

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



Universite Abou Bekr Belkaid de Tlemcen  
Faculté des sciences  
Département de Foresterie



**MEMOIRE**

Pour l'obtention du diplôme de Magistère en Foresterie

**Option : Gestion et conservation des écosystèmes**

**THEME :**

ANALYSE ET ÉVALUATION DES AMÉNAGEMENTS DE  
CONSERVATION DE L'EAU ET DU SOL À L'AMONT  
DU BARRAGE EL IZDIHAR DE SIDI ABDELLI  
TLEMCCEN – ALGÉRIE

**Présenté par : Zobiri Mohamed**

Soutenu le :.....

Devant le jury composé de :

Mr : Bouhraoua Rachid Tarek	Professeur	Président	Université de Tlemcen
Mr : Mazour Mohamed	Professeur	Encadreur	Université de Tlemcen
Mr : Elhaitoum Ahmed	Maître de conférences	Examineur	Université de Tlemcen
Mr : Morsli Boutkhil	Chargé de recherche	Examineur	INRF Tlemcen
Mr : Mankouri Mustapha	Invité	Conservation des forêts	A.Temouchent

# Remerciements

C'est à mon encadreur, Monsieur **Mazour Mohamed** Professeur à l'université de Tlemcen, que je dois respect et gratitude pour m'avoir guidé afin de mener à bien cette étude. Sa disponibilité durant toutes les étapes de ce travail, malgré ses nombreuses obligations, ses remarques pertinentes et ses suggestions ont sans cesse permise l'amélioration de la qualité de ce document.

Je voudrais également exprimer mes vifs remerciements aux membres du jury qui ont bien voulu juger ce travail :

- Monsieur **Rachid Tarek Bouhraoua**, Professeur à l'université de Tlemcen, pour l'honneur qu'il ma fait d'avoir accepté de présider le jury.
- Monsieur **Elhaitoum Ahmed**, Maître de conférence à l'université de Tlemcen pour l'honneur qu'il ma fait d'avoir accepté d'examiner ce travail.
- Je remercie tout particulièrement Monsieur **Morsli Boutkhil**, directeur de la station régionale de l'INRF de Tlemcen, Pour l'aide si précieuse, le soutien et les encouragements sans arrêt tout au long de ce travail, je lui exprime ma profonde gratitude.
- Monsieur **Mankouri Mustapha**, conservateur principal à la conservation des forêts Ain-Temouchent

Nombreuses sont les personnes qui m'ont aidé à franchir les obstacles et contraintes rencontrées durant la préparation de ce travail, mais je voudrais adresser mes remerciements plus particulièrement à :

- Monsieur **Mederbal K**, professeur au centre universitaire de Mascara et ces collaborateurs au sein du laboratoire de recherche scientifique sur les systèmes biologiques et la géomatique (LRSBG), envers que je suis reconnaissant pour qui m'ont permis de travailler et d'apprendre à travailler avec les logiciels Map info et l'Envi afin de réaliser les cartes.
- Monsieur **Boussaid Boumediene** pour tous les conseils efficaces et l'aide qu'il ma aimablement fourni.
- Monsieur **Reguig Mohamed** conservateur des forêts de Tlemcen pour son aide dans l'acquisition de la documentation nécessaire et pour leur compréhension.
- L'ensemble du personnel de la circonscription des forêts d'Ouled Mimoun et particulièrement le chef de circonscription pour leur aide.

J'exprime mes sincères remerciements au personnel de la conservation des forêts de Tlemcen.

Enfin mes vifs remerciements s'adressent à l'ensemble des enseignants qui ont contribués à ma formation, et à mes collègues de la promotion Magister« Gestion et conservation des écosystèmes ».

## Liste des abréviations

- ANAT** : Agence nationale d'aménagement du territoire
- CFT** : Conservation des forets de Tlemcen
- BNEDER** : Bureau National d'Etudes de Développement Rural
- CES** : Conservation des eaux et du sol
- DSA** : Direction des services agricoles
- FAO** : Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
- FIDA** : Fonds International de Développement Agricole
- INRF** : Institut National de la Recherche Forestière
- MADR** : Ministère d'Agriculture et du Développement Rural
- MICL** : Ministère de l'Intérieur et des Collectivités Locales
- PDAU** : plan directeur d'aménagement urbain
- PNDAR** : Plan National de Développement Agricole et Rural
- PPDRI** : Projet de Proximité de Développement Rural Intégré
- PNR** : Plan national de reboisement
- PNUD** : Programme des Nations Unies pour le Développement
- PNUE** : Programme des Nations Unies pour l'environnement
- SIG** : Système d'information géographique
- INSID** : Institut national des sols de l'irrigation et du drainage
- IRD** : Institut de Recherche pour le Développement (IRD)
- OROSTOM** : Office de la recherche scientifique et technique outre mer
- GACGC** : German Advisory Council on Global Change (Conseil consultatif allemand sur le changement climatique)

## Liste des tableaux

	Page
Tableau N°01 l'écartement entre les structures antiérosives en fonction de la pente .....	31
Tableau N°02 Répartition de la superficie de la zone d'étude.....	38
Tableau N°03 Répartition altimétrique du bassin versant Isser .....	41
Tableau N°04 Répartition altimétrique des trois sous bassin versant de la zone d'étude .....	41
Tableau N°05 Classes des pentes selon leur pourcentage dans les Bassins considérés .....	43
Tableau N°06 Présente des différentes caractéristiques du bassin versant Isser .....	45
Tableau N°07 Classifications de L'OROSTOM des reliefs .....	45
Tableau N° 08 Les formations lithologiques par rapport à la surface du bassin versant.....	48
Tableau N°09 Répartition de la superficie agricole totale.....	52
Tableau N°10 Evolution de la population de la commune d' Ain Nehala.....	53
Tableau N°11 Répartition de l'emploi par branche d'activité .....	53
Tableau N° 12 Résumé des caractéristiques des sous bassins versants de la zone d'étude .....	55
Tableau N° 13 Caractéristiques des stations pluviométriques choisis pour l'étude .....	58
Tableau N° 14 Précipitation moyennes mensuelles et moyennes annuelles des la zone d'étude... ..	59
Tableau N°15 Répartition saisonnière des Précipitations P (mm) .....	60
Tableau N°16 Moyennes mensuelles des températures période 1973-2006 Oued Lakhdar .....	62
Tableau N°17 Moyennes mensuelles des températures période 1972-2002 Sidi Abdelli .....	62
Tableau N°18 Moyennes mensuelles des températures période Bounakhla 1978-2005.....	62
Tableau N°19 Ambiance Bioclimatique dans les stations de la zone d'étude.....	65
Tableau N°20 Classification de l'indice de Lang en fonction du climat .....	65
Tableau N°21 Valeur de l'indice de Lang .....	65
Tableau N°22 Classification de l'indice d'aridité A en fonction du climat selon Martonne.....	66
Tableau N°23 Les valeurs de l'indice d'aridité" A "de Martonne de la zone d'étude .....	66
Tableau N°24 Localisation et caractéristiques des sous bassins versant .....	74
Tableau N°25 Classement des aménagements par action et par lieu (annexe 2).....	128
Tableau N°26 Classement des aménagements chronologiquement (annexe 3).....	129
Tableau N°27 Récapé des aménagements mécaniques à l'amont du barrage de Sidi Abdelli ....	76
Tableau N°28 Récapé des aménagements biologiques à l'amont du barrage de Sidi Abdelli ....	76
Tableau N°29 Bilan correction mécanique dans la zone d'étude .....	77
Tableau N°30 Aménagements biologiques réalisés dans les trois micros bassins versants .....	78
Tableau N°31 Types d'érosion .....	79
Tableau N°32 Etats des seuils en terre .....	84
Tableau N°33 Etat des seuils en gabion .....	85
Tableau N°34 Etat des seuils en pierre sèche .....	86
Tableau N°35 Fonctionnement des aménagements mécaniques .....	96
Tableau N°36 Coût unitaire par types de seuils .....	97
Tableau N°37 Résultats des estimations financière .....	98
Tableau N°38 Durabilité des seuils .....	98

## Liste des figures

	Page
Figure N°01 L'érosion géologique ou naturel .....	07
Figure N°02 Les Principales étapes de l'érosion accélérée par l'eau .....	08
Figure N°03 Les formes d'érosion dans un versant .....	10
Figure N°04 Processus de ravinement .....	12
Figure N°06 Ouvrage type de la correction torrentielle .....	36
Figure N°08 Carte de situation géographique de la zone d'étude .....	39
Figure N°09 Carte hypsométrique de la zone d'étude .....	42
Figure N°10 Représentation graphique des altitudes de la zone d'étude .....	42
Figure N°11 Carte des pentes de la zone d'étude .....	44
Figure N°12 Représentation graphique des pentes de la zone d'étude .....	44
Figure N°13 Carte d'exposition de la zone d'étude .....	46
Figure N°14 Carte géologique de la zone d'étude .....	49
Figure N°15 Carte du Réseau Hydrographique de la zone d'étude .....	50
Figure N°16 Courbes des précipitations moyennes mensuelles et annuelles des de la zone d'étude .....	59
Figure N°17 Histogrammes des précipitations moyennes mensuelles et annuelles de la zone d'étude .....	60
Figure N°18 Répartition saisonnière des précipitations .....	61
Figure N°19 Diagramme Ombrothermique de Bagnoulis et Gaussen Station de oued Lakhdar ....	64
Figure N°20 Diagramme Ombrothermique de Bagnoulis et Gaussen Station De Sidi AbdelLi ....	64
Figure N°21 Diagramme Ombrothermique de Bagnoulis et Gaussen Station Bounakhla .....	64
Figure N°22 Localisation des stations sur Climagramme d'Emberger .....	67
Figure N°23 Délimitation de la zone d'étude sur carte d'Etat Major .....	74
Figure N°24 Histogramme des aménagements mécaniques .....	77
Figure N°25 Histogramme des aménagements biologiques .....	78
Figure N°26 Carte d'occupation du sol de la Wilaya de Tlemcen .....	82
Figure N°27 Cartographie des Aménagements réalisé dans la zone d'étude .....	89
Figure N°28 efficacité des seuils de correction torrentielle .....	106
Figure N°29 Stabilités des seuils de correction torrentielle .....	106
Figure N°30 adaptabilité des seuils de correction torrentielle.....	106
Figure N°31 reprise biologique.....	106

## Liste des photos

	<b>Page</b>
Photo. N° 01,02 Érosion en griffe .....	20
Photo. N° 03 Érosion en rigole .....	20
Photo N°04 Ecoulement s/ terrain .....	20
Photo N° 05-06 Érosion en ravines .....	20
Photo N°07 Seuils en pierre sèche .....	39
Photo N°08 Seuils en gabion .....	39
Photo N°09 Seuils en terre .....	39
Photo N°10 Seuil en maçonnerie (ou en Béton).....	39
Photo N°11,12 Seuil en pneu .....	39
Photo N°13, 14, 15, 16,17 l'approfondissement des ravines	56
Photos n°18 Labour dans le sens de la pente.....	56
Photo N°19 Erosion régressive.....	57
Photo N°20 Ravine en suffosion dans la zone de Sidi El AbdelLi	57
Photo N°21 ,22 Ravine en V dans la zone de Sidi El AbdelLi	57
Photo N°23 Réseau de banquettes attaqué par le ravinement....	57
Photo N°24 zone très érodable .....	57
Photo N°25 Mesure d'un seuil à l'amont du barrage de sidi EL Abdelli....	85
Photo N°26 Seuil en terre très stable .....	107
Photo N°27 Bassin de décantation d'un seuil en terre détruit par les mouvements du sol	107
Photo N° 28,29 Dégradation de la digue et du déversoir du seuil de terre .....	107
Photo N° 30 Seuil en Gabion sur dimensionné Bounakhla-Heriz .....	107
Photo N° 31 Seuil en pierre sèche emporté par les eaux .....	107
Photo N°32 Fixation des berges avec du pin d'Alep (sous bassin versant de Heriz) .....	108
Photo N°33 Fixation biologique des versants marneux : utilisation d'un mélange d'espèces (Pin d'Alep, et cyprès dans la zone d'étude	108
Photo N° 34 La zone est occupée essentiellement par la céréaliculture. Le taux de la couverture végétale naturelle et très faible	108
Photo N°35 surexploitation du couvert végétale (Surpâturage) .....	108
Photo N° 36 Reprise biologique à l'amont des seuils en gabion composée essentiellement de Zizyphus, Calycotome et strate herbacés diverses.	108
Photo N° 37 Plantions d'arbres à l'amont du barrage : olivier sur des versants marneux .....	108

## Résumé

L'Algérie a réalisé un effort considérable pour la protection des bassins versants, lutte contre l'envasement des barrages, et aussi pour la protection des terres agricoles. Les conséquences de l'érosion hydrique sont désastreuses et spectaculaires, menaçant l'envasement précoce des barrages en exploitation. Depuis 1980 un grand nombre d'aménagement a eu lieu dans les bassins versants de la Wilaya de Tlemcen. Notre bilan et analyse des aménagements anti érosifs basé essentiellement sur deux types d'aménagements, aménagements mécaniques (en particulier seuils en gabion, en pierres sèches, seuils en terre), et aménagements biologiques (répartie entre reboisement, plantation fruitière, et viticole). L'examen de la situation des aménagements montre qu'il y a des lacunes dans les techniques et démarches de la conservation de l'eau et du sol (l'objectif prioritaire est peu clair et mal hiérarchisé, réalisation sans études préalables, conception et construction des ouvrages pas toujours conformes aux normes, pas de détermination des zones de priorité d'intervention, une grande partie des seuils ne jouent pas leur rôle (plus de 30 %), la majorité des espèces végétales de fixation des berges choisies ne sont pas adaptées, le manque de suivi et d'entretien, l'absence de sensibilisation des populations riveraines). L'aménagement du bassin versant pour lutter contre le ravinement et l'envasement exige un choix rigoureux des ravins à traiter en priorité, un choix du type d'aménagement à préconiser et une connaissance avérée du fonctionnement hydrodynamique des micros bassins versant

**Mots clés :** Barrage El Izdihar, Bassin versant, Ravine, C.E.S, Correction torrentielle, Envasement, Evaluation.

## Abstract

Algeria has made great efforts for watershed protection, fight against the silting of dams, and also for the protection of farmland. The consequences of erosion are dramatic and disastrous, threatening premature of dams in operation. Since 1980 a large number of development has occurred in the watershed of the wilaya of Tlemcen. Our review and analysis of anti-erosive development based essentially on two types of accommodations, mechanical arrangements (especially thresholds gabions, dry stone threshold into the ground), and biological development (divided between reforestation, planting fruit and wine). The review of the status of development shows that there are shortcomings in the techniques and approaches to water conservation and soil (the objective is unclear and hierarchical implementation without preliminary studies, design and construction works not always compliant, no determination of priority areas for intervention, much of the thresholds are not playing their role (more than 30%), the majority of plant species selected for setting the banks are not suitable The lack of monitoring and maintenance, lack of awareness among local populations). The watershed management in the fight against gully erosion and siltation requires careful selection of ravines that matter most, choose the type of development and to advocate a proven knowledge of hydrodynamic micro catchments

**Keywords:** Dam El Izdihar, Watershed, Ravine, Gully, Conservation of water and the ground , torrential Correction, Silting, and Evaluation.

## ملخص

الجزائر بذلت جهودا كبيرة لحماية الأحواض الصبابة، ومكافحة انجراف التربة والسدود ، وأيضا لحماية الاراضى الفلاحية. آثار التعرية المائية هي مأساوية وكارثية تهدد السدود بالتوحد المبكر. منذ عام 1980 عددا كبيرا من المشاريع التنموية انجزت في الاحواض الصبابة لولاية تلمسان. حوصلة وتحليل هاته المشاريع المضادة للانجراف تستند أساسا إلى نوعين و هما: الترتيبات الميكانيكية (لا سيما سدود التراب سدود بالشباك، ..) ، والترتيبات البيولوجية (مقسمة بين إعادة التشجير وزراعة الفاكهة والكروم). استعراض لحالة المشاريع يبين أن هناك فراغات في أساليب ونهج لحفظ المياه والتربة (الهدف غير واضح وضعف اختيار الأماكن ذات الأولوية ، نقص في الدراسات الجدوى والتصميم والبناء ، عدم تحديد مجالات التدخل ذات الأولوية ، فإن الكثير من العتبات لا تلعب دورها (أكثر من 30 ٪) ، غالبية الأنواع النباتية ليست مناسبة ، عدم وجود الصيانة ، وقلة وعي السكان المحليين). تهيئة و حماية الأحواض الصبابة من اجل مكافحة توحد السدود يتطلب الاختيار الدقيق للأودية ذات الأولوية، واختيار نوعية المشاريع للانجاز، المعرفة العميقة حول هيدروديناميكية الأحواض الصبابة.

**الكلمات الرئيسية :** سد الإزدهار ، الأحواض الصبابة ، حفظ المياه والتربة، تصحيح السيول، التوحد ، التقييم

## Problématique

Les pays du Maghreb, situés dans un étage bioclimatique aride à semi-aride, sont soumis à une forte érosion et à des taux d'envasement parmi les plus élevés dans le monde des barrages.

L'Algérie dispose de plus de 110 barrages en exploitation totalisant une capacité de 4,5 milliards de m<sup>3</sup> et permettant de régulariser un volume annuel de 2 milliards de m<sup>3</sup> utilisées pour l'A.E.P., l'industrie et l'irrigation. Or du fait de l'érosion assez sensible, l'Algérie perd annuellement une capacité estimée à 20 millions de m<sup>3</sup> par le dépôt des sédiments dans les retenues. La majorité des barrages en Algérie ont une durée de vie de l'ordre d'une trentaine d'années (Remini, 2000).

L'érosion était déjà bien connue en Algérie, mais, de nos jours, elle prend de plus en plus de l'ampleur. Elle reste une préoccupation majeure et malgré les importants investissements consentis, les terres continuent à se dégrader et les barrages à s'envaser. Les coûts d'aménagement et d'entretien ainsi que les pertes de productivité, se chiffrent par milliards de dinars.

En Algérie, Ce phénomène est encore plus grave lorsque l'on sait que 85% des terres cultivables, soit 6 millions d'hectares, sont situées dans les zones les plus sensibles à l'érosion (Chabani, 1996).

Parmi les facteurs qui sont la raison d'être de la dégradation des sols en Algérie, on peut citer, le relief ainsi que la nature et l'état des matériaux du sol, la torrencialité de l'écoulement de l'eau, les irrégularités climatiques, les formations géologiques marneuses peu résistantes à l'écoulement, la faible densité du couvert végétal, la surexploitation des terres et le surpâturage, les modes de cultures, le type de mécanisation agricole, ...etc.

De grands moyens ont été déployés depuis plusieurs décennies, mais ces efforts en matière d'aménagement et de protection des sols n'ont pas toujours atteint leurs objectifs. Des échecs ont été constatés au niveau de nombreux aménagements. Malgré 40 ans de lutte antiérosive dans les hauteurs des bassins versants, les sols continuent à se dégrader et les barrages à s'envaser à un rythme accéléré (Heutsch, 1986).

La problématique de l'envasement des barrages a été à l'origine de nombreux projets d'aménagement anti-érosifs en Algérie. Des investissements importants ont été consentis pour protéger les bassins versants et notamment celui de l'Isser dans la wilaya de Tlemcen pour réduire les transports solides et prévenir l'envasement de ce barrage.

A titre indicatif, dans la zone marneuse de Sidi Abdelli dans le bassin versant de l'Isser, les pertes en terres par ravinement ont atteint 300t/ha/an (Roose et *al*, 2000) et l'érosion en nappe sur sol nu en pente peut atteindre les 7 t/ha/an (Mazour, 2001).

Beaucoup d'aménagements de conservation de l'eau et du sol (C.E.S) ont été réalisés à l'amont du barrage comme la correction torrentielle qui représente l'intervention la plus dominante avec un volume de 181 290 m<sup>3</sup>. Ces aménagements avaient principalement pour objectif la protection du barrage contre l'envasement :

- En diminuant l'activité de l'érosion linéaire (ravinement) et l'érosion en nappe ;
- En réduisant les glissements des terrains, les éboulements qui menacent les infrastructures (canaux, pont, routes de la région) et les ruissellements ;
- En retenant les sédiments au niveau des versants et
- En améliorant les modes de gestion des terres.

Malgré tous ces investissements l'érosion hydrique continue à se manifester d'une manière de plus en plus dangereuse et provoque régulièrement des dégâts aux cultures, routes et autres infrastructures et les barrages continuent aussi à s'envaser de façon inquiétante.

L'efficacité de ces aménagements reste encore discutable et aujourd'hui s'impose plus que jamais l'analyse rigoureuse des choix des différents types de techniques et d'aménagements antiérosifs à la lumière d'une démarche nouvelle intégrant l'ensemble des facteurs de risque, les impératifs de production agricole, la protection des ouvrages hydrauliques stratégiques ainsi que les aspects environnementaux.

Ceci va nous amener à examiner l'ensemble des aménagements en vue d'établir la situation actuelle de ces derniers, voir leur comportement et se prononcer sur leur efficacité. Un bilan sera réalisé enfin suite à une démarche méthodologique précise.

Face à cette situation, il est nécessaire et urgent de réfléchir à des stratégies et des techniques à la mesure des enjeux actuels et futurs.

## Introduction :

En Algérie, les conséquences de l'érosion hydrique sont désastreuses et spectaculaires, offrant un paysage nu et sillonné par un ravinement intense, menaçant d'un envasement précoce des barrages en exploitation. 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. Avec une érosion spécifique moyenne annuelle variant entre 2000 et 4000 tonne/km<sup>2</sup>, l'Algérie se classe parmi les pays les plus érodables du monde (Demmak, 1982).

La dégradation du couvert végétal et l'utilisation irrationnelle des terres par l'homme sont les facteurs générateurs de l'érosion, un des graves problèmes que connaît actuellement l'Algérie.

La généralisation et l'extension de ce phénomène revêtent des aspects inquiétants, voire catastrophiques ; elles se soldent par la perte annuelle de 40.000 ha de terre arable (Greco, 1966) dont l'une des conséquences directes est l'envasement des barrages.

Le phénomène de l'envasement des barrages, de par la situation géographique du pays (zone semi-aride), constitue un enjeu d'envergure nationale.

Selon (Taabni et Kouti, 1992), Le volume de terre arraché chaque année des bassins versants par l'érosion et déposée au niveau des barrages est estimé à 100 millions de m<sup>3</sup>. Nos barrages se transforment de plus en plus en réceptacles de vase que d'eau. En effet, le phénomène de l'envasement touche les pays du Maghreb, mais plus particulièrement l'Algérie et s'est accéléré années après années. Les retombées sont directes et graves sur l'économie nationale et sur le développement de la société tout entière.

L'eau et l'énergie constitueront le défi du XXI<sup>e</sup> siècle. Sachant qu'en Algérie les barrages de taille et d'importance diverses ne recueillent en fait que 5% des précipitations atmosphériques, le problème apparaît dès lors dans toute sa gravité (Abdelli et Zeggane, 2007). D'importantes quantités de pluies rejoignent la mer, ou reviennent vers l'atmosphère par évaporation.

L'envasement des barrages est la conséquence directe de l'érosion entamée plus en amont sur les bassins versants, c'est le cas du barrage El Izdihar de Sidi Abdelli Willaya de Tlemcen dont les ressources sont précieuses pour l'alimentation en eau potable de certaines villes de l'Ouest Algérien ainsi que l'irrigation dans la région. A titres indicatifs, notant que les apports solides annuels à l'El Izdihar sont de l'ordre 600 000 m<sup>3</sup>. (Direction du barrage Izdihar Mai 2008).

Face à la dégradation des écosystèmes dans les montagnes et l'envasement des barrages, l'Algérie entreprendre un programme de grande envergure visant à lutter contre l'érosion et la dégradation du sol par des aménagements anti-érosives appropriées (Reboisement, correction torrentielle, utilisation rationnelle des terres, ouvertures des banquettes ...etc.).

- Est ce que ces aménagements sont à leur place ?
- Les aménagements répondent-ils aux objectifs en matière de lutte anti-érosive :
  - a) maintien le sol sur place ?
  - b) maintien la fertilité ?
  - c) conserver l'eau sur place ?
  - d) réduire le taux d'envasement ?
  - e) répondent- ils aux préoccupations de la population locale ?

C'est là autant de questions qui méritent beaucoup de réflexion.

Pour cette étude nous avons tenté de répondre à ces questions par une analyse de ces aménagements réalisés dans les micros bassins versants de Sidi Mohamed Chérif, Bounakhla-heriz et Ain El Hammam. Cette analyse nous a amené à exposer certaines études préalables, telle que l'étude des processus de l'érosion dans la zone, l'analyse des stratégies de C.E.S et l'inventaire de tous les aménagements de conservation de l'eau et du sol réalisés dans le bassin versant de Isser partie amont du barrage de Sidi Abdel li.

Le déroulement de ce travail s'articulera autour de quatre parties, à savoir :

- **La première partie**, concerne les phénomènes de dégradation des sols, stratégies et aménagements de conservation de l'eau et du sol, description de la correction torrentielle.
- **La deuxième partie**, tentera de caractériser les trois micros bassins versants de la zone d'étude.
- **La troisième partie**, sera consacrée à l'inventaire et classement des aménagements de C.E.S par type et par lieu de réalisation, la cartographie des sites d'aménagements et des techniques de lutte contre l'érosion et à l'examen et l'analyse du comportement des aménagements.
- **La quatrième partie**, fera l'objet de l'analyse des résultats ainsi que des propositions et orientations quant à l'aménagement et le traitement des bassins et ravines.

## CHAPITRE I : CONSERVATION DE L'EAU ET DU SOL

### Introduction

La conservation de l'eau et du sol (C.E.S) se définit comme le combat contre la dégradation des ressources en eau et sol. Elle implique également la défense et la restauration des sols. La CES est un devoir de l'homme d'aujourd'hui envers les générations futures. Sa pratique implique l'inventaire et la caractérisation des phénomènes de dégradation des sols concernés, la définition et la mise en œuvre des méthodes adéquates de prévention et de lutte contre ces phénomènes.

### 1. Objectifs de la C.E.S :

L'érosion est un phénomène très complexe qui contribue à la disparition de la bonne terre par le vent et l'eau. L'eau et le sol sont les supports de tout développement durable dont la conservation est un impératif aujourd'hui plus que jamais. Plusieurs stratégies de conservation de l'eau et du sol ont été utilisées depuis le début du siècle passé :

- Restauration des terrains de montagne (RTM)
- La défense et restauration des sols (D.R.S)
- Gestion conservatoire de l'eau et du sol (G.C.E.S)

La conservation de l'eau et du sol a pour objectifs principalement :

- ❖ L'amélioration de la production agricole en gérant au mieux les deux ressources essentielles : L'eau et le sol.
- ❖ Assurer une durabilité de cette production.

### 2. Phénomène de la dégradation des sols

La dégradation des sols a des effets visibles sur l'environnement physique et des conséquences socio-économiques négatives. On estime que 23 % de l'ensemble des terres utilisables (ce qui exclut, par exemple, les montagnes et les déserts) souffrent de dégradation à un point tel que leur productivité s'en trouve réduite (PNUE, 1992; Oldeman *et al.*, 1990). Au début des années 1990, environ 910 millions d'hectares de terre étaient recensés comme « modérément dégradés », la productivité agricole s'en trouvant réduite de beaucoup. Au total, c'est 305 millions d'hectares de sols qui étaient recensés comme « fortement dégradés » (296 millions d'hectares) ou « extrêmement dégradés » (9 millions d'hectares, dont plus de 5 millions en Afrique). Les sols « extrêmement dégradés » ne peuvent plus être régénérés (Oldeman *et al.*, 1990). L'érosion des sols est un des facteurs principaux de leur dégradation et perturbe profondément les

fonctions du sol, notamment son rôle de tampon et de filtre des polluants, le rôle qu'il joue dans le cycle hydrologique et dans le cycle de l'azote, et sa capacité de fournir un habitat et de soutenir la diversité biologique.

## **2.1. Processus de dégradation des sols :**

Selon le GACGC (1994), les principaux types de dégradation du sol sont l'érosion hydrique (56 %), l'érosion éolienne (28 %), la dégradation chimique (12 %) et la dégradation physique (4 %). La dégradation du sol est causée par le surpâturage (35 %), la déforestation (30 %), les activités agricoles (27 %), la surexploitation de la végétation (7 %) et les activités industrielles (1 %).

Différents processus peuvent contribuer à la dégradation des sols : l'érosion, la salinisation, la contamination, le drainage, l'acidification, la latérisation et la disparition de la structure du sol, ou encore la combinaison de ces facteurs.

### **2.1.1. L'érosion :**

**2.1.1.1. Définition :** l'érosion vient de l'éroder, verbe latin qui signifie « Ronger ».

L'érosion ronge la terre d'où l'interprétation de certains auteurs qui décrivent l'érosion comme la lèpre qui ronge la terre. L'érosion, c'est toutes les formes d'usure de la couche superficielle de l'écorce terrestre (hydrique, éolienne, glaciaire, fluviale, littorale...).

### **2.1.1.2. Différent types d'érosion :**

**2.1.1.2.1. Erosion Géologique :** processus naturel étalé sur une très longue période se traduisant par une usure des reliefs dont les matériaux remplissent les dépressions topographiques de sédiment érodé. Fig n°01.



**Fig n° 01 L'érosion géologique ou naturelle**

**2.1.1.2.2. Erosion Accélérée ou Anthropique :** Erosion très rapide qui peut avoir des conséquences très dommageables à court terme. L'érosion accélérée est de 10 à 1000 fois plus destructive que l'érosion géologique. Selon Roose (1973), l'érosion géologique entraîne des pertes moins que l'érosion accélérée à titre d'exemple les pertes de l'érosion géologique sont de l'ordre de 10 à 100 t/km/an, alors que l'érosion accélérée les pertes en terres entre 10 à 1000 fois plus fortes.

Les facteurs augmentant la prédisposition des sols à être érodés sont :

- Déforestation
- Surpâturage
- L'intensification de l'agriculture
- Pratiques agricoles inadéquates (culture dans le sens de la pente, sol nu entre les cultures ...etc.)
- Les incendies

**2.1.1.2.3. Erosion sèche ou aratoire (ploughing érosion) :** c'est le résultat répétitives exercés par les labours c'est à dire l'utilisation des instruments aratoires provoquant le décapage des horizons superficiels du haut des pentes.

**2.1.1.2.4. Érosion hydrique :** c'est l'érosion la plus répandue dans notre zone d'étude, ce qui nous a amené à donner plus de détails sur cette forme. L'érosion hydrique est l'une des

causes majeures de la dégradation des sols dans le monde. Ce phénomène, essentiellement irréversible, entraîne une perte de potentiel de production du sol là où il est décapé et, au-delà, de nombreux dégâts ; coulée boueuse, parfois violentes, détérioration de la voirie, d'ouvrages d'art, pollution de l'eau par des molécules dissoutes, des particules en suspension, Eutrophisation...etc.

L'érosion hydrique est influencée par les façons culturales pratiquées et les aménagements qui se trouvent sur le territoire cultivé.

#### 2.1.1.2.4.1. Principales étapes de l'érosion accélérée par l'eau :

Les principales étapes de la dégradation se résument comme suite Fig n°02 :

- Détachement des particules de sol par l'impact des gouttes de pluie et l'eau de ruissellement
- Transport
- Disposition des particules à l'aval.

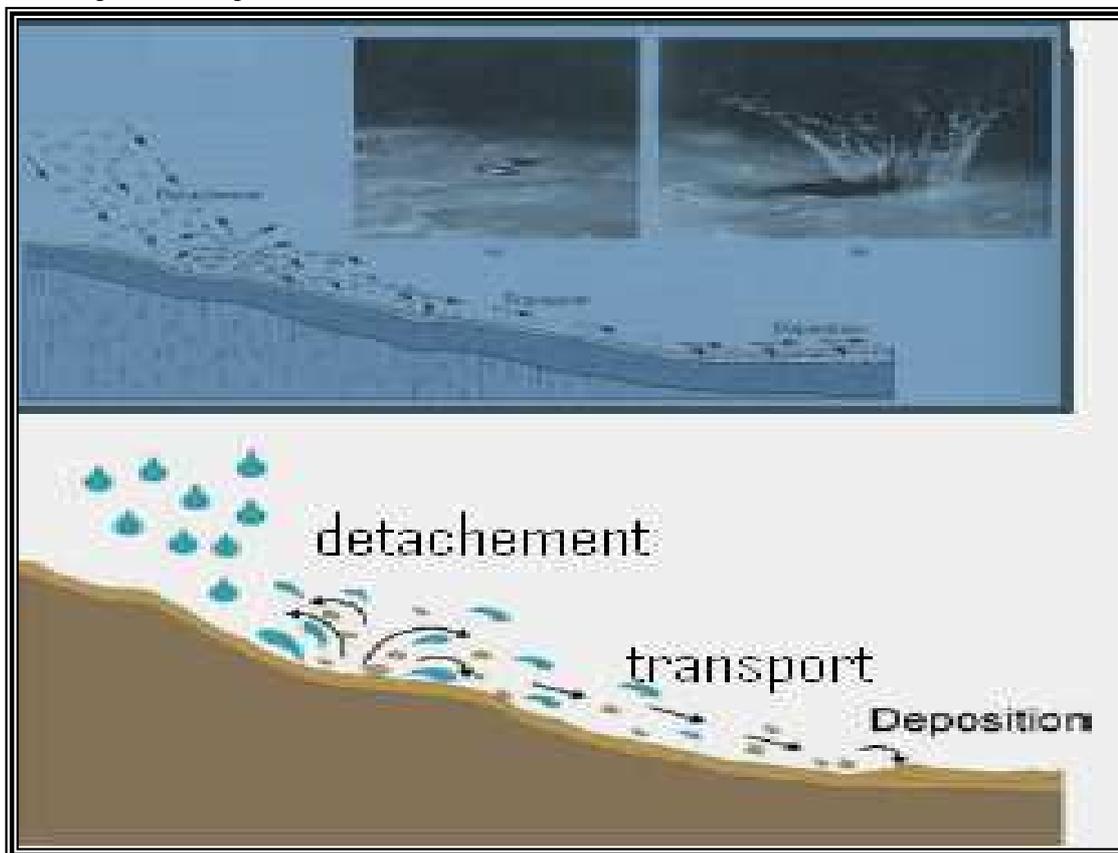


Fig n° 2 Les principales étapes de l'érosion accélérée par l'eau

**2.1.1.2.4.2. Différents types d'érosion hydrique :** la distribution des formes d'érosion dans un versant se présente comme suit Fig n° 03

**2.1.1.2.4.2.1. Erosion de rejaillissement (Splash érosion) :** C'est l'érosion élémentaire causée par l'effet des gouttes des pluies, les gouttes de pluie brisent les mottes (splash), projettent la terre en tous sens et réduisent la perméabilité du sol.

**2.1.1.2.4.2.2. Erosion en nappe ou Sheet érosion :** c'est le stade initial de la dégradation des sols par l'érosion. On parle de l'érosion en nappe ou aratoire lorsque l'énergie des gouttes de pluie s'applique sur toute la surface du sol et que le transport des sédiments s'effectue par le ruissellement en nappe cette forme d'érosion est caractérisée par deux symptômes :

**a. Premier symptôme :** présence de plage de couleur claire aux endroits les plus découpés, les plus agressés des champs.

**b. Deuxième symptôme:** la remontée des cailloux en surface par les outils de travail du sol.

**2.1.1.2.4.2.3. Erosion linéaire :** est un indice que le ruissellement s'est organisé, qu'il a pris de la vitesse et acquis une énergie cinétique capable d'entailler le sol et d'emporter des particules de plus en plus grosses, non seulement des argiles et des limons, mais des graviers ou des cailloux et des blocs lorsqu'il sera organisé en ravine.

#### **2.1.1.2.4.2.3.1. Types d'érosion linéaire**

**.3.1.1. Erosion en griffe** ou Rill érosion : elle se manifeste par le ruissellement et la formation de stries, de griffe, les griffes ont une largeur de 10 cm et moins de 10 cm de profondeur, généralement sont formées au niveau des jachères nues, dans les paysages se présentent comme des lignes parallèles le long des versants. Planche n°1

**.3.1.2. Rigoles :** est une dépression suffisamment petite issue de l'évolution des griffes en longueur, ces griffes deviennent des sillons de dimension plus importantes et de largeur variable liés à la longueur de la pente, la profondeur d'une rigole dépasse 10 cm et moins de 50 cm. Les rigoles peuvent être effacées par des techniques culturales.

