux doivent être inférieures au diamètre de la maille du treillis formant l'armature du gabion : $e = \frac{1}{2} h$. (Touaibia, 2015).



Photo 05 : Les murs de soutènement (2)

B.4. Banquette

Le moyen principal de lutte contre l'érosion dans les objets respecté, c'est l'édification de banquette. Ce sont des canaux creusés avec en ados perpendiculaire à la pente de terrain à un intervalle calculé. Elles réduisent le ruissellement et favorisent l'infiltration en conduisent le débit en axes vers un exutoire.

Il existe une grande variété dans leur construction cependant presque toutes sont notamment destinées au drainage superficiels cependant il faut tenir compte de l'efficacité superficiels.

Comme des ouvrages de lutte contre l'érosion, elles retiennent l'écoulement superficiel de l'eau atténuent une force de mouvement d'ou leur action antiérosif, pour la construction des banquettes il faut prendre le rapport entre la pente (p) d'un terrain la différence de niveau (H) et la distance horizontale (L) entre deux banquettes la densité de réseau.

Le labour principale peut s'opérer uniquement au sens des horizons qui diminue aussi les potentialités de l'érosion même au cas ou le profil de banquettes coïncide avec l'écoulement superficiel, l'eau apport des alluvions qui se déposent sur les terrains des banquettes en les comblant de telle manière on réduit les dimensions utiles des banquettes et les eaux des précipitations suivant débordants et déchirants les remblai de toutes les banquettes long du versant.(Khaldi et al, 2007).



Photo 06 : banquette (cliché Bettassa et Tafiani, 2018)

B.5. Terrasses

C'est une procédure ancienne de culture en montagne. Les versants divisés en plates formes horizontales plus ou moins écartés les unes des autres. Un déblai est travaillé à l'amont de l'axe de la future terrasse, en remblai à l'aval de cet axe. Les terres de remblai sont soutenues à l'aval soit par un mur de pierres sèches, soit par une pente gazonnée. Ce procédé diminue la pente et aussi les érosions du sol. Parmi les terrasses qui réduisent le ruissellement et de stockage des quantités d'eau importantes, on distingue :

a) Terrasses inclinées :

Elles se présentent sur leur longueur, pour évacuer le ruissellement vers un canal de collecte généralement enherber.

b) Terrasses parallèles aux courbes de niveau :

Elles sont alors de largeur variable, les limites sont donc parallèles entre elles. (Khaldi y et al, 2007).

B.6. Correction torrentielle (seuil en gabionnes grillage métallique, en pneus et en sacs de plastique)

La correction d'un talweg ou d'une ravine comprend une succession de seuils destinés à diminuer la pente naturelle du lit, à briser la force du courant de crue et à sédimenter les apports solides, elle s'exerce dans des zones où la topographie du terrain ne permet l'emploi d'engins mécanique (Arrignon, 1987)

· Seuils

Sont utilisés afin de réduire la vélocité du ruissellement à des taux non érosifs. Ils sont recommandés pour diminuer le ravinement ainsi que pour la correction torrentielle. Ce sont des ouvrages de petites envergures construits perpendiculairement au sens d'écoulement de l'eau dans des zones de fortes dénivelées.

· Ils peuvent être faits en gabions ou en pierres sèches, en grillage métallique, en pneus usés, ou en sacs de plastique et autre matériel.



Photo 07 : technique des seuils en gabions (cliché Bettassa et Tafiani, 2018)

B.7. Tranché par feu

Une tranché par feu est une zone volontairement déboisée de façon à créer une discontinuité dans la couvert forestier dans le but de stopper la progression d'un éventuel incendie, elle doit être installée en général perpendiculairement aux vents dominants. (DGF de Djelida, 2018)

B.8. Retenu collinaire

Les retenues collinaires sont des ouvrages en terres destinés essentiellement à l'irrigation, servant d'une part à fixer la population par une intensification d'une agriculture d'autosubsistance et d'autre part à protéger les grands systèmes hydrauliques contre l'envasement et la sédimentation, leur rôle joué dans la lutte antiérosive des bassins versants n'est pas à négliger. Leur durée de vie est en moyenne de 20 ans.

La majorité des retenues collinaires analysées sont des ouvrages de mobilisation des eaux de surfaces, caractérisés par une digue en terre compacte dont la hauteur moyenne est de 7m avec une hauteur maximale de 9 mètres et une hauteur minimale de 4m. Leur capacité de stockage varie de quelques milliers de m³ à quelques dizaines de milliers de m³ et peut dépasser les centaines de milliers de m³. (Rey et al., 2007).

Conclusion

Après cette analyse bibliographique, il y a lieu de constater que le phénomène de l'érosion et en particulier l'érosion hydrique prend de plus en plus d'ampleur, ceci due à de multiples facteurs de différentes natures. Afin de réduire cette ampleur et diminuer les conséquences, une série d'aménagements antiérosifs doit être proposée dans le cadre des projets de traitement des bassins versants. Le choix de ces aménagements et leurs calculs sont fonction de plusieurs paramètres, ce qui fera l'objet de la suite de notre travail.

Chapitre II

Présentation générale

De la zone d'étude

Introduction

A vocation agro-forestière par excellence, la wilaya de Ain Defla dispose d'un vaste patrimoine forestier avec un taux de couverture de l'ordre de 29% considéré comme l'un des plus important du pays, il constitue de ce fait un espace naturel riche et diversifié de par les ensembles éco-bioclimatiques qui le compose. La superficie occupée par les bassins versants à travers la wilaya répartie sur 09 bassins versants et touchant 16 communes.

Ces bassins versants sont : Ghrib, Deurdeur, bouroumi, Herrera, Zeddine, Sidi m'hamed ben Taïba, Oued fodda, Kef Eddir et Tickzel. (DGF Ain Defla, 2018)

II.1. Situation géographique et délimitation

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 coordonnées 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. (Meguenni et Remini, 2008)

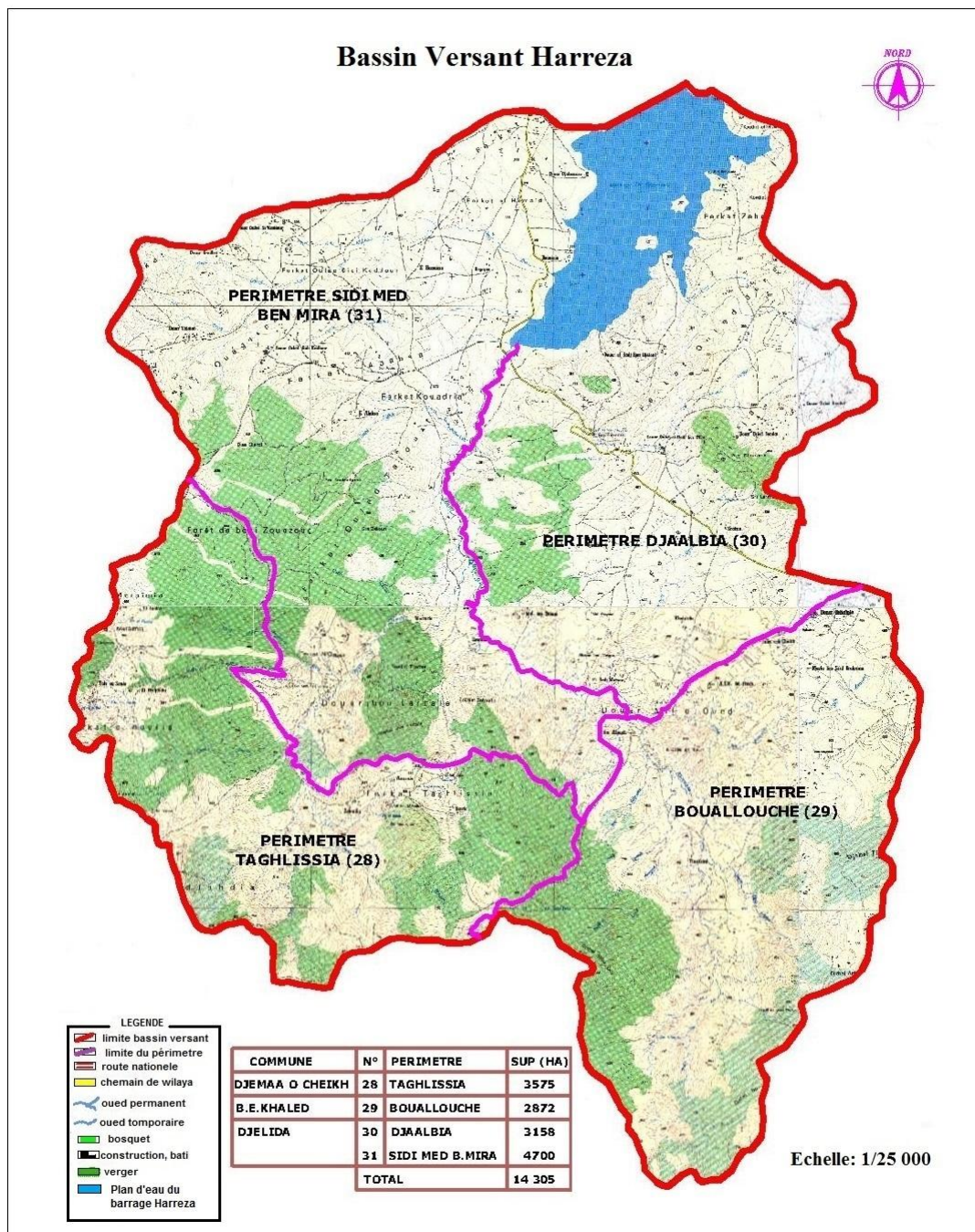


Figure2 : la délimitation du BV du Harreza. (DGF Ain Defla, 2018)

II.2. Présentation du barrage de Harreza

II.2.1. Généralités

Le barrage de Harreza se trouve à 15 km au Sud-Ouest de la ville d'El-Khemis, sur l'Oued Harreza, qui est un affluent en rive gauche de l'Oued Cheliff. Il est destiné à satisfaire partiellement les besoins en eau d'irrigation de la haute plaine rive gauche du Cheliff, par stockage des eaux de l'Oued Harreza et par pompage de l'Oued Cheliff à partir de la station d'El-Khemis II. A l'emplacement du site du barrage de Harreza, la superficie du barrage est de 142 km². (ANBT)



Photo 8 : Photo d'un vue générale du Barrage de Harreza (Cliché Bettassa et Tafiani 2018)

II.2.3. Caractéristiques hydrologiques et techniques du barrage

Les Caractéristiques hydrologiques et techniques du barrage sont données par les tableaux suivants :

Tableau 05 : Caractéristiques techniques du barrage Harreza

Oued	Harreza
Hauteur	38m
Capacité initiale	70.00 hm ³
Capacité dernier levé (2004)	76.65 hm ³
Apport moyen annuel	30.80 hm ³ /an
Envasement	0.28 hm ³ /an
Vidange de fond	4m ³ /s
Déversoir	Seuil libre
Longueur	1800m
Côte retenue normale	313,00 m
Côte Plus Haut Eaux	314.90 m
Surface du bassin versant	142 km ²

Source : (DGF Djelida, 2018)

Tableau 06 : 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, 2018)

II.3. Aspect générale de la zone d'étude

II.3.1. Localisation et répartition des terres

La localisation et la répartition en terre du bassin d'étude sont données par les tableaux 7 et 8 suivants :

Tableau 07 : Identification de Bassin Versant

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

Source : (DGF Djelida, 2018)

Tableau 08 : Répartition des terres 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, 2018)

II.4. Relief

Cette zone comprend les massifs montagneux du Zaccar, la partie orientale du Doui, la plaine de Cheliff et les collines occidentales des Beni-Menacer. Les reliefs, d'une altitude supérieure à 1.500 mètres, sont formés de calcaire, de schistes métamorphisés et de roches éruptives profondément entaillées par les ravins abrupts. Ils sont couverts de chênes verts et de quelques boisements et pins localisés.

