



Faculté des Sciences et Techniques
Département des Sciences de la Terre

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Licence en sciences et techniques
Eau et Environnement

La lutte contre l'érosion dans le bassin versant de l'Ourika : Protection mécanique et biologique

Réalisé par :

Soumia CHRIF
Raounak EDDERKAOUI

Encadrées par :

Mr. Mohamed El Mehdi SAIDI (FSTG)
Mr. Fathallah SGHIR (ORMVAH)

Soutenu le 25 juin 2014 devant le jury :

M. E. Mohamed SAIDI

FST de Marrakech (Encadrant)

M. Lahcen DAOUDI

FST de Marrakech (Examinateur)

M. Fathallah SGHIR

ORMVAH (Encadrant)

Année universitaire: 2013/2014

Sommaire

Introduction.....	4
Présentation de l'Office Régional de Mise en Valeur Agricole du Haouz	5
Première partie :	6
I-Etude morphométrique du bassin versant :	7
I-1-La position géographique :.....	7
I-2-La forme du bassin:.....	7
I-3-L'hypsométrie :.....	8
I-4-Les pentes :.....	9
I-5- La géologie et la lithologie du bassin versant :	11
I- 6- La structure pédologique :.....	12
I-7- Le réseau hydrographique et la densité de drainage :	13
I-8-La végétation et l'occupation des sols :	14
II- Le régime pluviométrique et hydrologique du bassin versant de l'Ourika :	14
II- 1- Le régime pluviométrique :.....	14
II-1-1-Variation mensuelle des précipitations (1969-2011) :.....	15
II-1-2-Variation saisonnière des précipitations (1969-2011) :	16
II-1-3- Variation annuelle des précipitations : (1969-2011).....	16
II-2- Le régime hydrologique :.....	17
II-2-1-Variation mensuelle des débits : (1969-2011)	17
II-2-2-Variation saisonnière des débits : (1969-2011).....	18
II-2-3-Variation annuelle des débits : (1969-2011).....	18
II-3- Apport de l'oued et volume prélevé par les séguias (m3) :	19
Deuxième partie :	20
I- L'érosion et la charge solide :	21
I-1- L'érosion :.....	21
I-1-1-Définition de l'érosion hydrique :.....	21
I-1-2- Le mécanisme de l'érosion hydrique:.....	21
I-1-3- Les types d'érosion hydrique:.....	22

I-1-4- Les conséquences de l'érosion des sols :	22
I-1-5- Les modèles d'évaluation de l'érosion :	22
I-1-6- Les facteurs de l'érosion :	23
I-1-7-La lutte contre l'érosion hydrique :	25
I-2- Le débit solide et la charge solide :	27
I-2-1-Le débit solide :	27
I-2-2- La charge solide :	28
II- L'érosion dans le bassin versant de l'Ourika :	28
II- 1- Problématique :	29
II-2- La lutte contre l'érosion dans le bassin versant de l'Ourika :	31
II-2-1-La correction mécanique des ravins :	31
II-2-2- Traitement biologique :	37
II-3- Equipement, ouverture et entretien de piste :	42
II-4-Auto développement des douars :	44
II-5 - Evaluation et Impact :	45
II-5-1-Evaluation :	45
II-5-2-Impacts :	46
III- Recommandations pour une efficacité optimale de la lutte contre l'érosion :	49
Conclusion	51
Lexique.....	52
Bibliographie	53
Sites web consultés	53
Liste des abréviations.....	55

*Soyons reconnaissants aux personnes qui nous donnent
du bonheur ; elles sont les charmants jardiniers
par qui nos âmes sont fleuries.*

Marcel Proust

Nous adressons nos remerciements les plus sincères à toutes les personnes qui nous ont permis d'évoluer dans la réflexion et l'élaboration de ce travail.

Plus particulièrement, nous tenons à remercier :

- Mr M.El Mehdi SAIDI, notre directeur de mémoire par son encadrement, sa grande disponibilité, ses conseils, sa compréhension, nous a été d'un soutien de tous les instants, de tous les jours, de tous nos moments de doute, tout au long de ce travail. Nous tenons à lui exprimer toutes nos profondes gratitude.
- Mr Fathallah SGHIR de notre organisme d'accueil, qui s'est toujours montré disponible, les discussions fructueuses que nous avons eues ont été pour nous une source de motivation.
- L'ensemble du personnel de la DREF/HA qui nous ont apporté une aide judicieuse dans nos recherches bibliographiques.
- Tous les enseignants côtoyés du département de Géologie de la FST Marrakech, qui ont toujours été disponibles et très compréhensifs à notre égard, c'est pour nous l'occasion de remercier très sincèrement Mr Lahcen DAOUDI, qui n'a ménagé ni son temps ni son énergie pour nous aider.

Je voudrais exprimer particulièrement toute mon amitié à ma binôme Soumia pour le climat sympathique dans lequel j'ai travaillé avec elle. Les mots les plus simples étant les plus forts, j'adresse toute mon affection à ma famille, et en particulier à ma maman qui m'a fait comprendre que la vie n'est pas faite que de problèmes qu'on pourrait résoudre grâce à des formules mathématiques et des algorithmes. Malgré mon éloignement depuis de (trop) nombreuses années, son intelligence, sa confiance, sa tendresse, son amour me portent et me guident tous les jours. Merci pour avoir fait de moi ce que je suis aujourd'hui. Est-ce un bon endroit pour dire ce genre de choses ? Je n'en connais en tous cas pas de mauvais. Je vous aime.

Je veux dédier ce travail à mes parents, ma sœur et à tous les personnes qui m'ont aidé de près ou de loin.

Raounak

Je remercie tout particulièrement Raounak, ma partenaire de mémoire, cette année fut riche en émotions et je tiens à te remercier pour ton soutien et de ce lien tout particulier qui s'est créé entre nous. Je me retourne vers mes parents grâce leurs soit rendue, sans qui rien n'aurait été pareil ; Je dédie ce mémoire à mon défunt père, que Dieu ait son âme, qui m'a inculqué le goût de travail, de la rigueur et de l'ambition. Je remercie ma mère, qui a été la première à m'encourager, parce que tu m'as toujours soutenu, j'ai voulu le mener à terme pour que tu sois fière de moi. Merci maman, merci pour tout.

Je demande enfin à toutes les personnes sollicitées dans le cadre de ce travail de trouver ici l'expression de ma profonde gratitude.

Soumia

Introduction

L'érosion, le transport des matériaux, leurs dépôts dans les infrastructures hydrauliques, hydro-agricoles et routières sont des problèmes environnementaux majeurs au monde, dont souffrent non seulement les pays développés, mais aussi les pays en voie de développement.

Au Maroc, le phénomène d'érosion dans les zones montagneuses est l'un des problèmes qui entrave le développement économique et social en général, et le développement agricole en particulier. L'analyse des problèmes de l'érosion hydrique à l'échelle nationale montre que 12,5 millions d'hectares de terres de culture et de parcours sont réellement menacées par l'érosion.

Notre région d'étude n'est pas épargnée par ce problème. Le bassin versant de l'Ourika fait partie du haut Atlas de Marrakech. C'est une zone montagneuse semi-aride sujette aux menaces de l'érosion qui continuent de prendre des grandes proportions.

Face à cette situation, le projet d'aménagement du bassin versant de l'Ourika, réalisé par la Direction Régional des Eaux et Forêts, pour les avantages qu'il offre aux populations autochtones, constitue une action en faveur du développement durable dans la région d'Al Haouz.

A cet effet, nous avons souhaité contribuer à l'examen de ce projet d'aménagement du bassin de l'Ourika. L'organisation de notre travail sera, pour cela, articulée autour de deux grands axes :

- ✓ Etude de la géomorphologie, du régime pluviométrique et hydrologique du bassin versant de l'Ourika.
- ✓ La problématique de l'érosion et la lutte contre ce fléau dans le bassin.

A la fin, nous allons finir par proposer des recommandations pour une efficacité optimale de la lutte contre cette érosion.

Présentation de l'Office Régional de Mise en Valeur Agricole du Haouz

L'Office Régional de Mise en Valeur Agricole (ORMVAH) est un établissement public de développement agricole de la plaine du Haouz créé par le décret royal n° 831-66 du 22 Octobre 1966, il est doté de la personnalité civile et de l'autonomie financière. Il est sous la tutelle du Ministère de l'Agriculture et de la Pêche Maritime.

Missions :

- ✓ Réalisation des études et exécution des équipements hydro-agricoles et de mise en valeur agricole.
- ✓ Gestion des équipements hydro agricoles et des ressources en eau à usage agricole.
- ✓ Vulgarisation des techniques culturales et formation professionnelle.
- ✓ Développement de la production végétale et animale.
- ✓ Promotion de l'agro-industrie.

Structure de l'ORMVAH :

Au niveau du siège:

- ✓ Service des équipements hydro agricoles (SEHA).
- ✓ Service de la gestion du réseau d'irrigation et de drainage (SGRID).
- ✓ Service de la production agricole (SPA).
- ✓ Service de l'élevage (SE).
- ✓ Service de la vulgarisation et de l'organisation professionnelle (SVOP).
- ✓ Service de la programmation et de la planification (SPP).
- ✓ Service administratif et financier (SAF).
- ✓ Service du matériel (SM).
- ✓ Cellule d'audit interne

Au niveau du terrain:

- ✓ 2 Coordinations (Haouz Central et Tassaout).
- ✓ 21 Centres et sous centres de mise en valeur agricole.
- ✓ 3 Subdivisions agricoles.
- ✓ 3 Subdivisions de gestion du réseau d'irrigation.
- ✓ 2 centres de gestion et télécontrôle du canal de Rocade et du canal T2
- ✓ 4 secteurs de développement de l'élevage.
- ✓ 1 Centre des techniques d'irrigation.

Première partie :

*Géomorphologie et régimes pluviométrique
et hydrologique du bassin versant de l'Ourika*

I-Etude morphométrique du bassin versant :

I-1-La position géographique :

L'oued Ourika est un des confluent de Tensift. Son bassin versant (à Aghbalou) d'une superficie de 503 km² se situe dans le Haut Atlas occidental au centre de la province d'Al Haouz à 35 km de Marrakech. Il est limité au sud par la province de Taroudante, à l'Est par le bassin versant de Zat et à l'Ouest par le bassin versant de Ghighaia (figure 1). Le bassin se répartit principalement sur 3 Communes rurales, à savoir l'Ourika, Setti Fadma, et l'Oukaïmden.