**.3.1.3. L'érosion en ravine (Erosion par ravinement)** Gully érosion Planche n°1. La ravine est une rigole approfondie de profondeur qui dépasse 50 cm, ces ravines ne sont pas effaçables par les techniques culturales, l'intensification de ruissellement transforme la ravine en grosses ravines. Les griffes d'érosion apparaissent dès que les filets d'eau

réussissent à se concentrer et à inciser le sol ; on distingue :

- les ravines individualisées : ce sont d'anciens rills qui se sont approfondis.
- les ravines hiérarchisées comportant de nombreuses ramifications.
- les bad-lands : ce sont les "mauvaises terres", caractérisées par des entailles trop ramifiées et une destruction complète de la surface topographique ancienne.

réussissent à se concentrer et à inciser le sol ; on distingue :

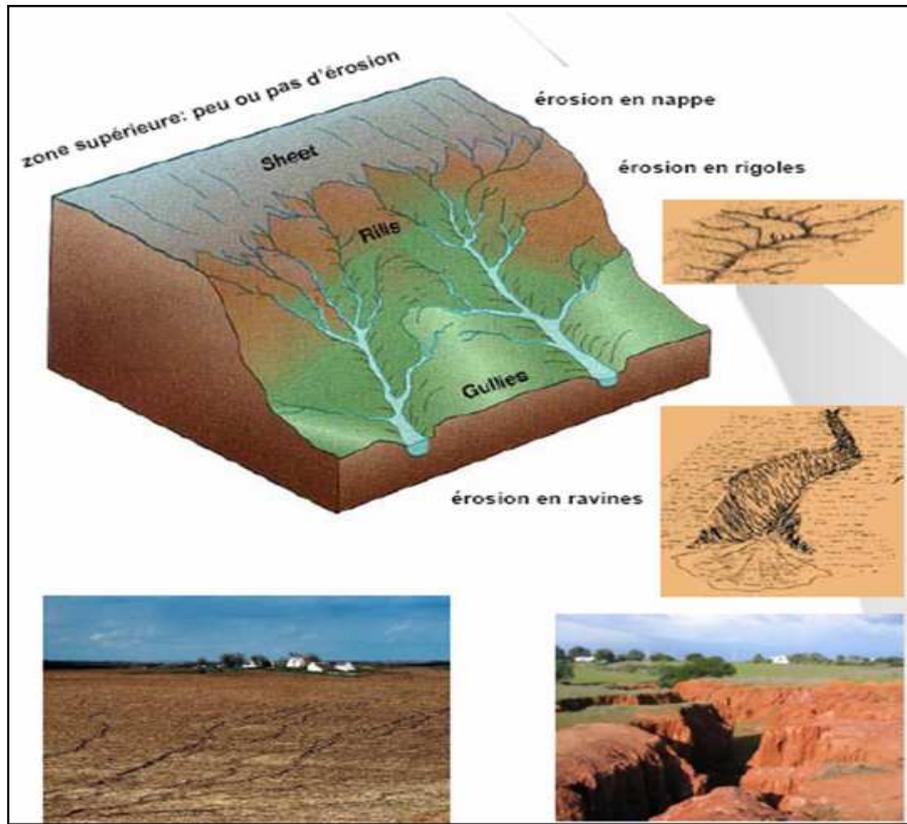


Fig.n°03 les Formes d'érosion dans un versant (Mermoud, 2007)

**2.1.1.2.4.3. Processus de ravinement :** Avant de chercher les moyens de traiter une ravine il faut d'abord étudier les causes principales de la dynamique du ravinement (Hudson, 1973). Les ravines sont spectaculaires, mais leur activité est très variable dans le temps et dans l'espace. Certaines sont anciennes mais stabilisées après une longue période d'activité, d'autres sont récentes et agressives. D'après Roose (1999), il existe trois processus de ravinement, fig. n°04

**2.1.1.2.4.3.1 Ravinement en V :** Se développe sur des matériaux homogènes comme les altérites d'argilite, de schiste et de marne. Une fois la couverture pédologique décapée, le ravinement progresse en deux temps :

\* Durant une **première période** de plusieurs mois la roche se détend et s'effrite sous l'effet de l'alternance de périodes sèches et humides et libère des particules de la taille des sables grossiers (appelés frîtes). Ces particules peu cohérentes migrent vers le fond de la ravine par érosion éolienne en saison sèche, par la battance des gouttes de pluie, par ravinement, reptation ou glissement de plaques le long des versants en période humide.

\* Dans un **deuxième temps**, à l'occasion d'une averse abondante tombant sur un sol déjà humide, le fond de ravine est décapé par le ruissellement venant de l'impluvium. Il peut circuler sous forme de lave torrentielle très dangereuse (mélange très dense de blocs de rochers et d'une matrice d'altérite qui circule rapidement en arrachant tout sur son passage), ou de ravinement plus classique sur pentes plus faibles sous forme de ruissellement dont la charge peut dépasser 10 à 100 kg par m<sup>3</sup> (GTZ, 1996). Le décapage du fond de ravine au-delà des sédiments déposés lors de la première période maintient le déséquilibre des berges et la forme en (V) de la ravine au cours de sa croissance (Olivry et Horelbeck, 1990).

**2.1.1.2.4.3.2. Ravinement en U :** Se développe sur des matériaux hétérogènes comme les couvertures pédologiques (formes juvéniles) et les croûtes calcaires. Les rigoles qui naissent à la surface des champs, si elles ne sont pas effacées par les techniques culturales, s'approfondissent verticalement en décapant le fond jusqu'à rencontrer une couche cohérente qui la force à s'élargir pour évacuer les débits de pointe qui augmentent avec la dégradation physique du milieu. Les berges s'élargissent par effondrement et évacuation postérieure des terres.

**2.1.1.2.4.3.1.3. Les ravines en tunnel (en suffosion) :** se forment dans des matériaux riches en argiles gonflantes ou en sels solubles (cas des marnes gypseuses). Les eaux circulant dans la masse du sol emportent les argiles ou les sels solubles et forment des cavités linéaires qui grandissent progressivement jusqu'à l'effondrement du toit. Ces ravines progressent par bonds après un travail de sape souterrain. Ce sont les ravines les plus dangereuses car leur évolution est imprévisible et leur stabilisation difficile (extension du drainage par un travail grossier de la surface de l'impluvium et ralentissement de l'évacuation du drainage). Le travail grossier mais répété du sol permet de transformer la zone en ravineau évasé bien drainé superficiellement. Cette évolution réduit l'infiltration localisée qui exacerbe le creusement de

tunnels. On peut dire que l'érosion en suffusion est un écoulement hypodermique c'est à dire enfouissement de l'eau dans le sol.

**.3.4. Bad-lands (mauvaise terre) :** c'est le stade ultime du ravinement ou tous les aménagements sont difficiles.

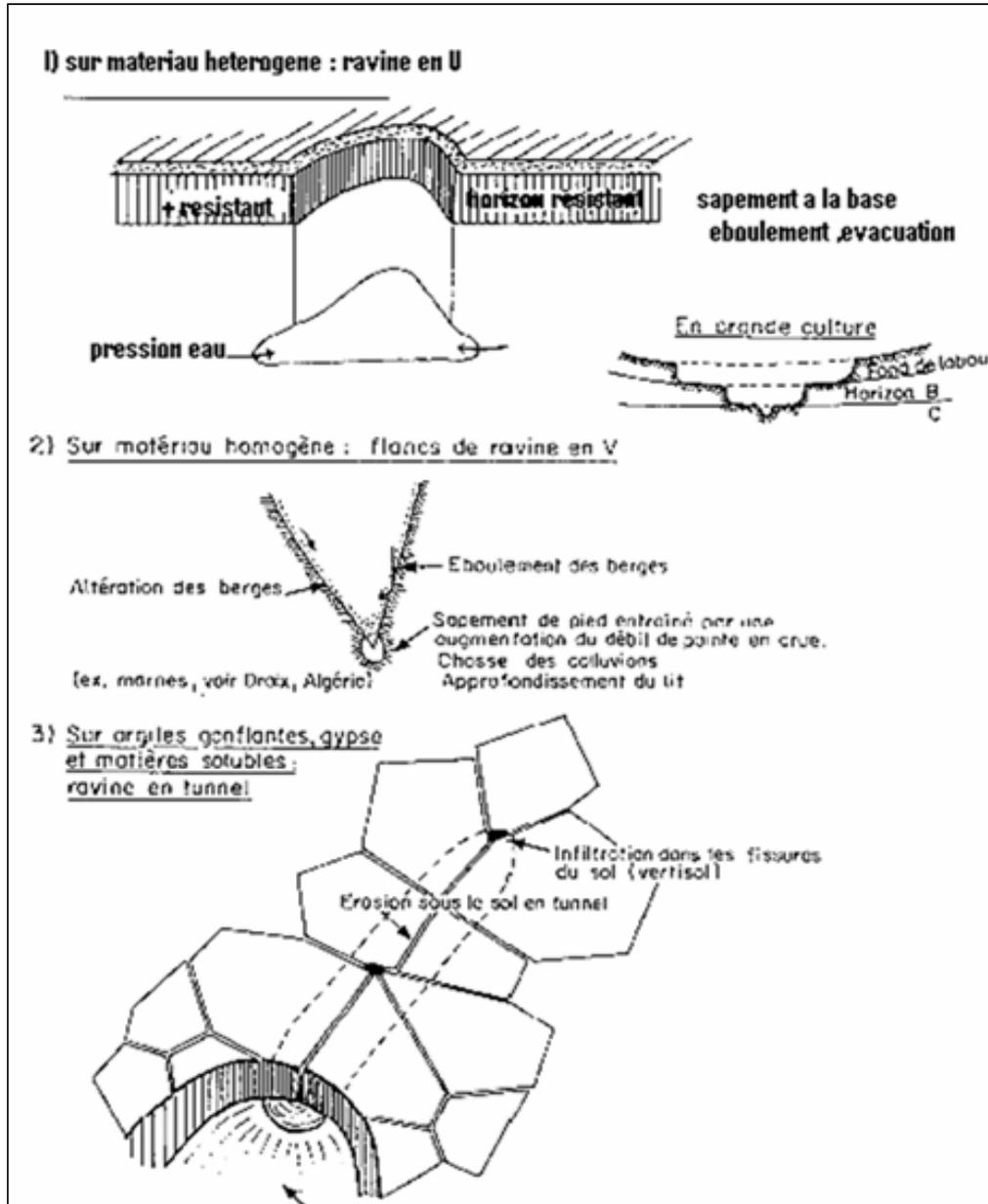


Fig n° 04 Processus de ravinement en relation avec leur typologie (Roose, 2000)

**2.1.1.2.4.4. Les paramètres contrôlant le développement des ravines :** Le ravinement dépend de l'énergie du ruissellement, laquelle dépend de la masse du ruissellement multiplié par le carré de sa vitesse (Roose, 1994).

**2.1.1.2.4.4.1. Masse du ruissellement :** varie en fonction des paramètres suivants :

**2.1.1.2.4.4.1.1. Pluie :** l'intensité des orages tombant sur sols nus finement préparés pour former un lit de semence en début de saison des pluies (automne). L'abondance et la fréquence des pluies à aussi beaucoup d'importance car ces paramètres règlent le déficit de saturation du sol. Ainsi en hiver, les sols sont vite engorgés et ruissellent plus rapidement (Rapp, 1972 ; Mathys *et al*, 2000).

**2.1.1.2.4.4.1.2. Lithologie :** les divers types de roches et leur structures donnent une indication précieuse sur la capacité d'infiltration des zones occupées par les roches et par les sols et en conséquence sur la quantité de sol susceptible d'être érodée (Krynine et Judd, 1957; FAO, 1980 ; Demmak, 1982). Les sols marneux lorsqu'ils sont secs restent non érodables, mais dès qu'ils atteignent une certaine humidité, leur sensibilité à la détachabilité et au ruissellement augmente (Chebani ,1999). Les argilites, marnes, schistes, basaltes et gneiss sont très vulnérables au ravinement (Roose, 1994).

**2.1.1.2.4.4.1.3. Sol.** Si les sols sont tassés, ils seront moins perméables mais plus cohérents et par conséquent ils résisteront mieux aux courants de ruissellement.

La capacité de stockage de l'eau des vertisols est 4 fois plus forte que celle des sols ferrallitiques et des sols ferrugineux tropicaux (par cm de sol). D'après Heusch (1970), il faut environ 300 mm de pluie pour que les fissures des vertisols à argiles gonflantes se ferment. Par ailleurs la capacité d'infiltration dépend de l'état de surface du sol (pourcentage de la surface fermée par les croûtes de battance, de la surface couverte et de la rugosité), de la stabilité des agrégats et de la fréquence de pierres dans l'horizon superficiel.

**2.1.1.2.4.4.1.4. La couverture végétale :** la litière et les végétations rampantes sont plus efficaces pour favoriser l'infiltration des pluies en protégeant la surface du sol contre la destruction des agrégats par l'énergie des gouttes de pluie (Roose, 1994). L'influence du couvert végétal sur l'érosion linéaire est complexe:

- Le couvert végétal, d'une part protège contre la battance des pluies, donc prolonge la perméabilité du sol et réduit le volume ruisselé;

- Sa litière entretient la méso faune (laquelle creuse la macroporosité) et absorbe une grande quantité d'énergie de ruissellement;
- La rugosité au sol dépend du nombre de tiges par m<sup>2</sup>. C'est ainsi qu'une couverture végétale formée d'herbacées à tiges nombreuses est plus efficace pour protéger le sol contre le ruissellement que des arbres.

**2.1.1.2.4.1.5. Les activités de la méso faune :** la quantité d'animaux vit à la limite du sol et de l'atmosphère dans la zone des litières et des adventices. Ils creusent des galeries plus ou moins stables qui aèrent le sol et augmentent nettement leur capacité d'infiltration (Roose, 1975). Le travail du sol réduit considérablement l'activité des vers de terre et des termites, plus que les herbicides. Le maintien d'une litière favorise le retard de formation des croûtes de battance et le creusement de galeries par la méso faune qui détruit les croûtes préexistantes.

**2.1.1.2.4.4.2. La vitesse du ruissellement :** dépend de la topographie et de la rugosité du terrain.

**2.1.1.2.4.4.2.1. Topographie :** Le ravinement est limité par deux seuils de pente. :

- à moins de 1% de pente, les eaux s'étalent et n'arrivent à creuser de ravines.
- à plus de 60% de pente, les glissements de terrain commencent à dominer le ravinement. La forme convexe de la pente augmente le ravinement en bordure du relief. Dans les paysages concaves, les sommets des collines connaissent d'abord des mouvements en masse, puis du ravinement, tandis qu'en bas de pente les ravines disparaissent en laissant des cônes de déjection. Dans la Sierra Madre au nord du Mexique, Descroix *et al.*, (2000), ont observé que les ravines ne se développent que dans les sols profonds au pied des montagnes, sur les pentes faibles.

**2.1.1.2.4.4.2.2. La rugosité du terrain :** La rugosité de la surface du sol réduit la vitesse de ruissellement et intervient également sur le volume stocké. La stabilité de la structure du sol aura une influence sur la vitesse de la battance et par conséquent, la pluie d'imbibition. Si la surface du sol contient des graviers ou des roches, on observe deux effets opposés (Poesen, 1990; Valentin et Figueroa, 1987). Si ces cailloux sont posés à la surface du sol; ils protègent celle-ci contre le Splash et protègent la macroporosité sous-jacente. Ces cailloux vont avoir une influence positive sur l'infiltration. Par contre, si ces cailloux sont inclus dans les croûtes de sédimentation ou de battance, on observe une augmentation du ruissellement.

La végétation, micro barrages perméables, aménagements antiérosifs, et de la surface du sol (litière, mottes, cailloux, buttage) peuvent aussi réduire considérablement la vitesse du

ruissellement et donc sa capacité de transport (sa compétence et sa charge) : d'où le dépôt de colluvions en bas de pente et devant les talus enherbés.

**2.2. Facteurs de risque de la dégradation du sol :** La dégradation des sols est liée à un certain nombre de facteur qui se résume comme suite :

- Pouvoir érosif des pluies
- Caractéristiques des sols
- Morphologie du terrain
- Couverture végétale
- Système d'exploitation ou facteur anthropique.

**2.2.1. Pouvoir érosif des pluies (agressivité climatique) :** est liés aux caractéristiques des pluies (intensité des gouttes, vitesse, dimension des gouttes) c'est-à-dire l'érosivité des pluies. Selon Hensal (1987), les risques climatiques sont en relation avec la pluviométrie mais dépend de la fréquence des phénomènes météorologiques extrêmes. Le risque de la dégradation en un lieu donné est évidemment lié aux précipitations en ce lieu. Les érosions les plus importantes sont dues aux phénomènes météorologiques suivant :

- Grosses averses
- Pluies continues de longue durée de moindre intensité, mais d'extrême régionale.

**2.2.2. Caractéristiques des sols :** est la résistance des sols à l'arrachement et transport des particules. Il est bien évident que le risque d'érosion sera d'autant plus grand que les sols seront érodables, mais érodabilité d'un sol est une notion complexe, parce que désigne la sensibilité intrinsèque aux processus d'érosion parmi les caractéristiques les plus importantes :

**a.** Capacité à absorber les pluies sans produire de ruissellement.

**b.** Résistance offerte aux agents de détachement est donc :

- \* Texture du sol : sols sensibles à l'érosion riches en silt et en sables fins et pauvres en argile
- \* Structure et stabilité structurale : sols riches en matière organique et en argile sont moins sensibles à l'érosion
- \* Capacité d'infiltration
- \* Capacité biologique du sol

### 2.2.3. Morphologie du Terrain

**2.2.3.1. Pente :** plus la pente est forte plus les risques d'érosion sont élevés :

- \* ruissellement débute plus tôt
- \* quantité d'eau retenue dans les dépressions de surfaces est faible
- \* la vitesse de l'eau de ruissellement s'accroît rapidement avec la pente

**2.2.3.2. Longueur de pente :** plus la pente est longue, plus l'érosion s'intensifie (vitesse de plus en plus élevée).

**2.2.4. Couverture végétale :** l'effet du couvert végétal se résume comme suit :

- protège le sol de l'impact des gouttes ;
- diminue la vitesse de l'eau de ruissellement ;
- favorise l'infiltration ;
- fixe le sol par action mécanique ;
- apport de matière organique ;
- améliore les propriétés du sol.

**2.2.5. Facteur anthropique :** de nombreuses études montrent que les risques anthropiques de l'érosion dépendent en premier lieu de la démographie et de l'état de développement économique de la société en générale et des communautés en particulier. L'homme a besoin de terre, culture, de terre de parcours, il en crée au détriment de la couverture végétale soit par :

- **Les incendies :** les incendies produites laissent le sol découvert asséché, exposé à l'action des averses.
- **Les défrichements :** L'homme défriche les terrains en pente, il les dénude et les livrant à l'action des éléments atmosphériques
- **Surpâturage :** le passage répété et la densité des troupeaux provoque un tassement du sol qui le rend imperméable et favorise le ruissellement.

### 2.3. Autres formes de dégradation des sols

**2.3.1 Erosion éolienne :** l'érosion éolienne intervient lorsque le sol dépourvu de couvert végétal protecteur, à été soumis aux agents d'érosion (eau de pluie, gélifraction ...).Le vent prend

en charge le matériel fin arraché par les eaux des précipitations et contribue par corrosion à enlever toute trace du sol.

**2.3.2. Salinisation :** La salinisation est la concentration de taux de sel, anormalement élevés dans les sols en raison de l'évaporation. Elle est fréquemment liée à l'irrigation et provoque la mort des végétaux et la déstructuration des sols. Lorsqu'on irrigue une terre mal ou non drainée, l'eau de surface en s'évaporant entraînera l'accumulation de sodium (sel). La remontée de la nappe aquifère amène l'eau salée au contact des racines. De ce fait la couche arable du sol devient trop saline, ce qui traduit par la diminution de la productivité du sol. A travers le territoire national plus 01 million hectares de terres sont touchés par le phénomène de salinisation dont 50% se trouvent dans les régions sahariennes (Habiba, 2003). Les terres touchées par ce type de phénomène subissent les effets d'une érosion latente et sournoise qui a la longue aboutie à la désertification des terres touchées par l'abandon et le dépérissement des cultures du fait de la stérilisation des terres par les sels.

**2.3.3. Pollution des sols :** Les causes fréquentes de pollution ou contamination sont les déchets agricoles et les boues d'épuration, qui peuvent renfermer de fortes teneurs en métaux lourds. Des sols peuvent également être contaminés par des isotopes radioactifs provenant des essais d'armes nucléaires. La contamination peut également être due à d'autres déchets chimiques ou à des sous-produits de processus industriels.

**2.3.4. Acidification des sols :** Certains sols sont naturellement acides (sols sulfatés acides des mangroves, nombre de sols tropicaux) mais peuvent s'acidifier encore en raison des pluies acides ou du dépôt sec de gaz et de particules acides. Les pluies acides ont un PH inférieur à 5,6. Les principales sources d'acidité dans l'atmosphère sont les quantités croissantes de dioxyde de soufre et d'oxydes d'azote dégagées par l'incinération de combustibles fossiles.

**2.4. Effets et conséquences de la dégradation des sols :** Le sol est un capital, l'homme en tire des revenus. Ce capital doit être protégé pour pouvoir toujours produire; s'il est déjà dégradé, il doit être restauré (Greco, 1966). Parmi les signes et effets physiques visibles de la dégradation on peut citer les éléments ci-dessous :

- \* les griffes, fines rigoles formées par l'eau, particulièrement en haut des pentes, sur le bord des pistes ou dans les champs sillonnés par les labours, elles deviennent des ravines par élargissement dû à la concentration de ruissellement excessif.
- \* pavages de cailloux et de pierres laissés en surface, une fois les particules les plus fines du sol emportées par le ruissellement, observés dans un grand nombre de champs labourés.
- \* l'accumulation de terre au-dessus des arbres, des pierres, des palissades et des haies sur terrains en pente.

- \* les racines d'arbres et arbustes, exposées à l'air, ou mise à nu dans des cours d'eau, résultats d'une dispersion du sol ou d'un accroissement de ruissellement suite à la dégradation de bassins versants.
- \* les dépôts de sols sur les pentes douces, ou de graviers, sable et limons, dans les lits de cours d'eau résultent d'une érosion en amont.
- \* le déplacement du sol par piétinement résultant du pâturage sur les pistes à bétail au long des courbes de niveau, où les animaux font progressivement glisser la terre en bas de la pente.
- \* les mouvements du sol sous l'action du vent, mis en évidence essentiellement par la formation de dunes.
- \* des modifications de la flore (par exemple des buissons se substituant à l'herbe), survenant après surpâturage, et accompagnés souvent d'érosion.
- \* les atterrissements dans les retenues de barrages, lacs et étangs.

Du point de vue socio-économique outre les baisses croissantes de rendements les conséquences suivantes peuvent être citées :

- \* l'envasement des barrages, retenues d'eau, rivières, canaux et système de drainage par la terre érodée des sols dégradés et la réduction des stocks de poissons et la quantité d'eau stocké, baisse de la qualité des eaux par les matières en suspension (M.E.S) qui accompagnent les crues formées en majorité par le ruissellement. Avec la charge en suspension, circulent les charges organiques (danger pour l'oxygène nécessaire à la faune) liées par exemple à l'élevage intensif (lisier). Les apports d'azote et de phosphore (engrais minéraux utilisés par des paysans) qui vont entraîner l'eutrophisation des réservoirs d'eau (envahissement par les algues, qui à leur tour, vont asphyxier les poissons).
- \* les inondations : dues aux eaux de ruissellement par suite de la réduction de la capacité d'infiltration des sols dégradés, et la baisse de niveau ou assèchement des nappes et points d'eau à cause des pertes d'eau par ruissellement ;
- \* les problèmes sanitaires et qualité de la vie : un environnement dégradé n'offre que de mauvaises conditions de vie.
- \* les besoins accrus de terre et de facteurs de production agricole.
- \* les préjudices à la société et aux générations futures qu'entraînent les pertes définitives de terre.
- \* La salinité est un phénomène de dégradation des sols complexes qui cause la perte des sols agricoles. Ce qui a de graves répercussions socioéconomiques sur les régions affectées par ce phénomène, comme c'est le cas dans la plaine du Bas Chélif (Ouest Algérien) où la salinité des sols atteint un seuil critique.



Photos n°01,02 Érosion en griffe



Photos n°03 Érosion en rigole



Photos n°4 l'écoulement sous terrain



Photos n°05,06 Érosion en ravines

**Planche n°01 Types d'érosion linéaire**

**CHAPITRE II**

## STRATEGIE ET AMENAGEMENT DE CONSERVATION DE L'EAU ET DU SOL (C.E.S)

### 1. Historique des aménagements anti érosifs et de C.E.S dans le monde et en Algérie

Dans le monde la dégradation des sols par le phénomène d'érosion est un vieux problème, dont l'érosion façonne la terre et cause des dégâts. D'après Lowdermilk (1953) in Mazour (2004) l'homme depuis plus de 7000 ans à accumuler les traces de sa lutte contre l'érosion pour protéger ses terres contre l'agressivité des pluies et du ruissellement ; mais les études scientifiques sur l'érosion n'ont commencé qu'au début du 20ème siècle. Face aux problèmes d'érosion, les communautés rurales ont développé une série de stratégies de gestion de l'eau et de la fertilité des sols bien adaptées à leurs conditions socio-économiques. Pour faire face à la dégradation des terres par ce fléau, l'homme a réagit par des méthodes différentes qui s'adaptent en fonction des situations du milieu.

Plusieurs stratégies ont été suivies :

#### 1.1. Techniques traditionnelles

Le développement des sociétés humaines pose forcément des problèmes de dégradation des ressources naturelles. Pour faire face à ce défi, les sociétés rurales ont mis au point des stratégies traditionnelles de gestion de l'eau et de la fertilité des sols en équilibre avec le milieu physique et socio-économique de leur époque. Les techniques traditionnelles se réfèrent à des structures mises en place et préconisées par une société en dehors de toute intervention d'agents venus de l'extérieur et ce quelle que soit leur origine (Reij. et al. 1996). Parmi les techniques utilisées :

**1.1.1. Culture itinérante sur brûlis (Shifting cultivation)** est la plus ancienne méthode de lutte anti érosive qui consiste à cultiver après défrichage sur les cendres, et on abandonne la terre qui ne rend plus assez pour le travail fourni. Cette stratégie peut s'adapter dans les zones peu denses.

**1.1.2. Les gradins en courbe de niveau : (Blesh terracing)** ou les terrasses méditerranéennes irriguées. Cette méthode est applicable dans les zones peuplées, et la surface cultivable est rare, et les paysans n'ont d'autre choix pour subsister. Cette méthode exige une mobilisation importante d'ouvriers pour non seulement construire et entretenir les gradins mais aussi restaurer la fertilité des sols des terrasses.

**1.1.3. Cordons de pierres (Stone Bonds) :** les lignes ou les cordons de pierres sont des

barrières de pierres placées à intervalles réguliers le long des limites des exploitations. La confection des cordons a comme origine l'épierrage des parcelles cultivées. Selon leur origine, on distingue trois types de cordons. Les deux premiers correspondent à un nettoyage des parcelles.

- Dans les petites parcelles, l'accumulation des de cordons pierres sur les limites abouti à la formation de cordons
- Dans les grandes parcelles, l'opération manuel d'épierrage abouti à la constitution de tas de pierres qui avec le temps se raccordent et évoluent en cordon
- Le troisième cordon à comme origine une véritable lutte antiérosive. Les pierres sont ramassées et déposées volontairement dans les endroits où le ruissellement commence à creuser. Pour empêcher le ravinement de progresser, le paysan confectionne des cordons cassant la pente du versant.

La largeur des cordons de pierres est variable, 20 à 100 cm. La hauteur est souvent comprise entre 20 et 50 cm. La longueur est celle de la parcelle (SABIR *et al* 1999).

**1.1.4. L'intégration de l'élevage a l'agriculture :** les parcelles laissées en jachère, sont pâturées par les moutons, chèvres et vaches, qui exploitent les résidus des récoltes et déposent leur fumier (pour le maintien de la fertilité des sols).

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

- **Les ouvrages construits :** ils englobent les techniques de talus, de cordons, de murets et de terrasses dont les caractéristiques varient amplement en fonction de la diversité des milieux et des conditions offertes. Ces techniques traditionnelles sont certainement importantes et efficaces en matière de lutte antiérosive et de maîtrise des milieux physiques. Ces techniques permettent de désorganiser le ruissellement, de piéger des quantités importantes d'eau et de sédiments et de gagner des aires cultivables même sur les plus grandes pentes.

- **Les pratiques mécaniques, biologiques et culturelles menées par les paysans :** Ces pratiques permettent de leur côté d'augmenter la capacité d'infiltration des sols, de stabiliser les ravines et les terres de culture et de valoriser des espaces fortement dégradés.

Parmi les techniques utilisées :

- Les techniques de dissipation de l'énergie du ruissellement ;

- Les systèmes favorisant l'infiltration totale ;
- Les techniques basées sur la diversion des excédents d'eau ;
- Les demi-lunes de terre et de pierres délimitent des cuvettes ;
- La capture du ruissellement dans la vallée (Dayat) en région semi-aride ;
- La gestion de l'eau et de la fertilité des sols ;
- Les techniques culturales antiérosives ;
- Le stockage du ruissellement.....

De nos jours, la pérennité des techniques traditionnelles n'est plus assurée. Certains systèmes traditionnels sont en voie de disparition, non pas parce qu'ils sont incapables de préserver les ressources naturelles, mais les conditions humaines ont changé.

**1.2. Techniques et approches modernes :** Actuellement ces méthodes traditionnelles ont été trop souvent ignorées, mais il serait utile d'étudier leur fonctionnement et leur dynamisme car elles peuvent servir de point de départ au dialogue avec les paysans pour une amélioration durable de leur environnement.

Depuis l'ère industrielle, à l'occasion des crises économiques et environnementales, ont été développées des stratégies modernes d'équipement du milieu rural en petite hydraulique. La restauration des terrains de montagne (RTM) dans les Alpes en 1850, la conservation des eaux et des sols (C.E.S) en 1930 aux États-Unis, et la défense et restauration des sols (D.R.S) depuis 1940 autour du bassin méditerranéen ,GCES vers les années 1987.

La chronologie des stratégies modernes se présente comme suite :

**1.2.1. Restauration des terrains de montagne (R.T.M) :** Cette stratégie développée en France à partir de 1850 par les forestiers pour revégétaliser les montagnes sur pâturées, protéger les plaines fertiles et maîtriser les torrents.

**1.2.2. Conservation des eaux et des sols (C.E.S) :** Stratégie développée aux Etats-Unis d'Amérique vers les années 1930 par des agronomes, suite aux intensifications des cultures industrielles (coton ,tabac, maïs ) dans la grande plaine ,cette intensification à rendu les terres dégradées et par conséquence déclenchement d'érosion catastrophique par l'eau et le vent ,20% des terres cultivables étaient dégradés ce qui à conduit le gouvernement des Etats Unis à trouver des solutions pour remédier la situation dégradée. Bennett (1939) a initié un service spécialiste de conservation de l'eau et des sols pour aménager les terres dégradées.

Parmi les techniques anti érosifs utilisés :

- \* Culture par bande alternée (strip-cropping)
- \* Banquettes

**1.2.3. Défense et restauration des sols DRS:** Développée vers la fin de l'année 1939 en Algérie, puis autour du bassin méditerranéen, cette stratégie associe deux approches RTM et C.E.S, et qui a pour objet :

- Lutte contre l'envasement des barrages
- Lutte contre la dégradation des routes et des terres

Parmi les techniques utilisées :

- Mise en défens des terres dégradées par défrichement et le surpâturage
- Ouverture de banquettes
- Levées de Manjauz
- Reboisement des hautes vallées
- Correction torrentielle
- Terrassement des champs cultivés

En Algérie, Face à de graves problèmes de sédimentation dans les barrages et de dégradation des terres et des routes, la stratégie de DRS s'est développée en Algérie, vers les années 1940-1960.

D'énormes moyens mécaniques et une main-d'oeuvre locale abondante ont été mises en oeuvre pour capter le ruissellement en nappe dans les terres cultivées et pour reboiser les terres dégradées. Après l'indépendance, la politique de conservation des sols et de lutte contre l'érosion est caractérisée par les tentatives de replacer cette action dans une démarche d'aménagement agro sylvo pastoral.

De 1962 à 1970 les institutions qui ont pris le relais du service de la D.R.S ont continué à fonctionner sur le schéma ancien à savoir la préférence pour les traitements mécaniques par les banquettes reboisées d'espèces forestières ou fruitières. Après 40 ans de DRS, ce sont 800 000 ha de reboisement des hautes vallées et, quelques 350 000 ha de terrasses de terres agricoles qui ont été réalisés. La décennie 1970 a vu l'arrêt des traitements par la banquette de D.R.S

**1.2.4. Gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (G.C.E.S):**

S'est développé vers les années 1987, et qui a pour objectif principal :

- Amélioration de la production agricole par l'amélioration de la capacité d'infiltration du sol, sa fertilisation et par conséquent l'augmentation des rendements des terres et répond aux besoins des paysans.

Cette nouvelle stratégie de lutte contre l'érosion passe par trois étapes :

- a. Enquête socio-économique
- b. Proposition
- c. Expérimentation et extrapolation des résultats

En fonction des conditions socio économique locales, les solutions seront différentes, même si le milieu physique est le même. Là, se trouve une différence majeure des approches développées jusqu'ici, la diversité des solutions en fonction des conditions humaines (Roose, 1994).

La nouveauté de cette stratégie consiste à mieux gérer les terres productives, l'eau, la biomasse, et les nutriments essentiels au développement convenable des cultures (Roose et Denoni, 2004).

Cette nouvelle approche participative visant la valorisation de la terre et du travail tout en réduisant les risques d'érosion en milieu rural à été testée en Algérie par l'institut national de la recherche forestière (INRF) dans les wilayates (Médéa, Relizene, Mascara, Tlemcen) et par l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD) depuis une décennie, elle semble constituer pour l'avenir une réponse appropriée au problème de la dégradation et de la gestion de l'eau et des sols en montagne (Morsli et Hamoudi, 2001), mais la complexité des phénomènes érosifs, nécessite l'approfondissement des connaissances actuelles pour l'évaluation des transports solides en cernant les facteurs qui les conditionnent.

La difficulté d'une technique précise persiste pour hiérarchiser les interventions nécessaires pour réduire l'érosion, garantissant ainsi une bonne protection des terres et pour proposer un meilleur aménagement des espaces ruraux (Korti, 2003).

### **1.2.5. Actions et Aménagement issus des programmes nationaux récents**

#### **A. Aménagement intégré :**

A partir des années 80, une nouvelle démarche a été mise en place. Le discours officiel opte pour une approche d'aménagement intégrée et globale, visant à la fois la protection des milieux naturels, la reconversion des systèmes de culture et de production et l'amélioration du niveau de vie de la population. Cette approche s'est traduite par des actions de conservation du sol et de développement (développement de l'arboriculture et de la vigne, amélioration foncière, réalisation des retenues collinaires, aménagement de pistes...). Les actions de C.E.S (lutte contre l'érosion, amélioration des pâturages, mobilisation et gestion des eaux pluviales...) ont été intégrées dans un processus d'aménagement rural intégré.

Les programmes ont été élaborés sur la base d'un plan directeur d'aménagement agro-sylvo pastoral auquel devaient être rattachées des réalisations d'infrastructures et d'équipements pour l'amélioration des conditions de vie des populations.

La lutte contre la dégradation des terres exige, donc, une intégration des opérations dans le cadre d'une politique globale d'aménagement dans la région se fixant l'objectif d'être compatible avec les conditions physiques et socio-économiques du milieu. Cette stratégie nécessite une meilleure connaissance des milieux et des facteurs qui régissent leur dégradation.

Actuellement, la protection et la maîtrise des milieux physiques et la lutte contre l'érosion constituent un objectif national. Il s'agit de préserver les ressources naturelles (eaux, sols,

ressources végétales), restaurer les terrains dégradés, reboiser et améliorer les conditions de vie des populations rurales et leurs revenus par la mutation des systèmes de culture et leur diversification.

**B. Stratégie actuelle:** Depuis l'indépendance de grands projets de développement, dans tous les domaines, sont planifiés au niveau central notamment en Agriculture.

Le gouvernement algérien représenté par le Ministère de l'agriculture et de développement rural, a mis en place une nouvelle politique du renouveau rural.

La stratégie actuelle de développement rural durable (SDRD) en Algérie s'est fondée sur les expériences passées mais aussi sur un inventaire relativement complet de l'état socio démographique et économique des zones rurales. La nouvelle stratégie nationale de développement rural, s'articule autour:

- De l'amélioration des conditions de vie des populations rurales
- De l'emploi et des revenus par la diversification des activités économiques,
- Du renforcement de la cohésion sociale et territoriale,
- De la protection de l'environnement et de la valorisation des patrimoines ruraux.