Les marnes offrent de plus larges collines qui constituent, avec la plaine du Cheliff, les régions cultivées. Dans la vallée, on trouve des limons argileux ainsi que des marnes et de l'argile. (Bouallam Allah et Fortass, 2017)

II.5. Topographie

L'altitude moyenne du bassin est de 450m et sa plus grande partie (98%) à une tandis que le point le plus bas est à l'exutoire avec une altitude de 313 mètres. (Hadi et al, 2015)

II.6. Hydrologie de la zone d'étude

II.6.1. 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 la forêt domaniale de Beni Zoug Zoug, elle existe dans le territoire de la commune de Djemaa Ouled Chikh et Djelida et se situe dans le coté Sud du chef-lieu de wilaya de Ain Defla. L'Oued Slimane se joint à l'Oued principal en drainant la partie Ouest du bassin versant.

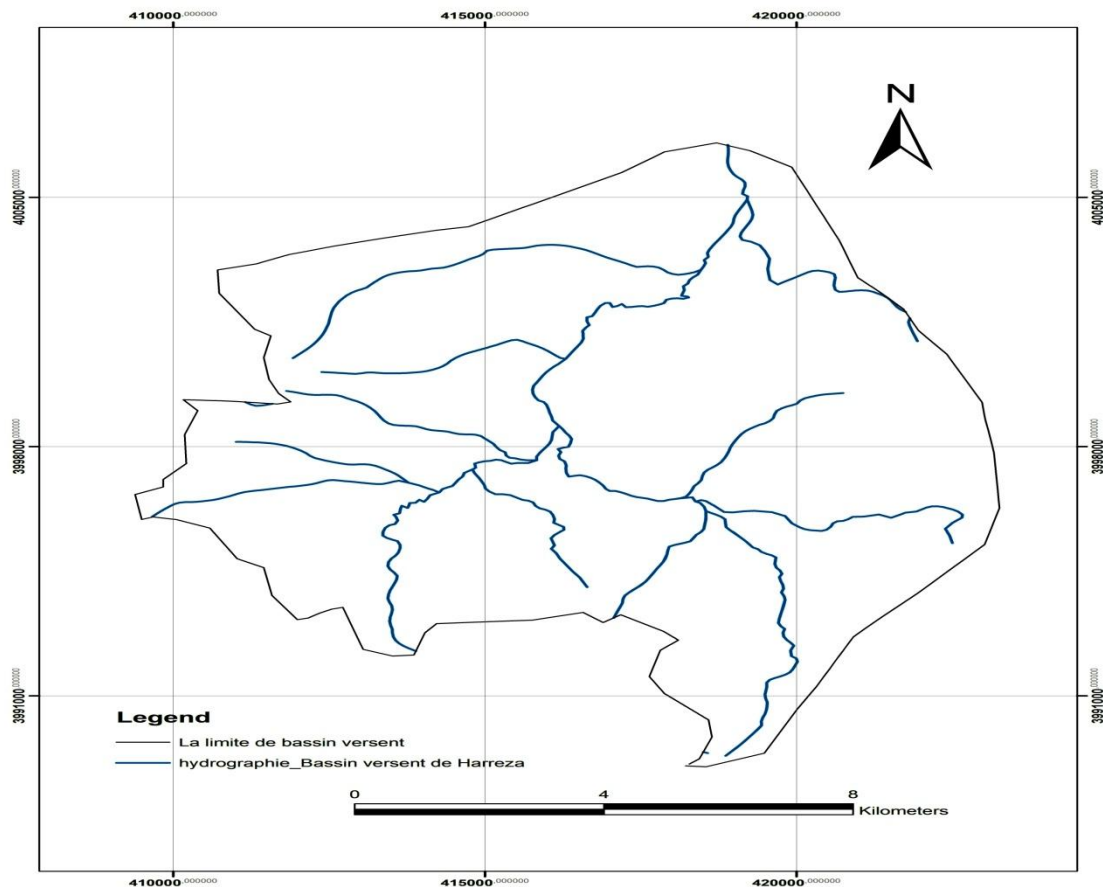


Figure 03 : Réseau hydrographique du bassin (Bouallam Allah et Fortass, 2017)

II.7. Réseau de surveillance

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

✓ stations hydrométriques :

-El Ababsa (011715)

-El khemis

-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 Zeddine et Massine) il y a une partie montagneuse, qui fait que la station pluviométrique de Tarek Ibn Ziad se trouve à controversant.

II.8. Caractéristiques morphométriques de bassin versant du barrage Harreza

Les différents paramètres morphométriques du bassin (forme, altitude, pente, relief, etc..) interviennent, et souvent de façon combinée, dans les modèles de l'écoulement. Ils ont l'avantage de se prêter à une analyse quantifiée, mais l'emploi des méthodes de mesure correspondantes doit être mené avec prudence, vu l'extrême interférence des facteurs physiques et l'influence, parfois prononcée, de certains paramètres qu'il est difficile d'exprimer par les méthodes précises et définies (Mehaiguene., 2001).

II.8.1. Surface et Périmètre

La surface du bassin versant est de 142 km² et Périmètre de 56 km (ANBT., 1986).

II.8.2. Paramètres du relief

Tableau 09: répartition hypsométriques des surfaces en fonction des altitudes

Altitude (m)	Surface Partielle (Km ²)	Surface Partielle (%)	Surface Cumulée (%)
313-350	21,9915	15,50	15,50
350-400	21,762007	15,33	30,83
400-450	28,11477	19,80	50,63
450-500	30,010023	21,13	71,76
500-550	16,966217	11,95	83,71
550-600	11,280152	7,94	91,65
600-650	7,704051	5,43	97,08
650-700	3,089254	2,18	99,26
700-750	0,811099	0,62	99,88
750-800	0,164825	0,12	100,00
Totale	141,9015	100,00	100,00

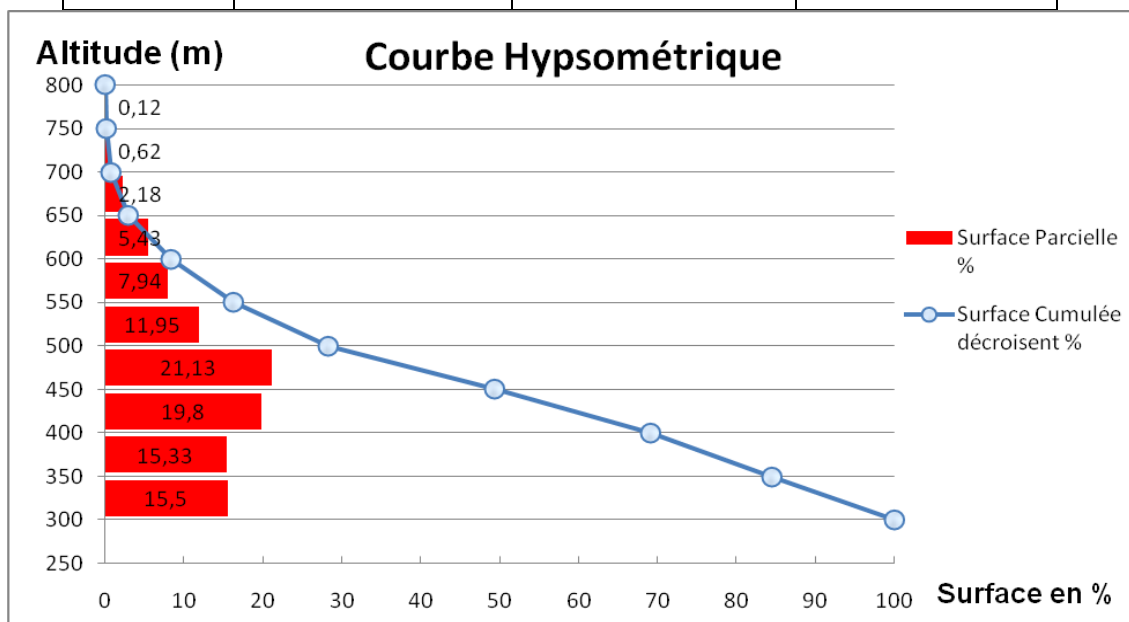


Figure 04 : Courbe hypsométrique et répartition altimétrique

II.9. 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 $7,5 \text{ Mm}^3/\text{an}$. 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'hydrogramme de la crue cinq millénaires le débit d'entrée arrive à la valeur maximum de $800 \text{ m}^3/\text{s}$ dans un temps de 6 heures.

a. apport pompés de l'Oued Cheliff

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

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 Cheliff, car le niveau devant la prise d'eau latérale ne devra pas descendre au-dessous de la cote 269 m pour que les pompes fonctionnent. La création ultérieure d'un seuil qui augmente le niveau de l'Oued Chélif est admis.

L'hypothèse d'un remplissage partiel du réservoir à partir de pompage dans la nappe phréatique en rive droit a été examinée mais elle n'a pas été 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.

b. 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 Mm^3 , correspondant à une durée prévisible de 30 ans. C'était une estimation déjà prudente, justifiée par l'indétermination du transport solide provenant notamment du Cheliff, qui peut atteindre des concentrations importantes.

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

II.10. Caractéristiques du climat

La détermination des caractéristiques climatiques du bassin versant de Harreza est basée sur les données des stations météorologiques dans le bassin, les éléments principaux qui caractérisent le climat sont ; Température de l'Air, pluviométrie, vents et l'évapotranspiration.

Le climat du bassin versant Harreza est de type méditerranéen 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).