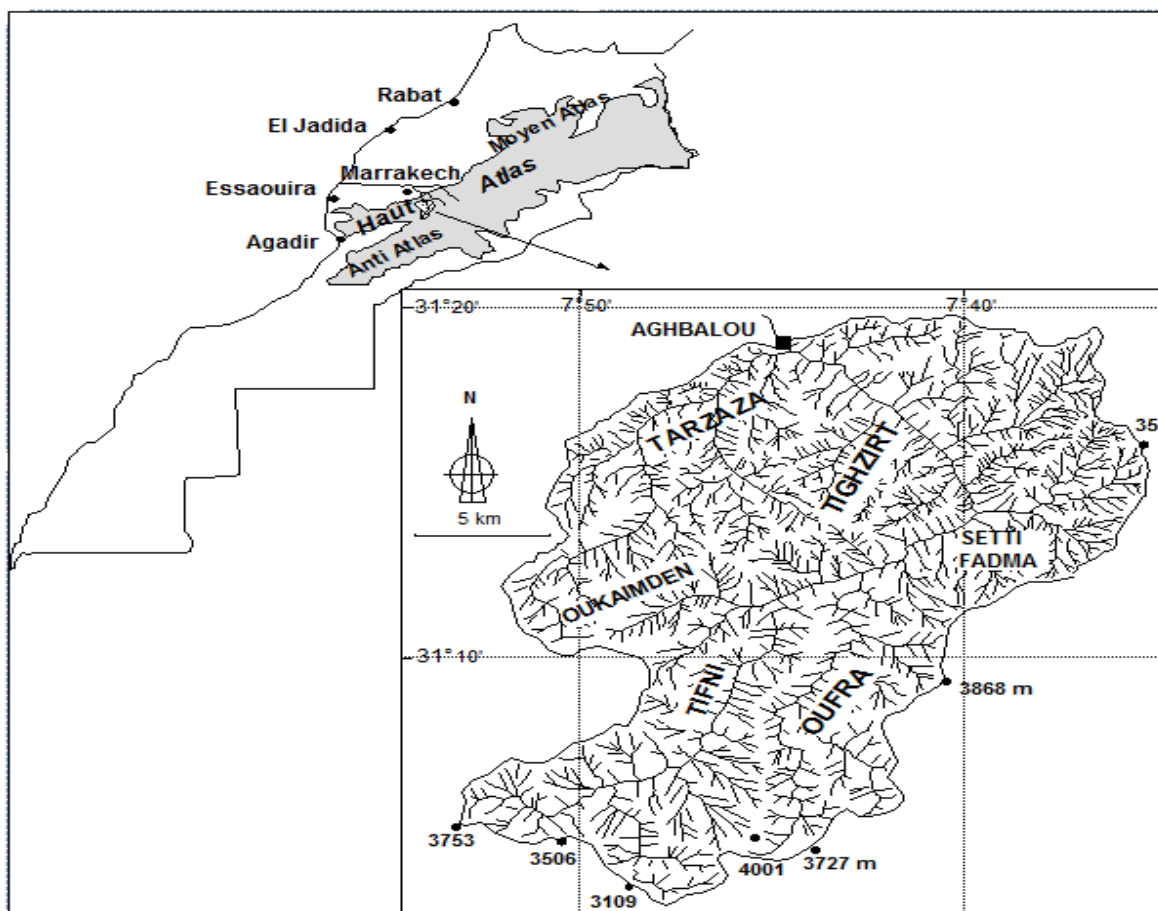


Figure 1: carte de situation du bassin versant d'Ourika à Aghbalou

I-2-La forme du bassin:

La forme du bassin-versant peut avoir des conséquences hydrologiques importantes, notamment sur la relation pluie-débit et l'évolution des écoulements en période de crue. Autrement dit, outre la nature de l'averse, ce sont les caractéristiques morphologiques du bassin qui conditionnent la forme des hydrogrammes observés à l'exutoire.

Périmètre (km)	104
Surface (km ²)	503
Indice de compacité	1,3
Longueur du cours principal (km)	45,5
Longueur du rectangle équivalent (km)	39,2
Largeur du rectangle équivalent (km)	12,8
Altitude maximale (m)	4001
Altitude minimale (m)	1070
Altitude moyenne (m)	2500
Pente moyenne du cours principal	2,15 %
Pente moyenne des principaux affluents	9,35 %
Pente moyenne des versants montagneux	35 %

Tableau 1: caractéristiques morphologiques du bassin versant de l'Ourika jusqu'à Aghbalou

La valeur de l'indice de compacité de Gravelius* K_c , $K_c = 0,28P/(S)^{1/2} = 1,3$ nous permet de classer ce bassin parmi les bassins à forme allongée, c'est-à-dire trois fois plus long que large, cette forme favorise des temps importants d'acheminement de l'eau à l'exutoire.

NB : P : *Périmètre* du bassin versant et S : *Surface* du bassin versant.

I-3-L'hypsométrie :

L'analyse de la répartition des tranches d'altitude s'est effectuée à partir de la carte topographique au 1/100000 Oukaimden-Toubkal. La répartition altimétrique au bassin de l'Ourika montre la prédominance des terrains compris entre 1600 et 3200 m (75%), l'altitude moyenne s'élève à 2500 m. Le point culminant du bassin est celui de Jbel Ifrouane (4001 m) et le point le plus bas est celui de l'exutoire (848 m).

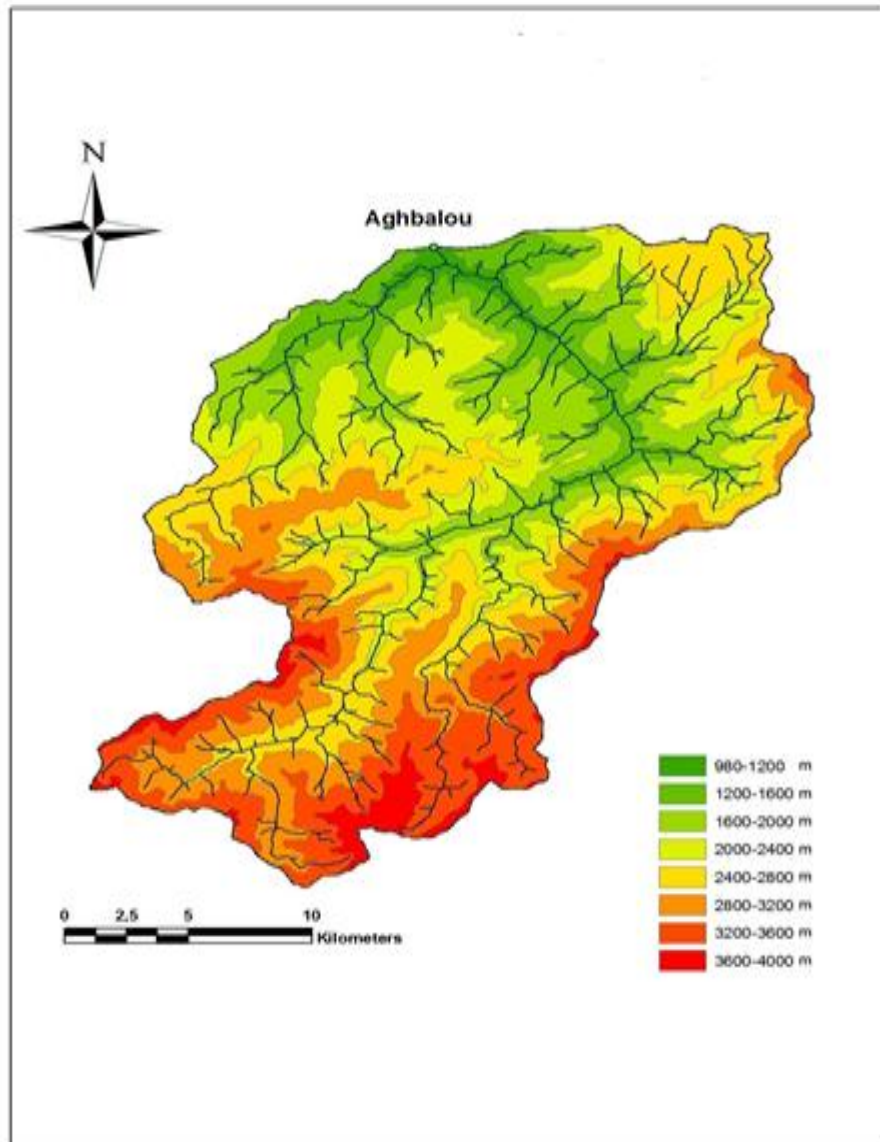


Figure 2:carte hypsométrique du bassin versant de l'Ourika

I-4-Les pentes :

Les pentes déterminent si les cours d'eau sont en phase érosive ou sédimentaire. Dans les zones les plus élevées, les cours d'eau participent souvent à l'érosion de la roche sur laquelle ils s'écoulent. Au contraire, en plaine, les cours d'eau s'écoulent sur un lit où la sédimentation est prédominante.

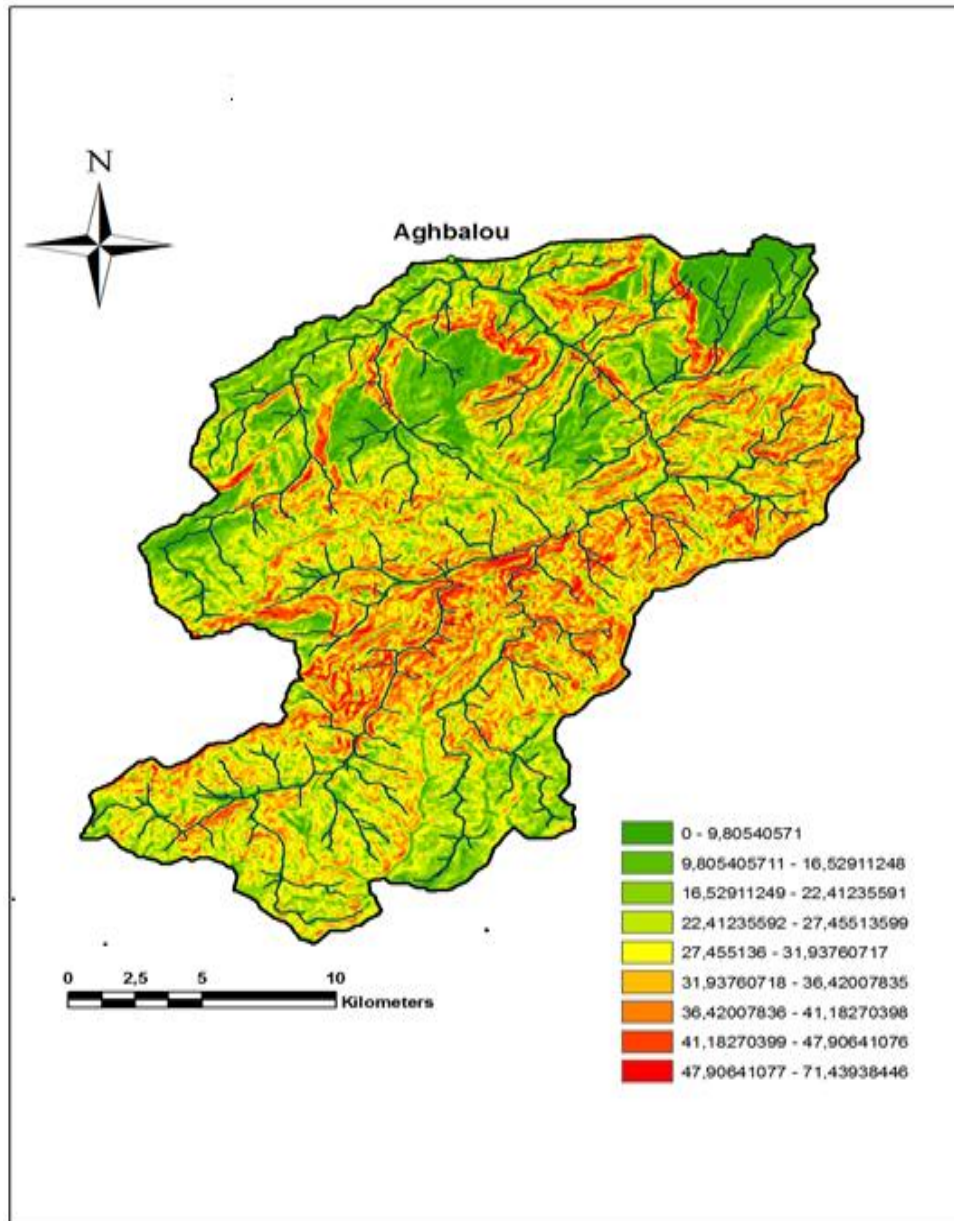


Figure 3: carte des pentes du bassin versant de l'Ourika

Au niveau du bassin versant de l'Ourika les pentes sont dans l'ensemble fortes, ces pentes confèrent à l'oued un caractère violent et torrentiel*.