Différents programmes ont été initiés, dont la CES considéré l'une partie importante de la politique de développement du monde rural intégré, visant à assurer l'équilibre et la réussite d'un développement intégré et durable, à travers les programmes multisectoriels et intégrés :

1. Adaptation des systèmes de production aux conditions agro- climatiques
2. Reboisement: dont les objectifs convergent vers la restauration du patrimoine forestier et la protection des sols contre l'érosion. Le plan national de reboisement (PNR) lancé en 2000 prévoit **1.245.000 Ha** de plantations sur 20 ans avec la mise en oeuvre de programmes pour l'emploi rural impliquant de manière participative les communautés locales.
3. Développement des zones de parcours : protection de la steppe et de lutte contre la désertification, visant à reconstituer le couvert végétal dans les zones arides par des plantations d'espèces pastorales, la mobilisation des ressources en eau et par la mise en défens.
4. Développement rural à travers la mise en oeuvre de projets de proximité de développement rural intégré (PPDRI).L'Algérie a engagé une politique du renouveau rural dont le but est de promouvoir un développement économique du pays associant solidairement l'ensemble du monde rural.

Cette politique est mise en œuvre à travers 4 thèmes fédérateurs:

- Amélioration des conditions de vie des ruraux (réhabilitation, modernisation des villages et des k'sours).
- Diversification des activités économiques en milieu rural : amélioration des revenus
- Protection et valorisation des ressources naturelles
- Valorisation des patrimoines ruraux, matériels et immatériels

L'objectif est d'adapter les moyens d'intervention aux caractéristiques et aux problèmes de chaque zone rurale afin d'assurer la réussite d'un programme de développement intégré et durable.

Le PPDRI est une démarche participative et accompagnatrice qui répond aux besoins et préoccupations majeurs du monde rural, permettant de créer les synergies sociales, économiques et environnementale.

## **CHAPITRE III : CORRECTION TORRENTIELLE : ACTION DOMINANTE DES PROGRAMMES NATIONAUX**

### **1. Définition de la correction torrentielle :**

La correction torrentielle, en particulier la construction d'une série de seuils, consiste à transformer le profil en long naturel du torrent en une série de marches d'escalier faiblement inclinées vers l'aval (Besson, 1996). Ces seuils brisent l'énergie du torrent et provoquent le dépôt de matériaux à l'amont de chaque petit barrage. Ces techniques sont mises en place dans les torrents pour lutter contre les phénomènes torrentiels (crues et érosion).

Les ouvrages sont constitués de seuils formant obstacle, en travers de la ravine, à tous les matériaux transportés par les filets d'eau, pour réduire des ravinements ou des arrachements localisés et à stabiliser le profil en long du torrent.

Selon SOGETHA, 1968, on appelle seuils, les ouvrages placés en travers des oueds ou ravins, qui permettent une correction de la pente du cours d'eau et ceci dans le but de réduire la vitesse d'écoulement au cours des crues.

Les types d'ouvrage et les matériaux utilisés varient beaucoup aujourd'hui. Le choix en revient au projeteur spécialiste de correction torrentielle. Le dimensionnement, l'emplacement et l'espacement des l'ouvrages doivent être pris en compte l'importance du transport solide, la pente initiale, et les risques de chocs dynamiques sur les ouvrages.

La correction torrentielle s'exerce dans des zones ou la topographie du terrain interdit généralement l'emploi d'engins mécaniques (Arrignon, 1987). L'utilisation de seuils de stabilisation du profil du lit torrentiel est courante depuis la fin du 19ème siècle.

Deux types de correction torrentielle :

- Correction mécanique
- Correction biologique

**2. Correction mécanique :** L'activité des ravines est très variable d'une région à l'autre en fonction du stade de dégradation atteint, la correction torrentielle constitue l'une des plus importantes techniques d'aménagement des ravines et de rétention des sédiments.

#### **2.1. L'objectif à atteindre :** est de

- limiter le volume de transport solide, ce qui revient à chercher à stabiliser l'ensemble du bassin versant torrentiel.
- Réduire des ravinements ou des arrachements localisés hors des lits torrentiels
- limiter l'approfondissement de la ravine.
- Stabiliser le profil en long de la ravine.
- Retenir les sédiments (protection d'une retenue contre l'envasement)

## 2.2. Principe:

Le torrent tend à creuser dans les pentes fortes et à alluvionner dans les pentes faibles. Il érode donc la partie amont de son bassin versant en provoquant le recul progressif de la crête. Il alluvionne dans la partie aval en déposant les matériaux transportés.

La correction torrentielle d'un talweg ou d'une ravine comprend la construction d'une série de seuils destinés à réduire la pente.

**2.3. Notion de bassin versant :** Etymologiquement le terme bassin versant trouve son origine dans le nom latin baccinus signifiant vase, pot. La notion de bassin hydrographique, synonyme de bassin versant a été introduite au 18ème siècle par le géographe français Philippe Buade (1700–1773) (Ramade, 1993).

Le bassin versant est une entité géographique naturelle recueillent à travers un réseau hydrographique les précipitations. Il est délimité par une ligne de partage des eaux. Les eaux tombées se concentrent dans les talwegs et rejoignent la partie la plus basse du bassin versant appelé exutoire, qui peut être un cours d'eau, un lac ou la mer (Olivry et al., 1995).

- Un bassin versant dite exoréique qui draine les eaux collectées vers la mer ; dite endoréique, draine les eaux collectés vers des plans d'eau fermés généralement fortement salés.

Quelle que soit sa taille, un bassin versant est caractérisé par des facteurs variant localement :

- ❖ **Climat** : précipitations (pluie, neige, grêle, quantité et répartition), température, vents.
- ❖ **Relief** : altitude, exposition, pente.
- ❖ **Végétation** : densité, diversité, surface couverte.
- ❖ **Sols** : nature (composition des horizons superficiels: humus, argiles, sable..), texture, structure.
- ❖ **Roche** : nature, profondeur.

## 2.4. Technique de réalisation de la correction torrentielle

La construction d'un seuil fait appel à divers types de matériel. Les types d'ouvrage et les matériaux utilisés varient beaucoup aujourd'hui, et le choix revient au spécialiste de correction torrentielle. Ils doivent être pris en compte pour le dimensionnement, l'emplacement et l'espacement, l'importance du transport solide, la pente initiale, la pente de projet et les risques de chocs dynamiques sur les ouvrages. L'affouillement à l'aval est la cause la plus fréquente de la ruine de ces aménagements.

**2.4.1. Règles générales :** lorsqu'il s'agira de corriger la pente de torrent, on prendra soin d'intervenir de l'amont vers l'aval et ceci pour des raisons techniques suivantes :

- En tête de bassin versant les zones drainées sont réduites, les débits véhiculés sont inférieurs à ceux rencontrés à l'exutoire aval.
- Les aménagements de tête rendent plus maniable les débits à l'aval.

#### **2.4.2. Mesures de correction torrentielle:**

**2.4.2.1. Ouvrages de la correction des ravines:** les ouvrages de la correction de la pente se sont des petits barrages de stabilisation ou seuils présente généralement un déversoir dans leurs parties centrales, et sont implantés en escalier. Cette disposition permet une dissipation de l'énergie d'écoulement et conduit progressivement à une modification de la pente vers la pente d'équilibre. Il existe une grande variété des barrages dont les seuils en terres, les seuils en gabion, seuils en pierre sèche, seuils en pneu usagers ...etc.

##### **2.4.2.2 Exécutions des seuils :**

**a. Implantation des ouvrages:** L'implantation des aménagements anti-érosifs nécessite :

❖ **Le piquetage des ouvrages :** Le piquetage des ouvrages doivent être soigneusement tracées et reportées sur le terrain par des moyens et outils de la topographie approprié (niveau, théodolite,...), Le tracé se fera d'amont en aval.

❖ **Le Calcul de l'écartement entre les seuils :** La distance entre les seuils est en fonction de la pente et aura une dénivelée qui pourra augmenter ou diminuer en fonction du relief des lieux de d'exécution des travaux d'installations des barrages. Le seuil doit être déterminé de telle sorte à ce que la pente entre le pied du seuil amont et le sommet du seuil aval soit proche de zéro, c'est la pente limite ou pente de compensation. Selon Greco (1966), la pente de compensation est la pente pour laquelle la quantité de matériaux enlevés par le torrent correspond à la quantité de matériaux apportés.

La formule appliquée pour la détermination de l'espacement entre les seuils de la correction torrentielle en Algérie est celle donnée par Greco (1966) : La formule de l'écartement est la suivante :  $E = L/N$  E : Espacement, L : Longueur du Ravin, N:nombre de seuil.

D'une manière générale, la distance entre les ouvrages doit être suffisamment importante pour:

- Utiliser a plein la capacité de rétention de sédiment.

- Freiner l'organisation des eaux : les ouvrages trop espacé permettent aux eaux de s'organiser et d'atteindre des vitesses importantes susceptibles d'endommager les aménagements.

Selon Regis et Roy, 1999, la détermination de l'écartement entre les structures antiérosives est liée à la pente. Tableau n°01

Tableau n°01 l'écartement conseillé entre les structures antiérosives ( Regis et Roy, 1999)

Pente	Ecartement conseillé
< 10%	12 à 15m
10 à 25%	10 à 12 m
25 à 40%	8 à 10 m
40 à 60 %	6 à 8 m
> 60%	5 m

❖ **Détermination de nombres de seuils:** le nombre de seuils est calculé d'après la formule suivante :  $N = (P-I) / H$  N: nombre de seuil ; P: pente moyenne du lit ; I : pente de compensation déterminée expérimentalement; H : Hauteur moyenne des barrages.

**b. Fondation des seuils :** Les fondations sont les éléments fondamentaux des ouvrages, car elles évitent:

- Le déchaussement et renversement de l'ouvrage : les affouillements se produisent au pied du barrage par la chute de l'eau
- L'emportement des seuils par les eaux en période de débit de point.

Les fondations seront ouvertes en travers du chenal et ont des dimensions diverses en fonction de la nature du sol elles varient entre 0.50m et 0.75m de profondeur, et dans les sols affouillables on enterrera profondément jusqu'à 01 m. Pour empêcher les pertes par-dessous et aux extrémités des aménagements anti-érosifs, la base des ouvrages de correction torrentielle doit pénétrer loin en profondeur et dans les berges du ravin (Nahal, 1975). Ajoutant aussi, pour éviter les risques de glissement des l'ouvrages sur le sol rocheux, les fondations sont très recommandées par les spécialistes des aménagements anti érosifs.

**c. Ancrage des aménagements :** planche n°02 La stabilité de l'ouvrage est en relation avec ancrage des ailes des barrages, plus les ailes sont profondément encastées dans les

berges des ravins plus que l'aménagement est renforcé et durable (réduction de danger d'affouillement de l'ouvrage).

**d. Déversoirs :** planche n°02 Le déversoir constitue la partie essentielle dans l'ouvrage, par laquelle s'écoulera l'eau du torrent. Il peut avoir différentes formes : forme trapézoïdale, curviligne, rectangulaire.

**e. Confection des seuils :** la construction des barrages doit être entamé de l'amont en Aval du ravin. Les matériaux employés pour la construction varient selon les types d'ouvrages à installer et doivent répondre aux normes de construction des barrages (qualité, la forme, la taille de la pierre, qualité du gabion...)

#### **2.4.2.3. Types des aménagements mécaniques:**

**2.4.2.3.1. Seuils en pierres sèches :** sont des seuils construits uniquement en pierre sans d'autre élément de consolidation. Planche n°02. Ils sont utilisés pour les petites et moyennes ravines sur des pentes faibles (Leblond et Guerin, 1984), ils sont souple et peuvent s'adopter aux modifications du terrain en comblant les ravinements qui pourraient se produire sous barrage, ils ne dépassent pas les 03 mètres de hauteur et ne jamais implanter dans les terrains argileux.

Le prolongement de la durée de vie d'un ouvrage est en fonction de la qualité, la forme, la dimension et le calibre des pierres utilisées pour leur construction, le seuil en pierre sèche nécessite une qualité de pierre qui doit répondre à une certaine norme qui peut se résumer comme suit :

-Eviter les pierres qui se désintègrent rapidement quant elles sont exposées à l'eau et à l'air (l'ouvrage ne durera guère) , la pierre de petite taille peut se déplacer rapidement sous l'effet de l'eau abondant (destruction rapide de l'ouvrage) et éviter les pierres plates.

En règle générale, le diamètre de la pierre ne doit pas être inférieur à 10 cm et 25% de l'ensemble des pierres doit être dans la catégorie entre 10-14 cm, 20% entre 15-19 cm, 25 % entre 20-30 cm, et 30% entre 31-45 cm. La limite supérieure dépendra de la taille de l'ouvrage (Burchard, 1980).

**2.4.2.3.2. Seuils en gabion:** Les gabions ce sont des caisses métalliques en grillage galvanisé qui servent à constituer le corps des ouvrages et qui est remplie de pierres soigneusement rangées. Il existe différentes formes et dimensions de gabion (annexe 04)

#### 2.4.2.3.2.1. Matériaux utilisés dans la confection des seuils en gabion :

##### A. Le gabion

- **Formes** : il existe différentes formes de gabion :
  - Gabion cage ; - Gabion semelle ; - Gabion à base débordante ; - Gabion communs ;
  - gabion à poches...
- **Dimensions** : il existe différentes dimensions de gabion on peu citer :
  - gabion de longueur de 02 m et une largeur de 1 m et hauteur de 0,5 m
  - gabion de longueur de 03 m et une largeur de 1m et hauteur de 0,5 m
  - gabion de longueur de 04 m et une largeur de 1m et hauteur de 0,5 m
  - gabion de longueur de 02 m et une largeur de 1m et hauteur de 01 m
  - gabion de longueur de 03 m et une largeur de 1m et hauteur de 01 m
  - gabion de longueur de 04 m et une largeur de 1m et hauteur de 01 m

**B. La pierre:** le remplissage des gabions par des pierres qui doivent répondre a une certaine caractéristique pour assurer un bon fonctionnement et une bonne résistance des seuils, on utilisera les :

- matériaux durs non poreux ni friables,
- pierre de diamètre supérieur au moins de 1,5 fois de la grosseur des mailles.
- éviter d'assure l'achèvement du remplissage par des pierres de petite taille ou des pierres plates
- pierres sont rangées avec soin dans les gabions et doivent être serrées entre elle et de qualité, et diamètre supérieur de la grosseur des mailles.
- Les dimensions de l'ouvrage (hauteur et largeur) sont en fonction de la largeur et profondeur de la ravine.
- Peuvent être réalisés en un seul tenant ou en escalier en fonction de la hauteur, le contre barrage est nécessaire dans les oueds.
- de préférence la hauteur de l'ouvrage ne doit pas dépasser les 03 mètres.

**2.4.2.3.3. Seuils en terre :** Ce sont des seuils réalisés dans les talwegs très large, ils sont construits a partir des matériaux terreux (sable et Argile). Il consiste en un élargissement artificiel du lit destiné à créer une aire de stockage susceptible de recevoir des laves torrentielles provoquées par des ravinements exceptionnels ou des glissements de berges. Planche n°02.

En règle générale : les raisons techniques qui doivent être prise en considération pour la réalisation de ces seuils en terre sont :

- Doivent être réalisé dans des talwegs larges.

Pente moyenne du talweg surtout dans le point d'exécution de l'ouvrage ne devra pas dépasser la valeur de 20% et seulement pour des cas exceptionnel peut atteindre 30 % et cela pour des raisons économiques parce que plus la pente augmente rendre l'ouvrage difficilement réalisable ( volume et le coût augmente).

Les remblais sont nécessaires pour la construction de ce type de l'ouvrage.

-Les matériaux employés pour la construction est argileux –sableux.

**2.4.2.3.4. Seuils en maçonnerie (ou en Béton).** Planche n°02 : Ce sont des barrages très solides construits en bétons dans les talwegs ayant une section étroite (généralement ne dépasse pas 25 m), et une pente supérieure à 10 %. Selon Nahal (1975) ces seuils sont utilisés pour des écoulements importants et pour des hauteurs de chute supérieure à 3 m.

Ce type d'aménagement est déconseillé dans les terrains excessivement gréseux et poreux (danger d'érosion latéraux qui augmente avec la plus forte perméabilité du terrain), et pour leur coût très élevé. Il est conseillé de choisir ce type de seuil seulement dans des conditions d'approvisionnement des matériaux sont favorable.

Pour assurer une solidité suffisante au seuil il faut :

- Les ancrés dans les berges de la ravine d'une manière réfléchie (pour transmettre une bonne partie de la pression) ; et qu'il soit bâti sur des fondations profondes.

**2.4.2.3.5. Seuils en enrochement :** Ces barrages sont construits en pierres de grosses dimensions (bloc de pierre de plusieurs mètres cube), ils sont caractérisés par une grande résistance aux crues violentes. Les fruits aval et amont sont égaux et atteignent 50% de chaque.

**2.4.2.3.6. Seuils en plastiques :** Ce sont des barrages peu solides, très efficaces, souples et faciles à mettre en place. Ils sont peu coûteux sur le marché, résistent bien pendant plus de 02 ans surtout s'ils sont protégés du soleil par les sédiments et la végétation. (Bourougaa, et Samson, 1989), la matière préférée de la construction est le plastique noir, plus résistant que le plastique vert aux rayons ultra violets.

Il existe d'autres types qu'on peut les citer qu'à titre indicatif:

**2.4.2.3.7. Seuils en pneus usagés** de diamètre supérieur à 1mètre qui sont remplis de terre locale planche n°02.

**2.4.2.3.8. Seuils en grillage métallique :** Ce sont des barrages forts, perméables, très efficaces et souples sur le terrain. Ils sont un peu plus coûteux et moins facile à manipuler.

**3. Correction biologique :** Parmi les facteurs conditionnels de l'érosion, est le couvert Végétal :

**3.1. Le couvert végétal :** est certainement le facteur le plus important. Pour arrêter l'érosion, un couvert végétal est d'autant plus efficace qu'il absorbe l'énergie cinétique des gouttes de pluie, qu'il recouvre une forte proportion du sol durant les périodes de l'année où les pluies sont les plus agressives, qu'il ralentit l'écoulement du ruissellement et qu'il maintient une bonne porosité à la surface du sol. Cependant, il est difficile d'évoquer l'action protectrice d'un couvert végétal sans préciser les techniques culturales (choix de l'espèce, technique de plantation, étude de milieu,...).

**3.1.1. Rôle du couvert végétal :** Le rôle du couvert végétal dans la protection du sol contre l'érosion est très important, on résumé son action en trois manières principales suivantes:

**a. Protection des sols contre les précipitations:** Le couvert végétal joue un rôle dans :

➤ L'interception des gouttes de pluie grâce aux parties aériennes des plantes permet de diminuer l'énergie cinétique des gouttes et réduire l'effet de Splash (Bonnet, 1983). Cette interception est en fonction de la densité et de la structure du couvert (Zordia, 1977). L'architecture du végétale constitue aussi un écran à la surface du sol empêchant le cheminement des filets d'eau.

➤ L'infiltration de l'eau : la végétation améliore les propriétés physique et chimique des sols en les rendant plus poreux, la capacité d'infiltration des sols est directement liées à la densité du couvert végétal (Faulkner, 1990, *in* Korti ,2004).

**b. Piégeage des sédiments :** Le végétal joue un rôle important dans la limitation de transport des sédiments. Plusieurs études ont montré qu'il existe un effet de filtration des écoulements a travers le couvert végétale et un dépôt de sédiments suite a la réduction de leur énergie de transport. Les atterrissements créés par les barrières végétales sont favorables a l'installation des végétations colonisatrice.

**c. Fixation des sols :** Le troisième mécanisme de l'action du végétal se résume dans la réduction de l'érosion par la fixation des sols grâce aux systèmes racinaires qui permettent:

- L'amélioration de la cohésion des sols en consolidant ses porosités mécaniques (Bonnet, 1983), et

- Le renforcer la stabilité du sol : la fixation des sols grâce au système racinaire permet aussi l'ancrage et la rétention des particules de terre sur berges végétalisées (Abernethy et Rutherford, in Rey, 2001).

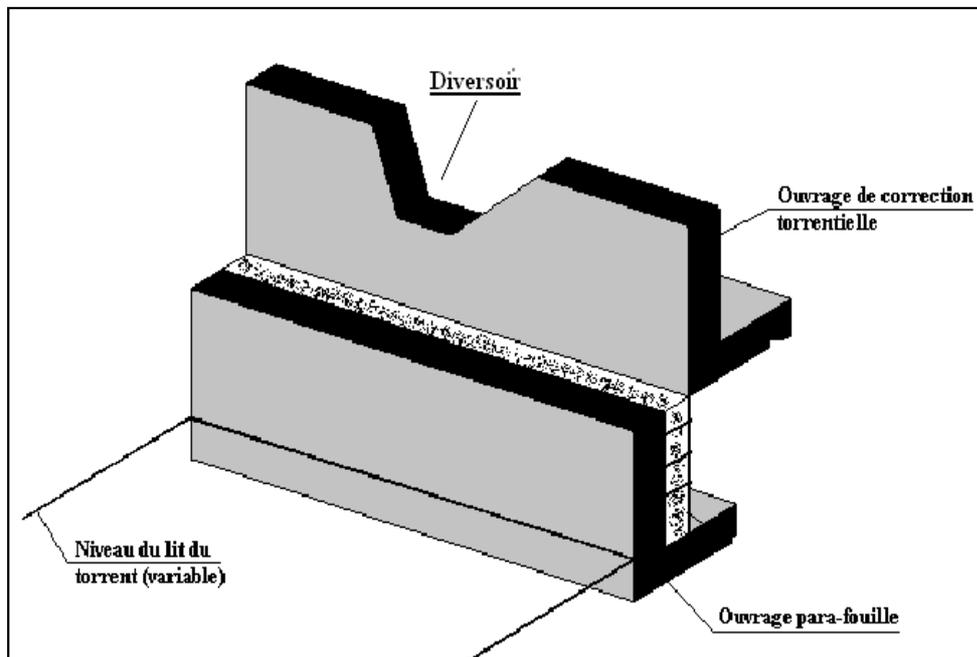


Fig. n°16 Schéma d'un Ouvrage type de correction torrentielle

Ancrage du seuil

Déversoir



Photo n° 07 Seuils en pierre sèche utilisée dans la fixation des ravines



Photo n° 08 Seuil en gabion



Photo n°09 Seuil en terre



Photo n° 10 Seuils en béton



Photo n°11,12 .Seuil en pneu utilisé sur terrain marneux

**Planche n°2 types d'aménagement mécaniques**

## Deuxième partie : PRESENTATION DU MILIEU NATUREL

### Chapitre I : Milieu naturel

**1. Situation géographique du bassin versant de l'Isser :** est situé à l'Est de la wilaya de Tlemcen, et limité par les coordonnées Lambert suivants  $126 \text{ km} <x> 177,3 \text{ km}$  et  $161 \text{ km} <y> 214 \text{ km}$  à une superficie de  $1.137 \text{ km}^2$ , son altitude comprise entre  $1.616 \text{ m}$  et  $300 \text{ m}$  et en moyenne  $800 \text{ m}$ , et une dénivellation de  $1350 \text{ m}$ , la pente moyenne du versant est de  $24.67\%$ . La limite en aval du bassin coïncide avec le barrage El Izdihar de Sidi El Abdelli ( $110$  millions de  $\text{m}^3$ ). L'Oued Isser est parmi le plus important affluent de la TAFNA de par son fort débit et par son long parcours ( $140 \text{ km}$ )

Le bassin versant est drainé par le cours amont et moyen de l'Oued Isser et par certain nombre de ses affluents, dont les principaux sont L'Oued Fernane, Oued Khalfoune, Oued Bouhadi, Oued Bazzaz, Oued Tesremt, Oued Emdad, Oued Guerouane, Oued Cedra, Oued Rhazrali-Ougarene, à plus ou moins  $45 \text{ km}$  en aval du barrage, près de la ville de Remchi, l'Oued Isser se rejette dans l'Oued Tafna.

Notre zone d'étude appartient à la commune de Ain Nehala qui se situe à l'Est de la wilaya de Tlemcen, se compose de trois micro bassins d'une superficie d'environ  $2.795 \text{ ha}$ , est située dans le bassin versant Isser, au cœur d'une zone marneuse. (Fig 08).

L'exactitude du périmètre des sous bassins versants dépend de l'échelle de la carte, de la densité du réseau hydrographique, plus ce dernier est bien marqué, plus la délimitation est bien nette et plus le calcul des divers paramètres sont précis.

Dans le cadre de notre travail, et à l'aide du logiciel Map Info, on peut obtenir les périmètres des sous bassins de Bounakhla-Heriz, Sidi Mohamed Chérif, Ain El hammam ainsi que les superficies, tableau 02:

**Tableau n°02 : représente la répartition de la superficie de la zone d'étude**

Micro bassin versant	Superficie (Ha)	Périmètre (Km)	Coordonnée Lambert	Carte Topographique
Bounakhla-Heriz	929	16,50	X1 157.60 Y1198.66 X2 163.24 Y2 202.59	Sidi Ali Boussemi n° 240 1/50000 Ouled Mimoun n° 271 1/50000
Sidi Mohamed Chérif	934	15,60	X1 158.53 Y1196.90 X2 164.30 Y2 199.88	
Ain El hammam	932	13,50	X1 164.10 Y1195.89 X2 167.10 Y2 202.50	
Total	2795			

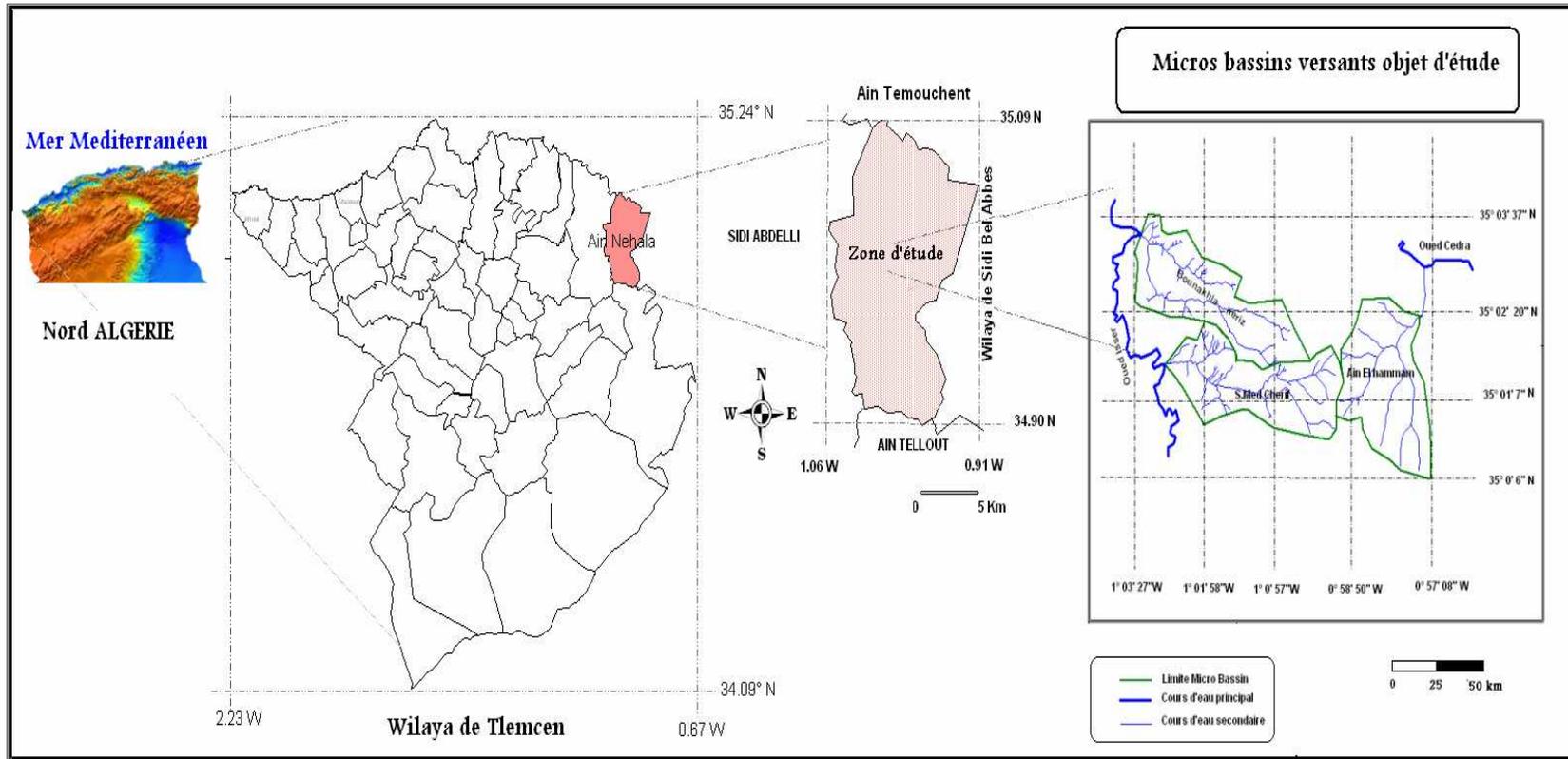


Fig. n ° 08 Localisation de la zone d'étude

## 2. Caractéristiques du bassin versant Isser :

**2.1. Forme :** la forme du bassin influe sur l'allure de l'hydrogramme à l'exutoire du bassin, la forme géométrique du bassin versant Isser est plus ou moins rectangulaire.

**2.1.1. Coefficient de compacité de GRAVELIUS (Kc) :** L'indice admis par les hydrologues pour caractériser la forme d'un bassin versant, qui est le rapport du périmètre du bassin à celui d'un cercle de même surface. Le coefficient de compacité (**Kc**) est égale à :

$$Kc = 0,28 \times p / \sqrt{A} \quad \text{où } p = \text{périmètre en km} \quad A = \text{superficie en km}^2$$

Kc : s'il est proche de (1) le bassin versant est de forme quasiment circulaire

Kc : s'il est supérieur à 1 le bassin versant est de forme allongé

Pour notre cas, selon une Bouziane (1992), le Kc de l'Isser a été évalué à  $1,636 > 1$ , donc le bassin versant présente une forme allongée ; ce qui signifie que le temps de concentration est long et un faible débit de pointe.

Ajoutant aussi que la forme allongée du bassin engendre pour une même pluie, de faible débit de pointe de crue en raison de temps plus importants d'acheminement de l'eau à l'exutoire (c'est-à-dire représente un temps de concentration long). Alors que la forme d'éventail du bassin présente un temps de concentration plus court et un fort débit de pointe.

**2.1.2. Rectangle équivalent :** Les dimensions équivalentes permettent de comparer des bassins entre eux du point de vue de l'influence de leurs caractéristiques géométriques sur l'écoulement. Les dimensions ont été déterminées à partir de la formule suivante :

$$L = \frac{Kc \sqrt{A}}{1,12} \times (1 + \sqrt{1 - (1,12/Kc)^2}), \quad l = A/L$$

A = surface du bassin versant en km<sup>2</sup>, **Kc** coefficient de compacité, L longueur du rectangle, l : largeur du rectangle. Les dimensions équivalentes (Longueur et largeur) du bassin versant déterminés par Bouziane (1992) sont L= 84,43 km, l=13,49 km

**2.2. Le relief:** Le bassin versant Isser est caractérisé par 03 zones distinctes

**A. Au sud :** Une zone Montagneuse à forte pente >30% représentant les 32% de la superficie totale et constituée essentiellement de calcaire jurassique.

**B. Au nord :** Une zone de collines de montagne dont les pentes varient de 15 à 30% représente 26.11% de la superficie du bassin Isser, où les marnes d'âges Miocène y prédominent.

**C. Zone intermédiaire :**(Médiane):Correspond aux plaines et plateaux où les pentes sont inférieures à 15% représentent 41, 89% de la superficie totale du bassin versant Isser soit 476,29km<sup>2</sup>.

**2.3. Altitude moyenne :** Qui est le rapport de la somme de surface élémentaire par l'altitude moyenne correspondant. La courbe hypsométrique est donnée au tableau 03 :

**Tableau n°03 Répartition altimétrique du bassin versant Isser**

Tranche d'altitude (m)	Superficie (km <sup>2</sup> )	%
300-400	40	3.50
400-600	253	22.20
600-800	270	23.80
800-1000	188	16.50
1000-1200	196	17.20
1200-1400	174	15.40
>1400	16	1.40
Total	1137	100

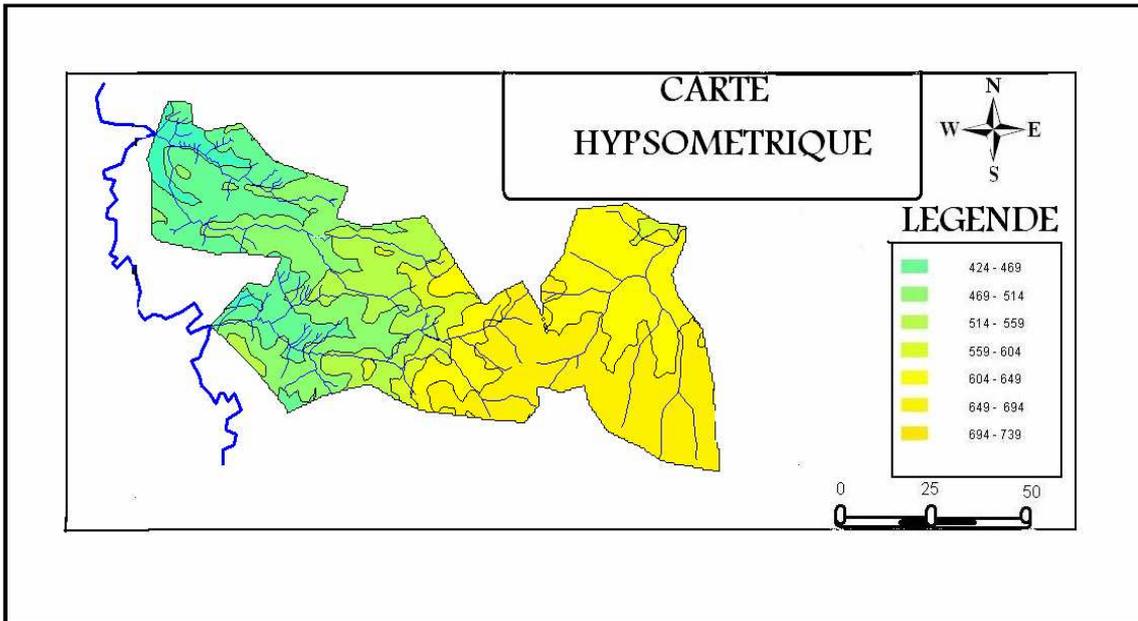
Source : Trationnal bureau d'étude belge 1978

A partir d'extraction des produits dérivés du **M.N.T** (model numérique du terrain), il est possible de tirer de nombreuses informations: le réseau hydrographique, limites des bassins, la pente, l'exposition des versants, carte hypsométrique.

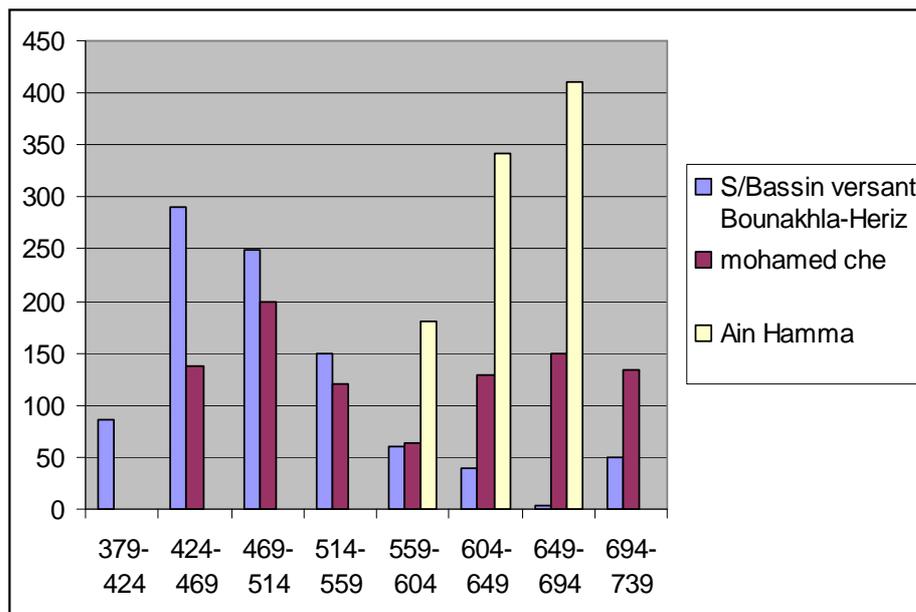
Le paramètre topographique altitude des sous bassins objet d'étude déduit à partir du modèle numérique de terrain (M.N.T) de la région Fig N°09 et 10, se représente dans le tableau N°04 :

**Tableau n°04 Répartition altimétrique des trois sous bassin versant la zone d'étude**

Tranche d'altitude (m)	S / Bassin versant Bounakhla-heriz		S/ Bassin versant Sidi Mohamed chérif		S/ Bassin versant Ain Hammam	
	Superficie (ha)	Pourcentage (%)	Superficie (ha)	Pourcentage (%)	Superficie (ha)	Pourcentage (%)
379-424	85.90	9.25				
424-469	290	31.22	138	14.80		
469-514	249.30	26.83	200	21.40		
514-559	150	16.15	121	12,95		
559-604	60	6.46	63	6,74	180	19.30
604-649	40	4.30	128	13,70	342	36.70
649-694	3.80	0.41	150	16,06	410	44
694-739	50	5.38	134	14,35		
Total	929	100	934	100	932	100



**Fig n°09 Carte hypsométrique extraite à partir de MNT (Le Model Numérique de Terrain Résolution 90 X 90 m) des trois micros bassins**



**Fig. n°10 Représentation graphique des altitudes de la zone d'étude**

**2.4. La pente :** Il est intéressant d'étudier la pente car elle joue un rôle important dans l'hydrologie, et influe directement sur l'infiltration et le ruissellement. D'après AUBERT (1987), la pente intervient en particulier sur la force érosive de l'eau qui ruisselle, sa position dans la topo séquence: sommet, mi-pente, bas pente et sa relation avec les sols voisins.