1) Précipitations

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

Tableau 10 : les précipitations totales annuelles pour la période 2005/2014.

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

Source :(ANRH, 2017)

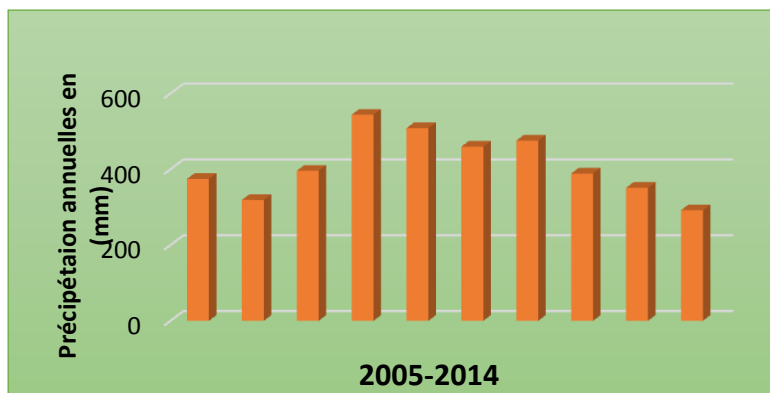


Figure 05 : Variation de précipitations totales annuelles à la station barrage Harreza.

2) La température

Les données de la température présentée dans le tableau 11 montre une température moyenne annuelle de 18,79 C° avec une température annuelle minimale estimée à 8,35 C°, et une température annuelle maximale de l'ordre de 32,66 C°, durant la période allant de 2005 à 2014.

Tableau 11: La température de barrage Harreza durant la période de 2005/2014.

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Ma	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout
Moy	25,3	20,9	14,0	10,4	9,6	9,9	13,0	16,4	21,0	26,8	29,6	28,8
Max	38,8	35,0	27,2	20,6	30,9	21,5	26,4	28,5	36,3	41,4	44,5	41,2
Min	14,5	8,5	4,4	2,0	2,4	1,2	2,0	5,7	8,4	12,9	19,8	18,6

Source:(ANRH Khemis-miliana, 2016)

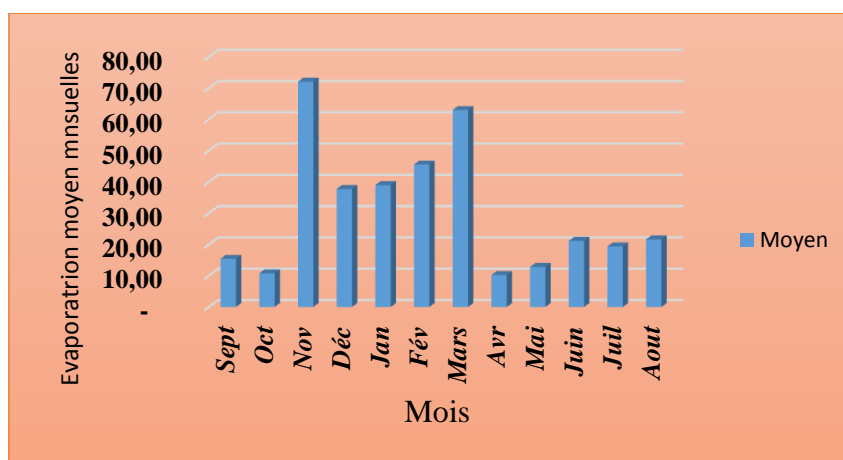
3) Evapotranspiration

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 12 : évaporation du barrage de Harraza pour la période de (2005/2014).

Mois	Sept	Oct	No	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
Moy	15,4	10,7	72	37,7	39,0	45,5	62,9	10,2	12,8	21,1	19,4	21,6
Max	68,1	54,4	45,2	36,7	27,2	30,2	42,3	49,6	60,6	87,3	60,4	97,2
Min	9,7	6,7	2,4	0,3	1,8	1,5	1,7	6,8	5,3	24,7	26,0	18,6

Source:(ANRH Khemis-miliana, 2016)

**Figure 06:** variation de l'évapotranspiration moyenne mensuelle

4) 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 13 : Vitesse du vent (m/s) de la région de Harraza pour la période de (2005/2014).

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout
Moy	4,0	3,1	3,4	2,9	3,2	3,6	3,6	3,2	3,0	3,9	4,5	3,9
Max	7,4	8,2	10,4	10,9	12,6	10,7	11,3	8,7	8,8	6,0	5,5	5,8
Min	2,0	1,1	0,9	0,8	0,4	1,2	1,2	1,6	1,3	2,7	3,8	2,7

Source:(ANRH Khemis-miliana, 2016)

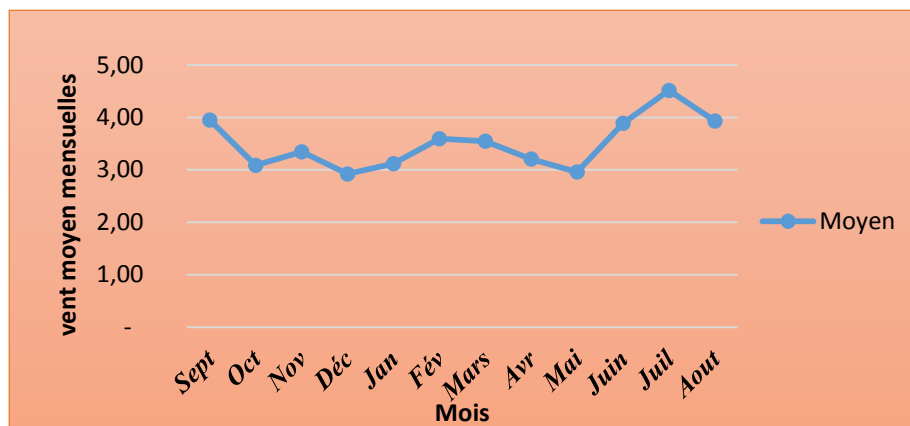


Figure 07: Variation moyenne mensuelle de la vitesse du vent.

5) Humidité

Les données d'humidités sont mentionnées dans le tableau 14, l'humidité moyenne maximale annuelle est 96.78 %, et la moyenne minimale annuelle est 11.89 %.

Tableau 14 : Humidité du barrage de Harreza en (%).

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
Max	106	109	97,8	94,9	95,7	94,6	93,9	93,0	102	91,8	87,7	95,8
Min	0,0	10,0	13,5	21,0	18,9	12,3	9,0	3,5	0,0	7,0	0,0	0,0

Source:(ANRH Khemis-miliana, 2016)

II.11. Géologie

La géologie du site montre d'une façon générale que 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. (DGF Djelida ; 2018).

II.12. 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.

II.13. Occupation actuelle des terres

L'occupation des terres peut être succinctement définie comme la couverture physique (et biologique) de la surface des terres émergées (d'après FAO, 1998). Différents processus naturels et anthropiques interviennent et modifient l'occupation du sol. Ainsi, la description de celle-ci est alors utile pour la connaissance scientifique des états et de l'évolution des écosystèmes, des agrosystèmes et des territoires, ainsi que pour la gestion des ressources naturelles et l'aménagement du territoire : zones artificialisées, espaces agricoles, forêts ou landes, zones humides, surfaces en eaux...

Ainsi, l'occupation actuelle du bassin versant l'Oued Harreza est donnée par le tableau 15.

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

Occupation	Superficie (Ha)	Répartition partielle des surfaces en %
Forêts	3215	22.5
Cultures annuelles	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 ; 2018)

II.14. Historique des travaux d'aménagements antiérosifs du bassin versant de l'Oued Herreza

Dans le cadre de protection des bassins versant la DGF fait des plusieurs travaux pour lutter contre l'érosion et diminuer l'envasement de barrage concerné. Un récapitulatif est donné par les tableaux 16, 17 et 18. (en 2006)

Tableau 16 : Présentation des zones et des superficies de projet de reboisement.

Désignation	commune	Lieu dit	Superficie (ha)
REBOISEMENT	Djemaa ouled chikh	FD beni zoug zoug	25
	Tarik ibn ziad	Tighzert	25
	Ain lechiakh	Sidi naamane	25

Source : DGF Djelida, année de réalisation (2006)

Tableau 17 : Présentation du projet de repeuplement forestier.

Nature des travaux	Volume (ha)	Communes	Impact	Périmètre
Repeuplement forestière	50	El maine	Sidi abdrahmane	Oued lyra
Total	50			

Source : DGF Djelida année de réalisation (2006)

Tableau 18: Présentation des volumes de plantation

Désignation	Daira	Volume (ha)	Commune
Plantation d'opuntia	Djelida	20	Djemaa Ouled Cheikh
		20	
haies vives	Djelida	500	Djemaa Ouled Cheikh
	Djelida	500	Djelida
	Djelida	500	Djelida

Source : DGF Djelida année de réalisation (2006)

Conclusion

Ce chapitre a été consacré à la présentation de la zone d'étude en l'occurrence le bassin versant de l'Oued Harreza, où ont été évoquées la situation géographique et délimitation, la présentation du barrage de Harreza, l'aspect générale de la zone d'étude, la topographie, l'hydrologie, les apports liquides et solides de l'Oued Harreza, le réseau de surveillance, les caractéristiques du climat, la géologie et l'hydrogéologie.

Un bref historique sur les travaux d'aménagement antiérosifs menés sur les lieux est donné, ce qui représente une source d'informations nécessaire à la suite du travail.

Chapitre III

Matériels & Méthodes

Introduction

Ce chapitre fait l'objet d'une présentation des données qui seront utilisées tout au long de notre travail, leur collecte a été une étape fastidieuse qui a nécessité plusieurs déplacements au siège de la conservation des forêts d'Ain Defla et à la circonscription du même organisme de Djelida. Aussi, une présentation des 03 sites choisis et localisés pour être aménagés sera mentionnée, elle sera accompagnée des différents matériels utilisés et à la méthodologie adoptée au calcul des aménagements antiérosifs des sites précédents.

III.1 .Matériels et Méthodes**III.1.1. Matériels**

- **GPS** : permet de donner 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.
- **Google Earth** : est un logiciel, propriété de la société Google, permettant une visualisation de la terre avec un assemblage de photographies aériennes ou satellitaires. Anciennement produit par Keyhole inc., alors d'accès payant, ce logiciel permet à tout utilisateur de survoler la Terre et de zoomer sur un lieu de son choix. Selon les régions géographiques, les informations disponibles sont plus ou moins précises. Ainsi un habitant d'une métropole peut localiser son restaurant préféré, obtenir une vue en 3D des immeubles de la métropole, alors que la résolution des photos d'une bonne partie de la Terre est très faible. La couverture, d'après Google, devrait s'améliorer rapidement. La modélisation en 3 dimensions des constructions, initialement réalisée à l'aide du logiciel Sketch Up, est maintenant créée automatiquement à l'aide d'algorithmes utilisant pour une part les prises de vues Street View et des données d'altitude.