I-5- La géologie et la lithologie du bassin versant :

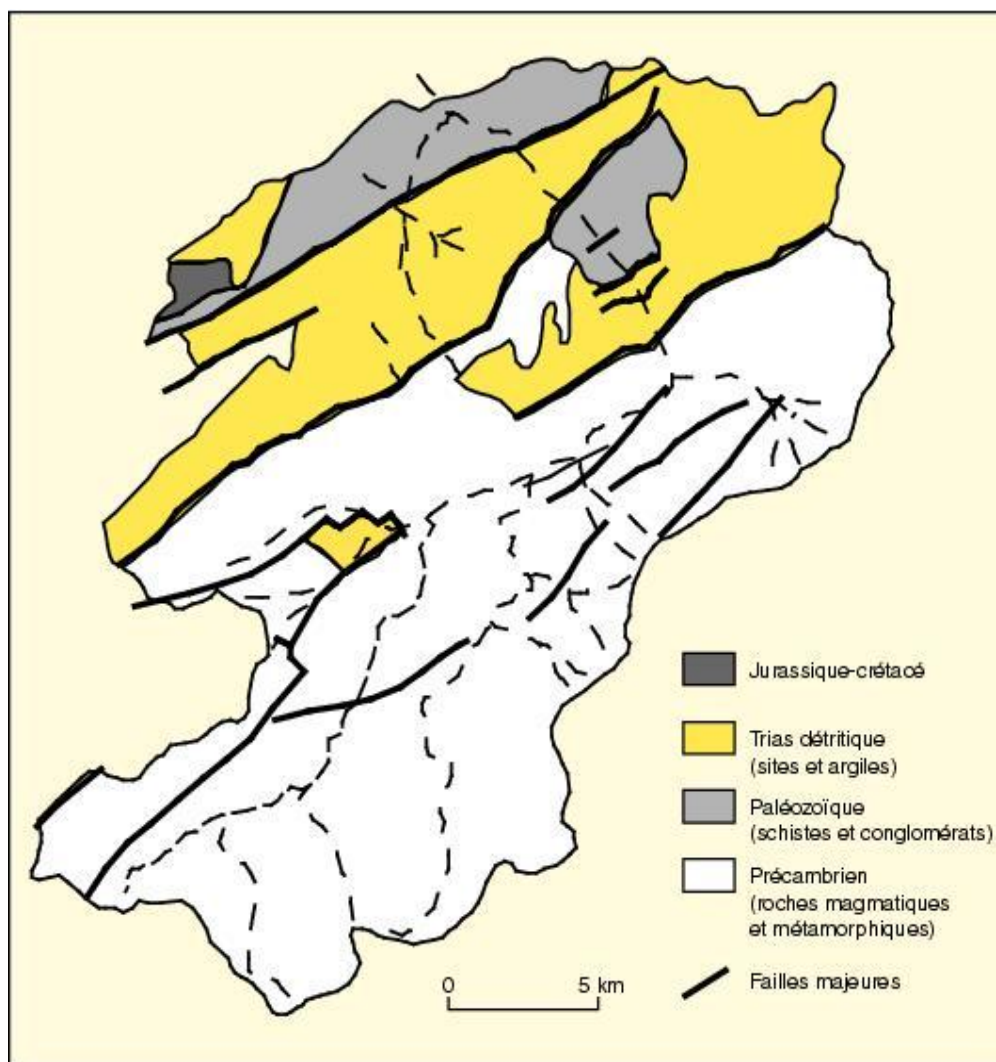


Figure 4: Esquisse géologique du bassin versant de l'Ourika (Saidi et al, 2003)

Sur le plan géologique, le bassin-versant offre deux grands types de faciès:

– Une partie amont, située à des altitudes supérieures à 2000 m, constituée de roches magmatiques et métamorphiques, qui constituent le socle de la chaîne atlasique. On y rencontre des roches plutoniques (notamment des granites et granodiorites), des roches volcaniques (andésites, rhyolites, etc.) et des faciès métamorphiques (gneiss et migmatites). Cette mosaïque cristalline est propice à un ruissellement immédiat des eaux de pluie.

– Une partie septentrionale, située à des altitudes inférieures à 2000 m, composée de dépôts permo-triasiques et quaternaires plus tendres. La lithologie du Permo-Trias est composée d'un faciès nord, subatlasique, formé de conglomérats, grès et siltites, et d'un faciès sud des hauts plateaux, formé essentiellement de siltites argileuses et localement de grès massifs.

Les observations lithologiques déduites de la carte géologique au 1/500 000 et des prospections de terrain montrent que les roches tendres à moyennement tendres représentent une étendue inférieure à 40 %, alors que le substrat dur représente environ 65 % de l'étendue du bassin. Ainsi, la source des blocs et des galets charriés par l'Ourika proviendrait essentiellement du socle qui constitue la partie axiale de la chaîne atlasique. Quant aux matériaux latéraux plus tendres en provenance des versants, leurs entrées au niveau des drains principaux sont très variées: matériaux alluviaux* (contact avec les cônes de déjection et les confluences des tributaires) et matériaux non alluviaux (cônes d'éboulis et glissements de terrain). Toutefois, l'environnement géomorphologique est marqué par la dominance de deux groupes de formes et de dépôts: les cônes de déjection* et les terrasses* fluvio-torrentielles. Ces deux unités sont intimement liées dans le temps et dans l'espace. Leurs dépôts sont constitués par des matériaux ayant subi un transit dans un milieu fluviatile diversifié.

I- 6- La structure pédologique :

Les types de sols et leur évolution dépendent essentiellement de la nature lithologique des substrats, qui, sous l'influence des facteurs écologiques en l'occurrence le climat, la végétation, la topographie, la pente et l'épandage de la roche mère donne naissance à des différents types de sols. On distingue plusieurs types de sols au niveau de la vallée de l'Ourika, dont:

- Les sols squelettiques défavorables à l'installation de la végétation surtout sous des conditions de sécheresse. Mais, ils sont couverts généralement de matorral*, de chêne vert rabougri, d'oléastre et de caroubier,
- Les lithosols, sur les versants secs avec une faible couverture végétale. Les substrats de types schisteux et grès schisteux affleurent. Il n'y a pas d'évolution pour donner un sol. C'est un milieu à formation dure non carbonatée couvert de reboisement de pins,
- Les sols rouges fersialitiques, l'altération des grès rouges sous des conditions climatiques assez chaudes aboutit à la formation d'un manteau argilo-sableux.

Toute cette diversité de sols au niveau de la vallée, induit un chevauchement de couleurs. Ce qui donne à cette zone un attrait paysager remarquable et des vues panoramiques pour les admirateurs de la nature et les amateurs de la faune et de la flore. Aussi ces sols offrent une base de recherche pour les spécialistes de l'environnement.

I-7- Le réseau hydrographique et la densité de drainage :

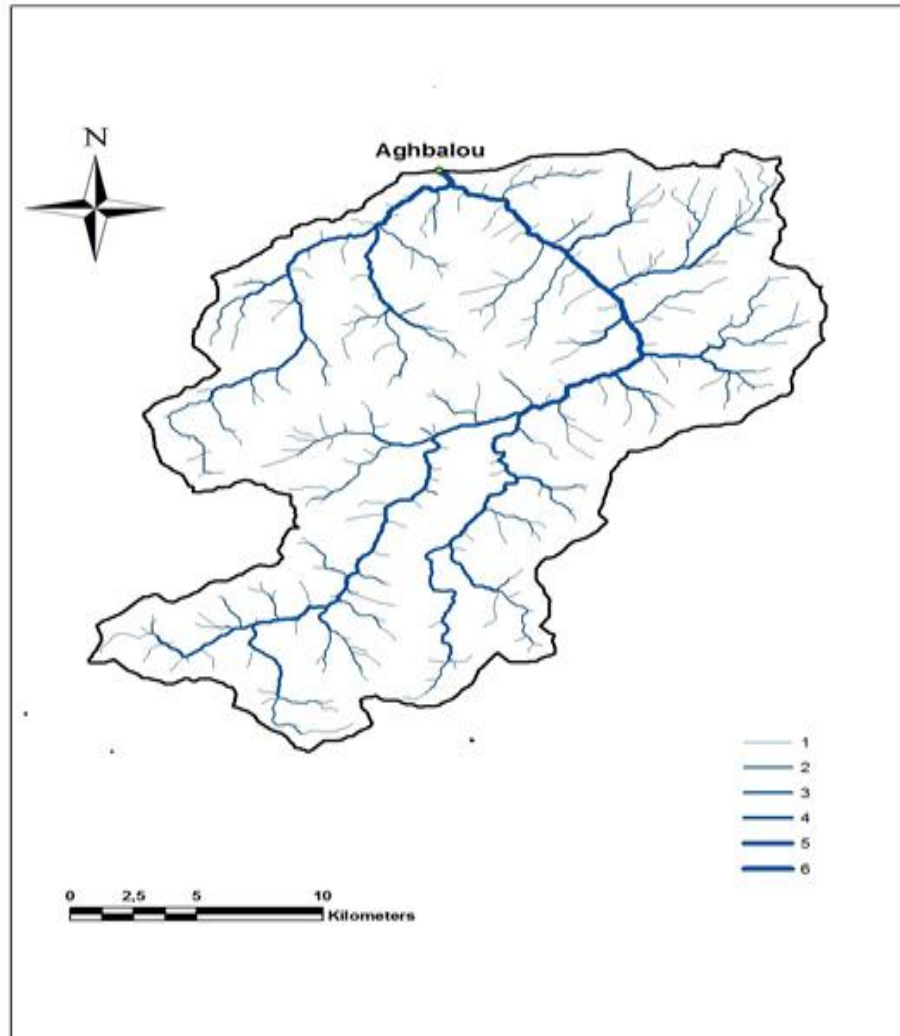


Figure 5: carte de classification du réseau hydrographique du bassin versant de l'Ourika

Le réseau hydrographique du bassin versant de l'Ourika est bien développé dans la partie amont du bassin du fait de l'imperméabilité du socle précambrien (Gneiss, granite, granodiorites,...), du couvert végétal restreint et du relief très accidenté. Alors que dans la partie aval, il est moins développé par la présence des terrains moins résistants et peu perméables, avec un relief plus ou moins modéré et un couvert végétal plus abondant que celui de l'amont.