La carte des pentes : est considérée comme une couche importante dans le domaine des aménagements en générale, et dans les études de bassin versant, en particulier. La pente est un facteur important dans plusieurs phénomènes hydrologiques au sein d'un bassin versant. Cette inclinaison est influencée par la roche en place, les sols, le ravinement, la distribution et la quantité des pluies et l'activité de l'homme.

Un modèle numérique de terrain est une représentation quantitative du relief sous forme d'une grille dans laquelle on trouve pour chaque cellule une valeur d'altitude. La position de chaque noeud sur cette grille est connue que ce soit en latitude, longitude ou hauteur par rapport au système de projection Lambert. A partir de ce réseau de points il est possible de tracer les courbes de niveau et partant de là de calculer les valeurs de pente et l'exposition de ces dernières grâce à (Map Info). Son extraction automatique à partir du MNT permet le calcul de la pente. Tableau n°05.

**Tableau n°05 Représente les différentes classes des pentes selon leur pourcentage dans les Bassins considérés:**

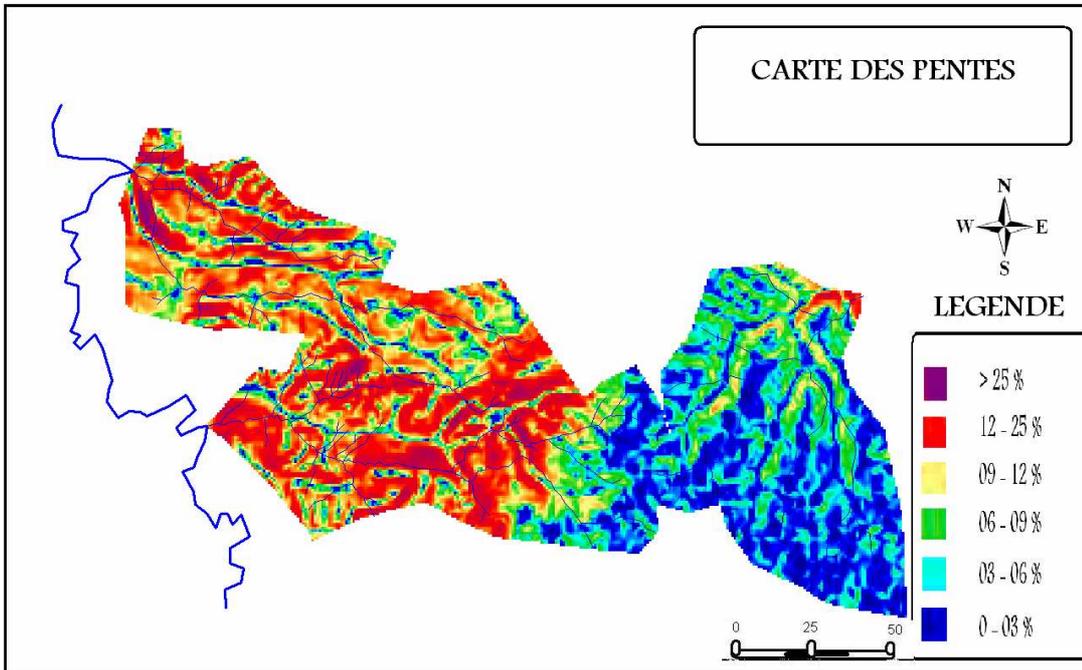
Classe des pentes en %	S/Bassin versant Bounakhla-Heriz		S/Bassin versant Sidi Mohamed chérif		S/Bassin versant Ain Hammam	
	Superficie (ha)	(%)	Superficie (ha)	(%)	Superficie (ha)	(%)
0-3 % (Plaines)	12.08	1.3	18.68	2	298.24	32
3-6,0 % (Bas piedmonts)	25.08	2.7	32.69	3.5	331.80	35.6
6-12,5 % (Bas piedmonts)	261.98	28.2	236.30	25.3	137.93	14.8
12,5-25 % (haut piedmonts)	543.46	58.5	604.30	64.7	110.91	11.9
>25 % (Montagne)	86.40	9.3	42.03	4.5	53.12	5.7
Total	929	100	934	100	932	100

La distribution de la pente dans la zone d'étude est généralement assez homogène. Carte des pentes Fig. N°11.

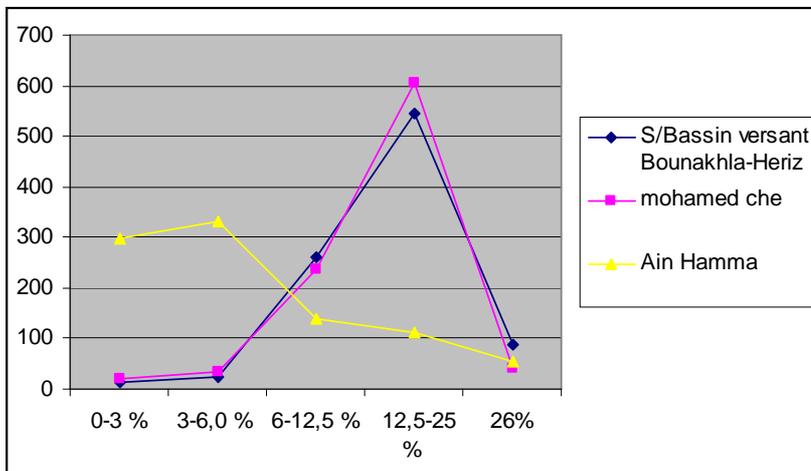
- **La classe 1** (< 03%) : un terrain plat ou le danger d'érosion est presque nul.
- **La classe 2** (03 à 06%) : le relief correspondant à cette classe de pente à une inclinaison variant de pas du tout à faible en général pas de danger d'érosion.
- **La classe 3** (06 à 12,5 %) : la surface du terrain correspondant à cette classe de pentes, à une Inclinaison moyenne, il y a un danger d'érosion réel.

**La classe 4 (12,5 à 25 %) :** le relief correspondant à cette classe de pentes varie de moyenne à forte Inclinaison, dans ce cas il existe un danger d'érosion important.

**La classe 5 (> 25 %) :** c'est un relief fortement incliné, avec un danger d'érosion très important



**Fig. n°11 Carte des pentes extraites à partir de MNT (Le Model Numérique de Terrain Résolution 90 X 90 m)**



**Fig. n°12 Représentation graphique des pentes**

La figure n° 12 montre que la superficie la plus importante est comprise entre les pentes de 6 et 25 % dans les bassins de Sidi Mohamed Chérif et Bounakhla,

**2.4.1. Indice globale de la pente (Ig) :** Il est défini comme le rapport entre dénivelée simple et la longueur du rectangle équivalent.  $I_g = D/L$  d'où D étant la dénivelée simple (m),  $D = H_5\% - H_{95}\%$ .  $H_5\%$  et  $H_{95}\%$  sont les altitudes entre les quelle s'inscrivent 90% de la surface du bassin

L : longueur du rectangle équivalent en km.

**2.4.2. Indice de la pente de roche (Ip) :** Se détermine à partir de la formule suivante :

$$I_p = (1/\sqrt{L}) \times \sum X_i \times B_i \times \sqrt{(a_i - a_{i-1})}; L : \text{longueur du rectangle équivalent}$$

$B_i$  : fraction de la surface totale du bassin comprise entre les cotes  $a_i$  et  $a_{i-1}$ , fonction de l'hypsométrie.  $X_i$  : distance séparant deux courbes de niveau sur le rectangle équivalent

**2.4.3. La pente moyenne (Im) :** est le rapport de la dénivelée totale du rectangle équivalent sur sa longueur  $I_m = D_t/L$ .  $D_t$  : dénivelée totale du rectangle en (m) L: longueur du rectangle équivalent

**2.4.4. Dénivelé spécifique (Ds) :** Dépend principalement de la surface pour corriger l'indice globale de la pente  $I_g$  elle est déterminé à partir de la formule suivante :

$$D_s = I_g \times A^{\text{puissance } 1/2} \quad A : \text{aire du bassin (Km)}$$

**Tableau n° 06 présente les différentes caractéristiques du bassin versant Isser**

Bassin versant	Kc	Ip	Ig	Relief selon Ig	Relief selon Ds	Tc	Dd(km2)	Ct	Indicede Martonne
Isser	1.636	0,10	0,011	modéré	372,204	9h36'	1,08	0,68	15,99%

Source : étude de Bouziane, 1992 et Fandi, 2000

Tc: Temps de concentration ; Dd : Densité de drainage ; C t : Coefficient de torrentialité

Selon la classification de L'ORSTOM des reliefs (tableau n°07), le bassin versant d'Isser présente un relief modéré.

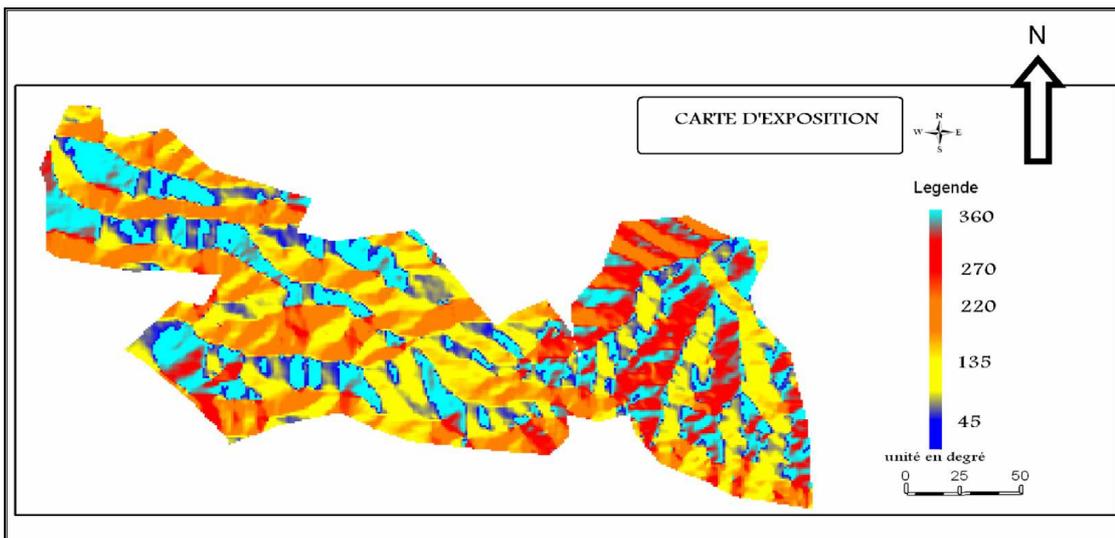
**Tableau n°07 Classification de L'ORSTOM des reliefs**

Relief	Ig (m/km)
Très faible	< 0,002m/km
Faible	0,002 < Ig < 0,005
Assez faible	0,005 < Ig < 0,01
Modéré	0,01 < Ig < 0,02
Assez fort	0,02 < Ig < 0,05
Fort	0,05 < Ig < 0,5
Très fort	0,5 < Ig

Suivant le degré d'inclinaison on détermine les différentes classes morphologiques. Nous avons: la plaine, bas piémont, le haut piémont et la montagne (plus de 25%).

**2.5. Exposition :** L'exposition agit sur l'humidité des végétaux. Elle est déterminée par rapport aux quatre points cardinaux. L'exposition au soleil nous renseigne sur la répartition possible, des végétaux. Ces valeurs sont exprimées en degrés avec le nord comme origine.

A partir du MNT, le SIG (système d'information géographique) dérive un fichier d'orientation dite carte d'exposition. Le principe de cette méthode suppose que l'exposition caractérise le sens théorique de l'écoulement des eaux ruisselantes le long de la pente, comme elle met en évidence les points de rupture de l'uniformité de la longueur de la pente.



**Fig. n°13 Carte d'exposition extraite à partir de MNT (Le Model Numérique de Terrain Résolution 90 X 90 m)**

**2.6. Profil en long d'Oued Isser :** de l'amont vers l'aval Oued Isser est découpé en trois (03) parties :

**1ère partie :** Caractérisée par une pente de 4,45 % qui constitue le tronçon de montagne avec une forte érosion.

**2ème partie :** Après le tronçon de montagne, intervient le tronçon médian, avec une pente de 1,37 % et l'érosion considérable.

**3ème partie :** Caractérisée par une faible pente de 0,39 % caractérisée par des dépôts d'alluvions terrassées par les eaux d'écoulement.

**2.7. Géomorphologie :** dans le bassin versant Isser on distingue trois (03) ensembles géomorphologiques.

**A. Versant :** Les versants dépendent de l'influence de certains facteurs tel que : pendage, la lithologie et l'effet de l'érosion. Dans le bassin versant Isser les versants sont constitués de substrats tendres (Marnes) avec intercalations gréseuses, et occupent la plus grande partie du relief.

**B. Glacis :** Les glacis correspondent à d'anciennes surfaces d'aplanissement entaillées par des cours d'eaux récents ou actuels, se sont des héritées des phases pluviales du quaternaire. Ces unités sont peu étendues et sont découpées du fait d'érosion linéaire.

**C. Terrasses et les dépressions :** les grandes vallées du Oued Isser sont jalonnées par des lambeaux de terrasse s'élevant de 10 a 12 m au dessus des alluvions récentes du lit majeur, les plus souvent limoneux argileux. On rencontre deux types de terrasses :

- \* La terrasse Rhabienne : constitue la formation limoneuse ou sablo limoneuse, elle correspond au quaternaire récent.
- \* La terrasse Soltanienne : est la plus ancienne et subsiste par lambeaux le long des oueds, elle constitue de formation argilo limoneux rougeâtre.

Les dépressions sont caractérisées par des sols profonds dû à l'accumulation des matériaux fins apportés par l'érosion.

**2.8. Géologie et lithologie :** Les différentes formations géologiques affleurantes sont réunies, sur la base lithologique prédominante, en groupes cohérents et en sous groupes à partir desquels, il est possible d'identifier leur sensibilité à l'érosion, puis de les classer en faible, moyenne, assez forte et forte sensibilité. En effet plus la roche est friable, plus sa sensibilité à l'érosion est grande, et plus la roche est dure, plus sa sensibilité à l'érosion est élevée.

Le bassin versant de l'Isser est caractérisé par trois (03) grands ensembles géologiques :

**A. Formation du quaternaire :** elle constitue une succession de terrasse et glacis de pentes plus ou moins encroûtées (calcaire). Les alluvions récentes et subactuelles se situent le long de l'oued Isser.

**B. Formation plio quaternaire :** elle est représentée par des sédiments continentaux conglomératiques.

**C. Tertiaire :** représenté par des dépôts essentiellement marins à savoir :

**C.1. L'Eocène** : la formation affleure sur une très faible surface au niveau de Ain Berkouk (prés de Ain Nekrouf). C'est un ensemble gréseux avec passage de bancs de poudings.

**C.2. Miocène moyen (Serrallien)** : Constitué essentiellement par une épaisse série d'argiles marneuses grises ou bleutées, au sein de cette série s'intercalent de nombreux bancs décimétriques de grés jaunes.

La partie méridionale du bassin versant Isser est constituée en totalité par des affleurements calcaires et dolomies d'âges jurassiques qui s'étendent dans la direction Nord (Mazour, 1992) tableau N°08.

**Tableau n°08** Les formations lithologiques par rapport à la surface du bassin versant (Mazour, 1992)

Formation lithologique	Pourcentage (%)
Calcaires et dolomies	38
Marnes avec grés intercalés	21
Alluvions limoneuses et caillouteuses en terrasse	19
Grés siliceux, grés calcaires et autres formations	22
	100 %

**D. La Lithologie des trois micros bassins versant** : est caractérisés par :

- Des Marnes du miocène moyen (Helvétien) de couleur grises et meubles, elles caractérisent par une grande instabilité et sont soumises à un ravinement généralisé du fait de l'absence de la végétation, les Marne représente plus de 85 % de la superficie de la zone d'étude.
- Alluvions quaternaires (Holocène et Rhabien): représentent environ 15%
- Les fonds d'oued sont occupés par des limons surmontant souvent un niveau grossier de base (Holocène).
- à quelques mètres au dessus de ces limons formant le lit majeur des rivières, s'étend d'une première terrasse bien marquée, limoneuse (Rhabien).

Nous remarquons que la majeure partie de la zone d'étude est marneuse, substrats très sensibles à l'érosion. Les phénomènes de glissement de terrain sont fréquents dans la région où la pente est importante (dépassé les 20%).

L'exposition de ces marnes aux différents agents atmosphérique fait qu'elle s'altère rapidement la surface du sol détruit en fragment écaillé. Ajoutant aussi que les observations sur terrain montrent que les versants exposés au sud sont généralement plus dégradés. Fig. N°14

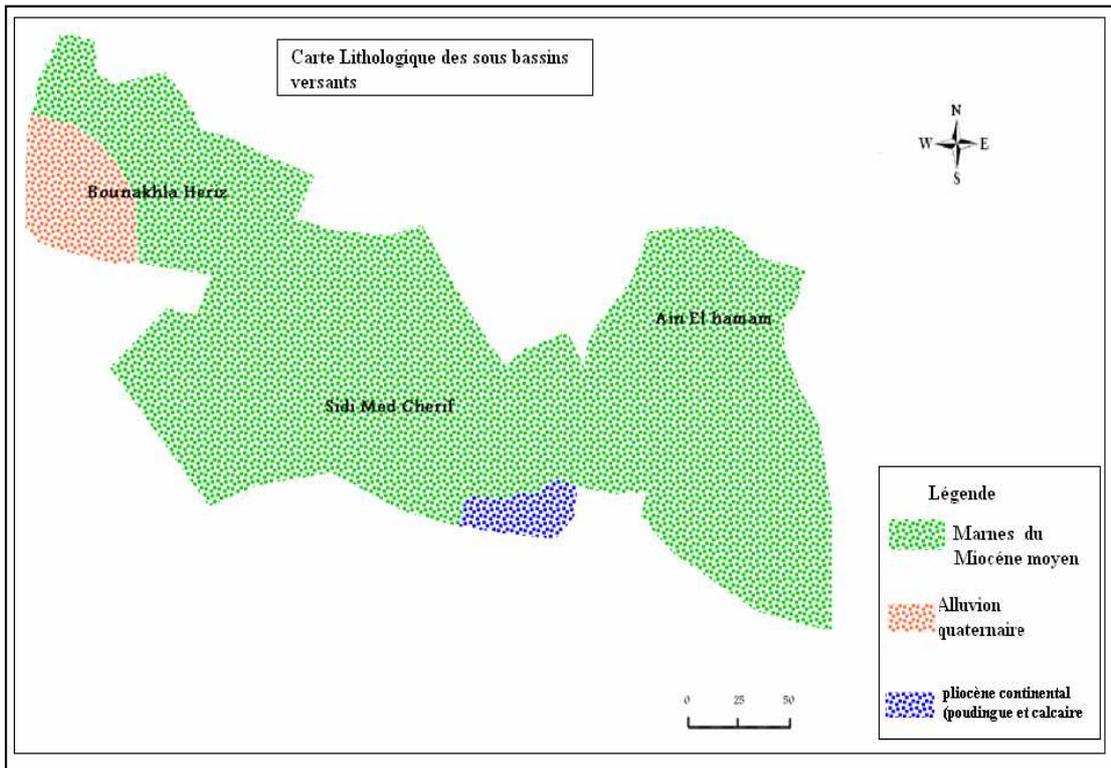


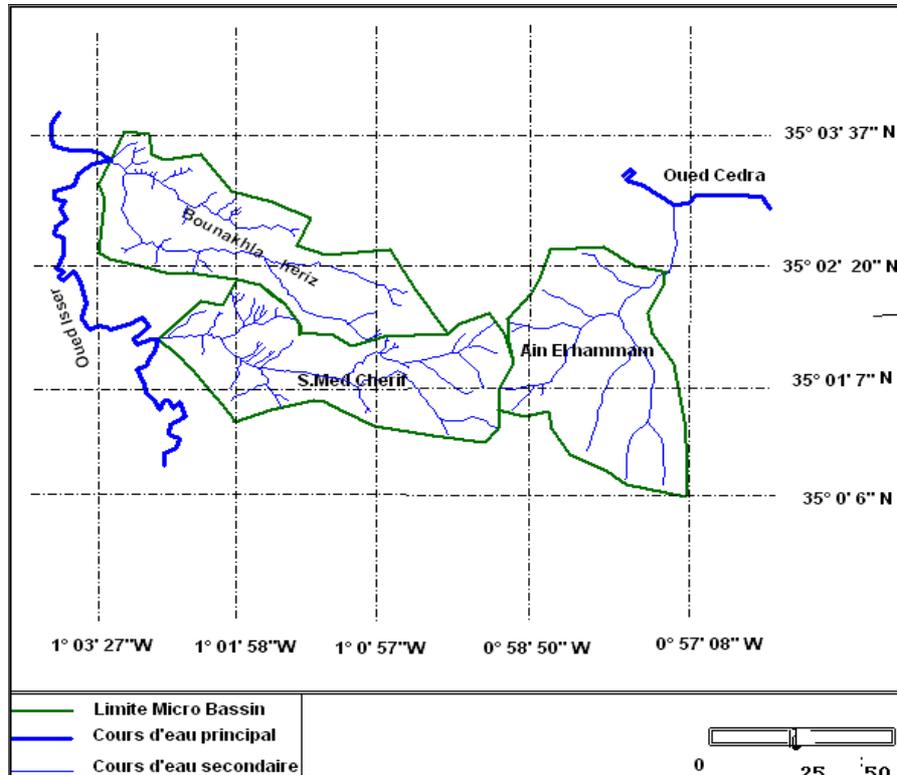
Fig. n°14 Carte géologique de la zone d'étude

**2.9. Répartition des sols dans la zone d'étude :** Les sous bassins versants de Bounakhla-Heriz, Sidi Bekai, Sidi Mohamed chérif, Ain Hammam présentent des sols brun vertiques sur des marnes et des sols squelettiques. Des alluvions récentes sont observées le long du cours d'eau principal (Korti, 2004).

**2.10. Réseau hydrographique :** Le réseau hydrographique correspond à tout écoulement linéaire concentré sur la surface topographique (Deffontaines, 1990). Il peut être déterminé à partir des cartes topographiques, des photographies aériennes ou des levés de terrain. Comme les petits ravins ne sont pas souvent représentés sur les cartes topographiques, on a trouvé des différences importantes entre la densité des ravins déterminée à partir, d'une part des cartes topographiques et, d'autre part, des photographies aériennes (Eyles, 1966).

Le réseau hydrographique de la région est généralement de type arborescent dense ordre 4 Fig n°15, vu la nature des roches tendre qui dominent la zone d'étude et régime hydrique agressif qui favorisent l'érosion. En période pluvieuse les oueds sont opérationnelles mais deviennent

inactifs desquelles s'achève. On distingue, le Talweg de Sidi Mohamed chérif et Bounakhla - Heriz qui débouche à Oued Isser, et Oued Ain Hamam qui débouche à Oued Cedra qui lui aussi débouche a Oued Isser.



2.11.

Fig. n° 15 Réseau hydrographique des trois micros bassins versant

**Végétation de la zone d'étude:** Le tapis végétal de l'Algérie entière a subi des modifications importantes dans le sens parfois d'une dégradation irréversible. Situées dans une zone où les effets de l'activité humaine se font sentir sans répit depuis au moins quatre millénaires, ces forêts ont en effet le plus souvent été pillées (Quezel, 1974). L'occupation du sol est un indicateur sur l'état de surface du sol, un sol bien couvert par une végétation bien venante sera bien protégé contre tous les facteurs extérieurs du milieu et diminuera de ce fait le danger d'érosion. Par contre un sol nu sera plus favorable à l'érosion. L'étude de la couverture végétale présente un double intérêt : d'une part, elle constitue une des bases essentielles de la connaissance des ressources naturelles, pour la mise en valeur du territoire; d'autre part, elle est aussi une indicatrice du facteur de dégradation. Les terres des sous bassins versants sont pour la plus part des terrains agricoles sauf quelques bad-land

(mauvaise terres), de nature argileuse lourde. La couverture végétale est constituée principalement de cultures céréalières, avec la présence d'un peu de maraîchage et quelques vergers d'arboriculture. Les micros bassins présentent une couverture végétale saisonnière. Ces terrains sont découverts durant les périodes inter cultures, où les sols sont facilement soumis à l'érosion (généralement durant le mois de septembre octobre, décembre et janvier). Ajoutant aussi que les cultures extensives agissent très peu sur l'écoulement des eaux. La céréaliculture protège très peu le sous bassin, elle favorise l'érosion par l'utilisation des méthodes culturales non appropriées et la pratique de la monoculture. Les associations les plus répandues sont : *Olea europea* (olivier) ; *Tamarix articulata* (tamarix) ; *Ziziphus lotus* (Jujubier) ; *Ampelodesma mauritanica* (Diss); *Chamaerops humilis* (Doum). De nombreuses plantations ont été réalisées dans la région pour consolider les aménagements de conservation des sols mais avec un taux de réussite très réduit.

## 2.12. Système d'utilisation des terres et aspect socio économique:

**2.12.1. L'agriculture** représente la principale activité économique de la zone d'étude sur une superficie cadastrale de 15.600 ha de la commune. La superficie agricole totale occupe une superficie de 8.750 has (SAT), dont plus de 75 % sont représentées par la superficie agricole utile (SAU = 8506ha) qui est occupée principalement par des céréalicultures qui couvrent plus de 60%. C'est une culture extensive avec un rendement très varié d'une année à l'autre (Blé tendre, Blé dur, orge), les légumes secs avec un taux d'occupation entre 15-20%, culture maraîchère avec un taux d'occupation varié entre 3-5 % Tableau 09.

**Tableau N° 09** Répartition de la superficie agricole totale (D.P.A.TLEMCEN, 1998)

SAT (Ha)	SAU (Ha)					parcours	Terre improductif (Ha)	Foret (Ha)
	irrigué	Terre labour	Culture pérenne					
			viticulture	olivier	Arboriculture Fruitière diverse			
8750	259	7690	317	49	191	128	116	159

**A. La conduite des cultures** est menée généralement en sec. L'irrigation n'est pratiquée que par fonçage de puits et des prises sur Oued Isser. Certains paysans utilisent l'eau recueillie à l'amont de certains seuils en terre construits dans le cadre de la correction torrentielle, pour abreuver le bétail et irriguer.

**B. L'arboriculture fruitière** qui occupait jadis une part importante de la superficie agricole utile connaît actuellement une régression inquiétante en effet de 420 ha en 1982 ,300ha en 1992, elle n'est actuellement que de 191 ha (DSA, 2009). Cet état est dû en grande partie au prolongement de la période de sécheresse et l'envasement des principales retenues collinaires et seuils en terres.

**C. Le vignoble** a subi une dégradation massive suite aux campagnes intenses d'arrachage ; ils n'occupent actuellement que 317 d'hectares.

**D. Les terres incultes** (impropres a l'agriculture) représentées essentiellement par les zones fortement dégradées par l'effet de l'érosion hydrique (bad-lands)

**E. Les terres de forêts** et maquis sont représentées par quelques bosquets d'une superficie environ 180 has.

**F. L'élevage** au niveau de la zone d'étude est très important, est composé d'effectif varie d'ovin, bovin, caprins. Le pourcentage des ovins est le plus élevé. L'impact de l'élevage est ressenti à deux niveaux :

- source de revenue appréciable pour les paysans.
- la pression du cheptel qu'elle influe directement sur la dégradation des sols par le tassement des couches superficielles par piétinement qui provoque une diminution de l'infiltration et une accélération du ruissellement, entraînant le départ des particules et une diminution de la fertilité du sol. Par ailleurs, la région reçoit d'importants troupeaux venant de la steppe en période estivale (transhumance). Ceci engendre un surpâturage à l'origine d'une grande dégradation des sols et favorise l'érosion.

### 2.12.2. Indice d'occupation humaine:

La présence de l'être humain et des habitations près des bassins versants constitue l'enjeu dont l'importance détermine le degré de vulnérabilité du milieu, il s'agit de la protection des bassins contre l'utilisation irrationnelle des terres. Donc, l'indice dépend de l'occupation humaine de l'espace et de son activité. La composante activité humaine peut être utilisée dans trois aspects des éléments du risque: source de départ d'érosion, enjeux (personnes, biens, installations), moyens de lutte. La pression humaine, nous l'exprimons par une densité (exprimé en pourcentage): le rapport du nombre de personnes par unité de surface voisine. L'exode rural dans la dernière décennie très marqué dans les micros bassins par présence d'une population très réduite.

**Tableau n°10** Evolution de la population de la commune d'Ain Nehala (D.P.A.T.1998)

Année	Nombre de la population
1966	3548
1977	5189
1987	6553
1998	6455
2007	8404

**Tableau n°11** Répartition de l'emploi par branche d'activités (P.D.A.U Ain Nehala 1999)

Secteurs	Nombre d'emploi	%	Observation
Agriculture	729	49.50	Nombre total de la population occupé 1473
BTPH	84	5.70	
Industrie	11	0.75	
Commerce	30	2.03	
Administration	345	23.42	
S.T.R	274	18.60	
Total	1473	100%	

**2.13. Les formes de dégradation des sols dans la zone d'étude - planche n°3-4 :** La zone connaît un climat dont les pluies sont irrégulières et parfois violentes. Les terrains sont formés essentiellement de marnes, riches en argiles gonflantes, les qui s'additionnent aux conditions topographiques et antropo-zoologènes, et le faible couvert végétal aggravent les phénomènes de l'érosion hydrique qui se manifeste dans la région sous plusieurs formes :

**A. Erosion en nappe :** elle se produit lorsqu'il y a l'écoulement des eaux en surface avec une fréquence importante. L'érosion en nappe se traduit par le décapage de l'horizon superficielle, et par amincissement du sol, se manifeste par l'apparition à la surface du sol une couleur plus claire et une charge caillouteuse. Les mesures de l'érosion en nappe faites par Mazour (1992) dans la zone marneuse pendant la campagne 1989-1990 ont donné une estimation qui dépasse les 2T/ ha.

**B. Erosion linéaire:**

- 1- Erosion en griffe

## 2 - Erosions en rigole

3 - Erosion en ravine : Le ravinement est le processus morphogénétique le plus actif, les versants de la zone d'étude sont très ravinés, dénudés de végétation. Suivant l'évolution, on constate plusieurs types de ravines :

- **Ravines de suffosion** : Qui sont liées aux propriétés physiques des sédiments et à la circulation de l'eau dans les sols. Ces ravines sont prépondérantes au niveau des formations tendres planche n°04

-**Ravines en U**: à fond plat qui évolue par érosion régressive par l'énergie de tourbillon de chute en tête de ravine.

-**Ravines en V**: Formés par l'organisation du ruissellement en provenance des versants planche n°04.

-**Bad-lands** : constituent l'étape finale de la dégradation du sol

**C. Les mouvements en masse** : suivant l'humectation de la couverture pédologique, la zone

Présente plusieurs types de mouvement de masses :

- la solifluxion
- les glissements de terrain
- les coulées boueuses

**D. L'érosion mécanique** : il s'agit d'un lent mouvement en masse des horizons superficiels sous la pression des outils de travail du sol. Le phénomène s'observe surtout sur les pentes fortes (supérieures à 20%).

**Tableau n° 12** Résumé des caractéristiques des sous bassins versants de la zone d'étude

Caractéristiques /sous basins	Bounakhla-Heriz	S/Mohamed chérif	Ain Hamam
Superficie (Km2)	9,29	9,34	9,32
Périmètre (km)	16,5	15,6	13,5
coefficient de compacte de GRAVELIUS (Kc)	1,2	1,44	1,24
indice de la pente de roche (Ip)	0,18	0,2	0,3
indice global de pente (Ig)	0,031	0,037	0,066
Longueur Rectangle equivalent Km	7,40	6,5	4,40
Largeur Rectangle equivalent Km	1,26	2,56	2,10
Temps de concentration	1 h 13'	1h14'	1h03'
Densité de drainage Dd	2,69	2,56	1,93
Relief Selon Ig	Assez fort	Assez fort	Assez fort
Vocation des terres (systèmes)	Agro-pastorale essentiellement céréaliculture	Agro- pastorale essentiellement céréaliculture	Agro-pastorale essentiellement céréaliculture
Végétation	- Céréaliculture, jujubier, tamarix, diss,	Céréaliculture, jujubier, Olivier, tamarix,	Céréaliculture, jujubier, Olivier, tamarix
Forme d'érosion dans la zone d'étude	Erosion en nappe et rigole -érosion Ravinante -glissement terrain -coulées boueuses -érosion mécanique sèche	Erosion en nappe et rigole -érosion Ravinante -glissement terrain -coulées boueuses -érosion mécanique sèche	-Erosion en nappe et rigole -érosion Ravinante -glissement terrain -coulées boueuses -érosion mécanique sèche



Photos n°13



Photos n°14



Photos n°15



Photos n°16



Photos n°17 l'approfondissement de la ravine



Photos n°18 Labour dans le sens de la pente

**Planche n°03 dégradation des terres agricoles par l'érosion hydrique et activité humaine**



Photo n°19 Érosion régressive



Photo 20 L'érosion en suffosion provoqué par l'écoulement hypodermique



Photon°21,22 Ravines en V en zone marneuse (Sidi El Abdelli)



Photo n° 23 Réseau de banquette attaquée par le ravinement : le débordement des eaux a provoqué la rupture du bourrelet



Photo n°24 zone très érodable (ravinement très marqué)

**Planche n°4 types de ravines dans la zone d'étude**

## CHAPITRE II AMBIANCE CLIMATIQUE

L'objectif de cette étude est de connaître au niveau de la zone d'étude, la situation climatique qui détermine en grande partie les conditions du milieu. Le climat est l'ensemble des phénomènes météorologiques (température, pression atmosphérique, vents, précipitations, évapotranspiration), qui caractérisent l'état de l'atmosphère. Le climat se définit aussi comme l'ensemble des états successifs de l'atmosphère dans une région donnée et pendant une période donnée. Il s'étudie généralement sur une trentaine d'années. Élément naturel sur lequel l'homme n'a aucune action directe (exception des interventions artificielles). C'est l'un des facteurs du milieu le plus déterminant, par son action peut être favorable ou défavorable. Le

climat joue un rôle fondamental dans les différents processus de dégradation des sols. Pour cela une analyse est nécessaire, elle permet le choix des essences, les ouvrages, ...etc.

Le bioclimat dans son ensemble de la zone d'étude est de type semi aride marqué par une sécheresse estivale relativement sévère accompagnée d'une température diurne forte. Pour les besoins de l'étude, nous avons choisi trois stations pluviométriques situées à l'intérieur du bassin versant Isser et qu'on peut les considérer les plus représentatives pour la zone d'étude sur une période de 1972- 2006.

**1. Présentation des stations pluviométriques :** les trois stations choisies sont représentées dans le tableau n°13

**Tableau n° 13 :** Caractéristiques des stations pluviométriques choisies pour l'étude

Stations	Altitude (m)	Coordonnées kilométriques		Période
		X	Y	
Sidi abdelli	323	150.50	206.20	1972-2006
Bounakhla	524	161.12	199.12	1978-2005
Oued Lakhdar (ex Chouly)	725	149.63	181.06	1973-2006

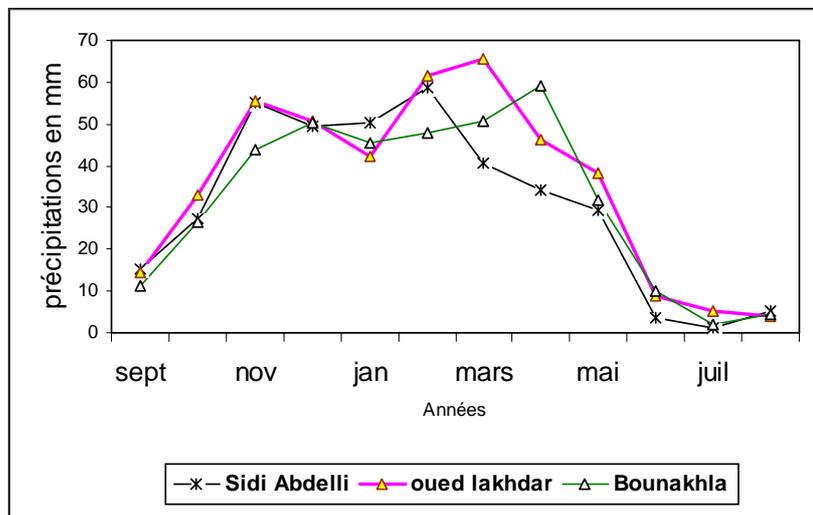
**2. Précipitations :** les précipitations relevées dans les trois stations sont reportées dans le tableau n°14.