III.1.2. Méthodologie

a- Choix des sites à aménager

L'érosion est très active dans les montagnes du Nord Algérien. Les conditions naturelles de cette zone où est localisé notre bassin d'étude (climat, relief, sol et couverture végétale) associées à la vocation rurale et agricole de la région ont contribué à une dégradation spécifique laissant un paysage nu et dépourvu. Le choix des 03 sites à aménager s'est fait sur la base des critères suivants :

- Historique des travaux d'aménagements antiérosifs du bassin versant considéré ;
- Degré et stade d'érosion ;
- Appartenance des sites (domaniaux ou privés) ;
- Localisation sur la carte de vulnérabilité des sols à l'érosion hydrique ;
- Aspect économique.

b- Localisation des sites à aménager dans le bassin versant de l'Oued Harreza.

En se basant sur les travaux antérieurs réalisés sur le bassin, la carte de vulnérabilité des sols à l'érosion hydrique a été prise en considération comme fond de base aux choix de ces sites. La réalisation de cette carte a fait intervenir différentes données, l'organigramme suivant récapitule les étapes de son élaboration.

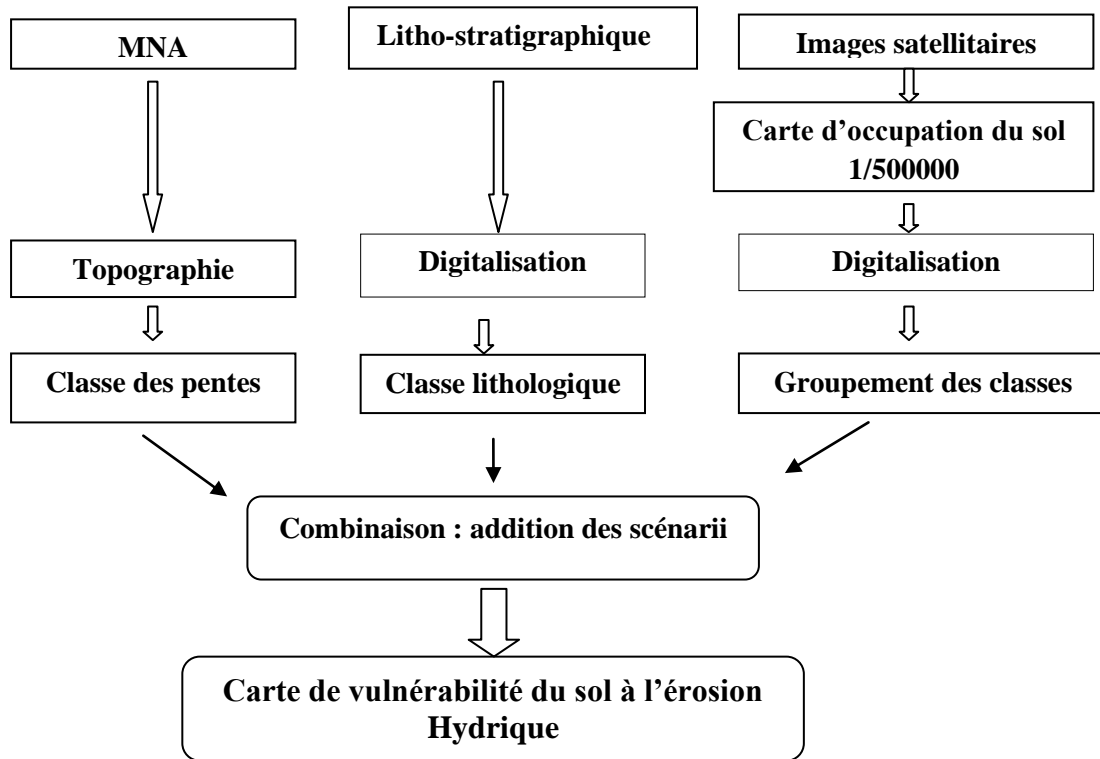


Figure 08 : Organigramme adopté pour l'élaboration de la carte de vulnérabilité du sol à l'érosion hydrique (Bouallam Allah et Fortass, 2017)

Ainsi, 03 sites ont été arrêtés parmi plusieurs, il s'agit de régions répondants aux critères suivants :

- Ces sites n'ont jamais été aménagés ;
- Le stade de l'érosion à leur niveau permet encore de les aménager (n'ont pas encore atteint un stade irréversible d'érosion) ;
- Il s'agit de sites domaniales appartenant à l'état algérienne et n'ont pas aux privés ;
- Leur localisation sur la carte de vulnérabilité est comme suit :
 - Vulnérabilité moyenne pour le site 1 ;
 - Forte vulnérabilité pour les sites 2 et 3.
- Les aménagements antiérosifs choisis sont faciles à réaliser et avec des coûts appréciables.

Ces sites sont localisés selon la figure.08

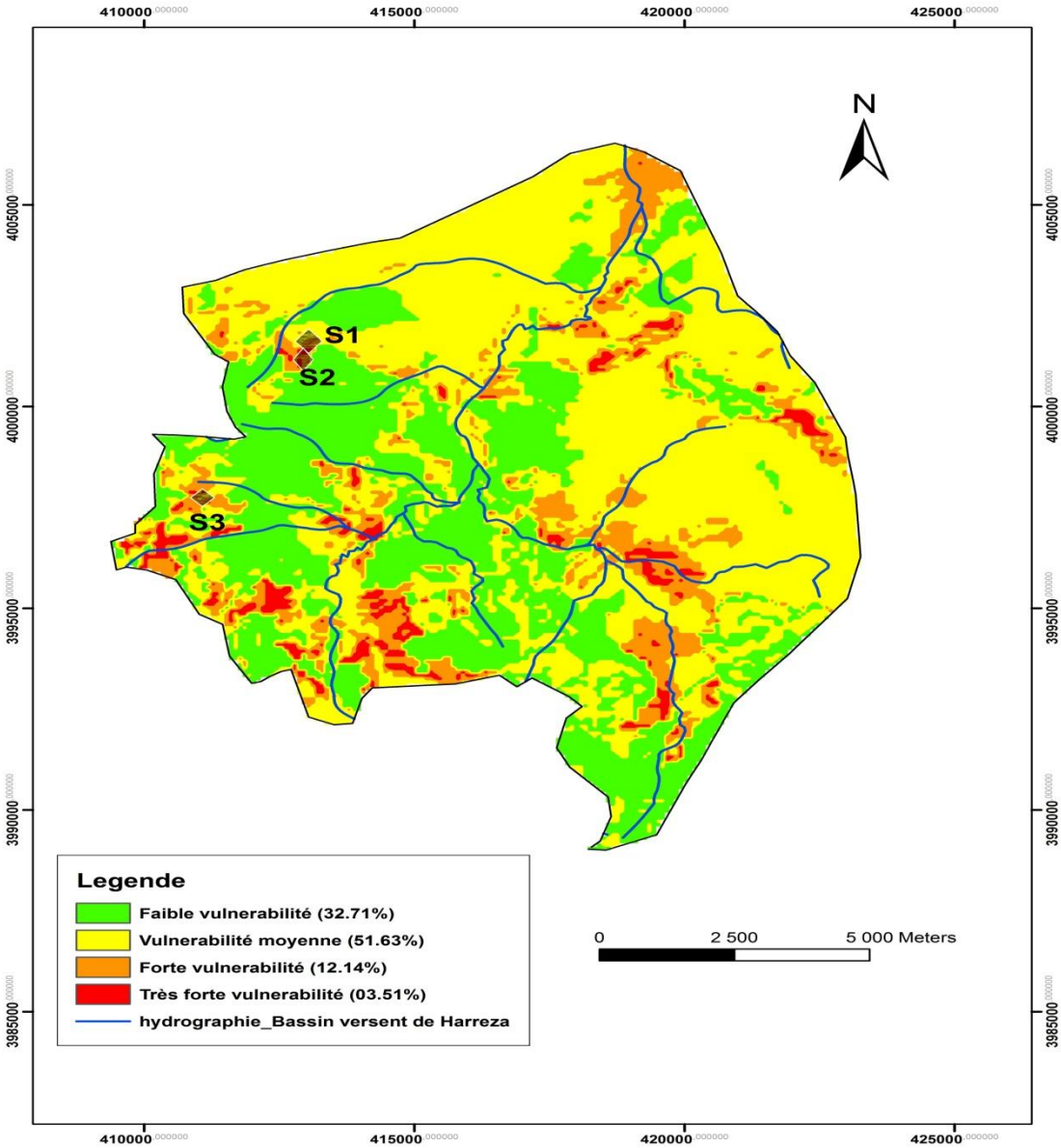


Figure 09 : Localisation des sites sur la carte de vulnérabilité du sol à l'érosion hydrique (Bouallam Allah et Fortass, 2017)

Les classes de vulnérabilité des sols à l'érosion hydrique obtenues sont les suivantes :

- classe 1 : Faible vulnérabilité à l'érosion représentent **32.71 %** de la superficie totale.
- classe 2 : vulnérabilité moyenne à l'érosion représentent **51.63%** de la superficie totale.
- classe 3 : Forte vulnérabilité à l'érosion représentent **12.14%** de la superficie totale.
- classe 4 : Très forte vulnérabilité à l'érosion représentent **3.51%** de la surface totale.

La carte obtenue fait ressortir que l'amont de notre bassin versant est très favorable au phénomène érosif, ceci est dû à la nature accidentée du terrain et aux zones de parcours répartis en cette zone, contrairement à son aval qui est moyennement vulnérable.

III.2. Détermination des caractéristiques des 03 sites

III.2.1. caractéristiques du site 01

a- localisation

Les coordonnées du site 01 déterminées par le GPS sont :

X : 02°00'26.5'' E

Y : 36°09'08.8'' N

b- délimitation

Les coordonnées de délimitation de la surface reboisé donné par Google earth

1 : X : 2° 0'30.91"E **2 : X** : 2° 0'29.82"E

Y : 36° 7'18.87"N **Y** : 36° 7'16.82"N

3 : X : 2° 0'28.35"E **4 : X** : 2° 0'29.52"E

Y : 36° 7'17.28"N **Y** : 36° 7'19.40"N

S'agissant d'un site dont la vulnérabilité à l'érosion est moyenne, l'aménagement antiérosif proposé est le reboisement, il consiste à planter de jeunes arbres afin de remettre en production un terrain déboisé donc sujet à l'érosion.