La densité de drainage est la longueur totale du réseau hydrographique par unité de surface du bassin versant, elle dépend de la géologie (structure et lithologie) des caractéristiques topographiques du bassin et, dans certaine mesure, des conditions climatiques et anthropiques.

Le calcul de cette densité a été fait en digitalisant l'ensemble du réseau hydrographique du bassin à l'aide d'un outil informatique des systèmes d'Information Géographiques (ArcGis) et en divisant cette longueur totale de 869 km par la surface du bassin qui est de l'ordre de 503 km². La valeur obtenue (1,7 km/km²)

témoigne d'une hiérarchisation importante du réseau qui va permettre une collecte facile des eaux de ruissellement et qui pourrait accentuer la brutalité des crues.

I-8-La végétation et l'occupation des sols :

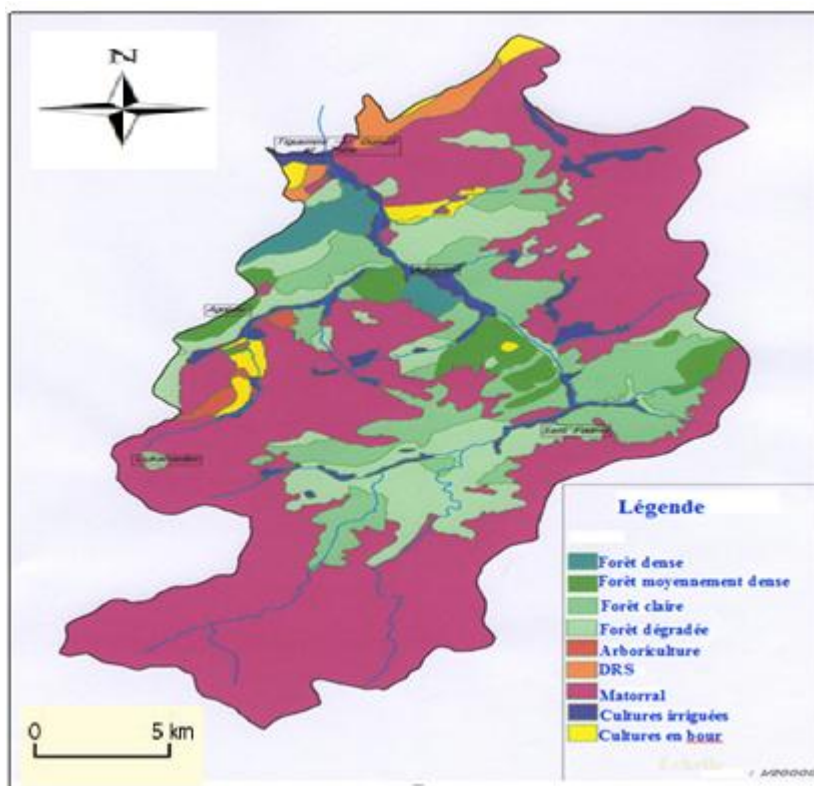


Figure 6: carte d'occupation du sol (DREF, 2010)

La couverture végétale est généralement très faible dans le bassin versant. Comme il ressort de la répartition de l'occupation du sol suivante:

- Matorral et vides assylvatiques : 58,2%.
- Forêts : 33.8 %.
- Reboisements/DRS : 1,3%.
- Agriculture : 6.7 %.

Le domaine forestier occupe une superficie assez importante dans le bassin versant. Cependant son état est très dégradé et clairsemé et ce sur une grande partie de la superficie soit 82%.

II- Le régime pluviométrique et hydrologique du bassin versant de l'Ourika :

II- 1- Le régime pluviométrique :

Les données de précipitations et de débits du cours d'eau sont fournies par l'Agence du Bassin Hydraulique de Tensift. C'est un organisme gouvernemental qui gère les stations climatiques et hydrométriques et veille à leur bon fonctionnement. Les données de précipitations sont principalement recueillies à la station d'Aghbalou située à l'exutoire du bassin versant de l'Ourika, aux coordonnées Lambert suivantes :

$$X = 276.150, Y = 83.050, Z = 1070 \text{ NGM.}$$

- Pour l'analyse de ces données, il a été choisi de travailler à différents pas de temps pour établir des comparaisons, à l'échelle mensuelle, saisonnière, et annuelle des précipitations et des débits.

II-1-1-Variation mensuelle des précipitations (1969-2011) :

Les précipitations mensuelles à la station d'Aghbalou ont été obtenues par le calcul de la moyenne arithmétique des données journalières de chaque mois (Figure 7).

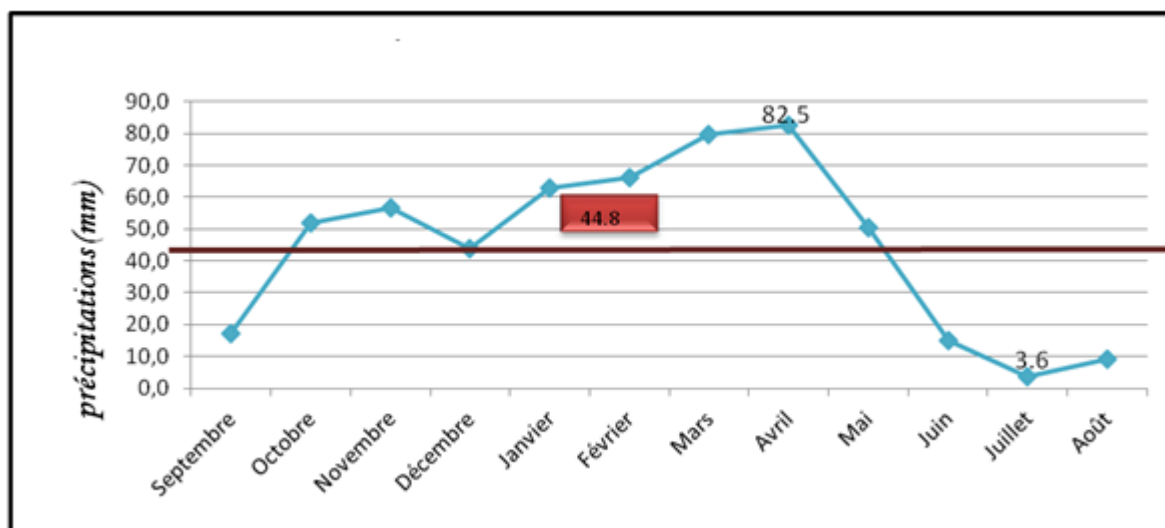


Figure 7: précipitations moyennes mensuelles d'Aghbalou (mm)

Les précipitations augmentent de septembre à novembre, puis diminution en décembre, augmentation jusqu'en avril et diminution jusqu'au mois de juillet avec une légère augmentation au mois d'août.

On peut distinguer alors :

- Une période humide qui s'étend depuis le mois d'octobre jusqu'au mois d'avril, avec des hauteurs supérieures à 44,8 mm.
- Une période sèche depuis le mois mai jusqu'au mois de septembre.
- Le mois le plus arrosé est avril avec une hauteur de 82,5 mm.
- Le mois le moins arrosé est juillet avec une hauteur inférieure à 4 mm.

II-1-2-Variation saisonnière des précipitations (1969-2011) :

Les précipitations saisonnières ont été calculées à partir des données mensuelles. Les précipitations d'automne sont la somme des mois de septembre, octobre et novembre. Les précipitations en hiver sont la somme des précipitations des mois de décembre, janvier et février. Les précipitations du printemps sont la somme des précipitations des mois de mars, avril et mai. Les précipitations d'été sont la somme des précipitations des mois de juin, juillet et août (Figure 8).

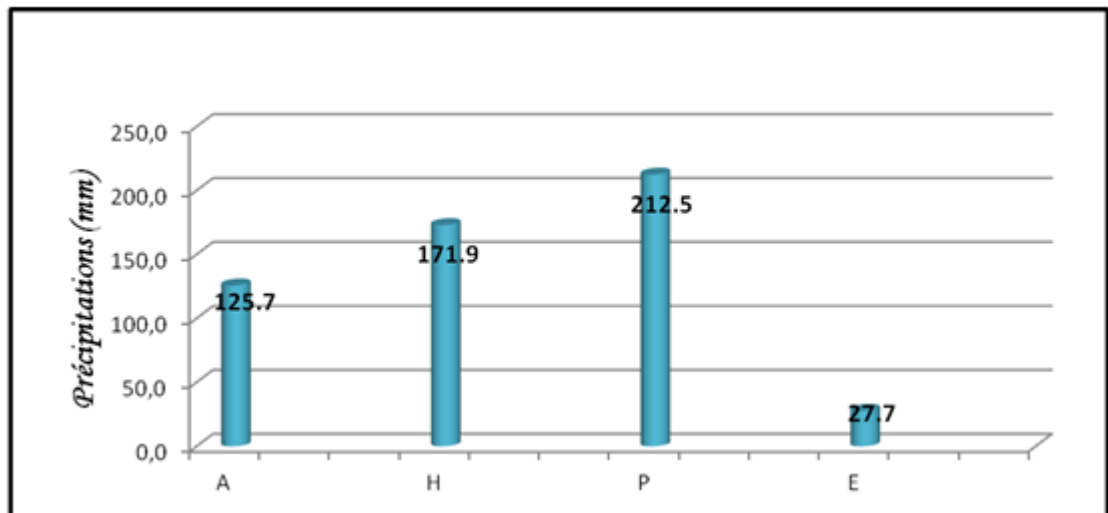


Figure 8: précipitations moyennes saisonnières d'Aghbalou (mm)

L'analyse de la figure fait ressortir que : les précipitations sont plus abondantes au printemps, la saison la plus sèche est l'été avec des précipitations de 27,7 mm.

II-1-3- Variation annuelle des précipitations : (1969-2011)

Les précipitations moyennes annuelles ont été obtenues par sommation des moyennes mensuelles de chaque année pour la station d'Aghbalou (Figure 9).