**2.1. Les Précipitations moyennes mensuelles et moyennes annuelles** enregistrées dans les trois stations montrent qu'il y a une irrégularité de distribution mensuelle de la pluviométrie à l'échelle annuelle et font ressortir Fig.n°16, Fig.n° 17 :

**Tableau n°14** Précipitations moyennes mensuelles et moyennes annuelles des Trois Stations représentatifs de la zone d'étude P (mm)

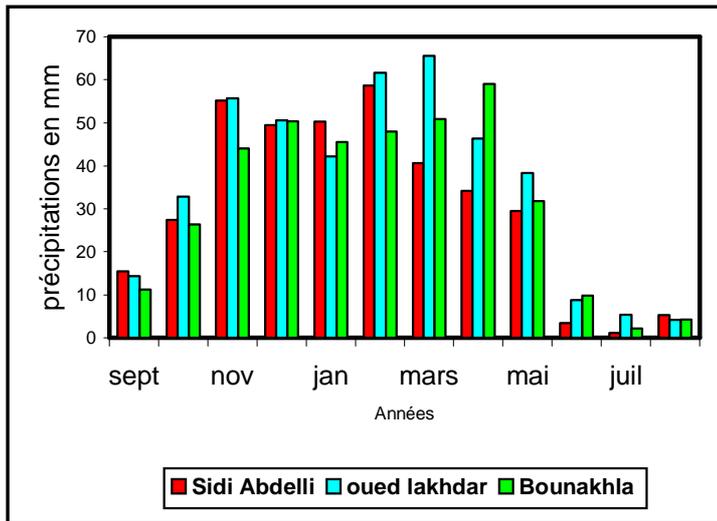
Source A.N.R.H

Station	Péριο de	sep	oct.	nov.	dec	jnv.	fev	mrs	avr	mai	juin	jui	at	Total
Sidi abdelli	1972 2006	15.43	27.43	55.15	49.39	50.30	58.64	40.63	34.22	29.50	3.47	1.4	5.31	370.87
Bounak hla	1978 2005	11.22	26.37	44.04	50.41	45.45	47.97	50.88	59.04	31.75	9.89	2.16	4.29	383.47
oued lakhdar	1973 - 2006	14.34	32.83	55.63	50.63	42.21	61.57	65.5	46.34	38.29	8.8	5.39	4.2	425.73



**Fig.n°16** Courbes des précipitations moyennes mensuelles et moyennes annuelles des trois stations représentatives de la zone d'étude.

Le maximum de pluie est très marqué en novembre, décembre, janvier, février, mars (période pluvieuse), ces mois totalisent plus de deux tiers des précipitations total. Cette période est caractérisée par une succession de mois humides et des mois relativement secs. Le minimum des précipitations coïncide avec les trois mois d'été (juin, juillet, Août) qui ne reçoit que des quantités insignifiantes.



**Fig n°17** Histogrammes des précipitations moyennes mensuelles et moyennes annuelles des trois stations représentatifs de la zone d'étude

Les plus forts débits de pointe dans les ravines et les oueds sont provoqués par les longues averses généralisées de faible intensité tombant en hiver sur les sols saturés des vastes régions peu couvertes (Demmak, 1982). Sur le plan dynamique érosion, au maximum des pluies, correspondent les périodes durant lesquelles les sols sont plus sensibles à l'érosion (Belaidi, 2005). Lounia, (1998) in Zekri (2003) note que les périodes pluvieuses durables avec des événements de forte intensité répétitifs qui occasionnent la dégradation, la plus forte avec en particulier le passage du ruissellement aréolaire au ruissellement en griffes et rigoles.

## 2.2. Répartition saisonnière des Précipitations P (mm) : le régime saisonnier des pluies

des trois stations est représenté dans le tableau n°15 et Fig n°18.

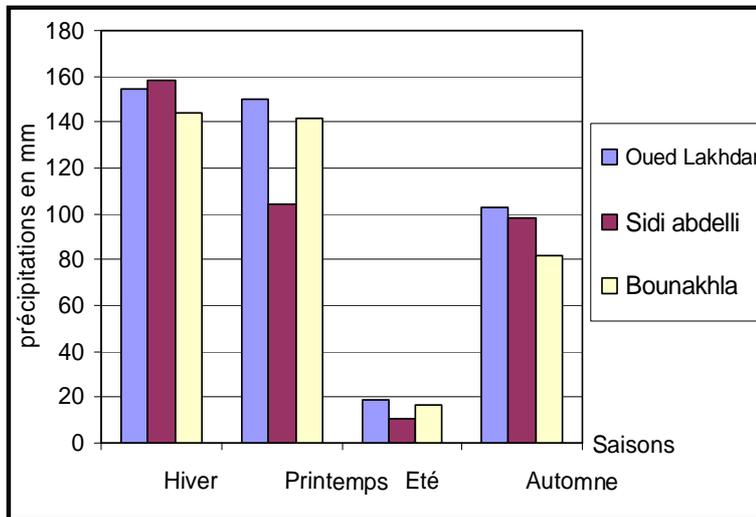
**Tableau n°15** Répartition saisonnière des Précipitations P (mm)

Station/Saisons	Hiver	Printemps	Eté	Automne	type
Oued Lakhdar	154.41	150.13	18.39	102.8	<b>HPAE</b>
Sidi abdelli	158.33	104.35	10.18	98.01	<b>HPAE</b>
Bounakhla	143.83	141.67	16.34	81.93	<b>HPAE</b>
Moyenne saisonnière	146.98	136.14	13.69	96.25	<b>HPAE</b>

Le tableau N°15 montre que l'ensemble des stations présente un indice saisonnier de type **HPAE**.

**NB:**

- (H): Hiver correspond au mois de décembre, janvier, février  
 (P): Printemps correspond au mois de mars, avril, Mai  
 (E) : Eté correspond au mois juin, juil, Août  
 (A) : Automne correspond au mois sept, Oct, Nov



**Fig n°18** Répartition saisonnière des précipitations

L'histogramme montre que les précipitations sont variables d'une saison à l'autre, les plus

Importants sont celle qui tombe en hiver avec une moyenne de 146.98 mm.

**3. Températures :** La température est le second facteur constitutif d'un climat déterminé, le rôle de la température est prépondérant dans le développement biologique des végétaux. En effet, elle contrôle leur répartition, leur croissance, leur reproduction et surtout leur survie nous retiendrons les moyennes, les minima, les maxima qui jouent un rôle important. Tableaux 16, 17 et 18.

Les exigences des végétaux sont très variables suivant les espèces on distingue les :

- Végétaux macro thermique
- Végétaux méso thermique
- Végétaux micro thermique

Ajoutant aussi que le froid exerce une influence sur la répartition des espèces.

**Tableau n°16** Moyennes mensuelles des températures période 1973-2006 Station Oued Lakhdar

ANNEE	JAN	FEV	Mar	AVR	MAI	JUIN	JUI	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	Moy
T°C Max (M)	17	17.5	18.9	21.7	24.8	30.5	35.6	36.5	31.3	27.3	19.9	17.1	24.84
T°C Min (m)	4.7	6.8	7.3	8.2	10.4	15.1	18.6	18.3	17.1	12.9	9.8	6.4	11.30
M+m/2	10,85	12,15	13,1	14,95	17,6	22,8	27,1	27,4	24,2	20,1	14,85	11,75	18.08

Source A.N.R.H

**Tableau n°17** Moyennes mensuelles des températures période 1972-2002 Station de Sidi Abdelli

ANNEE	JAN	FEV	Mar	AVR	MAI	JUIN	JUI	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	Moy
T°C Max (M)	15.1	15.8	17.8	21.2	24.1	26.9	31.6	32.2	28.8	26.9	20.2	16.6	23.10
T°C Min (m)	6.2	7.5	8.2	9.8	12.7	15.8	19.4	20.1	18.6	15.6	10.5	8.6	12.75
M+m/2	10.6	11.7	13	15.5	18.4	21.4	25.5	26.2	23.7	21.3	15.3	12.6	17.92

Source A.N.R.H

**Tableau n°18** Moyennes mensuelles des températures période 1978-2005. Station de Bounakhla

ANNEE	JAN	FEV	Mars	AVR	MAI	JUIN	JUI	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	Moy
T°C Max (M)	15.10	16.90	18.8	20.80	24.30	29.60	34.80	33.60	31.90	25.50	20.30	16.40	23.23
T°C Min (m)	4.9	6.5	7.2	8.4	10.5	15.10	17.3	18.4	17.10	12.70	9.50	6.50	11.17
M+m/2	10.28	11.10	13.34	14.77	18.23	23.55	26.43	26.79	23.48	19.34	14.18	11.57	17.20

Source ANRH

Ces tableaux montrent que le mois le plus froid de l'année dans les trois stations est le mois de janvier (la période froide s'étale sur les mois décembre, janvier, février). Par contre de Mai à Octobre la température annuelle est supérieure à la moyenne annuelle. Le maximum est atteint au mois d'août qui coïncide avec la rareté des pluies dans le même mois.

**4. Synthèse bioclimatique :** Le climat étant la combinaison de plusieurs facteurs météorologiques, la synthèse climatique sera établi à partir des travaux d'Emberger, Bagnoulis et Gaussen dans lesquels, sont combinés les plus importants paramètres : précipitations et températures, afin de caractériser le climat de la zone d'étude.

#### 4.1. Diagramme Ombrothermique de Bagnoulis et Gaussen (1953)

Grec ; ombros: pluie, Thermos: température. Le diagramme permet de situer les périodes sèches et humides. D'après Bagnoulis et Gaussen (1953) "un mois est sec si le total des précipitations en mm est inférieur ou égal au double de la Température ( $p \leq 2T$ ). Un mois est considéré sec lorsque la courbe de température est supérieure à celle des précipitations (Benabadji et Bouazza, 2000).

La méthode de construction du diagramme consiste à porter les courbes représentant les précipitations mensuelles moyennes et les températures mensuelle moyennes  $(M+m)/2$  les deux échelles sont faites de façon  $2 \text{ mm} = 1^\circ$  Fig N°19, 20 et 21.

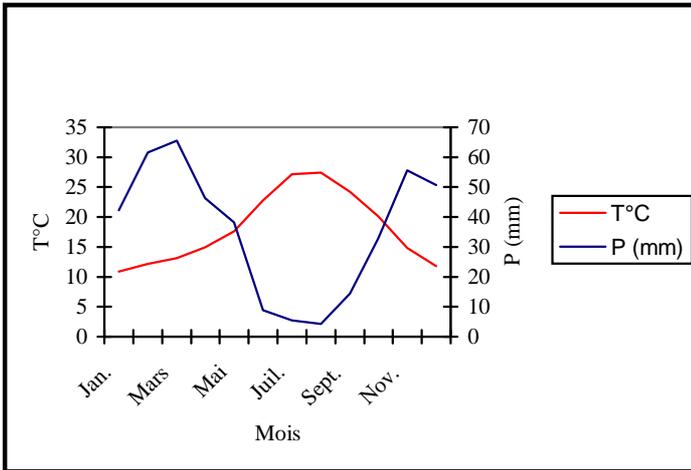
Les modèles graphiques (Fig N°19,20 et 21) font ressortir les périodes sèches pour chaque station, la surface comprise entre les deux courbes, celles des températures au dessus et les précipitations en bas indique la sévérité de la sécheresse généralement coïncide avec la période estivale, et s'étant entre la mi Mai à fin Octobre. La durée et l'intensité de la saison sèche sont d'une importance fondamentale pour les plantes (Stewart, 1974).

**4.2. Quotient pluviométrique d'Emberger Q2:** Cet indice permet de situer le climat de la zone d'étude sur le climagramme d'Emberger.

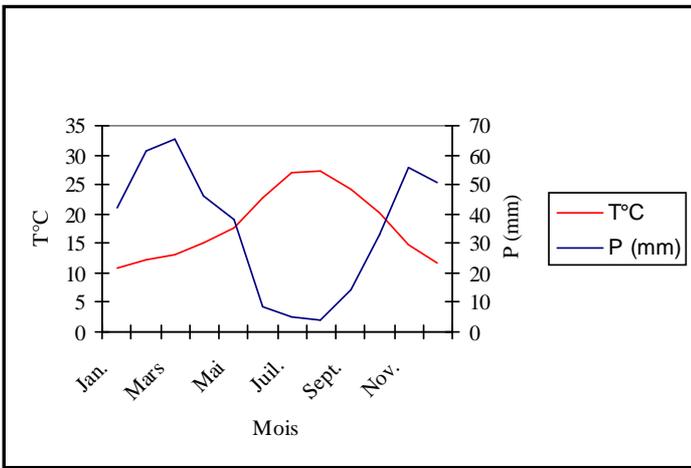
L'indice est définit par la formule suivante :  $Q2 = 2000 p / M^2 - m^2$

P: précipitations annuelles ; M : T° maximale du mois le plus chaud en Kelvin (T° du mois le plus chaud +273) ; m : T° minimale du mois le plus froid en K° (T° du mois le plus chaud +273).

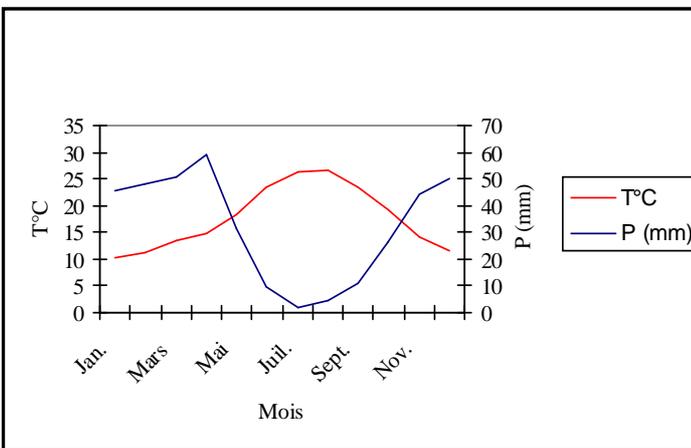
En reportant les valeurs du quotient **Q2** sur le climagramme d'Emberger. Fig n°22. Les résultats obtenus sont représentés dans le Tableau n°19.



**Fig n° 19** Diagramme Ombrothermique de Bagnoulis et Gausse Station d'Oued Lakhdar



**Fig n° 20** Diagramme Ombrothermique de Bagnoulis et Gausse Station de Sidi AbdelLi



**Fig n° 21** Diagramme Ombrothermique de Bagnoulis et Gausse Station de Bounakhla

**Tableau N°19** Ambiance bioclimatique dans les stations de la zone d'étude

Station	période	M (°c)	m (°c)	précipitation	Q2	Ambiance bioclimatique	
						Etage	Variante (hiver)
Sidi AbdelLi	1972-2002	32.2	6.2	370.87	48.81	Semi aride	tempéré
Oued Lakhdar	1973-2006	36.5	4.7	425.75	45.60	Semi aride	tempéré
Bounakhla	1978-2005	34.80	4.9	383.47	43.80	Semi aride	tempéré

**4.3. Indice de Lang** : il est déterminé par la formule suivante

$L = P/T$  P : précipitation moyenne annuelle

T°: température moyenne annuelle (°c)

**Tableau N°20** Classification de l'indice de Lang en fonction du climat

Indice de Lang (L)	Climat
$70 < L < 100$	Humide
$40 < L < 70$	Semi Aride
$20 < L < 40$	Méditerranéen
$0 < L < 20$	Aride

**Tableau N°21** Valeur de l'indice de Lang dans la zone d'étude

Station	P (mm)	T°c	Indice L	Climat
Sidi Abdelli	370.87	17.92	20.69	Méditerranéen
Oued Lakhdar	425.75	18.08	23.55	Méditerranéen
Bounakhla	383.47	17.20	22.30	Méditerranéen

**4.4. Indice d'aridité de Martonne:** c'est une variante de l'indice de Lang. **Martonne** en 1923 a défini un indice climatique très intéressant qui permet de mieux cerner les types de climat des régions. Il est donné par la formule suivante:  $A = P/T + 10$  Tableau 22

**A:** indice de Martonne **T:** Température moyenne annuelle **P:** Précipitation moyennes annuelles.

**Tableau N°22** Classification de l'indice d'aridité A en fonction du climat selon Martonne

Indice de Martonne (A)	Climat
$A > 20$	Humide
$10 < A < 20$	<b>Semi Aride</b>
$5 < A < 10$	Désertique
$A < 5$	Hyper aride- Aride

**Tableau N°23** Les valeurs de l'indice d'aridité "A" de Martonne des trois stations de la zone d'étude

Station	Période	P (mm)	T°c	Indice A	Climat
Sidi Abdelli	1972-2002	370.87	17.92	13.28	Semi Aride
Oued Lakhdar	1973-2006	425.75	18.08	15.16	Semi Aride
Bounakhla	1978-2005	383.47	17.20	14.10	Semi Aride

Un indice supérieur à 20 indique une humidité suffisante. Heusch (1970) note que la tendance à la sécheresse s'affirme entre 10 et 20. C'est le cas de notre zone d'étude ou la sécheresse est très marquée.

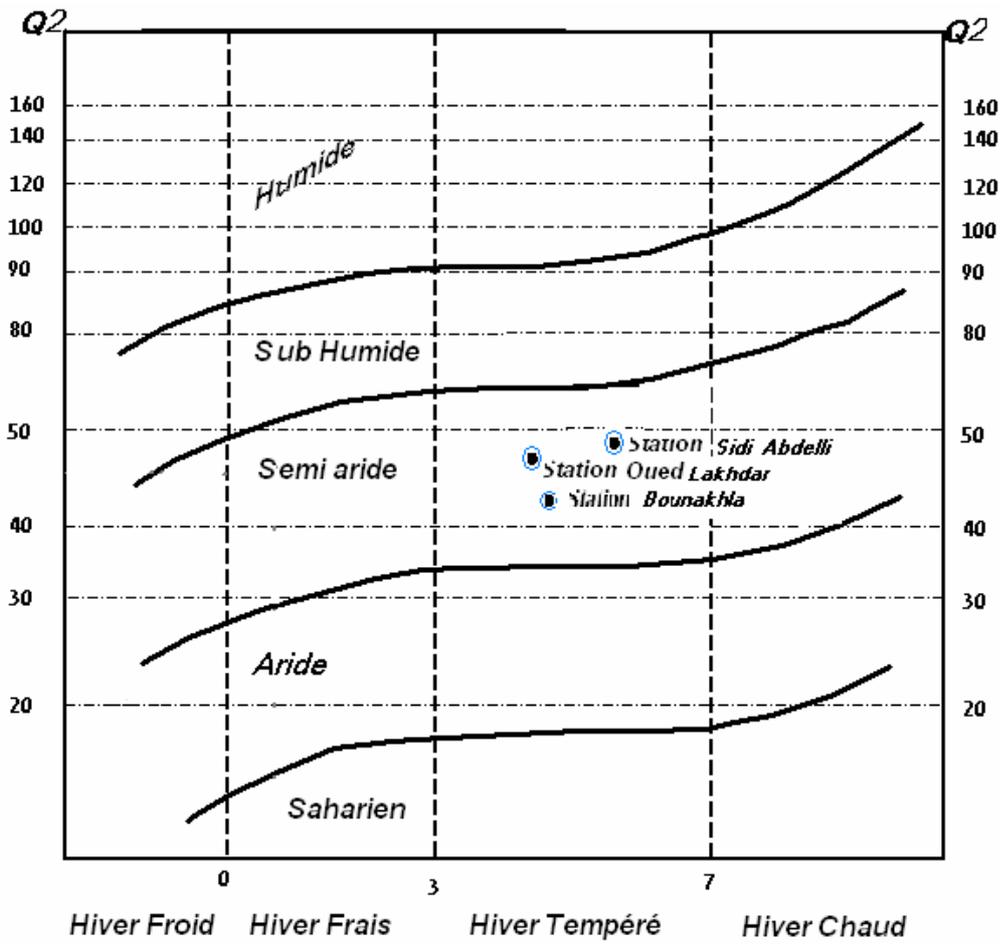


Fig N° 22. Localisation des trois stations de la zone d'étude sur le Climagramme d'Emberger

## Conclusion

La dégradation des sols entraîne une réduction importante de la capacité productive de la terre. Au nombre des activités humaines qui contribuent à la dégradation des sols on relève une utilisation inadéquate des terres agricoles, la mauvaise gestion du sol et de l'eau, la déforestation, l'enlèvement de la végétation naturelle, l'utilisation fréquente de machines lourdes, le surpâturage, une mauvaise rotation des cultures et une irrigation laissant à désirer, à quoi il faut ajouter la survenue de catastrophes naturelles, notamment les sécheresses, les inondations et les glissements de terrain. L'érosion hydrique est une des causes majeures de la dégradation des sols dans le monde. Ce phénomène, essentiellement irréversible, entraîne une perte de potentiel de production du sol là où il est décapé et, au-delà, de nombreux dégâts: coulées boueuses, parfois violentes, détérioration de la voirie, d'ouvrages d'art, pollution de l'eau par des molécules dissoutes, des particules en suspension, Eutrophisation... L'érosion hydrique est influencée par les façons culturales pratiquées et les aménagements qui se trouvent sur le territoire cultivé. L'érosion ravinante fait généralement suite à l'érosion en nappe. Elle commence par l'apparition de griffes et rigoles qui disparaissent après les labours. Elles peuvent évoluer, quand la configuration du terrain le permet, vers un approfondissement et la formation de ravines. Ces ravines par l'action de la lame ruisselante sont au début en forme de V, puis, par l'action régressive leur profil devient plus large et en forme de U.

## • Troisième partie : Méthodologie et Résultats

### I. Méthodologie

La problématique de l'envasement des barrages a été à l'origine de nombreux projets d'aménagement anti-érosifs en Algérie. Des investissements importants ont été consentis pour protéger les bassins versants et notamment celui de l'Isser dans la wilaya de Tlemcen pour réduire les transports solides et prévenir l'envasement de ce barrage. Les conséquences de l'érosion hydrique sont nombreuses et sont à l'origine de :

- La diminution de la production agricole ;
- La perte de fertilité ;
- L'envasement des barrages ;
- La dégradation des infrastructures hydrauliques et des travaux publics.

Beaucoup d'aménagements de conservation de l'eau et du sol (C.E.S) ont été réalisés à l'amont du barrage comme la correction torrentielle qui occupe la plus grande place avec un volume 181290m<sup>3</sup>.

Malgré tous ces investissements l'érosion hydrique continue à se manifester d'une manière de plus en plus dangereuse provoquant régulièrement des dégâts aux cultures, routes et autres infrastructures et les barrages continuent aussi à s'envaser de façon inquiétante.

L'efficacité de ces aménagements reste encore discutable et aujourd'hui s'impose plus que jamais l'analyse rigoureuse des choix des différents types de techniques et d'aménagements antiérosifs à la lumière d'une démarche nouvelle intégrant l'ensemble des facteurs de risque, les impératifs de production agricole, la protection des ouvrages hydrauliques stratégiques ainsi que les aspects environnementaux.

Ceci va nous amener à examiner l'ensemble des aménagements en vue d'établir la situation actuelle de ces derniers, voir leur comportement et se prononcer sur leur efficacité. Un bilan sera réalisé enfin suite à une démarche méthodologique précise. Ce travail nous a permis tout d'abord de se poser quelques questions:

- \* Sur quelles bases ont été choisis ces aménagements ? Y a-t-il d'autres alternatives ?
- \* Les aspects socio-économiques ont-ils été pris en considération ?

- \* Les facteurs du milieu naturel ont-ils été utilisés pour le choix des aménagements ?
- \* Les techniques et aménagements antiérosifs réalisés ont-ils un impact sur ceux prévus?
- \* Y a t-il une démarche à moyen et long terme laquelle s'insère l'ensemble des aménagements prévus ?

La démarche méthodologique choisie pour mener ce travail repose essentiellement sur :

1. la caractérisation du bassin versant de l'Isser et des sous bassins concernés par les aménagements ;
2. L'inventaire et classement des aménagements de C.E.S par type et par lieu de réalisation
3. La cartographie des sites d'aménagement et des techniques de lutte contre l'érosion utilisée.
4. L'examen et l'analyse du comportement des aménagements et l'évaluation de leur efficacité en fonction des critères choisis.

On a cherché à étudier plusieurs sous bassins et notre choix final a été porté sur trois sous bassins versants: Sidi Mohamed chérif, Ain Hammam et Bounakhla –Heriz. Ces derniers ont fait l'objet d'étude. Ce choix est basé sur les critères suivants :

- \* La présence d'une grande variété d'aménagement
- \* La présence d'un grand investissement
- \* La localisation à l'amont du barrage (environ 17 km)

### **1. La caractérisation des sous bassins concernés par les aménagements**

La localisation et les caractéristiques de formes (périmètre, superficies, Kc), hypsométrie, pente, réseau hydrographique des sous bassins versants de Sidi Mohammed Chérif, Bounakhla -Heriz, Ain El Hammam sont déterminé en utilisant des cartes topographiques 1/50000, et le modèle numérique du terrain (MNT), les données climatiques et les études de recherche précédente.

**2. L'Inventaire des techniques** : ce dernier est basé sur des recherches dans les archives de la conservation des forêts de la wilaya de Tlemcen et des prospections sur le terrain. Suivi d'une lecture approfondie afin de permettre de classer les aménagements par ordre chronologique, par type d'aménagement et par lieu de réalisation.

**3. La cartographie des aménagements :** est réalisée à l'aide de l'assemblage des cartes topographique (carte d'Ouled Mimoun feuille n° 271 et celle de Sidi Ali Boussemi feuille n° 240 (échelle 1/50.000) et le logiciel Map info 7.5.

La localisation des aménagements sur la carte est faite en utilisant le GPS (Global positioning system) et le logiciel Map info pour injecter l'ensemble des informations pour chaque seuil (volume, date de réalisation,...).

#### **4. Analyses et l'évaluation :**

##### **4.1. Diagnostique et prospection des aménagements:**

Supprimé : 1.

Supprimé : 2

Afin de répondre à des questions posées par la présente étude, nous avons analysé les paramètres les plus importants en fonction des données relevées sur site concernant les aménagements anti-érosives et spécialement la correction torrentielle. Pour mener l'enquête un questionnaire a été établi pour faciliter l'analyse et l'évaluation.

Le questionnaire a été élaboré pour rassembler plus d'information concernant l'inventaire et l'analyse des aménagements réalisés dans chaque sous bassin versant (annexe n°01). Le questionnaire vise à obtenir le plus de renseignements possibles sur l'aménagement enquêté et sur son environnement physique et humain.

L'enquête est subdivisée en deux parties essentielles :

➤ **La première partie**, concerne la description du milieu :

- Localisation géographique
- Milieu physique (sol, climat, morphologie de la zone d'étude).
- Milieu biologique (végétation naturelle, culture, élevage ...)
- Milieu humain : méthode d'utilisation des terres, superficie, mouvement des populations.

Supprimé :

➤ **La seconde partie**, elle concerne la caractérisation des aménagements : l'objectif, le type d'aménagement (seuil en gabion, en pierre sèche, en terre...), l'aspect technique, les aménagements d'accompagnement, l'état des seuils, l'entretien...etc.

Une soixantaine de seuils de correction des ravines ont été prospectés et analysés. L'étude est basée sur des critères biophysiques et socio économique (mensurations, et l'analyse qualitative et quantitative des différents ouvrages..) et sur l'analyse de l'environnement immédiat.

#### 4.1.1 Critères Biophysiques :

##### A. Critères techniques ou physiques :

- Dimension du seuil : longueur, largeur, hauteur
- Volume : Estimation du volume pour chaque ouvrage recensé (choisi) concernant la correction torrentielle.
  - Emplacement : l'emplacement du seuil par rapport au seuil amont.
  - Dimensionnement technique : Le dimensionnement est dans les règles de l'art (le surdimensionnement des ouvrages implique des surcoûts et allonge la survie de l'ouvrage et le sous dimensionnement de l'ouvrage à des conséquences soit sur la destruction ou sur la submersion des ouvrages, ainsi que sur les pertes des charges).
  - Fondation et encrage latéral : La stabilité et la résistance du seuil sont liées à une bonne fondation et un bon ancrage dans les berges des seuils.
  - Présence ou absence du déversoir : Le déversoir est la partie du barrage où s'écoulera l'eau du talweg. IL existe différentes formes de déversoir (forme longitudinale, rectangulaire, trapézoïdale ou curviligne).
  - Entretien des aménagements : L'entretien augmente la durée de vie de l'ouvrage. L'absence d'un entretien permanent des aménagements réduit la réalisation des objectifs de lutte contre l'envasement (Hadjiat ,1997).
  - Stabilité : Un ouvrage est stable lorsqu'il tend à conserver sa position initiale en équilibre stable sans déformation ou mouvement pendant une période assez longue (dans notre cas plus de 10 ans).  
Cette stabilité est liée à une bonne assise de fondation, un ancrage latéral suffisant et un bon choix de matériaux de construction.
  - Adaptabilité: C'est une notion introduite récemment en correction torrentielle (Mazour, 2009), qui consiste à caractériser la capacité des ouvrages de correction torrentielle à s'adapter aux conditions du milieu naturel tout en jouant son rôle.
  - Efficacité : Un ouvrage de correction efficace est celui qui joue son rôle correctement et répond aux objectifs pour les quels il a été réalisé à savoir :
    - a. Réduire le ravinement ;
    - b. Stocker les sédiments ;
    - c. Compenser la pente.
  - La durée de l'ouvrage : En fonction de la date de réalisation des ouvrages, la durée de vie utile d'un barrage se situe entre le moment de sa construction et le moment où la sédimentation est tellement avancée où le barrage ne sert plus les objectifs prévus.

Supprimé : ¶

Supprimé : 1.

Supprimé : 1.

Supprimé : 2

- Matériaux de construction des seuils : sont liés à la qualité, à la forme, aux dimensions de la pierre. Pour la pierre qui se décompose rapidement (calcaire, grès) sous l'effet de l'eau et l'air, l'ouvrage à une durée de vie très courte. La pierre de petites dimensions peut être déplacée sous l'effet de l'eau (débit abondant) et l'ouvrage se détruit rapidement.

- Association d'aménagements.

**B. Critères biologiques** : se basent sur des constats de la reprise de la végétation et leur état (zones végétalisées en amont des aménagements), la reprise biologique des aménagements associés et l'utilisation des sédiments captés par une couverture végétale fixatrice.

#### 4.1.2. Critères économiques :

Coût par types d'ouvrages et leur efficacité : il est en fonction de la matière utilisée, la main d'œuvre mobilisée (qui nécessite une certaine technicité) et le dimensionnement.

Le coût est lié à l'emploi de matériaux durables (gabion et maçonnerie) et à la nécessité de dimensionner largement les ouvrages pour leur permettre de résister aux diverses contraintes et risques (chocs de gros blocs, cisaillement des berges instables, renversement sous la pression de l'eau, affouillement, renardage, contournement, etc. ...).

Lorsque les écartements entre les ouvrages sont trop importants, la base d'un barrage est affouillée et le coût de l'opération est élevé (inclut la construction d'un contre barrage). Il est donc économiquement plus rentable de déterminer l'écartement entre les ouvrages de telle façon que le risque de creusement soit minimisé.

#### 4.1.3. Critères sociaux :

Acceptabilité sociale des techniques et des aménagements : La relation homme-ouvrage constitue dans la majorité des cas le facteur le plus important dans la stabilité ou la dégradation des sols. Seuls les ouvrages qui ont une utilité directe avec la population (réservoir d'eau, irrigation, abreuvement du cheptel, protection de la ville....) auront plus de chances d'avoir une durée de vie plus importante, parce qu'ils auront plus de chance d'être entretenus et protégés contre toute forme de dégradation (vol de gabion, de la pierre....etc.).

La sensibilisation de la population sur l'importance de ces ouvrages est nécessaire, plus une population est non convaincue par l'importance des ouvrages anti érosifs plus elle favorise directement ou indirectement leur destruction.

Supprimé : 1.1.

Supprimé : 3

Supprimé : 1.1.

Supprimé : 4

## II. RESULTATS

### 1. La caractérisation des sous bassins concernés par les aménagements

Les sous bassins versants de Sidi Mohammed Chérif, Bounakhla -Heriz, Ain El Hammam qui font partie du bassin versant de l'Isser se localisent dans la commune de Ain Nehala (Daira de Ain Tellout, Wilaya de Tlemcen) Tableau n° 24.

**Tableau N° 24 Localisation et caractéristiques des sous bassins**

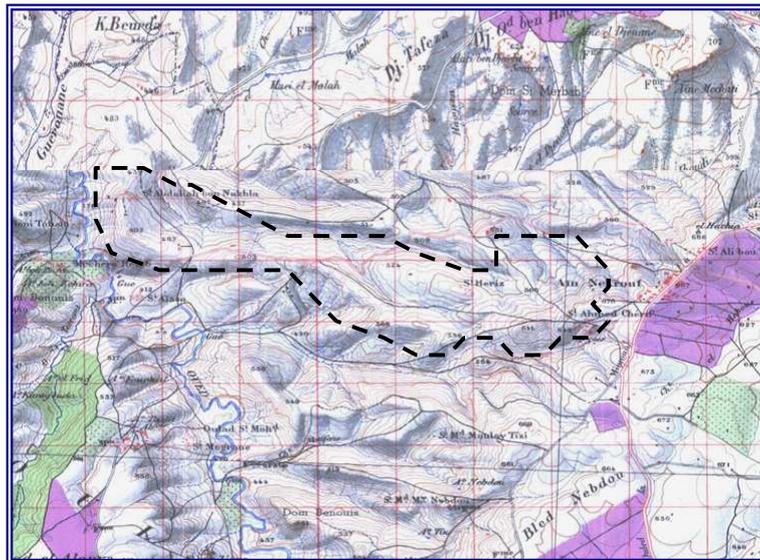
Micro bassin versant	Superficie (Ha)	Périmètre en Km	Coordonnée Lambert	Carte Topographique
Bounakhla – Heriz	929	16.50	X1 157.60 Y1198.66 X2 163.24 Y2 202.59	Sidi Ali Boussemi N° 240 1/50000 Ouled Mimoun N° 271 1/50000
Sidi Mohamed chérif	934	15.60	X1 158.53 Y1196.90 X2 164.30 Y2 199.88	
Ain El hammam	932	13.50	X1 164.10 Y1195.89 X2 167.10 Y2 202.50	
<b>Total</b>	<b>2795</b>			

- Supprimé :** II.
- Mise en forme :** Puces et numéros
- Mis en forme :** Police :Gras, Police de script complexe :Gras
- Mis en forme :** Police :Gras, Police de script complexe :Gras
- Mis en forme :** Retrait : Avant : 0,4 cm

La délimitation de la zone d'étude est tirée à partir de l'assemblage des cartes topographiques d'Ouled Mimoun feuille N° 271 et celle de Sidi Ali Boussemi feuille N° 240. Fig. N°33

A l'échelle 1/50000 (cartes scannées et callées).

Périmètre de la zone d'étude



**Fig N° 23. Situation géographique de la zone d'étude**

L'ensemble des caractéristiques de formes (périmètre, superficies, Kc), hypsométrique, pente, réseau hydrographique sont présentées dans le tableau n°08 dans la 2ème partie

Supprimé : ¶

Supprimé : 1

## 2. Inventaire des Aménagements

Différentes techniques sont mises en oeuvre pour réduire les ravinements et l'envasement à travers des programmes d'aménagement anti-érosif qui ont été exécutés (programmes sectoriels, programmes grands travaux, programmes de relances économiques, projet emploi rural, projet de proximité de développement rural intégré (PPDRI), programme travaux d'utilité publique à haute intensification de la main d'œuvre "Tup-Himo" et le Plan National de Reboisement élaboré pour une période de 20 ans, comprenant des actions de reboisements, de fixation des berges d'oueds, de la correction torrentielle, de la confection d'ouvrages de conservation des sols et des eaux ainsi que des plantations rustiques. L'ensemble des sites et des aménagements de réalisation des travaux anti-érosifs situés à l'amont du barrage **El Izdihar** de Sidi El AbdelLi, ont été listés et classés comme suit :

### 2.1. Classement des Aménagements par type et par lieu

Les résultats du classement sont illustrés dans le tableau 25 ([annexe n° 02](#)). L'exploitation des données des vingt huit micros bassins versant ont permis de distinguer deux types d'aménagement, il s'agit:

- Des aménagements mécaniques (tableau27) :
- Des aménagements biologiques (tableau 28) :

En Algérie les travaux de la lutte anti-érosive réalisés sous le vocable D.R.S (défense et restauration des sols) sont considérables et coûteux. Parmi les actions réalisées on peut citer les reboisements, la correction torrentielle, les banquettes...etc. Les objectifs du programme de reboisement sont la protection des bassins versants, protection des sols contre le ravinement (Letreuch Bellerouci, 1991). Les aménagements d'accompagnement de la correction torrentielle dans le bassin versant Isser partie Amont du barrage **El Izdihar**, peuvent être résumés dans les différentes actions biologiques à travers divers programmes de plantation (Tableau n° 28)

Les objectifs de ces aménagements peuvent être résumés comme suit :

- Protection du barrage en aval
- Protection des versants contre l'érosion
- Amélioration de l'infiltration des eaux
- création de l'emploi (raison socio-économique)

### 2.2. Classement des données par ordre chronologique

Les résultats par ordre chronologique sont classés dans le tableau 26 ([annexe n° 03](#)).