Photo 09 : Site 01 (cliché Bettassa et Tafiani, 2018)

c- Délimitation et calcul de la surface

Cette étape a été réalisée via Google Earth, en localisant le site d'après ses coordonnées, la surface de ce dernier est planimètre, elle sera utilisée pour le calcul du nombre d'arbres à planter tout en respectant les espaces pare-feu. La figure suivante indique la délimitation et le calcul de la surface du site 01.

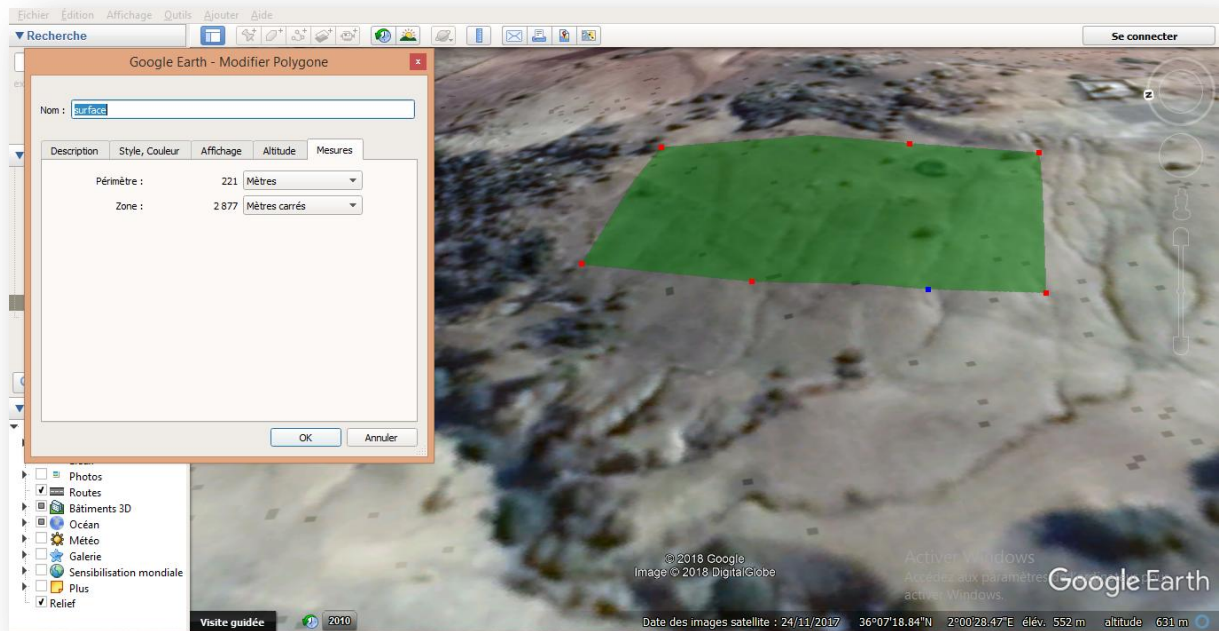


Figure 10: Délimitation et localisation du site 01.

III.2.2. Caractéristiques du site 02

a- Localisation

Le site 02 est situé dans une zone à forte vulnérabilité, ses coordonnées selon le GPS sont :

X : 02°01'52'' E

Y : 36°09'12.9'' N



Photo 10 : Site 02 (cliché Bettassa et Tafiani, 2018)

b- Traçage, calcul de la longueur et de la pente du ravin

Le site 02 est localisé selon ses coordonnées, le traçage du ravin est fait à l'aide du logiciel Google Earth afin de déterminer sa longueur et sa pente, elles seront utilisées pour le calcul des seuils qui sont choisis pour son aménagement.

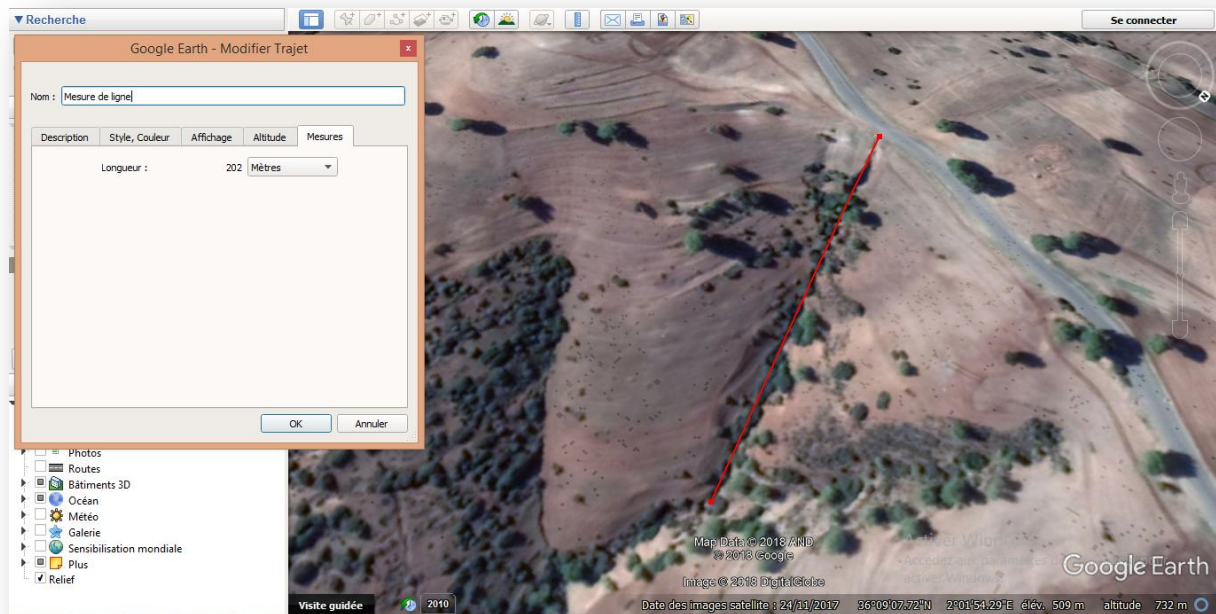


Figure 11 : Traçage du ravin du site 02.

II.2.3. Caractéristiques du site 03

a- Localisation

En utilisant le GPS, les coordonnées du site 03 sont :

X : 36° 09' 08.8'' N

Y : 02° 01' 46.5'' E

b- Délimitation

Les coordonnées de délimitation de la surface de la murettes donné par Google earth

1 : X : 2° 1'48.19"E **2 : X** : 2° 1'46.93"E

Y : 36° 9'9.59"N **Y** : 36° 9'7.51"N

3 : X : 2° 1'45.01"E **4. X** : 2° 1'45.53"E

Y : 36° 9'8.19"N **Y** : 36° 9'10.37"N

S'agissant d'un site dont la vulnérabilité à l'érosion est forte, l'aménagement antiérosif proposé est des murettes



Photo 11 : Site 03 (cliché Bettassa et Tafiani, 2018)

c- Détermination de la longueur, largeur et pente

Selon les coordonnées du site et en utilisant le logiciel Google Earth, ses caractéristiques sont déterminées, elles seront utilisées comme données de base au calcul de l'aménagement choisi, en l'occurrence les murets.

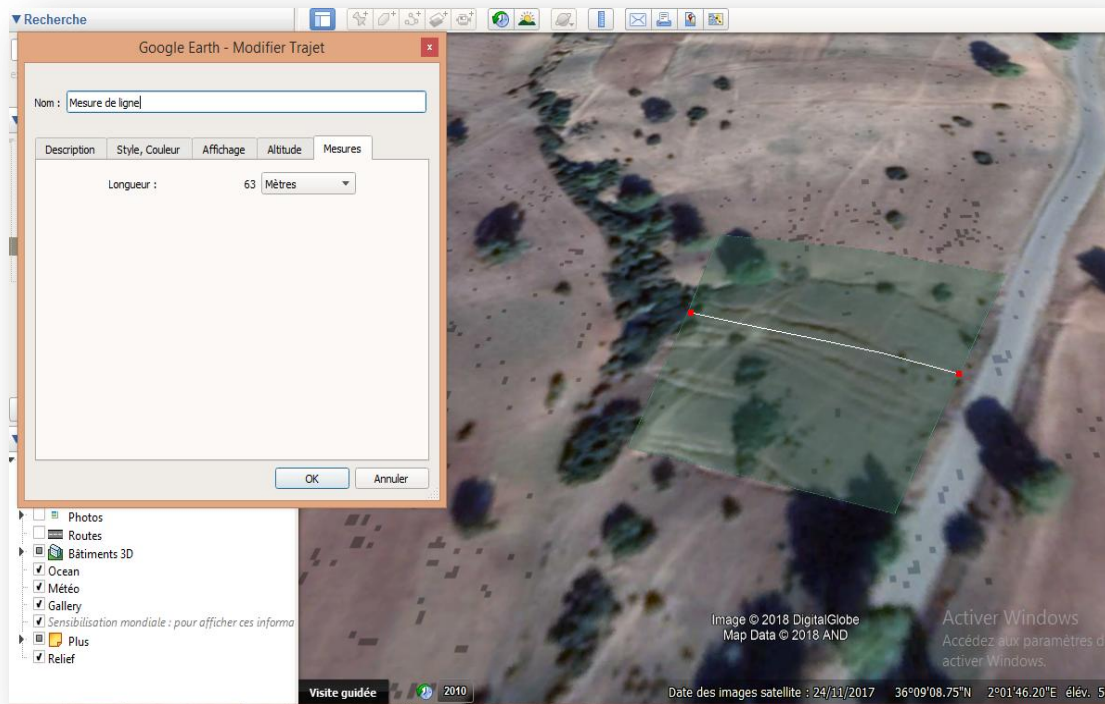


Figure 12. : Détermination des caractéristiques du site 03

Conclusion

Ce chapitre a été consacré à la préparation, au traitement des données et au choix des sites à aménager. Ceci a été effectué suite aux sorties effectuées sur terrain accompagnées par les services de la circonscription des forêts de Djelida qui n'ont pas hésité à mettre à notre disposition le personnel humain et le matériel nécessaire à l'accomplissement de cette étape. Suite à cela, une proposition des aménagements antiérosifs est faite selon les critères et caractéristiques de chaque site afin d'apporter :

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

Chapitre IV

Résultats & Discussions

Introduction

Les actions souvent anciennes de la dégradation des écosystèmes dans les montagnes algériennes peuplées, ont été à l'origine de nombreux projets d'aménagement. Ces projets visaient à rétablir à moyen et long termes, l'équilibre écologique global des milieux et l'amélioration des conditions de vie des populations. Les aménagements antiérosifs de natures biologiques ou mécaniques menés sur les versants constituent des moyens efficaces de lutte contre l'érosion des terres qui occupent une grande place où la région est à vocation agricole. Les insuffisances reconnues ont fait prendre conscience de la complexité des milieux. L'imbrication des facteurs physiques et humains imposent la nécessité de démarches adaptées à chaque contexte et de la pratique de la concertation et du dialogue avec les acteurs concernés.