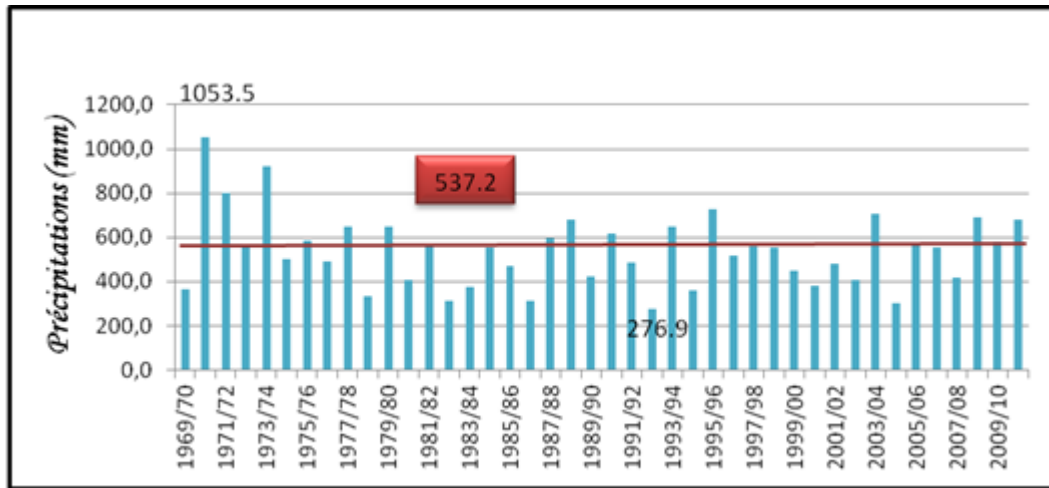


Figure 9: précipitations moyennes annuelles d'Aghbalou (mm)

Nous pouvons voir que, dans la période de 1969 à 2011, deux années ont été exceptionnellement pluvieuses, ce sont les années 1979/1971 et 1973/1974. L'année 1992/1993 a été particulièrement sèche avec des précipitations inférieures à 280 mm.

II-2- Le régime hydrologique :

II-2-1-Variation mensuelle des débits : (1969-2011)

Les débits moyens mensuels à la station d'Aghbalou ont été obtenus par le calcul de la moyenne arithmétique des données des débits mensuels de chaque année (Figure 10).

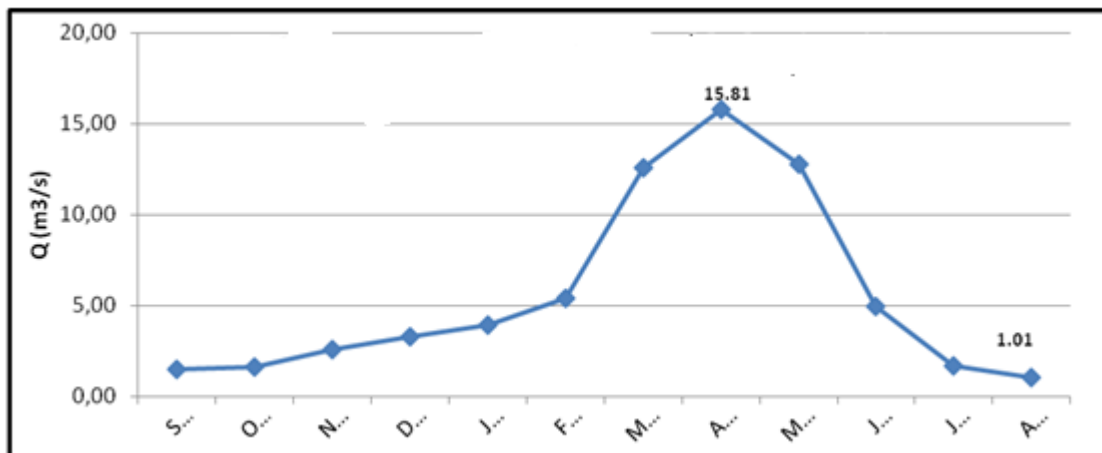


Figure 10: débits moyens mensuels d'Aghbalou (m3/s)

Nous constatons une légère augmentation de débit de septembre à février, le débit maximum est atteint en avril (15,81 m3/s), le régime d'écoulement diminue ensuite pour reprendre un régime inférieur à 1,5 m3/s au mois de juillet et août. Le pic du débit est enregistré au mois d'avril, c'est un écoulement résultant de la combinaison des pluies et de la fonte de neige, le régime est donc *pluvio-nival*.

II-2-2-Variation saisonnière des débits : (1969-2011)

Les débits saisonniers ont été calculés à partir des données mensuelles (Figure 11).

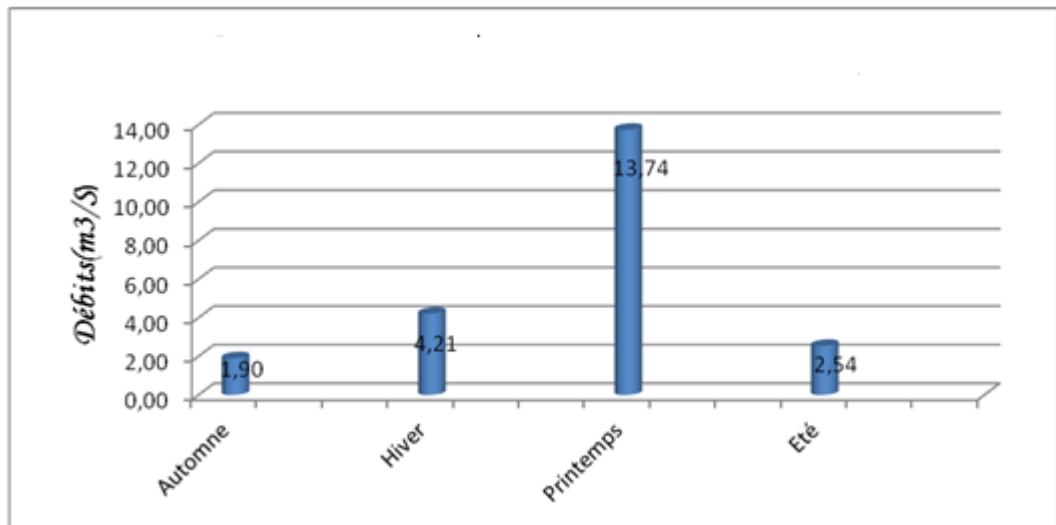


Figure 11: débits moyens saisonniers d'Aghbalou (m³/s)

On remarque que les débits du printemps sont les plus élevés (13,74 m³/s), suivi par ceux de l'hiver puis d'été avec des moyennes respectives de (4,21 m³/s) et (2,54 m³/s). Les écoulements d'automne sont les moins importants avec une moyenne de (1,90 m³/s).

II-2-3-Variation annuelle des débits : (1969-2011)

Les débits moyens annuels sont calculés en additionnant les débits moyens journaliers et en divisant le total par le nombre de jours de l'année (Figure 12).

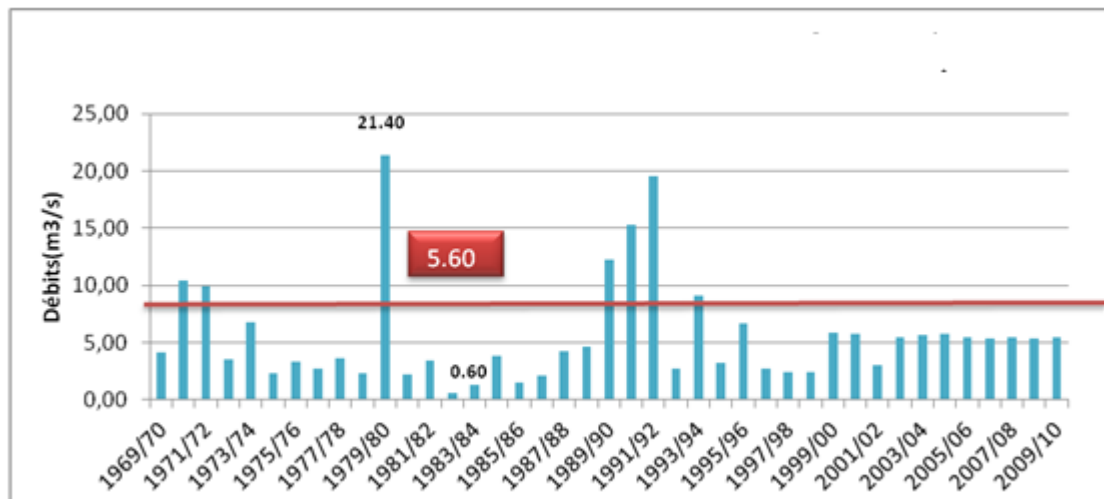


Figure 12: débits moyens annuels d'Aghbalou (m³ /s)

La station d'Aghbalou enregistre des intensités importantes dans les débits pour les années : 1979/80, de 1989 à 1992, avec une hauteur maximale de 21,40 m³/s enregistrée en 1979/80.

II-3- Apport de l'oued et volume prélevé par les séguias (m3) :

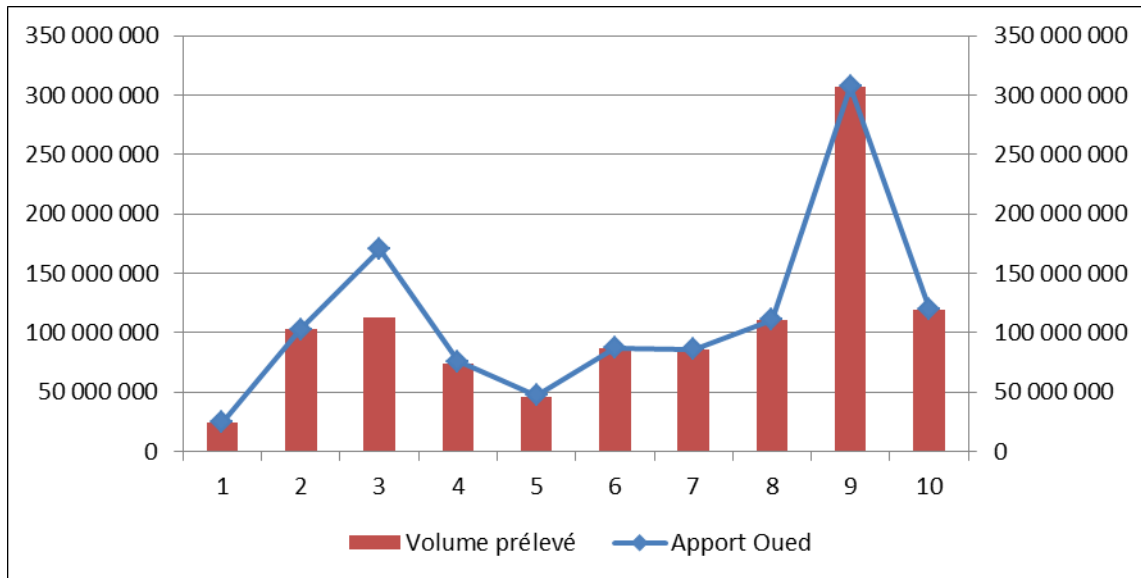


Figure 13: volume prélevé et apports de l'oued Ourika

Ce graphique (Figure 13) montre que le plus grand apport de l'Oued est mobilisé pendant l'année 2009, ceci va de pair avec son prélèvement total la même année, l'année 2001 en est de même en terme de prélèvement total et ou l'oued a connu de faibles apports, à l'exception de l'année 2003 dont les apports étaient excédentaires par rapport aux prélèvements.

Sachant que l'irrigation s'accompagne de pertes importantes lors de l'acheminement de l'eau aux parcelles cultivées aux systèmes d'adduction d'eau souvent archaïques, inévitablement une utilisation aussi intensive de l'eau pour l'agriculture fragilise les disponibilités en eau dans la région.