Le Récapé des aménagements mécaniques et biologiques réalisés à l'amont du barrage El Izdihar de Sidi Abdelli est présenté dans les tableaux 27,28

**Tableau n° 27 Récapé des aménagements mécaniques réalisés à l'amont du barrage El Izdihar de Sidi Abdelli.**

Action	Volume	Observation
Correction torrentielle	181290 M3	Seuil en gabion: 53752m3, Seuil en pierre sèche : 20000m3 Seuil en terre : 107538m3
Retenue collinaire	03 U	
Réfection de Banquette	50 ha	

**Tableau n°28 Récapé des aménagements biologiques réalisés à l'amont du barrage El Izdihar de Sidi Abdelli**

Action	Volume	Programme	Observation
Reboisement	1286.5 ha	Sectoriel et projet emploi rural	Densité de plantation 1600plts /ha
Plantation fruitière	1678 ha	Sectoriel et projet emploi rural	Densité de plantation 200plts /ha
Viticulture	157 ha	Sectoriel et projet emploi rural	

Source conservation des forêts Tlemcen (2008)

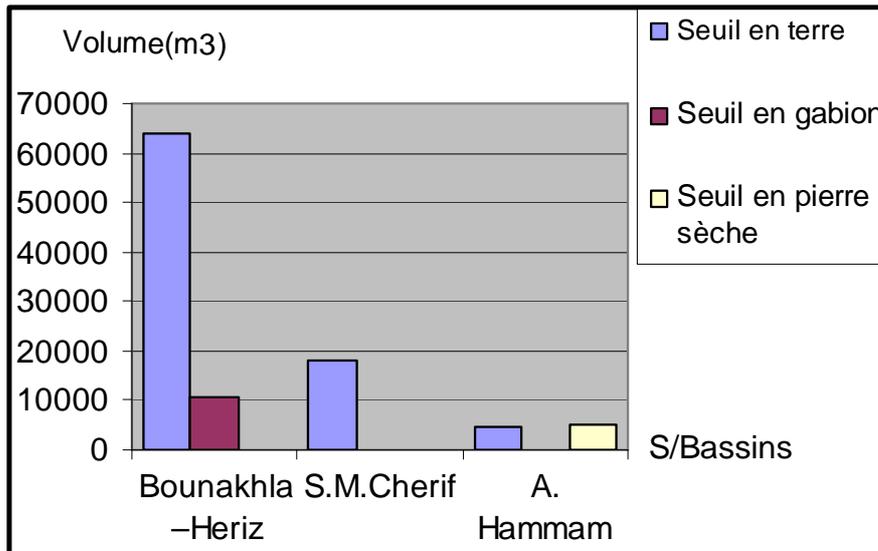
### **2.3. Les Aménagements réalisés dans les sous bassins versants étudiés**

#### **A. Correction Mécanique:**

Dans les trois (03) sous bassins versant qui ont fait l'objet d'étude, 102691m3 de correction torrentielle sont réalisés durant la période 1980-2007. Ces volumes sont repartis en trois types d'ouvrages à savoir : seuil en gabion, seuil en pierre sèche, seuil en terre (tableau, 28).

**Tableau n°29 Bilan correction mécanique dans la zone d'étude**

Sous bassins	Volumes réalisés par types d'ouvrage (m3)			Total /SB m <sup>3</sup>
	Seuil en terre	Seuil en gabion	Seuil en pierre sèche	
Bounakhla –Heriz	64015	10887	-	74902
S.M.Cherif	18000	-	-	18000
A. Hammam	4789	-	5000	9789
Total	86804	10887	5000	102691

**Fig. n°24 Histogramme des aménagements mécaniques**

La figure N°24 nous montre que les seuils en terre sont les plus utilisés en volume qu'en nombre par rapport aux seuils en pierres sèches et en gabion.

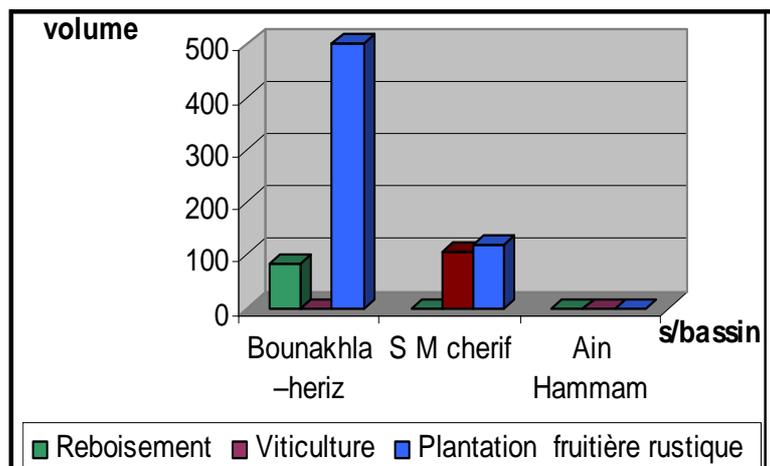
### **B. Aménagements biologiques réalisés dans les trois micros bassins versant :**

Les micros bassins versants de la zone d'étude ont aussi bénéficié des réalisations biologiques. De nombreuses plantations forestières ont été effectuées à l'amont du barrage, mais le pourcentage de la réussite reste très faible (Tableau30).

**Tableau n°30 Aménagements biologiques réalisés dans les trois micros bassins versant**

Sous bassins	Volumes réalisés par actions (ha)			Total /SB	Observation
	Reboisement (fixation)	Viticulture	Plantation fruitière rustique		
Bounakhla-heriz	83	0	500	583	Espèces utilisés: 80 % pin d'Alep, 10 % acacia ,5% tamarix 5 % Eucalyptus et cyprès avec un taux de réussite très faible 5% seul les tamarix qui présente un taux plus 60% a l'amont des seuils en terre -500 ha plantation d'olivier en 1982 -1985
S/ Med cherif	0	107	120	227	espèces rustique:amandier olivier, pêcher, prunier, abricotier, figuier, grenadier, Vignoble
Ain Hammam	0	0	0	0	
Total	83	107	620	810	

Parmi les espèces forestières utilisées dans ces aménagements : *Pinus halepensis*, *Acacia Cyanophylla*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus Gomphocephala*, *cupressus sempervirens*, *Tamarix articulata*. Pour les espèces fruitières rustiques on peut citer : l'amandier, l'olivier, le prunier, l'abricotier, le figuier, le grenadier et la vigne. Les plantations fruitières présentent un taux de réussite relativement important.

**Fig. n° 25 Histogramme des aménagements biologiques**

La figure n° 25 nous montre que le volume des aménagements d'accompagnement est très faible par rapport aux aménagements mécaniques particulièrement dans le sous bassins de Ain Hammam où l'action biologique est inexistante.

**3. Résultat des enquêtes et prospections :** Les prospections et les enquêtes que nous avons effectuées sur le terrain ont fait ressortir les caractéristiques des aménagements anti érosifs comme suit :

**3.1. L'état actuel de l'aménagement :**

Parmi les seuils prospectés certains sont partiellement détruits, d'autre totalement détruits, et d'autre encore fonctionnels.

**3.2. La lithologie :** la majorité des aménagements ont été posés sur des marnes. Les marnes représentent plus de 85 % de la superficie de la zone d'étude.

**3.3. La pente :** Les aménagements que nous avons analysés se localisent dans différentes pentes de 3% à plus de 25% .Tableau n°05

**3.4. L'altitude :** Le paramètre topographique et d'altitude des sous bassins est déduit à partir du modèle numérique de terrain (M.N.T) de la région. Il montre que la majorité des aménagements ont été posé sur des altitudes comprises entre 379 m et 739 m .Tableau n° 04.

**3.5. Le type d'érosion :** les prospections sur les terrains dans les trois (03) micros bassins versant montrent que les travaux de **C.E.S** se localisent sur des terrains dégradés et affectés par différents types d'érosion : érosion en nappe, en ravine, en suffosion et en masse. Tableau n°31

**Tableau n°31 types d'érosion**

Sous Bassins	S/B Bounakhla-heriz	S/B S/ Med chérif	S/B Ain Hamam
Forme d'érosion dans la zone d'étude	-Erosion en nappe et rigole -érosion Ravinante -glissement terrain -coulées boueuses -érosion mécanique sèche	Erosion en nappe et rigole -érosion Ravinante -glissement terrain -coulées boueuses - érosion mécanique sèche	-Erosion en nappe et rigole -érosion Ravinante -glissement terrain -coulées boueuses - érosion mécanique sèche

Les ravines fonctionnent très différemment en fonction de la lithologie, ce qui donne plusieurs types de ravines : ravine en V, ravine en U et ravine en suffosion.

**3.6. La pression animale :** L'élevage au niveau de la zone d'étude est très important, il est composé d'effectif varié d'ovin, bovin et caprins. Le pourcentage des ovins est le plus élevé. Par ailleurs la région reçoit d'importants troupeaux venant de la steppe en période estivale

(transhumance). Ceci engendre un surpâturage à l'origine d'une grande dégradation des sols et favorise l'érosion.

L'impact de l'élevage sur les aménagements est important :

- La pression du cheptel : elle influe directement sur la dégradation des sols par le tassement des couches superficielles, par le piétinement qui provoque une diminution de l'infiltration et par l'accélération du ruissellement, entraînant le départ des particules et donne naissance à des rigoles.

- le passage du cheptel sur les aménagements cause des dégradations sur les seuils et plus particulièrement sur les seuils en pierre sèche par l'effondrement de la pierre. La divagation des animaux cause des dégâts sur les plantes fixatrices et les reboisements.

**3.7. La pression humaine :** La présence de l'être humain et des habitations près des bassins versants constitue l'enjeu dont l'importance détermine le degré de vulnérabilité du milieu; IL s'agit de la protection des bassins contre l'utilisation irrationnelle des terres. L'indice de la pression dépend de l'occupation humaine de l'espace et de son activité.

L'exode rural dans la dernière décennie est très marqué dans les micros bassins par la présence d'une population très réduite.

Dans les bassins versants fréquentés par la population la réalisation des aménagements anti érosifs doit prendre en considération de la sensibilisation des populations rurales (sur les risques d'érosion, et la lutte contre ce risque) tout en montrant quelques expériences sur les menaces réelles de dégradation et l'efficacité des aménagements proposés.

**3.8. Le système de gestion des terres :** il est de type : agro-pastorale. L'agriculture représente la principale activité économique de la zone d'étude. Sur une superficie cadastrale de 15600 ha de la commune, la superficie agricole totale(S.A.T) occupe une superficie de 8750 ha, dont plus de 75 % sont représentés par la superficie agricole utile (SAU = 8506ha) qui est occupée principalement par la céréaliculture qui couvrent plus de 60%. C'est une culture extensive avec un rendement très varié d'une année à l'autre (Blé tendre, Blé dur, orge). Le taux d'occupation des légumes secs est de 15 à 20%, et celui des cultures maraîchères est de 3 à 5 %. (Tableau n° 09).

**3.9. L'occupation du sol :** Un sol bien couvert par une végétation bien venante sera bien protégé contre tous les facteurs extérieurs du milieu et diminuera de ce fait le danger d'érosion, par contre un sol nu sera plus exposé à l'érosion.

Les terres des sous bassins versants sont pour la plupart des terrains agricoles (sauf quelques bad –land, mauvaise terres), de nature argileuses lourdes.

La couverture végétale est principalement la culture céréalière, avec la présence d'un peu de maraîchage et quelques vergers d'arboriculture. Les micros bassins présentent une couverture végétale saisonnière, ces terrains sont découverts durant les périodes inter cultures, où le sol est facilement soumis à l'érosion (généralement durant les mois de: Sept, Oct, Nov, Dec, janv.). Ajoutant aussi que les cultures extensives agissent très peu sur l'écoulement des eaux. La céréaliculture protège très peu le sous bassin, elle favorise l'érosion par l'utilisation des méthodes culturales non appropriées et la pratique de la monoculture. (Planche n°03).

Les associations végétales les plus répondues sont : *Olea europea* (olivier) ; *Tamarix articulata* ; *Ziziphus lotus* (Jujubier) ; *Ampelodesma mauritanica* (Diss); *Chamaerops humilis* (Doum).

De nombreuses plantations ont été réalisées dans la région pour consolider les aménagements de conservation des sols, mais le taux de réussite reste très réduit. (Tableau n°29)

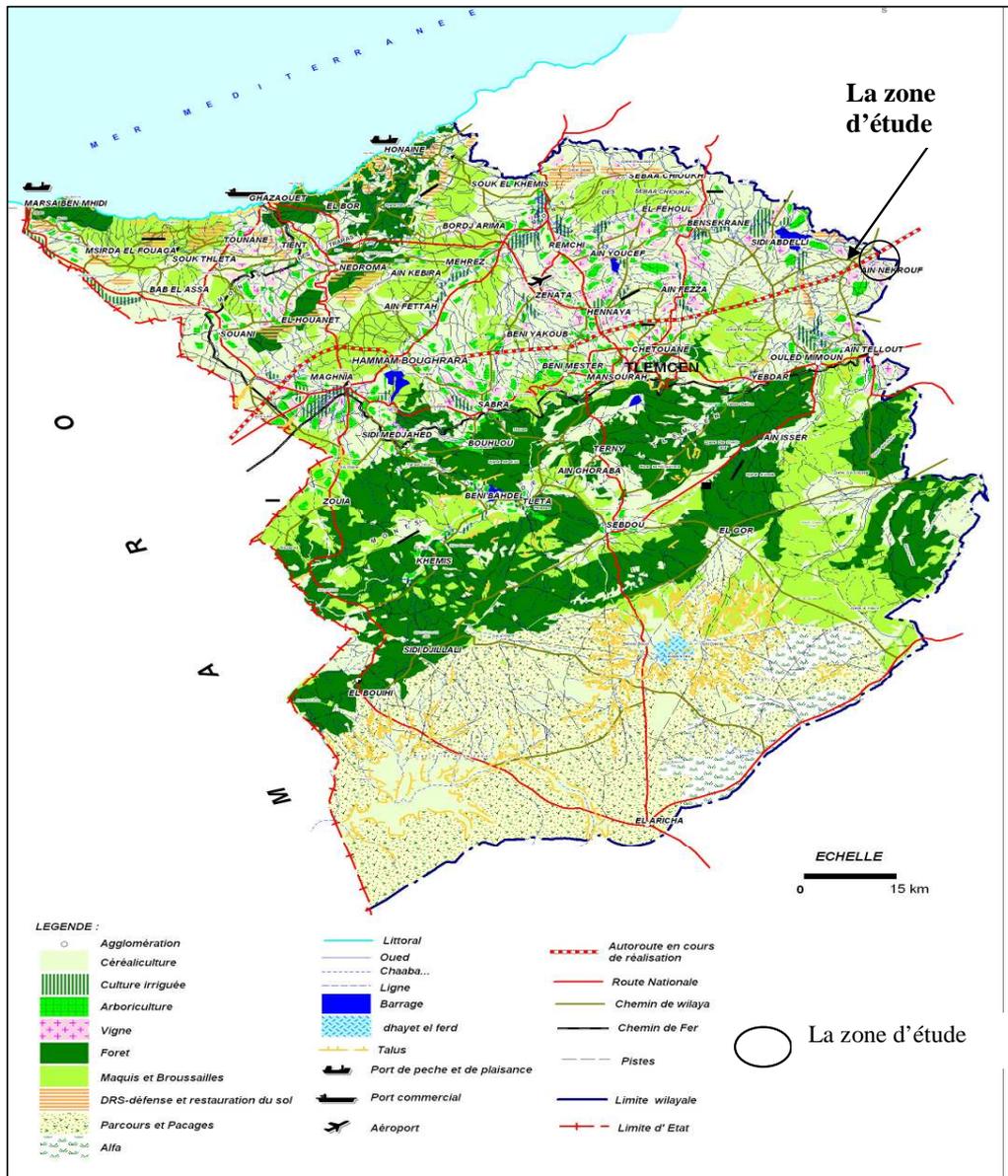


Fig N° 26 Carte d'occupation du sol de la Wilaya de Tlemcen.  
(Source ANAT. Tlemcen 2009)

### 3.10. Récap. des caractéristiques par type d'aménagements obtenus à partir des prospections de terrain :

L'enquête que nous avons effectuée sur le terrain fait ressortir les caractéristiques des aménagements anti érosifs dans chaque sous bassin versant et par type d'Aménagement.

L'échantillon étudié comprend :

- \* 20 seuils en terre, d'un volume d'environ 14884 m<sup>3</sup> (tableaux 32)
- \* 20 seuils en gabion, d'un volume d'environ 444 m<sup>3</sup> (tableaux 33)
- \* 20 seuils en pierre sèche, d'un volume d'environ 196 m<sup>3</sup> (tableaux 34)

Le résultat des observations des différentes structures de correction torrentielle dans les trois sous bassins versants se résume dans les tableaux 32,33 et 34.

**Supprimé :** à partir du questionnaire établie

**Supprimé :** .

**Supprimé :** Le questionnaire a été élaboré pour caractériser chaque ouvrage anti-érosif



Photo n°25 Mesure d'un seuil à l'amont du barrage de Sidi EL Abdelli

Tableau N° 32 récapitulatif des caractéristiques des Seuls en Terre

Dimension de l'ouvrage				V (m3)	Fd	anc	Emp	Dt	Dv	Ef	st	ad	ct	Age	Rep	E.Am.
N°seuil	L (m)	l (m)	H (m)													
1	40	3	7	840	+	+	50	+	+	+	+	+	+	1986	+	Fb Ta+
2	45	3	6	810	+	+	100	+	+	+	+	+	+	1986	+	Ca- Ta+ Eu
3	50	3	7	1050	+	+	70	+	+	+	-	+	+	1986	+	Ta
4	45	3	6	810	+	+	80	+	+	+	+	-	+	1886	+	Ta+ At Do
5	50	3	6	900	+	+	80	+	+	+	+	+	+	1987	+	Fb- ;Ta+
6	40	3	6	720	+	+	100	+	+	+	+	+	+	1987	+	Ca- Ta+
7	50	3	7	1050	+	+	80	+	+	+	-	+	+	1987	+	Ta
8	45	3	6	810	+	+	80	+	+	+	+	+	+	1887	+	Ta+ At- do+
9	30	2	5	300	+	+	50	+	+	-	+	+	+	1987	-	Fb- ;Ta+
10	40	2.5	5	500	+	+	100	+	+	+	+	+	+	1987	+	Ca- Ta+ Eu-
11	50	3	7	1050	+	+	70	+	+	+	-	-	+	1987	+	Ta
12	30	3	6	540	+	+	80	+	+	+	+	+	+	1887	-	Ta+ At- Do+
13	38	2	5	320	+	+	50	+	+	-	+	+	+	1987	+	Fb- ;Ta+
14	40	2.5	6	600	+	+	100	+	+	+	+	+	+	1987	-	Ca- Ta+
15	50	3	7	1050	+	+	80	+	+	+	+	+	+	1987	+	Ta
16	30	3	6	540	+	+	70	+	+	+	+	+	+	1887	-	Ta+ At- Do+
17	42	3	6	756	+	+	65	+	+	+	+	+	+	1987	+	Fb- ; Ta+
18	40	3	7	840	+	+	80	+	+	+	-	+	+	1987	+	Fb; Ta+
19	45	3	6	810	+	+	70	+	+	+	+	+	+	1887	+	Fb
20	47	2.5	5	588	+	+	90	+	+	+	+	+	+	1987	+	Fb

Tableau N° 33 récapitulatif des caractéristiques des Seuls en Gabion

Dimension de l'ouvrage				V (m3)	Fd	anc	Emp	Dt	Dv	Ef	st	ad	ct	Age	Rep	E.Am.
N°seuil	L (m)	l (m)	H (m)													
1	15	1	1.5	22.5	+	+	0	+	+	+	+	+	++	1986	+	Zu+Ta+
2	10	1	1	10	+	+	30	+	+	+	+	-	++	1986	+	Tr+ Zu+
3	12	1	2	24	+	+	15	+	+	-	+	+	++	1986	+	Tr+ Zu+
4	9	1	1.5	13.5	+	-	15	+	+	+	+	-	++	1986	-	Tr+ Zu+
5	10	1	2	20	+	-	14	+	+	+	+	-	++	1986	+	Tr+ Zu+
6	12	1	2	24	+	-	20	-	+	+	+	+	++	1987	-	Tr+ Zu+ cy-
7	10	1	1.5	15	+	+	20	-	+	+	-	-	++	1987	-	Tr+
8	12	1	1.5	18	+	+	0	+	+	+	+	-	++	1987	-	Tr-
9	10	1	1.5	15	+	-	15	-	+	-	+	-	++	1987	-	Tr+
10	10	1	2	20	+	+	20	+	+	+	+		++	1987	+	Tr- Zu-
11	16,5	1	1	16.5	+	+	0	+	-	+	+	+	++	2003	+	Zu+Ta+
12	15	1.5	1	22.5	+	+	25	+	+	-	+	-	++	2003	+	Zu+dis
13	14	2	1,5	42	+	+	20	-	+	+	+	+	++	2003	-	Zu+Ta+
14	8.5	1.2	1	10.20	+	+	18	+	+	+	+	-	++	2003	+	Zu+Ta+ds
15	11,4	1.5	1.2	20.52	+	+	20	+	+	+	+	+	++	2003	-	Zu+Ta+ds
16	9.5	1.2	1.2	13.68	+	+	20	+	+	-	+	+	++	2003	-	Zu+Ta+ds
17	19	2	1.5	57	+	+	25	-	+	+	-	+	++	2003	-	Zu+Ta+ds
18	11	1.5	1.5	24.75	+	-	20	-	+	+	+	+	++	2003	-	Zu+Dis+
19	7	1.2	1	8.40	+	-	18	-	+	-	+	-	++	2003	-	Zu+Ta+ op+
20	19	2	1.2	45.60	+	+	20	-	+	+	-	-	++	2003	-	Zu+Ta+ Di+

Tableau N° 34 récapitulatif des caractéristiques des Seuils en pierre sèche

Dimension de l'ouvrage				V (m3)	Fd	anc	Emp	Dt	Dv	Ef	st	ad	ct	Age	Rep	E.Am.
N°seuil	L (m)	l (m)	H (m)													
1	5.2	1.5	1	7.8	+	+	0	+	+	+	+	-	+	1999	-	-
2	4.4	1.5	1	6.6	+	+	10	+	+	+	-	-	+	1999	-	-
3	4.1	1.5	1	6.15	+	-	10	+	+	-	-	-	+	1999	-	-
4	8	1.5	1	12	+	-	12	+	+	+	+	-	+	1999	-	-
5	5	2	1	10	-	+	6	-	-	-	+	-	+	1999	-	-
6	4.2	2	1	4.4	-	-	8	+	+	+	-	+	+	1999	-	-
7	5.4	2	1	10.8	+	+	10	-	+	+	-	+	+	1999	-	-
8	5.1	1.5	1	7.65	+	+	12	+	+	-	-	-	+	1999	+	-
9	5	1.7	1	8.5	-	+	15	-	+	-	+	-	+	1999	-	-
10	4.2	1.4	1.2	7.05	+	-	10	-	+	+	+	-	+	1999	-	-
11	4	2	1	8	+	-	11	+	+	-	+	+	+	1999	-	-
12	5.2	2	1.2	12.48	-	-	10	-	+	+	-	-	+	1999	-	-
13	4.8	1.6	1.2	9.21	+	-	15	-	+	-	-	+	+	1999	+	-
14	5.3	1.5	1	7.95	-	+	15	-	+	+	-	-	+	1999	-	-
15	5.1	2	1.1	11.22	-	-	10	+	+	+	+	-	+	1999	-	-
16	4	1.8	1	7.2	+	+	15	+	+	-	+	+	+	1999	-	-
17	4	2	0.8	6.4	-	+	10	+	-	-	+	-	+	1999	+	-
18	5.2	1.6	1	8.32	+	+	14	-	+	+	-	-	+	1999	-	-
19	12	1.5	2	36	+	+	8	-	+	-	-	+	+	1999	-	-
20	5	1.5	1	7.5	+	-	10	-	+	-	-	-	+	1999	-	-

**Signification des Symboles donnés aux critères d'analyses :** **N°** : Numéro du seuil ; **L** : longueur ; **l** : largeur ; **H** : hauteur ; **V** : volume du seuil mesuré; **Fd** : Fondation + bonne - médiocre; **Anc** : Ancrage + bon - médiocre, **Empl** : Emplacement par apport au seuil à l'amont (distance en mètre par rapport au seuil précédent); **D.t** : Dimensionnement technique: + dans les normes - hors norme; **Dev** : Déversoir + présent – Absent ; **Eff** : Efficacité par apport au sédiment déposé à l'amont ; **St** : Stabilité + bonne - mauvaise ; **Ad** : Adaptabilité ; **Ct** : Coût de réalisation ++ coûteux + moyennement coûteux - moins coûteux ; **Age** : L'âge de l'ouvrage en fonction de la date de réalisation ; **Rep** : Reprise biologique + présent – Absent ; **E. Am** : Etat des aménagements anti érosifs associés -- fortement dégradé - assez dégradé + peu dégradé ; **Fb** : fixation des berges ; **Rb** :reboisement ; **P.f** :plantation fruitière rustique ; **P.a**: pin d'alep ; **T.A**: tamarix ; **Ag**: agave ; **CY**: cypres; **Ac**: acacia ; **Op**: opuntia ; **Cas**: casuarinas ; **Eu** : Eucalyptus ; **Atr** :atriplex ; **Do**: doum ; **Di** : diss .

**II .4. Cartographie des aménagements** : l'utilisation du système d'information géographique (S.I.G) nous a permis de rassembler, d'organiser, de gérer, de combiner et de présenter des informations localisées géographiquement qui sont nécessaire à la gestion de l'espace.

**.1. Moyens utilisés pour l'étude cartographique :**

- Carte d'Etat Major de : Ouled Mimoun feuille N° 271 et celle de Sidi Ali Boussedi feuille N° 240 échelle 1/50000
- logiciel Map info7.5.
- GP S (Global positioning system)

**.2. Réalisation de la carte : elle est faite en trois étapes :**

- **la première étape** consiste à la numérisation (scannérisation) des cartes d'Etat Major de l'année 1960 à échelles 1/50.000 éme numérotées successivement N°240 et N°271.
- **la 2eme étape** est le Géo référencement de la carte scannée : cette opération comporte le calage des cartes scanné précédemment, à l'aide du logiciel de Map info 7.5 où sont définis les 04 point choisis aux extrémités de la carte scannée. L'erreur de calage toléré est comprise entre 0-1 pixels.
- **la troisième étape** est l'assemblage des cartes calées et la vectorisation de la zone de travail. L'établissement de la carte se fait grâce à la superposition de plusieurs planches chacune d'elles représente une thématique particulière (hydrographie, altimétrie, limite ...). La délimitation de la zone d'étude est tirée à partir de l'assemblage des cartes topographiques scannées, calées et vectorisées d'Ouled Mimoun feuille N° 271 et celle de Sidi Ali Boussedi feuille N° 240 à l'échelle 1/50000, à l'aide du logiciel Map info 7.5. Les différents types d'aménagement sont localisés sur la carte, en utilisant le GPS et le logiciel Map info pour injecter l'ensemble des informations pour chaque seuil Fig N° 27

L'exactitude du périmètre du bassin versant dépend de l'échelle de la carte et de la densité du réseau hydrographique. Plus ce dernier est bien marqué, plus la délimitation est bien nette. A partir du logiciel Map Info, on peut obtenir facilement les périmètres ainsi que les superficies et les coordonnées (en Lambert ou coordonnées géographiques) des aménagements que nous avons représenté.

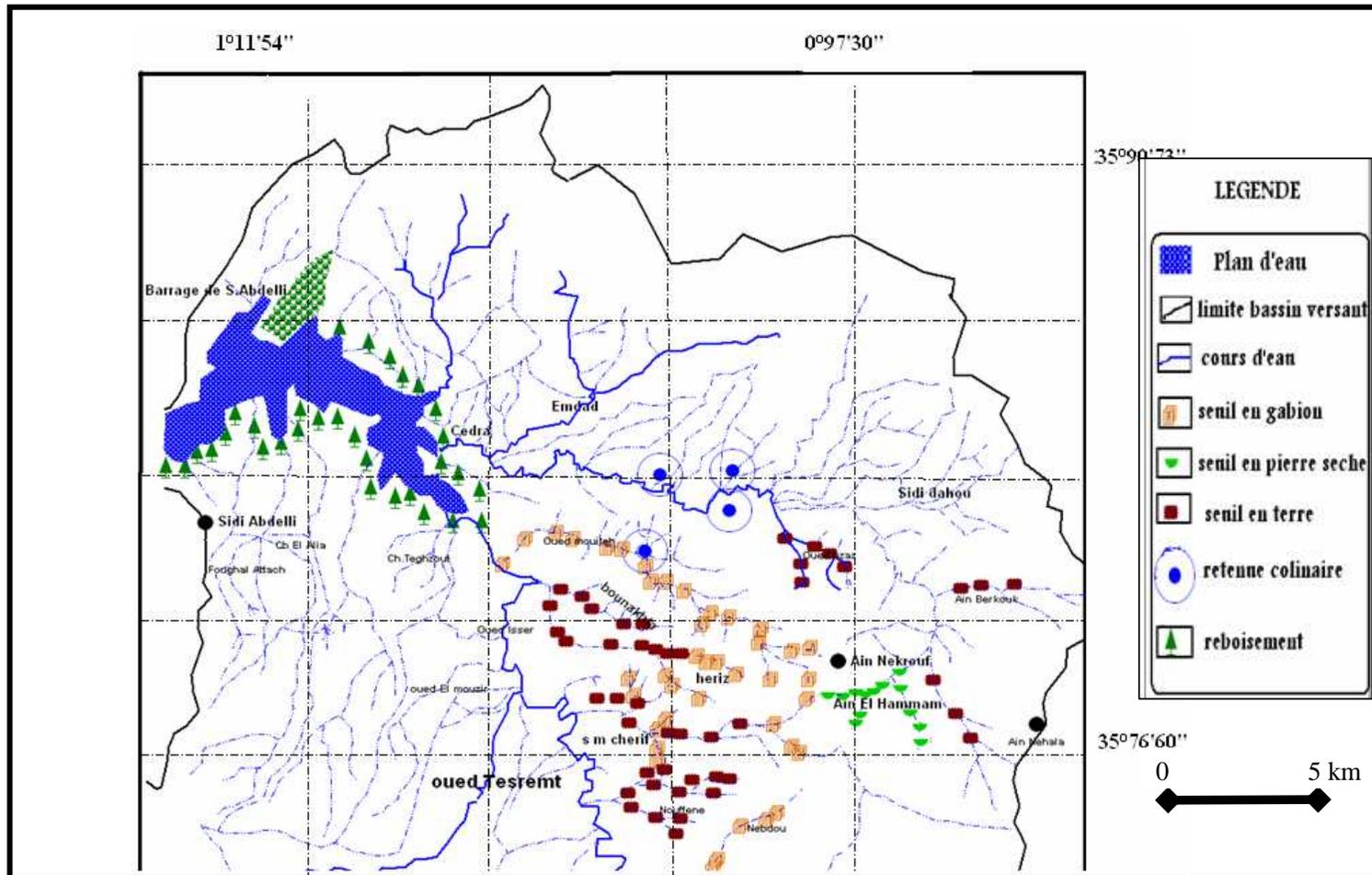


Fig N° 27 Carte des travaux réalisés dans la zone d'étude à l'amont du barrage d e Sidi El Abdelli

## Quatrième partie : Discussion

Dans de nombreux pays du monde, le transport des sédiments dans le réseau hydrographique des bassins versants et leur dépôt dans les retenues pose aux exploitants des barrages des problèmes dont la résolution ne peut qu'être onéreuse. Non seulement la capacité utile est progressivement réduite au fur et à mesure que les sédiments se déposent dans la retenue mais encore l'enlèvement de la vase est une opération délicate et difficile, qui bien souvent exige que la retenue soit hors service, ce qui est pratiquement impossible dans les pays arides et semi-arides (Remini, 2000). Dans l'un et l'autre cas, il en résulte des dommages considérables à l'environnement et une mise en péril de l'économie.

L'envasement et le transport solide constituent, par leur importance, un problème majeur en Algérie (dégradation des sols agricoles, alluvionnement des retenues). Ce phénomène est dû principalement à une érosion très active dans les bassins versants Algériens (Saidi, 1991) et Maghrébins (Lahlou, 1994).

Dans le cadre de la lutte contre l'érosion ou de la restauration des sols, de nombreuses méthodes et techniques d'amélioration ont été étudiées et sont théoriquement disponibles. Cependant chaque zone d'intervention a sa spécificité et les techniques préjugées efficaces s'avèrent parfois décevantes (Deymier, 1995).

Une soixantaine de seuils de correction des ravines ont été analysées dans la zone d'étude. L'évaluation et le diagnostic ont été basés surtout sur des prospections de terrain et des enquêtes effectuées avec les personnes concernées (forestiers, population..).

Les observations basées sur des critères biophysiques et socio économiques de l'environnement immédiat des aménagements (mensurations, analyse qualitative et quantitative des différents ouvrages...) et l'analyse des travaux anti-érosifs et des structures de correction torrentielle dans les trois micros bassins versants étudiés ont permis de caractériser et de comparer les différents types d'aménagement (seuils en gabion, seuils en pierre sèche, et en terre). Le volume de réalisation de chaque type de seuils nous donne une première interprétation sur l'importance d'intervention. Les seuils en gabion sont les plus utilisés avec un taux de plus (+) de 60%, le taux d'utilisation en seuil en pierre sèche et seuil en terre est respectivement de 25 % et de 15 %.

**1. Objectif principal de réalisation des ouvrages:** Les aménagements examinés montrent que l'objectif principal de réalisation des ouvrages est mal hiérarchisé ; certains sont destinés à la protection des bassins versants, d'autres à la création de l'emploi et d'autre à la lutte contre l'envasement du barrage en aval. La détermination de l'objectif primordial des ouvrages de C.E.S

dans la zone d'étude est peu claire. Les seuils en terres implantés dans les années 1980, avaient pour objet la lutte contre l'envasement du barrage de Sidi El Abdelli qui ont bien fonctionnés comme barrage à sédiment. Néanmoins l'eau stockée est mal exploitée pour la raison de l'éloignement des terres irriguées.

Pour les seuils en gabion construits durant l'année 1986, leur objectif était la protection du barrage et la lutte contre le ravinement. Pour ce qui est des seuils en gabion et en pierres sèches réalisés durant la période 1997 à 2004, dans le cadre du programme du projet emploi rural, l'objectif était la création de l'emploi à raison de 03 hommes par jours par M3 (Conservation des forêts Tlemcen). En matière de lutte contre le ravinement, il est profitable d'identifier les objectifs à long et à court terme. La fixation de l'objectif détermine les résultats. Les objectifs déterminent les mesures et les mesures déterminent le type de résultat (Burchard, 1997).

**2. Etudes préalables sur les aménagements :** Après des recherches dans les archives et des enquêtes effectuées avec des personnes concernées qui ont participé à la réalisation des travaux antiérosifs dans les trois micros bassins, nous avons constaté beaucoup de lacunes concernant les aménagements mécaniques et biologiques :

- certains aménagements ne se sont pas bien adaptés avec la nature du terrain (types de seuils choisis sont souvent inadaptés à la nature de terrain) ;

- les aménagements mécaniques prospectés nous montre que 30 % des seuils ne fonctionnent pas, en raison de leur implantations dans des ravines non actives (l'emplacement des ouvrages s'est fait sans études préalables) ;

- la densité exagérée des ouvrages et spécialement les seuils en pierres sèches ;

- les études existantes ont été faite d'une manière sommaire (fiche technique, cahier de prescription technique...), et dans plusieurs des cas l'inexistence d'études spécialisés dans la discipline de conservation de l'eau et du sol. Une étude approfondie permet d'analyser tous les facteurs intervenant dans le phénomène de l'érosion.