S'agissant de notre cas, les différents aménagements proposés et élaborés à travers ce chapitre ont fait l'objet de concertation et de décisions communes en collaboration avec la circonscription des forêts de Djelida. Une fiche technique détaillée de chaque aménagement est proposé selon les stades d'érosion.

IV.1. Proposition des aménagements antiérosifs

Les différentes techniques proposées présentent les mesures de protection des versants, des ravins ainsi que les ouvrages spéciaux de protection. Elles sont illustrées par des fiches techniques détaillées élaborées selon les enquêtes menées sur terrain.

IV.1.1 Site 01 : Le reboisement**IV.1.1.1. Utilités**

- Le reboisement consiste à repeupler d'espèces arborées d'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 ;

- Les travaux de reboisement sont habituellement réalisés sur des superficies importantes, comparativement aux plantations fruitières, de haies vives et de brise-vent qui sont davantage de type linéaire.

IV.1.1.2. Conditions d'applications

- Le choix des espèces et des sites à reboiser doit reposer sur une analyse judicieuse des conditions édaphiques, écologiques et sociales ;

- Il faut éviter :

- le reboisement sur croutes calcaires ;
- la généralisation d'une espèce unique (ex : pin d'Alep) ;
- l'introduction d'espèces inadaptée écologiquement,
- l'utilisation d'espèces refusées par les paysans ;
- la réduction de la biodiversité, etc.

- Le Direction Générale des Forêts a développé une solide expérience sur la sélection des espèces en fonction du milieu. Des initiatives ont été également lancées par des forestiers pour inventorier les plantes à usage aromatique, cosmétique et médicinal, afin de les intégrer dans le processus de prise de décision.

IV.1.1.3. Etudes et travaux préparatoires

- Prospection des parcelles et analyse des conditions climatiques et édaphiques en regard des exigences des espèces à reboiser ;

- Enquête socio-économique auprès des paysans afin d'identifier les espèces les mieux acceptées parmi celles écologiquement adaptées au territoire ;

- Levés topographiques et cadastre des surfaces à reboiser.

IV.1.1.4 Spécifications techniques

a) Terrassement de la plate forme

Après l'ouverture ou à la réouverture et l'élargissement de la plate forme sur une largeur de **4 m** à l'aide d'engins, pour les terrassements en déblai et en remblai (bulldozer) s'agit d'ouverture / réouverture et d'élargissement de la plate forme dans les endroits nécessaires y compris enlèvement des matériaux à dégager et apport du remblai éventuel, il sera procédé par la suite au nivellement et réglage sur débarrasser de tout débris ou malfaçons tel que les bosses et les rochers.

b) Ouverture ou réouverture de fossé de canalisation des eaux

Un fossé longitudinal sera ouvert ou ré-ouvert au bord de la plate forme du tronçon pour canaliser et évacuer les eaux de pluie, sous forme trapézoïdale, ayant les dimensions suivantes :

- grande base =1m ;
- petite base =0.50m ;
- hauteur =0.50m.

La confection des fossés peut se faire soit manuellement soit mécaniquement.

c) Traçage et piquetage

L'opération de traçage et piquetage sera effectuée en quinconce ou en ligne selon la nature du terrain sur les lignes établies en courbes de niveau. Le piquetage doit indiquer l'emplacement des protêts à ouvrir et leurs espacements en fonction de la densité de plantation exprimée ci-dessous en nombre de plants par hectare et par espèce.

d) Ouverture de protêts

Une fois l'espacement et l'emplacement déterminés, les potes seront ouverts aux endroits indiqués par le piquetage et doivent satisfaire aux dimensions suivant : 0.40m*0.40m*0.40m avec la séparation de la couche superficielle et celles de profondeur.

La période de l'ouverture de potes peut débuter à compter du mois de septembre et peut s'étaler au maximum jusqu'au mois d'octobre.

e) Mise en terre des plants

Elle consiste en la mise en terre des plants. Le potête étant prêt à recevoir le jeune plant, on le remblai de terre à moitié ; après l'avoir débarrassé de son conteneur, on place le plant au centre du pote tout en le maintenant verticalement et en veillant à ce que la motte de terre des racines ne s'effrite pas, on ajoute ensuite aux plants de la terre végétale ou de surface en tassant avec les pieds. Le pote sera rempli de terre jusqu'au niveau du collet. Une fois la plantation terminée, on doit procéder à la confection de la cuvette de réception des eaux et l'arrosage immédiat du plant. Cette cuvette permettre l'arrosage du plant, le stockage des eaux de pluie et évitera le ruissellement.

IV.1.1.5. Calcul du nombre de plants pour le site 01

A partir des données en l'occurrence la superficie du site (70m x 41m) et la densité de plantation donnée par les services des forêts tel que une distance de 4m doit être laissée entre chaque 2 arbres horizontalement et verticalement avec une nombre de 3 arbres dans chaque 16 m², le nombre total des arbres à planter est de **204** pour une surface de 2877 m².

IV.1.1.6. choix des espèces

Le pin d'Alep est généralement le plus choisi dans la région, car il s'adapte mieux au climat semi-aride où il trouve le soleil, la chaleur et l'aération pour son développement. Un programme d'entretien doit être mis en place afin de prévenir contre les maladies pouvant le détruire causées par plusieurs insectes.

La figure 12 représente un schéma détaillé du reboisement du site 01.

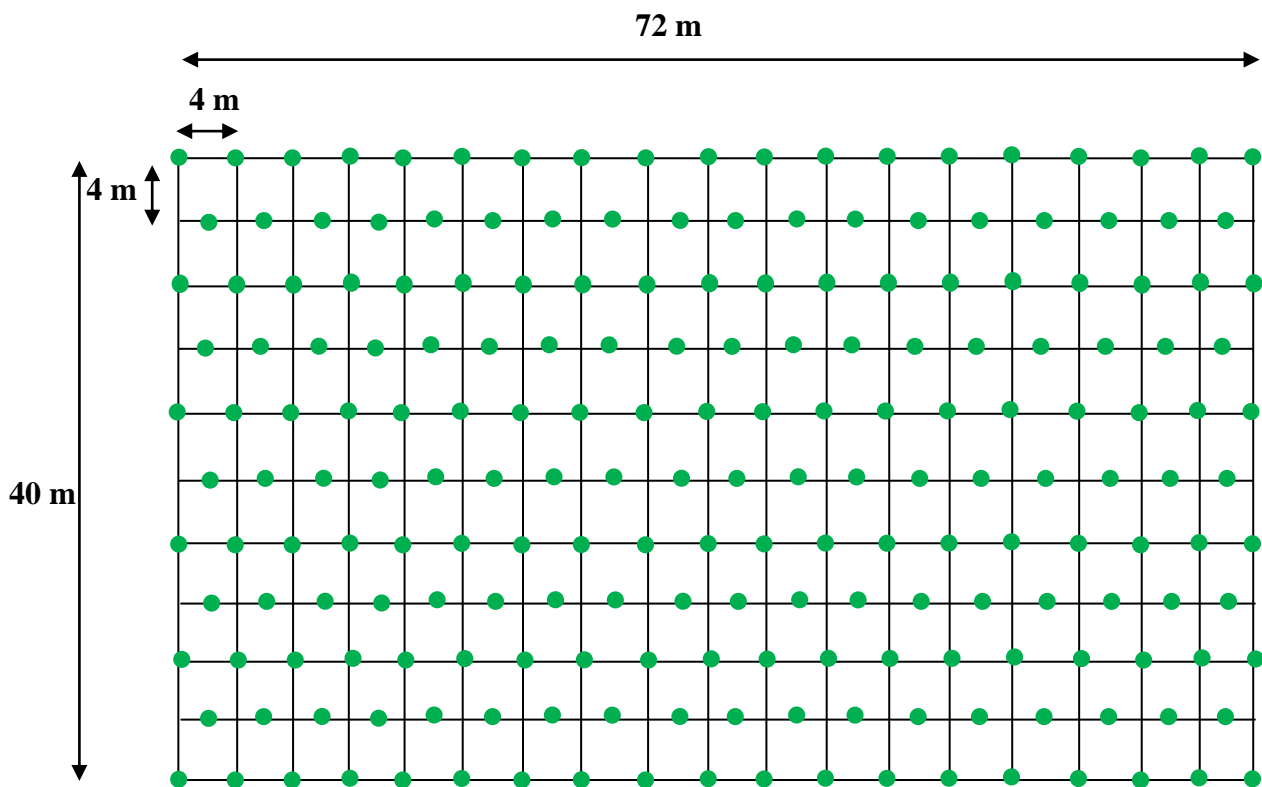


Figure 13 : Schéma détaillé du reboisement du site 01

IV.1.2. Site 02 : Correction torrentielle (Seuil en gabions)**IV.1.2.1. Utilité**

Les seuils sont utilisés afin de réduire la vitesse du ruissellement à des taux non érosifs. Ils sont recommandés pour diminuer le ravinement ainsi que pour la correction torrentielle. Ce sont des ouvrages de petites envergures construits perpendiculairement au sens d'écoulement de l'eau dans des zones de fortes dénivelées.

IV.1.2.2. Conditions d'applications

Le seuil en gabions peut s'installer sur des pentes faibles jusqu'à des conditions subverticales. La hauteur des ouvrages en gabions ne doit pas dépasser 3 m en partie centrale pour des raisons de stabilité et de coût. Les gabions sont inadaptés dans le cas de torrents soumis à des phénomènes de transports solides très violents ou trop fréquents car ils nécessiteront un entretien fréquent. Dans certaines conditions, les gabions peuvent être renforcés par des contreforts installés en aval de l'ouvrage.

IV.1.2.3. Spécifications techniques

Le principe de base du phasage des travaux est de démarrer l'aménagement à l'aval à partir d'un point stable (pente faible fondation rocheuse) ou d'un premier ouvrage particulièrement conçu pour résister à l'affouillement puis on remonte progressivement vers l'amont à l'aide d'autres ouvrages.

A) Ecartement entre les seuils

Les conditions d'écartement dépendent des gradients des dépôts sédimentaires qui devraient accumuler en amont des barrages, de la hauteur effective des barrages, des crédits disponibles et du but recherché en ce qui concerne le traitement de la ravine (Burchard, 1980).