Deuxième partie :

*La lutte contre l'érosion dans
le bassin versant de l'Ourika*

I- L'érosion et la charge solide :

I-1- L'érosion :

I-1-1-Définition de l'érosion hydrique :

L'érosion c'est le détachement et le transport des particules sous l'effet de la pluie, lorsque le sol n'est plus capable d'infiltrer l'eau. Cette situation se produit généralement sur des sols préalablement fragilisés, dans le cas d'une intensité de pluie supérieure aux capacités d'infiltration du sol (lors d'orages violents notamment), ou sur des sols gorgés d'eau (en périodes automnale et hivernale).

Ce transport d'eau et de terre, plus ou moins massif et rapide, peut générer des conséquences importantes sur un plan économique, humain et écologique : le potentiel agronomique des terres s'en trouve diminué, les risques d'inondations accrus (coulées de boue, augmentation de l'intensité et du volume des crues de rivière), et les milieux naturels dégradés.

I-1-2- Le mécanisme de l'érosion hydrique:

I-1-2-1- Le détachement :

Le détachement des particules se produit à la surface du sol lorsque, sous l'action des gouttes de pluie, des agrégats s'éclaboussent ou lorsque la force de cisaillement du ruissellement devient supérieure à la résistance au détachement du sol.

I-1-2-2- Le transport :

Les particules issues de la dissociation, grossières ou fines, sont ultérieurement déplacées vers l'aval sous l'action de la pluie. Certaines, comme les cailloux d'éboulis et les blocs d'éboulement, tombent directement. D'autres, les plus fins, sont véhiculés par un agent de transport, généralement l'eau. La force de l'agent de transport règle naturellement la taille des sédiments; le vent ne pouvant déplacer que les poussières et les grains fins de sable, tandis que les torrents charrient des graviers et des galets.

I-1-2-3- Le dépôt :

Il s'effectue lorsque l'énergie cinétique qui déplace les matériaux issus du détachement, diminue ou s'annule.

I-1-3- Les types d'érosion hydrique:

I-1-3-1- L'érosion en nappe (ou diffuse) :

Il s'agit d'un décapage uniforme de la couche superficielle de terre. Il se produit principalement sur les zones de plateaux. Cette forme d'érosion passe souvent inaperçue mais peut arracher un volume de terre important.

I-1-3-2- L'érosion en rigoles (ou ravines) :

Lorsque les eaux de ruissellement se concentrent, elles peuvent selon la nature du sol et l'intensité du relief former une ravine par creusement. Cette érosion se produit généralement dans les vallées sèches et dans les fonds de thalwegs* qui constituent des chemins d'écoulements préférentiels pour l'eau qui ruisselle.

I-1-4- Les conséquences de l'érosion des sols :

L'érosion hydrique entraîne des conséquences tant en amont qu'en aval des bassins versants. Elle peut se traduire, en amont, par des pertes en terre ainsi que des pertes en matière organique et en éléments nutritifs notamment l'azote et le phosphore.

A côté des dégâts bien visibles concernant les terres cultivées, il existe des dégâts en aval beaucoup plus insidieux, provoqués par l'augmentation du ruissellement et l'entraînement des particules du sol. Ce sont, entre autres, les coulées de boues, sapements de chaussées, colmatages des canalisations et des ouvrages de retenue des eaux pluviales, envasements des cours d'eau. Des accumulations sédimentaires massives peuvent en résulter à l'aval, perturbant les écosystèmes fluviaux, lacustres, estuariens ou côtiers, et modifiant la dynamique du carbone particulaire et dissous.

I-1-5- Les modèles d'évaluation de l'érosion :

Il existe plusieurs modèles d'évaluation de l'érosion, entre autres le modèle de Wischmeier et le modèle Swat :

I-1-5-1- Le modèle empirique de perte en terre de Wischmeier et Smith (USLE) :

Le modèle empirique de perte en terre de Wischmeier et Smith (*USLE* : Universal Soil Loss Equation), ou équation universelle de perte en sol, a été utilisé en Amérique du Nord sur des parcelles standard (expérimentales). Selon ce modèle, l'érosion est une fonction multiplicative de l'érosivité des pluies (le facteur R.) que multiplie la résistance du milieu, laquelle comprend le facteur d'érodibilité du sol (K), la topographie (S L), les pratiques antiérosives (P), le couvert végétal et les pratiques culturales (C).

L'équation *USLE* s'exprime par la relation : $A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P$

I-1-5-2- Le modèle SWA T :

SWAT « Soil and Water Assessment Tool » est un outil d'évaluation d'un bassin versant fluvial. Il a été développé par le Dr Jeff Arnold pour le service de recherche agricole (*ARS*) du Département de l'Agriculture des États-Unis (*USDA*). Il permet de manipuler et d'analyser de nombreuses données hydrologiques et agronomiques en vue de prédire les effets de la gestion des terres sur la ressource hydrique, les sédiments et des produits chimiques sur les rendements de l'agriculture de grands bassins versants fluviaux, en mettant en exergue la nature des sols, l'utilisation du sol et la gestion sur de longues périodes de temps.

I-1-6- Les facteurs de l'érosion :

L'érosion résulte de l'interaction des facteurs suivants:

I-1-6-1- Les facteurs naturels:

I-1-6-1-1- Les précipitations :

Les précipitations s'expriment en litres par heure et par m² ou en mm par heure. C'est surtout l'intensité des précipitations qui compte, plutôt que la quantité totale tombée. Ceci est dû au fait que le diamètre des gouttes de pluie est en moyenne plus grand pour les pluies de forte intensité. Elles développent alors une plus grande force de frappe au niveau du sol et détachent plus facilement les particules de terre.

I-1-6-1-2- La pente :

La déclivité de la pente : La pente est un facteur important d'érosion. Le ruissellement et l'érosion commencent sur des pentes faibles (1 à 2 %). Egalement, la perméabilité des sols est un acteur déterminant. En effet, si les sols sont absolument imperméables, le ruissellement de la pluie sera total et ne dépendra pour une surface de pente donnée que de l'intensité de la pluie. Par contre, si les sols sont relativement perméables, la pente aura une influence certaine sur l'infiltration et donc le ruissellement.

La longueur de la pente : En principe, plus la pente est longue, plus le ruissellement s'accumule, prend de la vitesse et de l'énergie et plus l'érosion s'intensifie. Il semble que l'influence de la longueur de pente est d'autant plus importante que le ruissellement a la possibilité de se concentrer.

La forme de la pente : Une pente donnée a tendance à devenir de plus en plus concave parce que les produits arrachés au sommet s'accumulent en bas de la pente. Cette évolution est parfois sensible et se traduit parfois par une diminution de l'érosion au cours du temps. Ainsi, une rupture de pente concave favorise le dépôt, à moins qu'elle ne facilite la concentration, alors qu'une rupture de pente convexe se traduit par un accroissement de la vitesse d'écoulement et de la contrainte de cisaillement exercée sur le sol si l'eau n'est pas dispersée.

I-1-6-1-3- Le sol :

En plus des facteurs favorisant le ruissellement, l'entraînement des particules du sol est facilité par les caractères du sol comme sa *texture*, sa *minéralogie*, sa *stabilité structurale* et la *matière organique* qu'il contient. Les sols limoneux et limono-sableux sont les plus sensibles à l'érosion et à la battance*, alors que les sols argileux plus fins résistent mieux à l'action du cisaillement par l'eau de ruissellement. Le détachement des particules est important pour des tailles de grains compris entre 63 et 250 µm. La stabilité des agrégats maintient la structure du sol et s'oppose à l'érosion. Les argiles gonflantes comme les smectites diminuent la résistance des agrégats. Par ailleurs, la matière organique favorise au contraire l'agrégation des particules et l'infiltration.

I-1-6-2- Facteurs anthropiques :

I-1-6-2-1- L'urbanisation:

Les plus grandes quantités de sédiments sont produites durant les phases de construction, surtout quand la végétation et le sol de couverture sont provisoirement enlevés. Les travaux de construction peuvent accroître l'érodibilité et diminuer la stabilité des pentes de façon radicale.

I-1-6-2-2- Le travail du sol :

Le travail du sol en surface peut diminuer sa cohésion ou créer des canaux d'écoulement accentuant l'érosion hydrique. Les traces laissées par les machines agricoles peuvent également, indépendamment du travail du sol, créer de tels canaux d'écoulement.

I-1-6-2-3- Le défrichement :

Avec l'accroissement de la démographie, la mécanisation des travaux agricoles, l'extension des terres de culture, la dégradation de la végétation et du sol ont progressé d'une manière alarmante.

I-1-6-2-4- L'incendie :

Puisque le feu endommage et ravage le couvert végétal, cela sous-entend un risque élevé d'érosion. En fait, les zones sans aucune couverture végétale courent toujours un plus grand risque de forte érosion que les autres.

I-1-6-2-5- Le bois de feu :

Vu que la demande de bois de feu et de charbon de bois est forte en zones rurales et même urbaines et ce, d'une façon plus accentuée dans les pays sous-développés et en voie de développement, le bois va continuer d'être exploité comme une source importante de combustible pour les usages domestiques aussi bien que pour la petite industrie dans les zones rurales et urbaines.

La destruction du couvert végétal par le feu, le surpâturage ou l'arrachage des racines et des branches utilisées comme bois de feu expose le sol à l'action érosive de l'eau de pluie et de ruissellement.

I-1-7-La lutte contre l'érosion hydrique :

Pour être efficaces, les moyens de lutte doivent se situer dans deux zones bien distinctes :

- une zone émettrice de ruissellement,
- une zone sensible accumulant les précipitations.

Ces deux zones correspondent donc à deux limites différentes auxquelles doivent s'adapter des mesures différentes.