Seuls les seuils en terre ont donné des résultats satisfaisants, grâce aux études préalables faites par le bureau d'étude Italien (Centro Studi Recherche) en 1972 lors de la phase de préparation du barrage de Sidi El Abdelli. Une lutte anti-érosive efficace doit passer par une bonne connaissance de la dynamique érosive en jeu (Nasai et al, 1997). Les études de projet concernant ces types d'ouvrages doivent mettre l'accent sur les spécifications relatives aux matériaux utilisés, sur la pose, et l'écartement (FAO, 1977). Une étude de lutte contre le ravinement et la protection des bassins versants se traduit donc par une confrontation entre d'une part, les processus érosifs, avec évaluation de leur degré de destruction, la nature et le

dimensionnement des aménagements de protection qu'ils imposent, et d'autre part la nature et l'importance des enjeux qui sont menacés par ces processus érosifs (Meunier, 1992). Que dire alors des ouvrages implantés dans une ravine inactive ? Ces lacunes montrent que la conception et la réalisation ont été faites d'une manière différente d'un aménagement à l'autre.

Le service de l'administration des forêts chargé par l'opération de protection des bassins versants et la lutte contre l'envasement du barrage est parfaitement convaincu que le traitement des ravins était prioritaire dans cette région menacée par le ravinement et l'incision linéaire. Des seuils en pierres sèches, en gabions et en terres ont été construits, parfois associés à une stabilisation biologique. Mais là encore certaines précautions n'ont pas été respectées. Dans ces régions marno argileuses, des ouvrages trop lourds ne conviennent pas, car ils subissent des glissements qui les rendent inefficaces. Si les gabions gardent une certaine souplesse qui permet à l'ensemble d'adhérer au fond du lit et de s'adapter aux mouvements du fond, ils sont par contre inadaptés lorsque l'écoulement est trop violent, car il se produit des ruptures et du cisaillement du gabion.

**3. La durée des aménagements :** Les visites sur le terrain ont montré en général un état des ouvrages assez bon si on considère qu'il s'agit d'ouvrages âgés entre 5 et 29 ans ; en effet le premier ouvrage date de l'année 1980 et le dernier de l'année 2004. Il est important de signaler que tous ces ouvrages n'ont reçu aucun entretien depuis une dizaine d'années, c'est à dire depuis leurs dates de réalisations. Parmi les barrages visités, les seuils en terres, ne remplissent plus leur rôle de briser l'écoulement pendant les crues et de constituer un stockage d'eau ou des sédiments. On a constaté que la plupart de ces problèmes sont dûs au manque d'entretien, tous les autres seuils continuent à garantir leur fonction avec des degrés différents.

**4. Conception et confection des seuils :** Une autre cause est aussi à chercher dans les critères généraux de conception. L'essentiel est cependant d'éviter qu'un aménagement mal conçu ne vienne aggraver la situation, comme c'était parfois le cas. Tout aménagement doit se baser sur la dynamique, l'intervention doit se faire sur les facteurs et les paramètres qui conditionnent cette dynamique. Le problème posé par la correction torrentielle est celui du choix du type de seuils à mettre en place, du coût et de l'efficacité, du dimensionnements et de l'emplacement.

La construction des ouvrages n'ont pas toujours été conformes aux normes, ce qui explique l'inefficacité partielle et quelquefois totale des ouvrages due à la diminution excessive des fondations et plus souvent à la fuite progressive de l'eau entre les gabions et la terre et les fondations. C'est ainsi que parfois tout l'ouvrage se dégrade peu à peu (FAO, 98). Si les ouvrages sont bien dimensionnés et réalisés, selon les normes, ils ne subissent pas de dégât important. La cause essentielle des dégâts

ne résiderait pas dans la nature des matériaux avec lesquels l'ouvrage a été construit mais plutôt dans les dimensionnements inadéquats (Snane, 96).

Parmi les seuils construits, certains ouvrages en terres ont été endommagés de manière à ne plus avoir leur fonction de rehausser le lit de la ravine et la rétention de sédiment. En effet dans ces cas la partie central du corps du seuil et du contre seuil en terres a été complètement détruite (planche n°05). Néanmoins tous le reste de l'ouvrage est resté en place et donc leur réhabilitation sera possible, et même si possible mais avec des coûts élevés. Les sédiments captés par les seuils risquent d'être remis en suspension et de continuer leur cheminement vers le barrage de Sidi El Abdelli. Pour diminuer le risque de déplacement vers l'aval, les sédiments doivent être fixés rapidement par la végétation (Roose, 2000).

Les techniques de réalisation sont différentes d'un aménagement à l'autre, elles dépendent de :

**4.1. Matériaux de construction des seuils** : liés à la qualité, la forme, les dimensions de la pierre ainsi que le gabion, interviennent dans le bon fonctionnement et allongent la durée de vie de l'ouvrage. Certains seuils en pierres sèches sont construits avec des pierres qui se décomposent rapidement (calcaire, grès) sous l'effet de l'eau et de l'air, leur durée de vie était très courte. Les pierres de petite dimension peuvent se déplacer sous l'effet de l'eau (débit abondant) et l'ouvrage se détruit rapidement. La pierre s'est avérée constituer un matériau de construction particulièrement bien adapté quand elle est employée correctement. On la trouve souvent sur le terrain, ce qui évite des frais de transport sur de longues distances. Une main-d'oeuvre importante a été utilisée pour l'extraction de la pierre manuellement. La qualité, la forme, la dimension et le calibre des pierres utilisées pour la construction d'un barrage influent sur le bon fonctionnement et la durée de vie de l'ouvrage (Burchard, 1977). Évidemment, si l'on a affaire à une pierre qui se désintègre rapidement quand elle est exposée à l'eau et à l'air, l'ouvrage ne durera guère. Étant donné que la dimension et le calibrage des pierres dépendent de la taille du barrage et de l'importance du débit. Il est impossible de formuler des règles strictes en matière de calibrage efficace des pierres (Burchard, 1977).

La construction des seuils doit être faite avec des pierres de bonne qualité (éviter les pierres fragiles ou farineuses) et de taille suffisamment grande, environ 20 cm de dimension ; les pierres de taille inférieure à celle de la maille de gabions sont absolument interdites (Dario, 2002).

Les seuils en terre sont les plus privilégiés pour les raisons économiques suivantes :

- La valeur des matériaux de construction est relativement plus faible, puisqu'on utilise les matériaux terreux généralement très disponibles sur le lieu de réalisation.
- Facilité de trouver les matériaux nécessaires à l'exécution du travail.

- Rétention de quantité importante de sédiment lors des pluies torrentielles
- L'eau stockée peut être utilisée dans l'irrigation et particulièrement dans les irrigations de secours aux plantations ligneuses réalisées en amont ou le long du lit de l'oued.

#### **4.2. Aspects techniques :**

**4.2.1. L'ancrage des aménagements:** Les prospections ont montré que les seuils bien ancrés dans les berges (norme d'ancrage entre 50 cm et 100 cm) présentent une meilleure efficacité, que ceux qui ne respectent pas les normes (on a observé certains seuils contournés). Planche n°05.

Le fait d'ancrer un barrage de consolidation dans les talus latéraux et le fond de la ravine, renforce considérablement la stabilité de l'ouvrage. Ce genre d'ancrage est important dans les ravines où l'on peut s'attendre à de gros débits de pointe et où les sols sont fortement sujets à l'érosion. Dans la zone d'étude on a observé certains seuils en gabion contournés. Pour empêcher les flots destructeurs de contourner le barrage et de saper les berges, l'ancrage doit être prolongé jusque dans les talus latéraux de la ravine. L'affouillement risquerait de créer des vides entre le barrage et la berge, ce qui rendrait l'ouvrage inefficace. Les ancrages diminuent le danger d'affouillement autour des seuils, car ils ont pour effet d'allonger considérablement le chemin parcouru par les infiltrations.

Les ancrages dans la majorité des seuils en gabion et en pierre sèche dans la zone d'étude se composent d'une fondation de 0,5 à 1 m de profondeur et de largeur, creusée en travers du lit de l'oued. La stabilité et la résistance du seuil sont liées à une bonne fondation et un bon ancrage dans les berges des seuils. Dans les ravines peu larges et peu profondes, la hauteur effective des barrages peut être considérablement limitée par les exigences du déversoir.

**4.2.2. Les déversoirs :** La majorité des ouvrages ont un déversoir bien centré, mais de formes et de dimensions différentes d'un ouvrage à l'autre et d'un type d'aménagement à l'autre, il existe différentes formes de déversoir (forme longitudinale, rectangulaire, trapézoïdale ou curviligne...) Planche n°2.

**4.2.3. Dimension technique :** plus de 60 % des aménagements ont leur dimensionnement dans les règles de l'art, d'autres ouvrages sont surdimensionnés ou sous dimensionnés. Le surdimensionnement des ouvrages implique des surcoûts, et allonge la survie de l'ouvrage, le sous dimensionnement de l'ouvrage à des conséquences notamment la destruction ou la submersion des ouvrages, et une perte des charges. Pour certains seuils en pierre sèche ou en gabion leurs dimensionnements est parfois imprécis (soit leur emplacement, soit la surestimation du volume). Le seuil doit être déterminé de telle sorte à ce que la pente entre le pied du seuil amont et le sommet du seuil aval soit proche de zéro, c'est la pente limite ou pente de compensation.

La formule appliquée pour la détermination de l'espacement entre les seuils de la correction torrentielle en Algérie est celle donnée par (Greco (1966) :

La formule de l'écartement est la suivante :  $E = L/N$  E : Espacement, L : Longueur du Ravin, N:nombre de seuil.

La détermination du nombre de Seuil: le nombre de seuils est calculé d'après la formule suivante :

$N = (P-I) / H$  N: nombre de seuil, P : pente moyenne du lit I : pente de compensation déterminée expérimentalement, H : Hauteur moyenne des barrages.

Lorsque les écartements entre les ouvrages sont trop importants, la base d'un barrage est affouillée, le coût de l'opération est élevé (inclut la construction d'un contre barrage). Il est donc économiquement plus rentable de déterminer l'écartement entre les ouvrages de telle façon que le risque de creusement soit minimisé.

La majorité des aménagements construits n'ont pas respecté les formules sus mentionnées.

**4.2.4. Fondation des seuils :** Les fondations sont les éléments fondamentaux des ouvrages, car elles évitent le déchaussement et renversement de l'ouvrage, les affouillements qui se produisent au pied du barrage par la chute de l'eau et l'emportement des seuils par les eaux en période de débit de point.

**5. le choix de l'implantation :** l'emplacement du seuil par rapport au seuil amont se fait en fonction de la pente; plus l'espacement est bien étudié plus l'efficacité augmente et le coût diminue. Notre constat montre que ce paramètre (pente) n'est pas respecté, certaines ravines contiennent un nombre très important d'ouvrages c'est-à-dire une densité exagérée où l'on a remarqué un emplacement très rapproché d'un ouvrage à l'autre avec un volume surdimensionné. Planche n°2. On peut dire que l'implantation d'ouvrages adaptés aux sites instables devrait encore faire l'objet d'étude approfondie. La diminution des coûts des travaux, des contraintes, ainsi que l'amélioration du fonctionnement et de la longévité des ouvrages restent des préoccupations permanentes (Meunier ; 1992).

**6. Le fonctionnement:** est différent d'un aménagement à l'autre, sur les soixante seuils prospectés nous avons tiré les constatations suivantes :

- Les seuils en gabion présentent une meilleure stabilité et une bonne assise ; ces types d'ouvrage absorbent presque une bonne partie de l'énergie d'écoulement. Ces seuils fixent très vite les sédiments, mais ils peuvent aussi être détruits par la formation de « Renard », tunnel creusés par l'énergie de chute des eaux de ruissellement (Roose, 2000) ; Leur coût est très élevé, car il exige une certaine technicité de réalisation (main d'œuvre qualifiée, matériaux de construction..) et présente une

efficacité moindre que les seuils en terre fig. 28. Les seuils en terre sont caractérisés par une bonne stabilité et une meilleure efficacité vis-à-vis de l'arrêt des sédiments. Ce qui favorise l'installation d'une couverture végétale. Ces seuils sont les mieux adaptés dans les terrains marneux Fig30. Dès les premiers temps de sa construction ce type d'aménagement a joué un rôle important dans le stockage de l'eau. Les seuils en pierre sèche sont moins stables, la majorité est endommagée pour des raisons multiples, les plus importantes sont :

- inadaptation au terrain marneux.
- malfaçons dans la réalisation (manque de l'expérience des chargés d'exécution dans ce type d'ouvrage dans les premières années de la réalisation).

Certains seuils en pierres sèches présentent une certaine stabilité apparente qui est due soit à leur installation dans des ravines inactives, soit à l'absence des écoulements importants. Le nombre de seuils (volume) réalisés dans la zone d'étude est important mais leur efficacité est faible et le volume de sédiment capturé à l'amont est insignifiant. Fig n°29

**Tableau 35 : Fonctionnement des aménagements mécaniques**

Types de seuils	Seuil en gabion	Seuil en pierre sèche	Seuil en terre
Captures de sédiment	Très rapide	Rapide	Très rapide

Tous les ouvrages ont montré leur efficacité en termes de ralentissement de l'écoulement, que pour les seuils en terre que pour les seuils en gabions. L'efficacité directe et aussi plus évidente a été montrée par les seuils réalisés à l'amont du barrage, ceux en terre ont montré un effet très important de stockage d'eau et de sédiment et les seuils en gabion ont aussi piégé les sédiments mais avec des pourcentages différents d'un aménagement à l'autre tableau n°35. Un ouvrage stable et efficace est celui qui présente un bon comportement pendant au moins (05) cinq années (durée habituellement visée par les ingénieurs du génie civil) le temps nécessaire pour que la végétation s'installe durablement. Les interventions de lutte anti-érosive n'ont souvent eu qu'une efficacité limitée. (Meunier, 1992).

Après la conception et la réalisation d'ouvrages de correction torrentielle, se pose le problème de la gestion et de l'entretien, des dispositifs de mise en oeuvre et en deçà ceux de la prise de conscience et de la prévention de ces phénomènes et de leurs conséquences (Dewier, 1992).

**7. L'entretien et suivi des aménagements :** L'absence de l'entretien et la mise en valeur des seuils en terre a rendu ces derniers très fragiles et présente un risque de déplacement des sédiments retenus vers le barrage. L'entretien augmente la durée de vie de l'ouvrage. L'absence d'un entretien permanent des aménagements réduit la réalisation des objectifs de lutte contre l'envasement (Hadjiat, 1997). Un traitement antiérosif n'a de chance de réussir que s'il bénéficie

d'un minimum d'entretien, il faut qu'il soit l'objet d'une surveillance constante, afin d'éviter les dégradations et de permettre une rapide réparation.

**8. Le coût et efficacité de l'aménagement** : Les observations sur les aménagements des ravines nous ont amené à tester le coût et l'efficacité des différents types de seuils : le coût est directement proportionnel au volume. Dans une ravine donnée, il existe une hauteur de barrage pour laquelle la quantité de pierres nécessaires, et le gabion utilisé. Quand l'ouvrage capte les sédiments, le traitement est de plus en plus avantageux, est par conséquent le coût est acceptable. Les barrages en terres sont moins coûteux que les seuils en pierre sèche et en ceux en gabion (Tableau 36).

**Tableau 36 : coût des seuils**

Types de seuils	Seuil en gabion	Seuil en pierre sèche	Seuil en terre
Coût (Da)	2800	1500	900

La construction des seuils en pierre sèche est relativement coûteuse et présente une résistance faible et une durée de vie très courte ; donc ce type d'aménagement est inefficace. Les ravines se développent le plus souvent dans des zones où les pierres s'altèrent rapidement. Les ouvrages en terres ont une efficacité importante, un coût trois fois moins chère que les seuils en gabion. Le coût des ouvrages en gabion est très élevé, car il exige une certaine technicité de réalisation (main d'œuvre qualifiée, matériaux de construction...). Notons aussi que malgré les inconvénients de choix et de réalisation des ouvrages cité au dessus il y a des points forts de certains ouvrages qui ont joué un rôle important dans:

- la stabilité relative de l'érosion dans certains endroits aménagés;
- la capture d'une quantité importante de sédiment (environ 04 m<sup>3</sup> par seuil en gabion, 500 m<sup>3</sup> de sédiment par seuil en terres et 2 m<sup>3</sup> par seuil en pierre sèche). Si on multiplie le nombre de seuils réalisés par la quantité moyenne de sédiment capturé dans la zone d'étude on peut avoir les résultats suivants Tableau 37

**Tableau 37 : Résultats des estimations financières**

Types de seuils	Nombre de seuils	Quantité moyenne de sédiment/types de seuil	Volume global de sédiment	estimations financière (Da)
Seuil en terre	12	500 m <sup>3</sup>	6000 m <sup>3</sup>	192000.00
Seuil en gabion	140	04 m <sup>3</sup>	560m <sup>3</sup>	17920.00
Seuil en pierre sèche	160	2m <sup>3</sup>	320m <sup>3</sup>	10240.00
Total			6880 M <sup>3</sup>	220160.00

Si on veut les estimés financièrement, en considérant qu'un M3 d'eau coûtent pour l'Etat Algérienne environ de 32 Da / M3 d'eau potable (ministère des ressources en eau ,2008), et 1m3 = 1,3 tonne environ (BNEDER, 2001), nous avons environ  $(6880 \times 32) = 220160.00$  Da (Tableau, 37).

L'efficacité de la correction torrentielle ne se résume pas seulement dans le stockage des sédiments et la protection de la capacité d'emmagasinement de l'eau du barrage en aval, mais surtout dans la possibilité de rehausser le fond de la ravine et rétablir la pente d'équilibre des talus ; permettant d'installer une végétation naturelle et réduire l'érosion. Les interventions de lutte anti-érosive n'ont souvent eu qu'une efficacité limitée (Avenard, 1990). On ne peut juger la valeur d'un traitement sur la seule base des coûts d'aménagement, mais on doit prendre en considération l'appréciation des avantages. Les dépôts sédimentaires retenus par les barrages de consolidation peuvent être intégrés dans le rapport des coûts qui fait entrer en ligne de compte un avantage concret. L'évaluation chiffrée des effets indirects, est conditionnée par la disponibilité d'information sur les résultats qui montre les changements dans les résultats qui se produisent avec l'aménagement. En l'absence d'une telle information, l'analyste ne peut faire grande chose pour les chiffrer.

Les ouvrages en gabion sont les plus durables par rapport aux autres aménagements (tableau38). La durabilité est liée à la nature lithologique du terrain et les dimensions de l'ouvrage.

**Tableau 38 : durabilité des seuils**

Types de seuils	Seuil en gabion	Seuil en pierre sèche	Seuil en terre
durabilité	Plus durable	fragile	durable

**9. Les Aménagements associés :** Une vision purement mécanique de la correction torrentielle est cependant insuffisante, les aménagements associés aux travaux mécaniques de la conservation des sols (correction torrentielle) sont représentés par les reboisements et les fixations des berges, ces aménagements se trouvent actuellement dans une situation très dégradés, Le taux de survie du reste des espèces forestières sur le versant varie d'un endroit à un autre, les meilleurs taux de reprise sont ceux qui se trouvent dans le bas fond, fond de la ravine et à l'amont des seuils en terre ; l'espèce la plus résistante à ce jours est le Tamarix. Les faibles taux de réussite sont du aux :

- Choix des espèces qui ne s'adaptent pas au climat et aux sols (exemple : Eucalyptus qui présente un taux de réussite très faible (1%), il ne reste que quelque sujet en état de souffrance).

-Surpâturage dû à l'absence de gardiennage après la troisième d'année de la réalisation (c'est à dire après clôture du contrat de réalisation).Planche n°6

-Manque de suivi et d'entretien des plantations (l'entretien est fixé à deux ans par l'administration des forêts), alors que les plantations dans les bassins marneux nécessitent un entretien continue.

Sur l'ensemble des aménagements antiérosifs, la lutte biologique ne correspond qu'à 20 % des coûts des aménagements mécaniques. Certaines pratiques culturales ne répondent pas aux normes techniques planche n°03. L'emploi d'espèces végétales appréciées par les animaux part d'une idée intéressante, mais ces derniers les ont parfois trop dégradées par le surpâturage Planche n°6. Le trop faible recouvrement limite alors la protection (Dario, 2002).

**10. l'impact des aménagements :** L'impact d'un aménagement peut être défini comme étant la différence entre la situation avec aménagement et sans aménagement. Ce concept "avec et sans" est le fondement de l'analyse des aménagements. Il importe de ne pas perdre de vue le fait que la situation telle qu'elle se présente aujourd'hui ne resterait sans doute pas la même en l'absence des aménagements. Le déséquilibre du milieu aquatique (faune et flore) à un coût inestimable. En cas d'absence d'un site pour la réalisation d'un nouveau barrage (si le barrage est envasé) le dévasement coûte le double de la réalisation d'un nouveau barrage (Remini, 2000); En cas de présence d'un site convenable pour la réalisation d'un barrage, l'impact sera aggravé non seulement par l'accentuation de l'érosion mais aussi par les mouvements des engins, qui induisent un déséquilibre biologique (Biotope,.....).

Le volume de 102691 M3 réalisé dans les trois micro bassins a contribué à la réduction de l'érosion (en cas d'absence de ces ouvrages la situation serra aggravé c'est-à-dire le taux d'envasement sera important) et à la création de l'emploi, mais aussi a participé comme source de revenus pour les riverains qui ont utilisé l'eau retenu dans les seuils en terre pour leur besoin (pour l'irrigation, abreuvement du cheptel...) pendant au mois les cinq (05) premières années . L'étude Italienne faite par le bureau de Centro Studi Recherche (1972) prévoyait 800.000 m3 de vase annuellement. Selon l'ANBT, le taux d'envasement n'est que de 600.000 m3/an soit une différence de 200.000 m3/an, cette différence nous renseigne sur l'efficacité de certains travaux anti érosifs et aussi de la faiblesse des précipitations durant ces dernières décennies.

L'évaluation et l'estimation des travaux de C.E.S de point de vue économique (rendement des actions réalisés) est très difficile, étant donné qu'il existe des résultats inestimable (protection de la faune et flore, conservation de l'eau ...etc.).

**11. Les problèmes socio-économiques** ne sont pas moins importants que les problèmes techniques. Il faut les étudier et savoir comment faire adhérer les riverains au projet, qui peuvent mettre en valeur les investissements de l'Etat (durabilité et reproductibilité des aménagements de CES...). L'activité anthropique agit sur la dégradation des aménagements mécaniques et contribue

à la disparition progressive des associations végétales bien adaptées au milieu : *Olea europea* (olivier) ; *Tamarix articulata* (*tamarix*) ; *Ziziphus lotus* (Jujubier); *Ampelodesma mauritanica* (Diss); *Chamaerops humilis* (Doum), ainsi que la strate herbacées ....).

Les effets économiques d'un aménagement dépassent en fait le cadre strict du projet. L'appréciation des résultats doit tenir compte de diverses utilités économiques dont toutes ne sont pas chiffrables en termes de production et de revenu. (FAO, 1997).

L'évaluation socio-économique a exposé différentes catégories sociales. Elle renseigne également sur la perception et l'appropriation générales de la lutte antiérosive.

La perception et l'appropriation des seuils sont abordées pour l'administration des forêts et pour la population riveraine. Pour l'administration des forêts, la lutte anti érosive s'insère dans des programmes : protection des bassins versants, lutte contre l'envasement du barrage en aval et la création de l'emploi, (assurer une source de revenue pour la population riveraine). Pour la population riveraine, l'acceptation des aménagements représente une question centrale, il convient de s'interroger sur le degré d'appropriation des ouvrages.

\* Quelle vision a l'agriculteur de l'aménagement ?

\* Le paysan perçoit-il l'aménagement anti érosifs d'abord comme une source immédiate de revenus, lorsqu'il participe comme salarié lors de la réalisation? Où perçoit-il son intérêt comme outil de lutte contre l'érosion ?

Enfin, la perception et l'appréciation des seuils sont variables pour les différentes catégories de la population. Les seuils en terres sont bien acceptés par la majorité des agriculteurs.

Évaluer l'appropriation par les agriculteurs nécessite de travailler sur la perception de l'aménagement comme outil de lutte contre l'érosion, la problématique de l'érosion des sols est avant tout une problématique engagée par l'administration des forêts et direction du barrage. Cela ne signifie pas qu'il n'existe pas de préoccupation paysanne par rapport à certaines manifestations de l'érosion, préoccupation qui se traduit que par de rares aménagements. (Certaines pratiques agricoles).

**Pour conclure on peut dire que l'analyse et l'évaluation nous ont permis de tirer les conclusions suivantes :**

**- La définition de l'objectif prioritaire des aménagements anti- érosive est peu claire et mal hiérarchisé :** En matière de lutte contre le ravinement, il est profitable d'identifier les objectifs à long et à court terme. La détermination de l'objectif détermine les résultats. Les objectifs

déterminent les mesures; les mesures déterminent le type de résultat. La non détermination de l'objectif clairement est peut être du à l'absence des études préalable sur les aménagements anti érosifs ;

**- La majorité des aménagements sont réalisés sans études préalables :** Une lutte anti-érosive efficace doit passer par une bonne connaissance de la dynamique érosive en jeu, ajoutant aussi que l'étude approfondie doit permettre d'analyser tous les facteurs intervenant dans le phénomène de l'érosion. Les études de projet concernant ces types d'ouvrages doivent mettre l'accent sur les spécifications relatives aux matériaux utilisés et sur la pose et l'écartement.

Nous avons constaté l'absence des études préalables sur les aménagements mécaniques et biologiques. L'insuffisance des études de base relatives au processus de l'érosion et leur spatialisation, les études existantes sont faites d'une manière très sommaire (fiche technique, cahier de prescription technique...) a engendré sur le terrain certaines anomalies:

- certain aménagement ne s'adaptent pas avec la nature du terrain (types de seuils choisis sont souvent inadaptés à la nature de terrain) ;

- les aménagements mécaniques prospectés nous montre que 30 % des seuils ne fonctionnent pas, en raison de leur implantions dans les ravines non actives (l'emplacement des ouvrages se fait sans études préalables) ;

- densité exagérée des ouvrages et spécialement les seuils en pierre sèche.

**- La conception et la construction des ouvrages n'ont pas toujours été conformes aux normes:**

Les constats sur le terrain montre qu'il ya des lacunes dans la conception et réalisation des seuils en pierres sèches, et en gabions ou en terres, parmi ces insuffisances :

- La diminution excessive de la fondation ;
- Les dimensionnements inadéquat (ouvrages surdimensionné ou sous dimensionné) ;
- La généralisation de la technique de réalisation ;
- Le mauvais choix de la qualité des matériaux de construction ;
- Le non respect de l'ancrage de l'ouvrage dans les berges ;
- L'espacement entre les seuils n'est pas bien étudié
- La maçonnerie de la pierre est mal construite.

Pour éviter tout ces anomalies des études préalables sont nécessaires.

**- La non détermination des zones de priorité d'intervention:** La gestion optimale impose autant que possible de définir spatialement des priorités d'intervention ; cela va jusqu'à déterminer des zones de non-intervention. Il est possible de déterminer les ravines prioritaires à réhabiliter (définir les priorités d'intervention selon les ravines rencontrées). Pour cela, et selon Rey (1998), on peut utiliser deux critères: l'érodabilité des terrains (dépend directement de

paramètres physiques tels que la lithologie ou la topographie) et la présence d'une végétation naturelle. La présence d'une végétation naturelle peut indiquer que l'activité érosive est moins importante qu'ailleurs. Une fois effectué le choix des ravines à traiter en priorité, on peut déterminer l'étendue de la correction nécessaire et suffisante pour maintenir l'extinction d'une ravine. Pour la classification des ravines par ordre de priorité pour l'intervention, trois caractéristiques principales sont à prendre en considération pour identifier : la pente, la lithologie et l'occupation du sol. L'élaboration d'une carte qui permet la localisation des zones fortement ravinées nécessitant des interventions prioritaires de protection basées sur les techniques de lutte mécanique et biologique en rapport avec :

- l'élaboration des cartes thématiques (la carte du réseau hydrographique, la carte de sensibilité des sols, la carte des pentes, la carte d'occupation du sol et la carte lithologique).

Le croisement des cartes thématiques, la superposition de carte du réseau hydrographique sur la carte de sensibilité des sols permet de donner la carte de localisation des zones fortement ravinées.

- **Le choix des zones à corriger est souvent irrationnel:** Le choix de l'implantation des ouvrages est souvent inadaptés, certains types de seuils sont souvent inadaptés à la nature du terrain ; l'emplacement des ouvrages se fait d'une façon irrationnel ; plus l'espacement est bien étudié plus l'efficacité augmente et le coût diminue. La notion des zones à priorité est négligée.

- **Une grande partie des seuils ne fonctionnent pas (plus de 30 %)**, en raison de leur implantations dans les ravines non actives. Le fonctionnement est différent d'un aménagement à l'autre, les seuils en gabion présentent une meilleure stabilité, une bonne assise, fixent très vite les sédiments, mais ils peuvent aussi être détruit par la formation de « Renard » ; Leur coût est très élevé, car il exige une certaine technicité de réalisation. Les seuils en terre sont caractérisés par une bonne stabilité et une meilleure efficacité vis-à-vis de l'arrêt des sédiments. Ce qui favorise l'installation d'une couverture végétale. Ces seuils sont les mieux adaptés dans les terrains marneux. Les seuils en pierre sèche sont du point de vue de la stabilité moins stables, la majorité de ces types d'ouvrages sont endommagés pour des raisons multiples, le plus important est l'inadaptation au terrain marneux.

- **Coûts, efficacité et efficience :** Tous les ouvrages ont montré leur efficacité en termes de ralentissement de l'écoulement, que pour les seuils en terre que pour les seuils en gabions. Le coût du barrage est directement proportionnel au volume. On ne peut juger de la valeur d'un traitement sur la seule base des coûts d'aménagement, mais on doit prendre en considération l'appréciation des avantages. Les dépôts sédimentaires retenus par les barrages de consolidation peuvent être intégrés dans le rapport des coûts qui fait entrer en ligne de compte un avantage concret. Lorsque les

sédiments retenus sont considérables (le traitement est de plus en plus avantageux), le coût est acceptable. Pour La correction torrentielle son efficacité ne se résume pas dans le piégeage des sédiments, mais aussi pour sa contribution à rehausser le fond de la ravine et de rétablir la pente d'équilibre des talus.

- **La majorité des espèces ne sont pas bien choisies** : les aménagements associés à la correction torrentielle sont représentés par les reboisements et la fixation des berges. Le trop faible recouvrement limite la protection. Pour bien réussir la lutte biologique il faut :

- un choix judicieux des espèces qui s'adaptent au climat et sols
- et assurer une mise en défens.

- **Le manque de suivi et d'entretien** : L'absence d'un entretien permanent des aménagements réduit la réalisation des objectifs de lutte contre l'envasement. Un traitement anti érosifs n'a de chance de réussir que s'il bénéficie d'un minimum d'entretien, il faut qu'il soit l'objet d'une surveillance constante, afin d'éviter les dégradations et de permettre une rapide réparation. L'entretien augmente la durée de vie de l'ouvrage.

- **L'absence de la sensibilisation de la population riveraine et l'utilisation des méthodes culturelles non appropriées et la pratique de la monoculture** : Inadaptation des techniques au contexte physique et social de la région ce qui engendre : le vol des gabions et de la pierre de certain seuils. L'acceptabilité sociale des techniques et aménagements est liée à la relation homme-ouvrage qui constitue dans la majorité des cas le facteur le plus important dans la stabilité ou la dégradation des sols. Seuls les ouvrages qui ont une utilité directe avec la population (réservoir d'eau, irrigation, abreuvement du cheptel, protection de la ville...) auront plus de chances d'avoir une durée de vie plus importante, parce qu'ils auront plus de chance d'être entretenue et protégés contre toute forme de dégradation (vol de gabion, de la pierre...).

Les problèmes socio-économiques ne sont pas moins importants que les problèmes techniques. Il faut les étudier et savoir comment faire adhérer les riverains au projet, qui peuvent mettre en valeur les investissements de l'Etat. Dans les bassins versants fréquentés par la population, la réalisation des aménagements anti-érosifs doit prendre en considération la sensibilisation des populations rurales (sur les risques d'érosion, et la lutte contre ce risque) tout en montrant quelques expériences sur les risques réels de dégradation et sur l'efficacité des aménagements proposés.

- **L'ignorance des techniques antis érosives traditionnelles**, La sensibilisation de la population sur les méthodes de culture et l'élevage s'avèrent très nécessaires pour la protection et la conservation du capital sol afin d'assurer un développement durable.

Durant les dernières années il y a une évolution positive des agents des forêts dans le domaine de la réalisation des techniques de lutte contre le ravinement. Une nouvelle orientation des projets de conservation des sols conduit ainsi à un changement en ce qui concerne les objectifs de la formation. Il ne s'agit plus d'apprendre les solutions techniques du problème de l'érosion, mais d'apprendre l'art d'élaborer une réponse adaptée à chaque contexte et avec la participation des agriculteurs concernés par l'érosion (Lilin et Koohafkan ; 1985).

**- L'avenir et la durabilité des aménagements sont liés à la reproductibilité.** La durabilité est très faible. L'Appréciation de la « reproductibilité » des outils et des méthodes mis au point par le projet et utilisés dans le contexte de lutte contre l'envasement et protection des bassins versants est très faible. Notre constat montre que ces techniques ne vont pas pouvoir être réutilisés par d'autres acteurs; ni diffusés spontanément dans le milieu où ils ont été développés; s'ils ne vont pas rester efficaces et utilisables après la fin du projet. Ceci montre le rôle de la vulgarisation des aménagements tout en montrant quelques expériences sur les risques réels de dégradation et l'efficacité des aménagements proposés. La problématique de l'érosion des sols est avant tout une problématique engagée par l'administration des forêts et la l'ANBT. Cela ne signifie pas qu'il n'existe pas de préoccupation paysanne par rapport à certaines manifestations de l'érosion, préoccupation qui se traduit que par de rares aménagements (utilisation de certaines pratiques agricoles anti érosives).

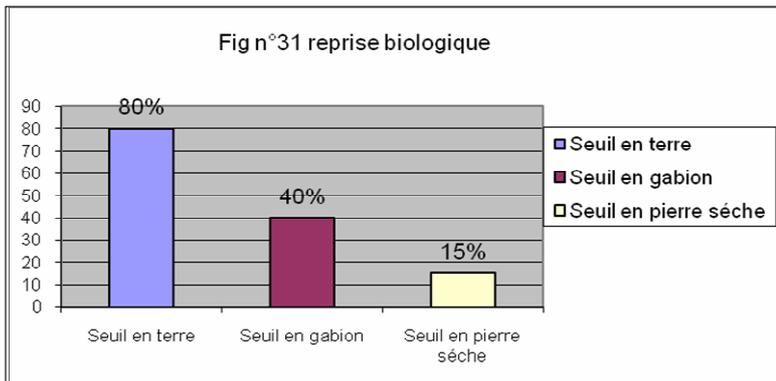
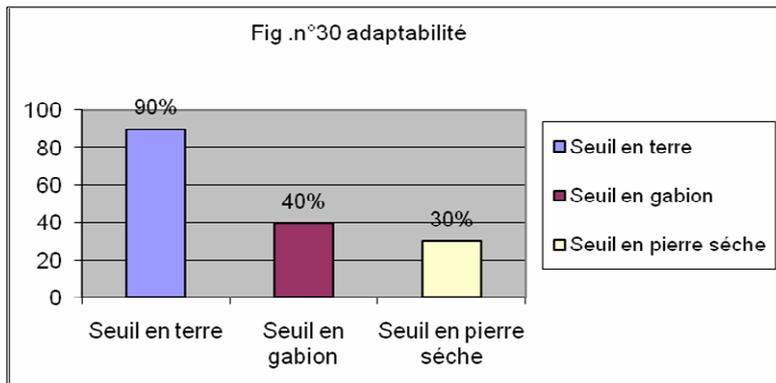
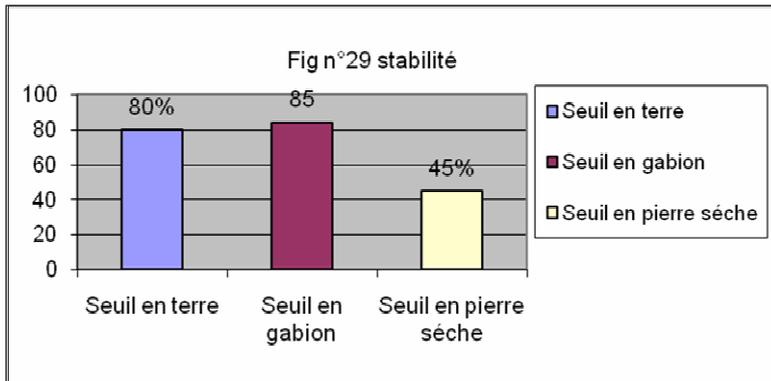
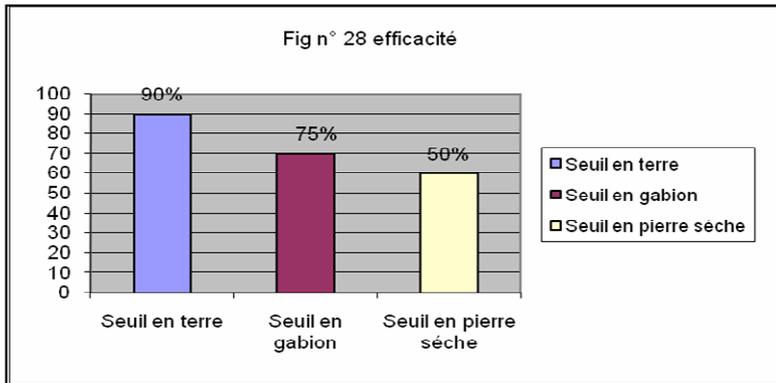


Fig n° 28,29,30 et 31 Comparaison des différents types de seuils suivant l'efficacité, adaptabilité, stabilité et reprise biologique



Photo n° 26 Seuil en terre très stable



Photo n°27 Bassin de décantation d'un seuil en terre détruit par les mouvements du sol



Photo n° 28 ,29 Dégradation de la digue et du déversoir du seuil en terre



Photo n° 30 Seuil en Gabion surdimensionné Bounakhla-Heriz



Photo n° 31 Seuil en pierre sèche emporté par les eaux

**Planche n°5** état de quelque aménagement dans la zone d'étude



Photo n°32 Fixation des berges avec du pin d'Alep (sous bassin versant de Heriz)



Photo n°33 fixation biologique des versants marneux : utilisation d'un mélange d'espèces (Pin d'Alep, et cyprès dans la zone d'étude



Photo n° 34 La zone est occupée essentiellement par la céréaliculture. Le taux de la couverture végétale naturelle et très faible



Photo n°35 surexploitation du couvert végétale (Surpâturage)



Photo n° 36 Reprise biologique à l'amont des seuils en gabion composée essentiellement de Zizyphus, Calycotome et strate herbacés diverses.