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 résultant des dépôts de matériaux derrière l'ouvrage aval. Ce dernier niveau est calculé à partir de la hauteur des ouvrages, de la distance les séparant et de la pente du terrain. Il existe plusieurs formules de calcul en fonction des paramètres du milieu et des caractéristiques des seuils. La distance entre les seuils peut être calculée sur la base de la formule suivante :

$X = \frac{Y}{S}$ (Roy P et al. 2007) où :

S

X = Distance entre les seuils (m)

Y = Hauteur de la ravine (m)

S = Pente du versant (m/m)

A partir la formule (E) qui souvent utilisée en Algérie et retrouver jusqu'à présent dans les fiches technique des administrations forestières est celle donnée par (Greco, 1966).

La formule est la suivante :

$$E = \frac{L}{N} \quad \text{Avec :}$$

E : écartement (m)

L : longueur du ravin (m)

N : nombre de seuil

On détermine le nombre de seuil :

$$N = \frac{L}{E}$$

B) Caractéristiques des seuils du site 02

Pour détermine La distance entre les seuils et le nombre de seuil on calculé la hauteur de ravine (Y =7 m), la pente ces le différente altitude par rapport à la longueur, (S=14.5%) et la longueur (L=200m).

On trouve : 4 seuils et une distance de 48 m entre elles.

C) Dimensionnement des seuils

a.1. Les différents types de gabions utilisés pour la réalisation des seuils

Dans le domaine de la construction (Travaux Publics, terrassement et génie civil) comme dans les travaux de paysage il existe de nombreux types de gabion. Différents de par leur constitution, forme ou résultats attendus, ils sont plus ou moins souples, faciles à mettre en œuvre et certains seront à privilégier selon les applications. On peut distinguer les gabions notamment par : la forme de la cage, les matériaux constitutifs de l'enveloppe, l'ouverture des mailles, le mode de remplissage, le mode de liaison (ou de jonction) et l'application.

a. La forme de la cage

Il existe différents types de cage pouvant être remplis par les gabions, nous distinguons :

- Gabions boîtes, parallélépipèdes de 0.5 à 1 m de haut, large de 1 m et de 1.5 à 4 m de longueur. Le gabion semelle a une hauteur de 0.5 m ;
- Gabions matelas ou à cellules multiples, parallélépipèdes de grande surface (largeur de 2 et 3 m x longueurs de 2 à 7 m) et faible épaisseur (0.2, 0.3 et 0.5 m) ;
- Gabions circulaires ou gabion colonne sans couvercle ;
- Gabions sacs, poches cylindriques diamètre 0.65 ou 0.9 m et longueur de 2 et 3 m (avec remplissage sur le coté ou à une extrémité) ;
- Gabions tubulaires cousus sur toute la longueur, de 0.2 à 0.4 m de diamètre et de 2 à 3 m de longueur ;
- Gabions accordéon, EMDR (Eléments Multicellulaire à Déploiement Rapide) sans fond ni couvercle ;
- Gabions avec cloisons intérieures supplémentaires pour renforcer la cage ou séparer des matériaux de qualité différentes entre le parement et l'arrière ;
- Gabions trapézoïdaux avec pente donnée par cadre métallique interne.

Selon les dimensions prises sur terrain, la longueur du ravin ne dépasse pas 4m, à cet effet nous optons pour le choix des gabions boîtes qui correspondent avec la forme et les mesures du site 02. La figure 13 représente le schéma de construction des boîtes métalliques pour la mise en place des seuils.

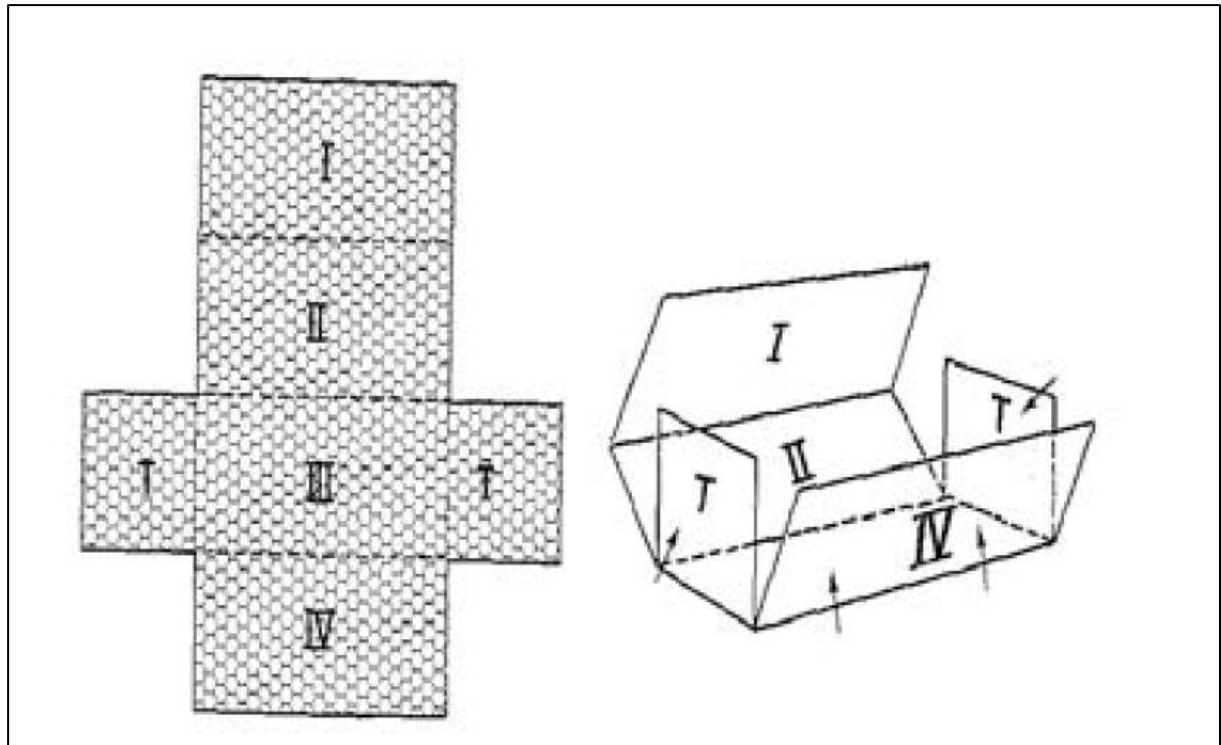


Figure 14 : plan de construction des seuils en gabions (Roy, 2007)

IV.1.3. Site 03 : Les Murettes

IV.1.3.1. Utilité

- Lorsque la pente est forte ($>12\%$), il y a lieu d'utiliser des murettes.

IV.1.3.2. Conditions d'application

- La mise en terrasses horizontales n'est concevable que pour des sols perméables à taux d'infiltration élevé ;
- Cette technique est applicable pour des régions où prédominent les petites exploitations agricoles ;
- Dans les zones humides, la longueur des versants ne devrait pas dépasser 100 m. Elle peut toutefois être très supérieure dans de grandes exploitations en zones arides.

a) Etape 1

Des travaux de remblai doivent précéder la construction des murettes et cela par le même type du sol afin de niveler et rendre le sol plat.

b) Etape 2

Les murettes peuvent être construites directement ou progressivement par des procédés faisant intervenir les façons culturales.

La construction progressive consiste à disposer des obstacles horizontaux appelés « ligne d'arrêt de labours », puis à effectuer les labours en versant vers le bas à l'intérieur des bandes de culture ainsi délimitées. La pente du terrain diminue ainsi progressivement.

I V.1.3.3. Spécification technique

- La largeur des terrasses et la hauteur des murettes varient en fonction de la pente une fois fixée la distance verticale (disons $Dv = 1$ m), on utilise celle-ci sur toutes les pentes (S) jusqu'à une valeur de 12%. L'équation suivante sert à déterminer la distance horizontale (Dh) ou écartement des murettes en fonction de la pente:

$$Dh = \frac{Dv}{S} \times 100$$

- Les murettes doivent être ancrées dans le sol. L'ancrage doit être profond et s'appuyer sur la terre stable ;
- Les murettes supportent des poussées dues au poids des pierres d'une part et à la pression de l'eau et des dépôts accumulés contre sa face amont d'autre part ;
- Il faut absolument éviter les risques de déchaussement. Celui-ci se produit lorsque la terre située à la base de la murette est emportée soit par l'érosion, soit par les labours pratiqués sur la terrasse inférieure en rongant la terre petit à petit. Le déchaussement entraîne des effondrements qui mettent en périls toute la terrasse supérieure qui risque ainsi d'être détruite ;
- Dans le cas de terrasses intégrales, c'est à- dire de terrasses dont le terrain est parfaitement plat et horizontal, la murette doit être construite sous le niveau qu'on veut attribuer à la terrasse inférieure ;
- Si les murettes sont construites en matériaux imperméables (béton, briques ou pierres taillées), il y a lieu de prévoir des drains traversant la murette. Sans cela, la pression de l'eau accumulée devant le mur risque de le renverser ;

- La distance entre deux murettes est aussi fonction du volume de terre à déblayer (D) et à remblayer (R). Ces deux volumes doivent être identiques ;
- Si la pente générale du versant est très forte, la surface des terrasses devra être la plus plane que possible. Si celle-ci est plus faible, la surface de la terrasse peut être disposée en pente légère, à condition de conduire les eaux de ruissellement vers des exutoires adéquats.

IV.1.3.4. Caractéristiques des murettes du site 03

La distance verticale ($D_v = 1\text{m}$), la pente ($S = 16\%$) la différence d'altitude par rapport à la longueur, la distance horizontale trouvée ($D_h = 1/16$), ($D_h = 6.25\text{m}$) à une surface de 4319m^2 . Le nombre de murette ($N = 10$) à une longueur de 63m . La figure 14 représente un schéma de construction de murettes.