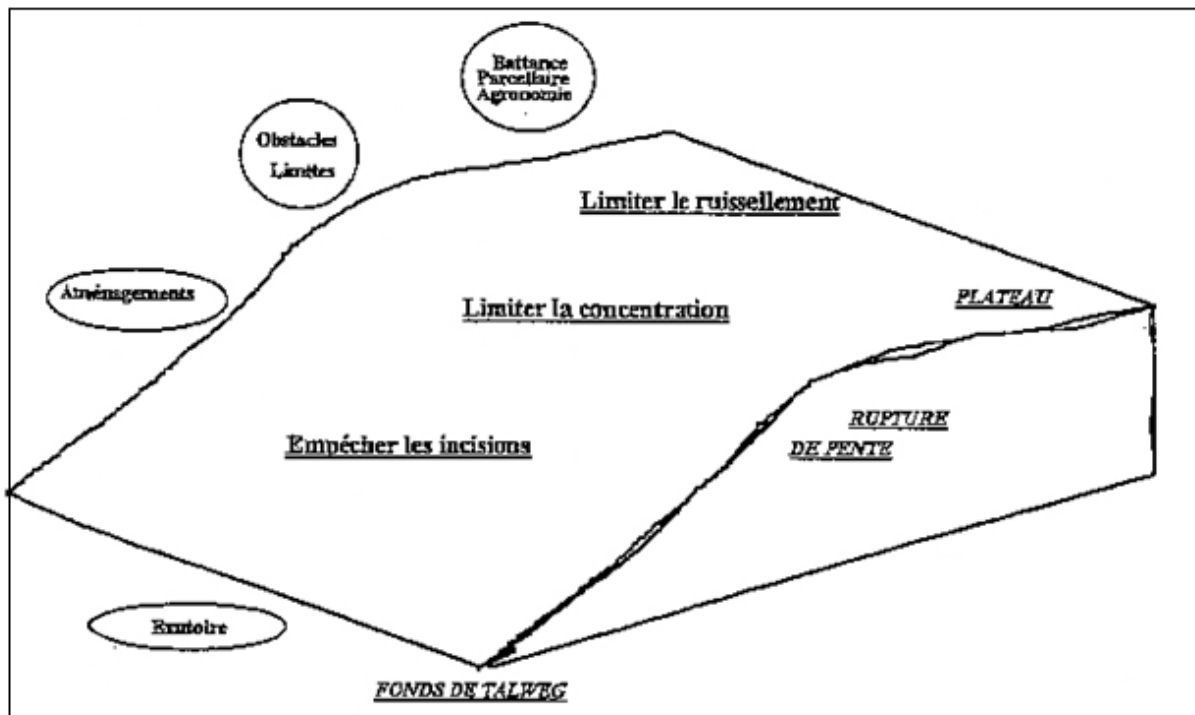


Figure 14: moyens à mettre en œuvre contre l'érosion (D'après F. Derancourt, 1995)

Deux aspects sont donc à prendre en compte :

- **L'aspect agronomique** (préventif) qui englobe les techniques culturales:
 - couverture du sol.
 - structure du sol.
- **L'aspect hydraulique** (curatif) : aménagements divers...

I-1-7-1-L'aspect agronomique :

Il convient d'agir en priorité sur le premier (techniques culturales) car on considérera que dans la région à dominante agricole, il est à l'origine même de l'érosion, le second aspect n'intervenant que pour limiter les

conséquences engendrées par le travail du sol. En fait toute modification de la structure du sol entraîne une variation de sa stabilité dans le temps et de son comportement vis à vis des précipitations.

Diminuer l'impact des gouttes de pluie :

L'effet des pratiques culturales n'est pas facile à calculer. Néanmoins, tous les experts s'accordent à dire qu'il est possible de réduire d'au moins 1 mm les volumes de ruissellement sur les terres labourées, ceci rapporté à la surface du bassin versant peut être considérables :

- Non déchaumage pendant l'interculture : Il permet de maintenir un effet "mulch" (tapis végétal) qui diminue fortement l'impact des précipitations. De plus, le sol n'étant pas travaillé, il est moins sensible à l'érosion.
- Non labour : Le non labour permet sur les terrains limoneux de conserver la matière organique en surface et donc d'améliorer fortement la stabilité structurale du sol.
- Cultures intermédiaires : Les cultures intermédiaires (ou couverts hivernaux ou engrais verts) diminuent fortement l'impact des gouttes de pluies et augmentent les capacités d'infiltration du sol. Elles constituent de plus un excellent piège à nitrates et participent ainsi à la préservation de la qualité de l'eau.

Augmenter la capacité d'infiltration et de stockage à la surface du sol :

- Travail du sol.
- Utilisation d'équipements permettant de répartir les charges des engins.
- Favoriser les céréales d'hiver aux cultures de printemps (betteraves et pomme de terre).

Consolider le sol :

- Par l'apport de matières organiques.
- Par l'amendement calcique.

I-1-7-2-Les aménagements hydriques :

Les demi-lunes : Les demi-lunes sont des cuvettes en demi-cercle de 2 à 6m de diamètre que l'on creuse sur des pentes faibles (<3%) pour retenir l'eau.

Les demi-lunes permettent d'exploiter avec de meilleurs résultats des terres pauvres. Cette méthode est efficace pour des précipitations inférieures à 600mm. Les effets se font sentir dès la première saison.

Le zai ou cultures en poquets : Cette méthode consiste à creuser à intervalles réguliers des trous d'une trentaine de cm de profondeur que l'on remplit de composition ou de fumure. Cette méthode est particulièrement utile sur les sols dégradés durcis et non productifs, car elle permet de retenir l'eau de ruissellement et de rendre la terre fertile à nouveau.

Les cordons pierreux : Le but et le principe d'action des cordons pierreux sont les mêmes que ceux des demi-lunes. Il s'agit de ralentir le ruissellement de l'eau pour limiter l'érosion et favoriser l'infiltration. Cette technique est adaptée aux pentes faibles à moyennes sur un sol sablo-argileux ou gravillonnaire.

Les banquettes antiérosives : Le principe est le même que celui des cordons pierreux : les banquettes forment un obstacle à l'écoulement de l'eau, elles limitent donc l'érosion et favorisent l'infiltration.

Les barrages à sable et digues filtrantes : Un barrage à sable est un barrage de petite taille que l'on construit le plus souvent sur un cours d'eau saisonnier ou intermittent. Son effet est de provoquer l'accumulation de sable en amont du barrage. Ce sable peut être chargé à 40% en eau, ce qui, en fonction de la taille du barrage, peut représenter une réserve considérable.

Un tel barrage présente deux avantages majeurs:

- Il offre un accès facile à l'eau.
- L'eau retenue dans le barrage s'infiltré dans le sol, relevant ainsi le niveau des nappes.

I-2- Le débit solide et la charge solide :

On fera bien la distinction entre débit solide et charge solide : le débit solide correspond à un flux de matière au cours de l'unité de temps alors que la charge correspond à une teneur en matière.

- Les solutés ne sont pas pris en compte dans les débits solides.

I-2-1-Le débit solide :

La notion de débit solide s'applique à la mesure ou à l'estimation de la masse des matières solides traversant une section donnée d'un cours d'eau par unité de temps, trois types de matériaux sont véhiculés par les cours d'eau :

- Des matières en solution.
- Des matières en suspension.
- Des matériaux de fond.

- Ces matériaux obéissent à des lois de transport différentes.

Bien qu'en théorie le débit solide soit celui de la totalité des matériaux solides (en suspension et de fond), transitant par la section, on appelle le plus souvent « débit solide » le débit des matériaux en suspension et en solution uniquement. Cela est dû aux difficultés d'estimer le charriage de fond et aussi, dans la majorité des cas, à sa faible importance supposée au regard du débit solide en suspension.

Le débit solide en suspension est calculé à partir du débit liquide instantané traversant la section multiplié par la masse solide en suspension par unité de volume. Il est exprimé en gramme (ou kg) par seconde.

- Le débit solide peut être utilisé pour estimer l'érosion d'un bassin.

I-2-2- La charge solide :

La charge en suspension est déterminée le plus souvent par filtration d'un certain volume d'eau. Elle est, elle aussi, le plus souvent exprimée en grammes par litre. C'est cette charge qui est le plus souvent responsable de la turbidité des eaux, si l'on excepte certaines eaux très ferrugineuses. C'est pourquoi elle est souvent appréciée indirectement par une mesure de turbidité à l'aide, par exemple, d'un disque de Secchi*. On utilise aussi des appareils appelés " turbidimètres " qui mesurent la lumière transmise ou réfléchiée par les matières solides en suspension.

La charge en suspension, ou MES (matières en suspension), est composée d'argile, de colloïdes, de micro-organismes, de matières organiques diverses, granulométriquement elle correspond à des matériaux allant de la taille des colloïdes à celle des argiles et même parfois des sables.

La charge de fond ou en matériaux de fond correspond aux matériaux résidant sur le fond du cours d'eau (sables, galets, ...) qui, à l'occasion de phénomènes hydrologiques importants (crue*, chasse de barrage ...) sont susceptibles d'être entraînés par les eaux. Des traceurs ou des trappes à sédiments peuvent être utilisés pour estimer cette charge, mais sa mesure rigoureuse est très difficile.

II- L'érosion dans le bassin versant de l'Ourika :

La vallée de l'Ourika par la beauté de son paysage et sa fraîcheur constitue un grand pôle d'attraction touristique pour les nationaux et étrangers. Cependant elle est souvent frappée par de puissants orages générant des crues à caractère catastrophiques comme celle survenue le 17 août **1995** dont le bilan en pertes humaines et matérielles fut très lourd : 150 morts, et près de 80 millions de dirhams de dégâts matériels.

Aussi, le bassin versant de l'oued Ourika est pourvu d'importantes potentialités forestières et agricoles. Il est soumis à une érosion intense en conséquence de la rupture des équilibres écologiques. Les peuplements forestiers subissent en effet une dégradation accrue conduisant à une déperdition continue des ressources naturelles : eau et capital sol.

Les pouvoirs publics conscients des enjeux et du rôle de la zone de l'Ourika dans le développement socio-économique de la province d'Al Haouz et de la région ont accordé une importance particulière à la résolution de cette problématique. Le projet de développement du bassin versant Ourika constitue un cadre stratégique pour traiter le problème d'érosion et des inondations dans le fond et dans sa globalité. Il a été conçu à la base de l'étude d'aménagement du bassin versant de l'Ourika faite par le Haut Commissariat aux Eaux et

forêts-DREF/HA. Ce projet de caractère intégré est financé par le fond Hassan deux pour le développement socio-économique avec un montant de 1 000 000 000 DH.

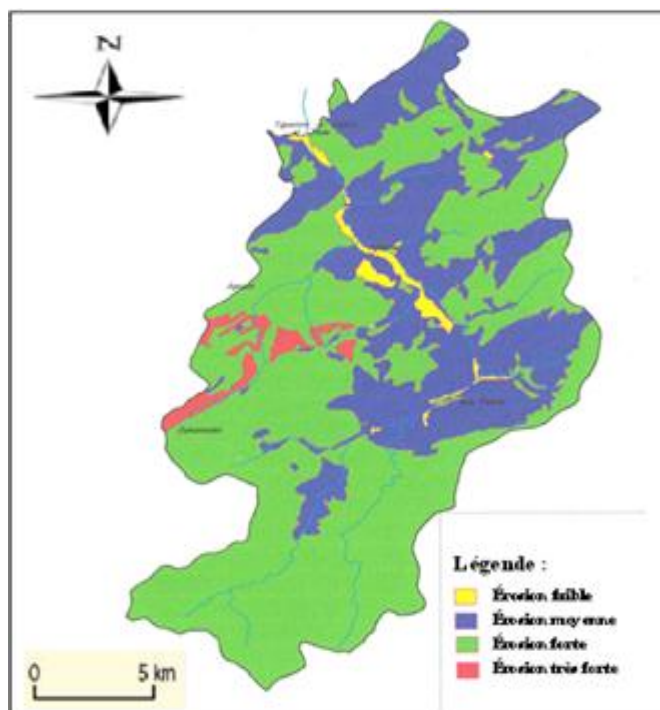


Figure 15: Carte d'érosion potentielle de l'oued Ourika (DREF, 2010)

L'analyse de la carte de répartition du degré de l'érosion dans le bassin versant de l'Ourika fait ressortir que : Les superficies exposées à forte et très forte érosion sont importantes et représentent 65%. Celles à érosion moyenne représentent 33% alors que faible ne sont que de 2%. Les zones à érosion forte et moyenne sont situées dans la partie centrale du bassin versant dont certaines donnant directement sur la vallée de l'Ourika. Ces sous bassins en raison de leur vulnérabilité et leur dangerosité, ont été prioritaires pour la réalisation des traitements mécaniques et biologiques dans le cadre de ce projet.