Photo n° 37 Plantions d'arbres à l'amont du barrage : olivier sur des versants marneux

**Planche n°6**

## Conclusion Générale

L'Algérie a réalisé un effort considérable pour la protection des bassins versant et lutte contre l'envasement des barrages (afin d'améliorer la disponibilité en eau pour l'alimentation humaine et l'irrigation), et aussi pour la protection des terres agricoles.

Depuis 1980 un grand nombre d'aménagement à eu lieu dans les bassins versant de la Wilaya de Tlemcen (Tafna, Isser,...etc.). Ces aménagements visent la protection des bassins versants et la réduction des transports solide ainsi que la création d'emploi.

Dans cette étude, nous avons fait un bilan et une analyse des aménagements anti érosifs réalisés dans les micros bassins versants de Sidi Mohamed Chérif, Bounakhla-heriz, et Ain El hammam dont la superficie globale est de 2795 ha. Les types d'aménagements réalisés dans ces micros bassins sont :

- Les aménagements mécaniques avec un volume de 102691M3 répartie sur trois types d'ouvrages (seuils en terre, en gabion et pierre sèche)
- Les aménagements biologiques avec un volume de 810 Has répartie entre reboisement, plantation fruitière et viticole.

On peu retenir de l'examen de la situation des aménagements dans les trois micros bassins versant su cité qu'il y a des lacunes dans les techniques et conception de ces aménagements de conservation de l'eau et du sol. Le diagnostic de 60 seuils de correction torrentielle (20 seuils en gabion ,20 seuils en terres, et 20 seuils en pierre sèche), nous a permis de tirer les constatations suivantes:

- La définition de l'objectif prioritaire des aménagements anti- érosive est peu claire et mal hiérarchisé ;
- la majorité des aménagements sont réalisés sans études préalables ;
- La conception et la construction des ouvrages n'ont pas toujours été conformes aux normes;
- La non détermination des zones de priorité d'intervention ;
- Le choix des zones à corrigé n'était pas bien réfléchi ;
- Une grande partie des seuils ne fonctionnent pas (plus de 30 %) : mauvais choix de l'implantation ;
- La majorité des espèces végétales ne sont pas bien choisies ;

- Manque de suivi et d'entretien ;
- L'absence de la sensibilisation de la population riveraine qui continu à utiliser des méthodes culturelles non appropriées.
- Ignorance des techniques anti érosives traditionnelles.

La comparaison des différents type de seuils utilisé dans la correction torrentielle, a montré que les seuils en terres restent les plus efficaces et plus adapter a ce type de milieu.

Enfin le ravinement connaît toujours une ampleur inquiétante, mais sans ces aménagements quoique les lacunes dans les techniques de réalisation, la situation au niveau des micros bassin versant et au niveau du barrage aurait été plus grave. Mais il faut reconnaître que malgré les échecs et les lacunes enregistrés, les effets positifs de certaines actions commencent à se faire sentir. Tirer les leçons de ces interventions et des modes de gestion traditionnels et mettre en place de nouvelles démarches, constituent les éléments essentiels pour promouvoir une meilleure conservation et amélioration des terres.

La recherche doit continuer encore à préciser les techniques à mettre en oeuvre en fonction des diagnostics. Ensuite il faut chercher la meilleure stratégie pour développer ces méthodes sur le terrain. Comme il est nécessaire de tirer continuellement des leçons des expériences et d'affiner encore plus l'outil d'intervention.

Actuellement, il est reconnu en Algérie, qu'il existe un besoin de recherche au sujet des processus de l'érosion et de l'impact des techniques de conservation et de gestion des sols sur les différents plans : Technique, socio-économique et écologique.

## Références bibliographiques

- Agence nationales d'aménagement du territoire., 2009** - Plan d'Aménagement du Territoire de la Wilaya de Tlemcen Phase 1 Evaluation Territoriale.
- Abdelli M et Zeggane M., 2007** - les barrages en Algérie, problématique et enjeu de envasement. p.p 07
- Agence nationales des barrages et transfert, 2006** - Etude de protection des bassins versants de l'ensemble des barrages en études avants projet détaillé (lot n°1 à 4) et bassins versants des barrages en exploitation (lots n° 5et 6) phase II TECSULT international Experts conseils .Québec (Canada).
- Alberge J., Nasri S., Boufaroua M., Droubi A. et Merzouk A., 2004** - Petits barrages et lacs collinaires, aménagements originaux de conservation des eaux et de protection des infrastructures aval : exemples des petits barrages en Afrique du Nord et au Proche-Orient.Sécheresse 15(1):78-86.
- Anonyme, 1997** - Programme de formation à la planification et gestion des projets (management et préparation d'un projet), 53 p.
- Arrignon J., 1987** - Agro-écologie des zones arides et sub-humides. Ed. Maisonneuve & Larose, Paris, 283p.
- Aubert G., 1987** - Quelques remarques sur la susceptibilité des sols principalement de la région Médéa (Algérie) vis-à-vis de l'érosion. Bull. Rés. Eros. N° 7, pp.
- Avenard J.-M., 1990** - Dynamique érosive actuelle en Afrique du Nord. IRD Bull n°2
- Bagnouls F. et Gaussen H., 1953-** Saison Sèche et indice xérothermique.Fac.des Sc.Toulouse, Bull de la Soc. His. Nat, t.88, Fasc. 3-4, P193 – 239.
- Besson L ., 1996** : Les risques naturels en montagne. Editions Artès - . Grenoble (38, France).
- Bergaoui M., et Albergel J., 2000** - Effets d'un aménagement anti-érosif en pierres sèches sur la violence et la forme des crues : le bassin versant de l'oued zioud, Tunisie. Bull. Rés. Eros, N°20, pp. 23-28.
- Benabadjil N et Bouazza M ; 2000** - Quelques Modifications Climatiques Intervenues dans le Sud-Ouest de l'Oranie (Algérie Occidentale).Rev. Energ. Ren. Vol.3 .n° 2 pp 117-125
- B.N.E.D.E.R., 1994** - Etude d'opportunité de mise en valeur de montagne. Phase III tome II.D.S.A Tlemcen
- B.N.E.D.E.R., 2001** - Rapport d'évaluation annuel des projets emploi rural
- Bonnet D., 1983** - Prise en compte des risques naturels en forêt de Montagne : quelques réflexions dans le cas des forêts soumises des alpes du Nord. Ed. CEMAGREF. Grenoble, 106 p.

- Bouanani A., 2004** - Hydrologie, transport solide et modélisation étude de quelques sous bassins de la Tafna (NW- Algérie). Thèse Doct. Univ. Tlemcen.
- Bouchnak H., 2004** - Etude de l'évolution du ravinement en fonction de la lithologie dans les bassins versants des oueds El hammam et Rmel en Tunisie. Laboratoire de télédétection et système d'information à référence spatiale (LTSIERS). Tunis, 19 p.
- Bourougaa L. et Monjengue S., 1989** - Fixation mécanique et biologique des ravines, expérimentation dans la région semi-aride de Béni -Slimane (Algérie). Bull. Rés. Eros. N° 9, pp. 19-29.
- Bourougaa L., Lefar B. et Kedaïd O., 1994** - Synthèse du bilan de la défense et restauration des sols en Algérie. INRF. 66 p.
- Bouziane F., 1992** - Contribution à l'étude de l'érosion dans le bassin versant de L'Isser. Mém. Ing. Forest. Univ. Tlemcen,
- Burchard H., 1977** - Ouvrages et méthodes de correction de ravins Ed. FAO. Rome,
- Chebani R., 1996** - Etude à différentes échelles des risques d'érosion dans le bassin versant de l'Isser (Tlemcen). Mém. Mag. Agro. INA, Alger, 135 p.
- Centro Studi Recherche (CSR), 1972** - Etudes des Bassins Versants des oueds Isser et Sikkak, Tlemcen, Algérie, Phases 1, 2, 3 et 4
- Dario Tricoli., 2002** - Procédure pour la réalisation des seuils en gabion, 10p.
- Deffontaines B., 1990** - Développement d'une méthodologie morphonéotectonique. Analyse des surfaces enveloppes du réseau hydrographique et des MNT. Thèse Doct. Univ. Paris VI, 225 p.
- Demmak A., 1982** - Contribution à l'étude de l'érosion et les transports solides en Algérie septentrionale. Thèse Doct. Univ. P.M .Curie, Paris 6, 323 p.
- Demmak A., 1982** – Recherche d'une relation empirique entre les apports solides et les paramètres physico climatiques des bassins. AISH 144 : 403-414
- Deymier C., 1995** - Conception et calcul de barrages de correction torrentielle. Ed. CEMAGREF. 286 p.
- Dewier C., 1992** - Les outils de génie civil dans la lutte contre l'érosion torrentielle. Bull. Rés. Eros. N°12, pp. 28-39.
- Eyles R.-J., 1966** - Stream représentation on Malayan maps. Journal tropical Geography, vol. 22, pp. 1-9.
- FAO, 1977** - Aménagement des bassins versants. Cahier FAO conservation 1
- FAO, 1980** –Conservation des ressources naturelles en zone aride et semi aride. Cahier FAO : conservation des sols3 : 135 p

- FAO, 1998** - Evaluation des résultats des projets de conservation des sols. Aménagement des bassins versants département des forêts
- FAO, 2008** - Etude régionale d'impact socio-économique des actions de CES (Cas d'Algérie). Atelier sur les indicateurs d'impact des travaux de conservation des eaux et du sol (CES) et de collecte d'eau (Water Harvesting) pour les pays du Maghreb. Hammet, Tunisie février 2008.
- Fleuriel M. 1998.** Synthèse bibliographique : forêt et écoulement des eaux. Aix-en-Provence : Université de Provence, 29 p. (Mémoire de DEA).
- Fandi O., 1999** - Etude hydrologique des sous bassins versants de la Tafna (Isser, Sikkaket et O. Lakhdar). Recherche d'un Modèle : pluie – débits. Mem .Ing. Hyd. Univ. Tlemcen, 120p.
- Gotteland. Ph., Tacnet, J.M., 1999** - Utilisation des sols grossiers dans les techniques de renforcement de sols par géo synthétiques : application aux sols de torrent et barrages de corrections torrentielles, contribution a la modélisation numérique
- Greco J., 1966** - L'érosion et la DRS. Le reboisement en Algérie .Ed. M.A.R.A. Alger, 393 p.
- GACGC, 1994** -World in Transition: The Threat to Soils. Annual Report. Conseil consultatif allemand sur le changement climatique. Bonn (Allemagne), Economica Verlag GmbH
- GTZ., 1996-** L'aménagement des zones marneuses dans les bassins versants des montagnes de L'Atlas tellien semi-aride, GTZ, Rossdorf, Allemagne, 142 p
- Habila M., 2003** - L'érosion des terres: institut national des sols, de l'irrigation et du drainage (INSID)
- Hadjiat K., 1997** - Etat de la dégradation des sols en Algérie .document daté du 17/08/1997.P9
- Hammoudi A., 1999** - Aménagement du sous bassin versant de Bouguedfine, b/v .O.Sly –Algérie. Pub. INRF, pp. 38-49.
- Handel S.N., Robinson G.R., Parsons W.F.J., Mattei J.H. 1997.** Restoration of woody plants to capped landfills: root dynamics in an engineered soil. Restoration Ecology, vol. 5, pp. 178-186.
- Heddag ., 1997** - lutte contre l'érosion en Algérie .Bull. Rés. Eros. Ed. IRD (ex OROSTOM). Montpellier, pp 168-175.
- Henensel P., 1987-** Le risque d'érosion hydrique des sols .Bull. Liaison Labo p .et ch. 150/151
- Heusch B., 1970** - L'érosion du pré- Rif. Une étude quantitative de l'érosion hydraulique dans les collines marneuses du pré- Rif occidental. Ann. Rech. Fores. Rabat. Numéro Spécial. Etude sur l'érosion, pp. 9-176.
- Heusch B., 1986** - Cinquante ans de banquettes de DRS – CES en Afrique du nord. Un bilan. Cah. ORSTOM. Pedol. 22 (2) : 153-162.
- HOEBLISH JM., 1992** - Le lavaka malgache, une forme d'érosion utilisable. Bull. Réseau Erosion n°12 pp 255-268

- Humbert J., Najjar G. 1992-** Influence de la forêt sur le cycle de l'eau en domaine tempéré : une analyse de la littérature francophone. Strasbourg : CEREG, 85 p.
- HUETZ DE LEMPS A., 1970** - La végétation de la Terre. Paris, Masson, 144 p.
- Khechamli L., 1991** - Contribution à la cartographie d'un micro bassin versant d'Ain Nekrouf. Appréciation des risques potentiels et actuels de l'érosion des sols. Mém. Ing. Forest. Univ. Tlemcen
- Korti F.-N., 2004** - Influence de la couverture végétale sur le ruissellement et l'érosion dans le bassin versant de Tafna (W.Tlemcen) Mém. Mag. Forest. Univ. Tlemcen,
- Koohafkan P., 1987** - Techniques biologiques de conservation des sols en Haïti. FAO, Rome, 36p.
- Kouti A. et Taabni M., 1992** - Aspects de l'inventaire, l'aménagement et la gestion des ouvrages de petite hydraulique dans le Tell Occidental Algérien IRD Bull N° 12
- Krynine D., Judd W., 1957** - principales of engineering geology and geotechnics. Mc Graw Hill book company Inc.,730p
- Lahlou A., 1990** - Envasement du barrage Mohamed Ben Abdelkrim Alkhattabi et lutte anti - érosive du Bassin versant Montagneux située à l'amont Rabat, Maroc. IAHS. Pub. N° 194. pp. 243-252
- Lahlou A., 1994** - Envasement des barrages au Maroc, Casablanca (Maroc) : Edition wallada; 277p.
- Leblond, Guerin ., 1984** - Travaux de conservation des sols l'étude des projets et leur réalisation par des techniques à haute intensité de main d'oeuvre. Ed .PNUD-OIT/81/044 Genève, 223p.
- Laouina A., 1998** - Dégradation des terres dans la région méditerranéenne du Maghreb .Bull. Rés. Eros. N° 18, pp. 33-53.
- Lefay O., 1986** - Contribution à l'étude de l'efficacité des travaux de DRS en Algérie. Rapport de Stage CNEAREC-OROSTOM-INRF, Montpellier, 50 p.
- Lilin Ch. et Koohafkan.p ., 1985** - Conséquences pour la formation des nouvelles actions de conservation des sols à Haïti. IRD N°05.
- Letreuch-Belarouci N., 1991** -Les reboisements en Algérie et leur perspective d'avenir. Tome 1 et 2, Ed. OPU. Alger, 641 p.
- Mahamadou A., 2004** - L'analyse des facteurs de risque de l'érosion et du ruissellement dans le bassin versant de l'Isser. Mém. Ing. Forest. Univ. Tlemcen,
- Mazour M., 1992** - Analyse des facteurs de risque de l'érosion en nappe dans le bassin versant de l'oued Isser : Tlemcen, Algérie. Bull. Rés. Eros. N° 12. pp. 300-313.
- Mazour M., 2001** - Conservation des sols et lutte contre l'érosion : quelques résultats dans le bassin versant de la Tafna (Tlemcen). Comm. Sem. Theniet El Had.Tissemsilt, 4p.

- Mazour M., 2004** - Etude des facteurs de risque du ruissellement et l'érosion en nappe et conservation de l'eau et du sol dans le bassin versant de l'Isser –Tlemcen (Algérie), Thèse .Doct. Univ. Tlemcen,
- Mathys N., Brochot S., Meunier M., 2000** - Erosion quantification and rainfall runoff-erosion modelling in small marly mountainous experimental catchment of Draix,Alpes, France. Int. Symp. Gully erosion under global change D. Leuven , Abst. 91
- Mermoud A., 2007** - Elément de conservation de l'eau et du sol cours aménagement et équipements du territoire. Ecole polytechnique fédérale de Lausanne.
- Meunier M., 1992** - L'érosion torrentielle dans la protection contre les risques naturels IRD N°12
- Morsli B., Belouati H., Bouache M. et Roose E., 1989** - Erosion et aménagement conservatoire de trois micro-bassins dans les monts de Beni Chougrane (Ain-Fares: Algérie) : bilan des études et propositions d'action en milieu paysan. Bull. Rés. Eros. N° 9, pp. 30-32.
- Morsli B., Hamoudi A ; Amokrane F., 2001** - Erosion et spécificités de l'agriculture de montagne. Réflexion sur la conservation et la gestion de l'eau et du sol. Actes du séminaire sur la stratégie de développement agricole- Agro-2000, Tissemsilt.
- Morsli B., Habi M. et Hamoudi A., 2007** - Contraintes et perspectives des aménagements hydro-agricoles et anti-érosifs en Algérie. Acte des JSIRAUF, Hanoi, 6-9 novembre 2007.
- Mura R., 1990** - La correction torrentielle. Ed. CEMAGREF, Grenoble, 9p.
- Nahal I., 1975** - Principes de conservation du sol. Ed. Masson & Cie, Paris, 143 p.
- Nasri S., Hamza A. et Sfar F., 1997** - Contribution à l'étude de la dynamique érosive dans le bassin versant de l'oued ettiour. (Région de haffouz; Tunisie centrale. Bull. Rés. Eros. N° 17, pp. 314-332.
- Oddi A. et Frank S., 2007** - Contribution à l'évaluation de la pertinence technique et socio-économique des mesures de Défense et Restauration des Sols (DRS) dans la région de Kénifra (avec accent sur la banquette fruitière). Rapport de stage collectif au Maroc. Eco. Nat. For. Ing. Salé, 38 p.
- OldemanL ,Sombroek .,1990** – Word map of the status of humaninduced soil. degradation, Wageningen pays-Bas, international Soil Reference and information centre (ISRIC) et Nairobi, Kenya, programme des nations unies pour l'environnement(PNUE).
- OLIVRY J.C. et HOREILBECK J., 1990** - Erodabilité des terres noires de la vallée du Buech (France). Cah. ORSTOM Pédol. Spécial érosion, 25,pp 95-1 10.
- Olivry.J et Pradeau .A. 1995-** Bassin versant ou le principe de l'entonnoir. **Fondation nicolas hulot** pour la nature et l'homme - Repères **pour** l'Education à l'environnement N. °4

- P.N.U.E., 1992** – évaluation de la dégradation des sols à l'échelle mondiale. L'avenir de l'environnement 3-GEO3
- Poesen j., 1990** - Erosion process research in relation to soil erodibility and some implications for improving soil quality. In Albaladejo j., stocking .M-A.DiazE., editor.. Soil and degradation and rehabilitation in Mediterranean environmental conditions. C.S.I.C. Murcia PP 159-170
- Programme de formation à la planification et gestion de projets, 1997** - Management et préparation d'un projet. Institut supérieur de gestion et de planification (ISGP), Oran.
- Quezel P., 1974** - Les forêts du pourtour méditerranéen. UNESCO. Programme Homme et Biosphère.
- Raked M., 1988** - L'évaluation des projets problématique générale. Institut supérieur de gestion et de planification, Oran.
- Ramade F., 1993** - Dictionnaire encyclopédique de l'Ecologie et des Sciences de l'Environnement. Edi science international, Paris, 1993
- RAPP A., 1972** - Conclusions from the DUSER soil erosion project in Tanzania. Geografiska Annaler 54, A: 377-379.
- Regis G., Roy A., 1999** – Efficacité de lutte anti érosive traditionnelle et moderne appliqués sur les versants en Haiti. Bul Res. Eros 19. IRD. Montpellier. pp 274-285.
- REIJ Ch. Scoons I. et Toulmin C., 1996** - Techniques traditionnelles de conservation de l'eau et des sols en Afrique, CTA-CDCS-KRTHALA, France
- Remini B., 2000** - L'envasement des barrages en Algérie: quelques exemples algériens. Bull. Rés. Eros. Vol. 2. N°20. pp. 165-171.
- Rey F., Chauvin C. et Berger F., 1998** - Détermination de zones d'interventions forestières prioritaires pour la protection contre l'érosion dans les Alpes du sud. Revue forestière française, vol. L, n° spécial « Gestion multifonctionnelle des forêts de montagne », pp. 116-127.
- Rey F., 2001** - Influence de la distribution spatiale de la végétation sur la production sédimentaire de ravines marneuses dans les alpes du sud. Thèse Doc. Univ. Joseph fournier, Grenoble I. France.
- Roose E., 1994** - Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (G.C.E.S). Bull. Pédol. FAO. N°70, 420p.
- Roose E. et De Noni G., 1998** - Apport de la recherche à la lutte anti-érosive. Bilan mitigé et nouvelle approche. Etude et gestion des sols 5(3) : 181-194.
- Roose E, Chebbani R. et Bourougaa L., 2000** - Ravinement en Algérie. Typologie, facteurs de contrôle, quantification et réhabilitation. Sécheresse N°4, vol (11). pp 317-326
- Roose E. et De Noni G., 2004** - La gestion conservatoire de l'eau et de la fertilité des sols (GCES), une Stratégie nouvelle pour faire face à un double défi du 21 ème siècle : la pression démographique et l'environnement rural. Bull. Rés. Eros. N° 23, pp. 10-24.

- Saccardy L., 1949** - Nécessité de la lutte contre les érosions .Méthodes modernes de conservation des sols et des eaux .Bull.Techn.des ISA, n° 142, Revue terres et eaux, n°9, Alger
- Saidi A., 1991** - Erosion spécifique et prévision de l'envasement, Colloque sur l'érosion des sols et l'envasement des barrages, Alger : Agence nationale des ressources hydraulique : 204-26
- Sabir M., E. Roose et A. Merzouk, 1999.** Les stratégies et méthodes de lutte antiérosive traditionnelles et modernes au Maroc. Actes atelier organisé par ENFI, IAVHII, IRD, 1999, 186 p. Edit Ecole Nationale Forestière d' Ingénieurs, Salé, Maroc
- Snane M.-H. et Mechergui M., 1996** - Culture pluviale des Montagnes aride en Tunisie : rôle et dimensionnement des *jessours*. Sécheresse 7(3) : 203-208.
- SOGETHA ., 1968** – les ouvrages en gabions, techniques rurales en Afrique.58p
- Stewart Ph., 1974** –Sylviculture cours d'introduction à la forêt et son milieu.I.N.ADept du génie rural. Alger, 74p
- Strahler A-N., 1957-** Quantitative analysis of watershed geomorphology. Washington : Geophys. Union Trans. 38, pp. 913-920.
- Tacnet j.-M., 2000** - Amélioration des méthodes de calcul des barrages de correction torrentielle calcul globale et prise en compte des interactions sol structure. Synthèse des travaux .Cemagref .6 p
- Temple-Boyer E, Richard J.-F. et Arnauld P., 2007** - Segmenter les paysages de l'eau : une méthode pour l'intégration hydrodynamique des paysages (Dorsale tunisienne). Sécheresse 18(3) : 149-160.
- Tractionel ., 1972** - Barrage de Sidi El Abdelli .Avant projet détaillé. Secrétariat d'état a l'hydraulique. Direction des projets et réalisations hydrauliques.
- Valentin C ; RuizFiguroa J.F.1987.** Effects of kinetic energy and water application rate on the developpement of crusts in a fine sandy loan soil using sprinkling irrigation and rainfall simulation. in micro morphologies des sols, AISS/AFES Paris.pp.401-408
- Wicherek S., 1988** - Les relations entre le couvert végétal et l'érosion en climat tempéré de plaines .Geomorph.32, pp 339-350.
- Zekri N., 2000** - Analyse des aménagements anti-érosifs dans le micro bassin versant du village Tafna tout juste à l'amont du barrage de Hammam Boughrara (Tlemcen). Mém. Ing. Forest. Univ. Tlemcen,
- Zordia M., 1977** - Lutte contre les inondations en la reforestation, 23p
- Zebentout N., 1981** - Projet de mise en valeur intégrée du bassin versant de L'oued Isser. Etude du sous bassin versant de sidi Mohamed Moulay Nebdou .Mém. Ing

## Annexe N°01

# Questionnaire

### 1. Localisation Administrative :

- wilaya :
- Daria :
- Commune :
- Bassin versant de :

### 2. Micro bassin versant :

### 3. Types d'aménagement :

### 4. Volume réalisé en Amont du barrage ou nombre de seuil

### 5. Objectifs de l'aménagement :

### 6. état actuel de l'aménagement

- totalement détruit :
- partiellement détruit :
- Fonctionnel actuellement
- fonctionnel et valorisé

### 7. Roche :

- Argile :
- Marne :
- Calcaire :
- Schiste dure
- Schiste tendre

### 8. pente :

- |              |              |
|--------------|--------------|
| * 0 - 3 % :  | * 3 - 6%     |
| * 6 - 12,5 % | * 12,5 - 25% |
| * >25        |              |

### 9. pluie annuelle moyenne :

### 10. Altitude :

### 11. Type d'érosion :

- En nappe :
- en ravine :
- en masse :

### 12. pression animale

- négligeable :
- moyenne :
- forte

13. pression humaine

- faible :
- moyenne :
- forte

NB : pression humain : forte si une partie de la population est forcée d'émigrer

14. système de gestion des terres :

- orienté vers la commercialisation :
- orienté vers l'autoconsommation :
- agro-pastorale :
- forestier :

15. couvert végétal :

- \*Naturel :                      - forêt :                                      - garigue :                      - pâturage :
- \* cultivé :                      - fruitier                                      -vigne
- légumes secs                                      - Céréale :

**Types d'aménagement : Seuil en Terre**

Dimension de l'ouvrage				V (m3)	Fd	anc	Emp	Dt	Dv	Ef	st	ad	ct	Age	Rep	E.Am	Obs
N° seuil	L (m)	l (m)	H (m)														

**Signification des Symboles donnés aux critères d'analyses :**

**N°** : Numéro du seuil ; **L** : longueur ; **l** : largeur ; **H** : hauteur ; **V** : volume du seuil mesuré; **Fd** : Fondation + bonne - médiocre; **Anc** : Ancrage + bon - médiocre; **Empl** : Emplacement par apport au seuil à l'amont (distance en mètre par a port au) seuil précédent; **D.t** : Dimensionnement technique: + dans les normes - hors norme: + dans les normes - hors norme ; **Dev** : Déversoir + présent – Absent ; **Eff** : Efficacité par apport au sédiment déposé à l'amont ; **St** : Stabilité + bonne - mauvaise ; **Ad** : Adaptabilité ; **Ct** : Coût de réalisation ++ coûteux + moyennement coûteux - moins coûteux ; **Age** : L'age de l'ouvrage en fonction de la date de réalisation ; **Rep** : Reprise biologique + présent – Absent ; **E. Am** : Etat des aménagements anti érosifs associés -- fortement dégradé - assez dégradé + peu dégradé ; **Fb** : fixation des berges ; **Rb** :reboisement ; **P.f** :plantation fruitière rustique ; **P.a**: pin d'alep ; **T.A**: tamarix ; **Ag**: agave ; **CY**: cypres; **Ac**: acacia ; **Op**: opuntia ; **Cas**: casuarina ; **Eu** : Eucalyptus ; **Atr** :atriplex ; **Do**: doum ; **Di** : diss ; **Ge** : genevrier

Annexe N°02 Tableau n° 24 Classement des Aménagements par Type et par lieu

Lieu de réalisation	Action	Volume	Année de réalisation	Observation
Sous bassin Sidi Mohamed Bekey	-seuil en gabion -reboisement -amélioration foncière	-4456m3(13 seuils) -50 ha -107 ha	-1980 -1980 -1980	travaux du programme sectoriel
S/bassin Afrak	-retenue collinaire -reboisement -seuil en gabion -viticulture -plantation fruitière	-45000m3 (capacité) -180 ha -10.000 m3 -10 ha -30 ha	-1980 -1998 -1998 -2000 -2000	-Programme sectoriel projet emploi rural (PER) - projet emploi rural - projet emploi rural - projet emploi rural
S/bassin Bounakhla - Heriz	-reboisement -plantation d'olivier -seuil en gabion -seuil en terre -seuil en terre -seuil en gabion -seuil en terre -seuil en gabion	- 83 ha -500 ha -5000m3(82 seuils) -26510m3(18 seuils) -22505m3(09 seuils) -114m3(03 seuils) -15000m3(06 seuils) -5773 m3	-1982 -1982-85 -1986 -1986 -1987 -1987 -1988 -2003	- Programme sectoriel - projet emploi rural
S/bassin Allouia	-amélioration foncière -seuil en gabion - viticulture -plantation fruitière	-250 ha -5000 m3 -12 ha -50 ha	-1986 -2001 -2002 -2002	-Programme sectoriel - projet emploi rural - projet emploi rural - projet emploi rural
s/bassin Tasselit	-amélioration foncière -seuil en gabion -plantation fruitière	-250 ha -5000 m3 -20 ha	-1986 -2001 -2001	-Programme sectoriel - projet emploi rural - projet emploi rural
s/b sidi Abderrahmane	-reboisement -viticulture -plantation fruitière	-150 ha -05 ha -30 ha	-1982 -2001 -2001	-Programme sectoriel - projet emploi rural - projet emploi rural
s/b chaabat Benkrifa	-retenue collinaire	-30000 m3	-1980	-Programme sectoriel
s/b Mouillah- Nebdou	-seuil en gabion - plantation fruitière	-7909m3(187 seuils) -250 ha	-1984 -2000	-Programme sectoriel - projet emploi rural
s/b Noufen	-fixation des berges	100 ha	1985	-Programme sectoriel

## /...Suite Tableau 23

Lieu de réalisation	Action	Volume	Année de réalisation	Observation
S/bassin sisi Mohamed cherif	-viticulture -seuil en terre -plantation fruitière -Amélioration foncière	-107 ha -18000m3 (03seuils) -120 ha -200ha	-1985 -1989 -2000 -1987	-Programme sectoriel -Programme sectoriel - projet emploi rural -Programme sectoriel
s/b Ain Hamam	-Seuil en terre -seuil en pierre sèche	-4789 m3 (02 seuils) -5000 m3	-1991 -1999	-Programme sectoriel - projet emploi rural
s/b Ain Berkouk	-seuil en pierre sèche	-5000m3	-1999	- projet emploi rural
s/b Oued Cedra-bezzaz	-seuil en terre -seuil en pierre sèche	-18472m3(07 seuils) -5000m3	-1991 -1999	-Programme sectoriel - projet emploi rural
S/bassin oued sisi Dahou	-seuil en pierre sèche	-5000m3	-1999	- projet emploi rural
- S / bassin Ramla	- plantation fruitière - viticulture	-160 ha - 08 ha	-1999 -1999	- projet emploi rural (160 ha réalisé entre 99-2003)
s /bassin beni Smiel	- plantation fruitière - amélioration foncière -seuil en gabion	-550 ha -50 ha -1000 m3	-1998 -2004 -2004	- projet emploi rural volume de 550 ha réalisé entre 1998 - 2003
s/bassin Ouled Mimoun	plantation fruitière réfectionde banquette seuil en gabion	-529 ha -50 ha -2000 m3	-1999 -2000 -2004	projet emploi rural
Oued Mouzir	-seuil en terre	8000 m3	1990	-Programme sectoriel
s/bassin oued lakhdar	plantation fruitière Reboisement	-588 ha - 90 ha	-1999 - 1999	- projet emploi rural volume de 588ha réalisé entre 1999 - 2003
s/bassin Hassi bassal	- retenue collinaire	- 40.000 m3	1980	-Programme sectoriel
s/bassin oued Meradif	- reboisement -reboisement	- 200ha -300ha	-1990 -1997	-Programme sectoriel projet emploi rural
s/bassin Oued Meslem	- reboisement - reboisement - seuil en gabion - seuil en gabion	- 83.5 ha -100 ha - 500 m3 -2000 m3	-1998 - 1999 -2001 -2004	projet emploi rural projet emploi rural projet emploi rural projet emploi rural
s/bassin Ain Tellout	-reboisement -seuil en gabion	-50 ha - 535 m3	-2000 -2003	projet emploi rural
s/bassin Ouallout	- seuil en gabion	- 1000 m3	2001	projet emploi rural
s/bassin kherichefa	- seuil en gabion	- 1000 m3	2001	projet emploi rural

**Annexe n°03 Tableau n°25 classement des données par ordre chronologique**

Années	Actions	volumes	Observation
1980	-seuil en gabion -Reboisement -Amélioration foncière -Retenue collinaire (03)	-4456m <sup>3</sup> (13 seuils) -50 ha -107 ha -115000m <sup>3</sup> (capacité)	travaux du programme sectoriel
1982	- Reboisement	-233 ha	-Programme sectoriel
1984	-seuil en gabion	-7909 m <sup>3</sup>	Programme sectoriel
1985	- fixation des berges - viticulture - plantation d'olivier	-100 ha -100 ha - 500 ha	-Programme sectoriel (500hacompagne1982-85)
1986	-seuil en gabion - seuils en terre -Amélioration foncière	-5000 m <sup>3</sup> -25561 m <sup>3</sup> - 500 ha	-Programme sectoriel
1987	-Amélioration foncière -seuil en gabion - seuils en terre	200 ha 114 ha 22505 m <sup>3</sup>	-Programme sectoriel
1988	- seuils en terre	- 15000 m <sup>3</sup>	-Programme sectoriel
1989	- seuils en terre	- 18000 m <sup>3</sup>	-Programme sectoriel
1990	- seuils en terre - Reboisement	-8000 m <sup>3</sup> -290 ha	-Programme sectoriel
1991	- seuils en terre	-23261 m <sup>3</sup>	-Programme sectoriel
1997	- reboisement	- 300 ha	- projet emploi rural
1998	-seuils en gabion -reboisement -plantation fruitière	-10000 m <sup>3</sup> - 263.5 ha - 550 ha	- projet emploi rural Plantation fruitière réalisées entre 1998-2003)
1999	-reboisement -plantation fruitière -seuils en pierre sèche - viticulture	-100 ha -160 ha -20000 m <sup>3</sup> -08 ha	- projet emploi rural Plantation fruitière réalisées entre 1999-2003)
2000	-viticulture -plantation fruitière -reboisement - réfection de banquettes	-10 ha -280 ha -50 ha -50 ha	- projet emploi rural
2001	-seuils en gabion -viticulture -plantation fruitière	-12500 m <sup>3</sup> - 20 ha - 30 ha	- projet emploi rural
2002	-viticulture -plantation fruitière	-12 ha - 70 ha	- projet emploi rural
2003	-seuils en gabion	- 8773 m <sup>3</sup>	- projet emploi rural (PER)
2004	-seuils en gabion -Amélioration foncière	- 5000 m <sup>3</sup> - 50 ha	- projet emploi rural (PER)