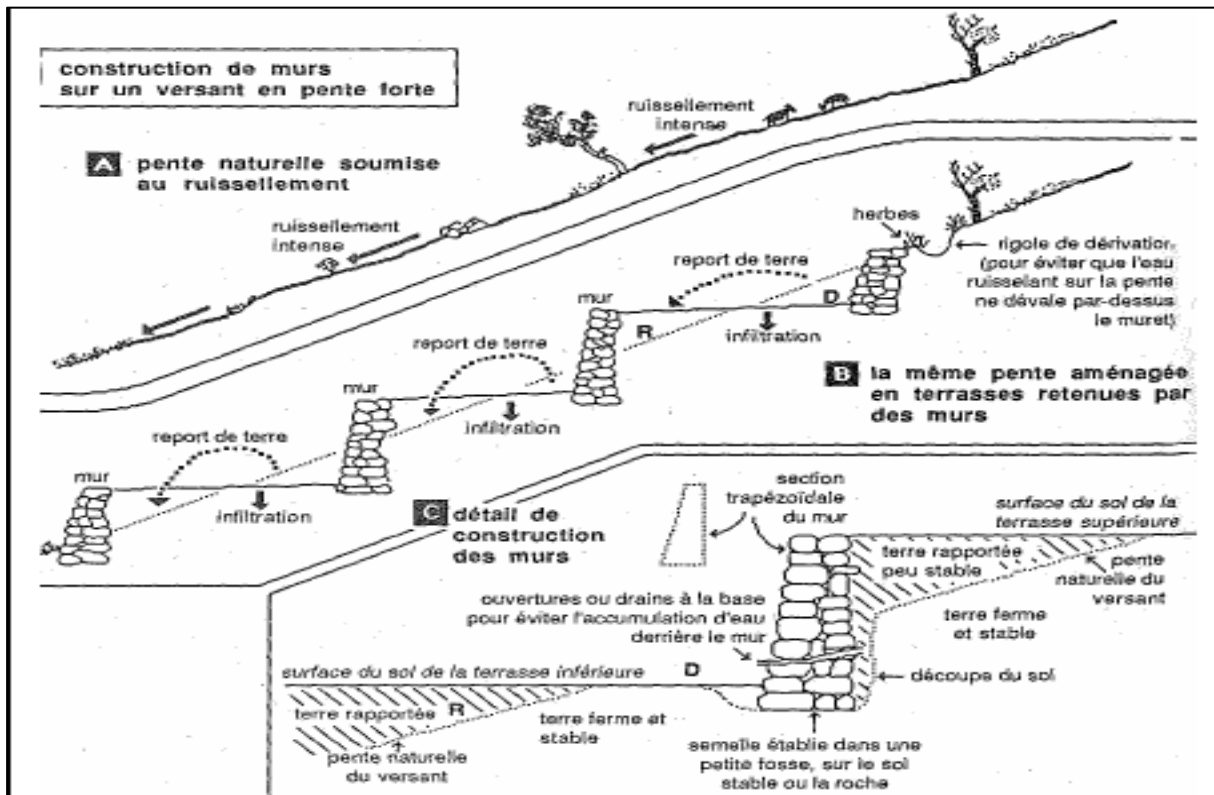


Figure 15 : Schéma de construction des murettes (Dupriez et al ; 1990).

IV.1.3.5. Discussions

Pour la protection des sols du bassin versant de l'Oued Harreza contre l'érosion hydrique, trois types d'aménagements antiérosifs ont été proposés dont deux mécaniques (les seuils et les murettes) et un biologique (le reboisement)

a. les aménagements antiérosifs mécaniques

➤ Les seuils en gabion : ce type d'ouvrage n'est pas nouveau dans la région, il a fait l'objet d'un traitement des ravins du bassin. On utilise ce traitement dans les sites fortement érodés c'est-à-dire zone à stade avancé de l'érosion ;

➤ Murette : Les murettes ralentissent l'écoulement des eaux de ruissellement afin de favoriser leur infiltration. Elles servent généralement d'appui à des terrasses horizontales de largeur variable et aménagées en marches d'escalier successives.

b. les aménagements antiérosifs biologiques

Le reboisement : Les forestiers évoquent souvent le terme de «général biologique» pour désigner l'ensemble des techniques visant à constituer une couverture végétale capable de freiner les phénomènes érosifs et de réguler le régime des eaux.

Conclusion

D'après l'étude menée au chapitre 4, nous avons dégagé trois sites érodés auxquels, nous avons proposé des aménagements antiérosifs spécifiques à chacun. Ces sites sont situés dans des endroits où le degré de l'érosion hydrique n'est pas au même stade et où les conditions de terrain sont différentes.

Les aménagements choisis sont de nature biologique et mécanique, tel que :

- Le site 01 nécessite le reboisement de 204 plants de type pin d'alep car le sol est nu empêchant d'effectuer de grands travaux, seule une protection profonde par les racines sera adéquate ;
- Le site 02 nécessite 4 seuils en gabions métalliques distants l'un de l'autre de 48m pour une pente de 14,5% et une longueur de ravin de 200m ;
- Le site 03 a besoin de la réalisation de 10 murettes de 63m de longueur chacune, pour une pente de 16%.

Ces aménagements seront réalisés selon les fiches techniques respectives mentionnées plus haut pour une meilleure efficacité et une durée de vie prolongée.

Conclusion

Générale

Après l'enquête menée dans la zone d'étude, et les sorties scientifiques sur terrain, nous avons remarqué à premières vues que le bassin versant de l'Oued Harreza est érodé et la dégradation des sols est élevée, surtout à l'amont puisque la pente et la vitesse d'écoulement sont importantes.

Les techniques d'aménagement hydro-agricoles appliquées actuellement sur le bassin étudié sont diverses, nous recensons les pratiques agricoles telles que le blé et l'olivier, les labours perpendiculaires à la pente et double dérayure, on trouve également les plantations fruitières tel que l'amandier, le reboisement, les seuils en gabion et en grillage métallique ainsi que les plantations d'opuntia dans les zones sèche et érodé et ainsi que les zones nues.

Le travail qui reste à parfaire constitue une approche complémentaire des installations antiérosives déjà existantes. 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 préparer des fiches techniques.

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 localisation des sites choisis à aménager s'est basée principalement sur la carte de vulnérabilité des sols à l'érosion associée à d'autres critères. Ainsi, les 3 sites sont localisés aux domaines publics de Sidi Belkacem, à El-Ababssa et à Dheraâ l'enge respectivement.

Les aménagements proposés pour diminuer l'effet négatif du processus de l'érosion hydrique mentionnés dans l'ordre sont : Le reboisement, la correction torrentielle (seuils en gabion) et les murettes.

Une étude technique a permis de définir les spécifications de chaque types d'installation antiérosives tel que :

- 204 plants seront plantés sur 2877 m² pour le site 1;
- 4 seuils en gabions métallique distants de 48m seront réalisés sur un ravin d'une longueur de 200m, d'une profondeur maximale de 7m et d'une pente de 14,5% pour le site 2 ;
- 10 murettes de 63m de longueurs chacune seront réalisées sur un versant de 4319 m² pour une pente de 16% pour le site 3.

Ces techniques proposées doivent être accompagnées préalablement par des travaux de préparation préliminaires. Elles viennent compléter le schéma d'aménagement hydro-agricole déjà existant du bassin versant du barrage de l'Oued Harreza pour une lutte contre l'érosion et l'envasement de sa cuvette.

Références
Bibliographiques

Références Bibliographiques

Achite, M., Touaibia, B., Ouillon, S., 2006. Erosion hydrique en Algérie du Nord : Ampleur, Conséquences et Perspectives. 14th International Soil Conservation Organization Conference. Water Management and Soil Conservation in Semi-Arid Environments. Marrakech, Morocco, May 14-19, 2006 (ISCO 2006). 6 p.

Asnoui A., 2014. Mémoire de Master en Foresterie Option Aménagement et Gestion des Forêts Thème Contribution à l'étude des aménagements antiérosifs dans le bassin versant de l'Oued R'hiou (wilaya de Relizane).

Auzet A., L'érosion des sols par l'eau dans la région de grande culture : aspects agronomiques. CREG-URA 95 CNRS, Eds. : ministères de l'environnement et de l'agriculture,. 60p

Benaicha A., 2008 Mémoire de magister en hydraulique, étude des processus des transports solides et leur impact sur l'alluvionnement des barrages.

BENBLIDIA M., 1993 - "Eau et développement durable". In : Colloque Maghrébin Eau et Développement Durable, Alger, Algérie.

BERRAYAH M., 2006 – Analyse de la dynamique des systèmes et approche d'aménagement intégré en zones de montagnes cas des monts de Trara (Wilaya de Tlemcen). Thèse Magist. Sci. Univ. Tlemcen, 177 pages.

Bouallam allah O., et Fortass S., 2017. contribution à la localisation des zones productives de sédiments du bassin versant du barrage de harreza (wilaya de ein defla), p. 20-33

FAO, 1983. Garder la terre en vie : L'érosion des sols, ses causes et ses remèdes. Bulletin pédologique, vol. P.50-62.

Hadi F., Lachmi ben bokreta F., 2015. Contribution à la réalisation d'un schéma d'aménagement hydro agricole d'un bassin versant moyennement érodé (cas de bassin de harreza W. Ain defla, p32.

Hadidi A., 2008. contribution à la modélisation de l'érosion hydrique sur l'ensemble du bassin versant du chelif, , p 6-7

Harmattan.,2007. l'agroforesterie des arbres et des champs p76

Khaldi Y et belabdi M, 2007. contributions a l'étude de l'état d'envasement de barrage de sidi yaacoub thèse d'ingénieur université de Chélif.

Références Bibliographiques

Khalidi y., et Belabdi M., 2007. contribution à l'étude de l'état d'envasement de barrage sidi yaakoub, thèse d'ingénierie de l'université de Chélif.

Lagace 1989. contribution à l'étude de l'impact variabilité de transport, P.4

Meade R., Yuzyk T., et Day T., 1990. Movement and storage of sediments in the rivers of the united states and canada, in wolman M.G. and Riggs H.C. (eds) surface water hydrology. Geological society of america, boulder, colorado, . p. 255-280.

Ministère des affaires étrangères centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD), Groupe de recherche et d'échanges technologiques (GRET). Mémento de l'agronome.

Pnue ., 1997 Plan Blue, Note de méthode de l'observation méditerranéenne pour l'environnement et le développement, Sophia-antipolis.

Remini W., Remini B., 2003. La sédimentation dans les barrages de l'Afrique du Nord. Courrier du Savoir – N°04, p. 65-69

Riezebos H., Epema F., 1985. Drop Shape and erosivity. Part II Splash détachement, transport and érosivité indices. Earth Surface Processes and Landforms. 0(1) :69-74.

Roose E., Bailly Cl., Pieri C, J. Pare, Beaud M. Kaiser R., et Kilan J., 1984. L'érosion en zone tropicale, P.1.

Roose et piot ., 1984. Conservation des sols et des eaux dans les zones semi-arides, bulletin pédologique de la FAO 57 ;

Roy P., Tichoux H., 2007. Mésure de protection anti-érosive.

Stengel P., gelin S., Sol, interface fragile, Institut national de la recherche agronomique, rue de l'université -75338, paris cedex 07, p129.

Touaibia B., 2015. Le traitement des bassins versant dans la préservation de l'eau et du sol/ aménagements antiérosifs, p 6-59.

White .W, (1986) .Problèmes d'érosion, transport solide et sédimentation dans les bassins versants.

Références Bibliographiques

Références sitographiques

Web1:http://www.supagro.fr/ress_pepites/Opale/ProcessusEcologiques/co/Ruissellement.html

consulté le 10/07/2018

Web2:https://fr.wikipedia.org/wiki/Mur_de_soutènement#/media/File:Anchored_wall.jpg

consulté le 10/07/2018