En guise de conclusion, nous pouvons retenir que le bassin versant de l'Ourika est sérieusement menacé et affecté par une érosion forte à moyennement forte à hauteur de 98% de sa superficie.

II- 1- Problématique :

Les études effectués par la DREF permettent de faire le diagnostic suivant :

- Très faible couverture végétale et une dégradation accrue des écosystèmes forestiers, dues à la forte pression de la population par le parcours, écimages, bois de feu...etc.
- Population pauvre à faible revenu se trouve dans des zones difficilement accessibles éloignées et dans des conditions très austères.
- Relief très accidenté caractérisé par de fortes pentes et les versants abrupts.
- Formation de cellules orageuses régulièrement.

Ces données se traduisent par la manifestation de fortes crues et d'intenses phénomènes d'érosion dans le bassin. Ainsi la zone a connu d'importantes inondations dont les plus importantes au cours de ces dernières années sont celles de 1964-65 ; 1968-69-1988- 1995 -1999. Le débit a atteint parfois des niveaux très élevés (1250 m³).

La dangerosité des crues de l'Ourika provient de leur soudaineté, et leur rapidité de ne pas laisser beaucoup de temps aux riverains de fuir. La plus catastrophique reste celle du 17 Aout 1995.



Figure 16: éboulement envahissant la route tout près de l'Oulmes (DREF, 2010)

De ce fait, le traitement de ce bassin paraît nécessaire pour lutter contre l'érosion, les risques catastrophiques des inondations et éviter le déplacement de la population tout en sauvegardant l'activité socio-économique locale.

L'étude d'aménagement de la forêt de l'Ourika s'intègre dans ce cadre de développement et de protection du bassin d'Ourika à travers une série de mesure et de mise en valeur du capital forestier, à savoir :

- Des travaux de reboisement, de production, de protection et d'amélioration sylvo-pastorale soutenus dans le temps et dans l'espace.
- Un programme de mise en repos végétatif pour dynamiser les formations forestières dégradées.
- Des traitements ciblés des zones sensibles tels que les ravins, par des mesures de correction mécanique et biologique.

Des mesures d'appui au développement local : ouverture et entretien des pistes, aménagement de source et séguias, création de coopératives et association de douars... (TTOBA société d'Etudes Techniques & d'Ingénierie)

II-2- La lutte contre l'érosion dans le bassin versant de l'Ourika :

Face à la dégradation du milieu physique, des mesures techniques visant sa réhabilitation se révèlent d'une impérieuse nécessité. Elles seront axées sur le traitement des versants par des méthodes de lutte anti-érosives (techniques, mécaniques et biologiques) pour ralentir le ruissellement et permettre le stockage des matières en suspension.

II-2-1-La correction mécanique des ravins :

Lorsque les précipitations provoquent des phénomènes d'érosion, elles emmènent les couches supérieures de la terre qui sont les plus fertiles. En l'empêchant, on peut augmenter de manière simple et significative le rendement des terres cultivées.

De plus, elle favorise l'infiltration de l'eau dans le sol, ce qui est très bénéfique pour la région d'Ourika où les précipitations sont insuffisantes.

Le traitement mécanique des ravins consiste à la construction, le long des ravins, des seuils en maçonnerie cimentée en gabion et pierres sèches. Les buts techniques visés sont :

- La correction des pentes des ravins ce qui permettra la diminution de la vitesse des écoulements torrentiels. Lequel se traduira par l'augmentation du temps de concentration des eaux et la diminution des charriages.
- La limitation des phénomènes d'érosion par ravinement, le transport et la perte du capital sol.

II-2-1-1- La consistance de la correction mécanique :

La quantité prévue par le projet est la construction de 113 000 m³ de seuils en gabion et maçonnerie cimentée en pierres sèches avec un coût de 50 973 600 DH.

Depuis le lancement en 2001 jusqu'à septembre 2006, un volume de : 156 741 m³ a été réalisé avec un coût global de 48 279 842,46 DH.

Les traitements mécaniques ont porté sur tous les sous bassins vulnérables à forte capacité de drainage liquide et solide, et ce depuis les impluviums en amont jusqu'à l'embouchure vers l'oued Ourika en aval.

Les réseaux hydrologiques dans ces sous bassins ont été traités en totalité : Dans les impluviums, les affluents secondaires et tertiaires qui alimentent les grands torrents ont été traités par des seuils en pierres sèches. Lesquels traitements ont été combinés le plus souvent avec des interventions biologiques.

Au niveau des lits des torrents, ils ont été procédés par l'implantation des dispositifs de seuils en gabion et en maçonnerie cimentée de l'amont vers l'aval.

Au total, 6466 seuils ont été réalisés dans tout le bassin (soit 136 371,15 m³) qui se répartissent comme suit :

- Seuils en gabion : 368 seuils soit 46 116,85m³.
- Seuils en maçonnerie cimentée : 90 seuils soit 12 937,40 m³.
- Seuils en pierres sèches 6008 seuils 77 316,90 m³.



Figure 17: seuils en gabion (DREF, 2010)

A droite : Seuil grillagé en gabion ayant permis la protection du centre pédagogique d'Aghbalou et les infrastructures en aval.

A gauche : Vue en aval de seuils en gabion atterris (ravin de Tighezrite)



Figure 18: seuils en maçonnerie (DREF, 2010)

A droite : Vue en aval de seuil en maçonnerie cimentée retenant de grandes quantités de charriage (ravin de Tighezrite)

A gauche : Vue en amont de seuils en maçonnerie cimentée atterris (ravin Ighri Ait Hamou)

Sous bassin	maçonnerie cimentée		Gabion		Pierre sèches		Total	
	Quantité(m3)	Nombre	Quantité(m3)	nombre	Quantité(m3)	nombre	Quantité(m3)	nombre
Ait Mechkour	200	3	700	6	1100,00	138	2000,00	147
Anins Tizi	935,5	3	1061,37	9	2002,50	139	3999,37	151
Oucheg	500,27	3	4185,69	27	2626,55	352	7312,51	382
Anamer	367,71	2	1696,60	20	12 466,34	1171	14 530,65	1193
Ouigrane	1910,00	10	1754,01	12	6778,13	516	10 442,14	538
Amlougui	1803,08	17	11 346,87	81	21 335,67	1011	34 485,62	1109
Asni	2404,67	15	9318,16	75	2590,69	198	14 313,52	288
Assif Noussel	1 548,89	19	37 77,05	29	6604,26	587	45 930,20	635
Assif nouzrou			2773,55	25	1514,96	175	4288,51	200
Chiker	254,38	5	514,11	8	2356,99	145	3125,48	158
Tighezrite	3012,90	13	4888,09	52	12 630,77	1152	20 531,76	1217
Agouns Oum lahoua			901,35	4	3910,04	336	4811,39	340
Ait Amer			1600,00	8			1600,00	8
Agaiouar			1600,00	12	1400,00	88	3000,00	100
	12 937,40	90	46116,85	368	77 316,90	6008	136371,15	6466

Tableau 2: quantité (m3) de seuils réalisée au niveau des différents sous bassins (DREF,2010)

De point de vue technique : les ravins secondaires et tertiaires traités en pierres sèches, se sont stabilisés après atterrissement de ces ouvrages. Les phénomènes d'érosion et de creusement ont été arrêtés. Les résultats sont très probants surtout dans le cas où la correction mécanique avec la pierre sèche a été combinée avec le traitement biologique. Ces traitements combinés ont permis une stabilisation et reconstitution des sols : cas notamment des sous bassins de Tighezrite, Assif Noussel, Annamer, et Tizi oucheg.

Au niveau des torrents principaux, l'important dispositif d'ouvrage anti érosif a permis une bonne correction de profils. La majorité d'ouvrages en gabions et en maçonnerie cimentée ont totalement atterris par les apports des différentes crues* survenues. Les matériaux charriés et retenus par l'ouvrage ont été souvent importants de sorte que les lits mineurs des grands ravins sont comblés, stabilisant ces ravins et engendrant des corrections de pentes importantes.



Figure 19: correction de pentes (DREF,2010)

A droite : Vue en aval de seuil en maçonnerie (grand bassin d'atterrissement permettant une importante correction de la pente.)

A gauche : Vue en amont des atterrissements et comblement du lit du torrent ayant permis la correction de la pente - ravin Tighezrite.

II-2-1-2- Les effets des crues sur les ouvrages anti-érosifs et leur rôle de protection :

Durant la période du projet Ourika effectué par la DREF, la zone Ourika a connu régulièrement, pendant les périodes estivales des orages ayant donné d'importantes crues à débit liquide et solide conséquent. Certaines ont été très puissantes et à caractère très dangereux.

<i>Date</i>	<i>Lieu de l'orage</i>	<i>Hauteurs des pluies</i>	<i>Débit enregistré</i>	<i>Observations</i>
03-août-03	Vallée Ourika	90mm pendant 30 mn	100 m ³ /s	Débordement de l'oued. Eboulement
				Dégât limité au niveau de l'infrastructure
10-oct-05	Localisé Rive gauche de la vallée ourika		24.5 M ³ /s	Pas dégâts au niveau d'infrastructure
10 Avril 2006	Partie amont du bassin	39 mm à amenzal	101 m ³ /se	Débordement de l'oued coupure de la route
29 Aout 2006	Généralisé dans toute la partie centrale du bassin			Débordement de l'oued éboulement. 50 véhicules endommagés, 1 mort, dégât limité au niveau des infrastructures.
		50 mm pendant une heure	286 m ³ /s	
nov-06	Généralisé dans tous le bassin			Pas dégâts au niveau d'infrastructures

Tableau 3: importants orages survenus à l'oued Ourika.(DREF,2010)

- Lors de ces crues les ouvrages anti-érosifs construits dans le cadre du projet ont subi généralement les premiers chocs violents en amont constituant un rempart face à un déluge de matériaux et de grands blocs de rochers. Ceci a pour effet une atténuation de la force des écoulements torrentiels et des charriages, la protection des estivants et des infrastructures.
- L'orage qui a sévi dans l'Ourika le 29 Août 2006 s'avère de loin le plus dangereux et rappelle par sa force celui de 1995, avec un débit de 286 m³/s. Les ouvrages de correction mécanique implantés ont joué un rôle considérable dans l'atténuation des effets de la crue permettant d'éviter une catastrophe ; des pertes en vies humaines et des dégâts matériels importants.



Figure 20: vue en aval du ravin ighrman corrigé mécaniquement (DREF ,2010)

A gauche : Avant la crue.

A droite : Après la crue : comblement de l'amont, de l'aval des ouvrages et de tout le lit du ravin par des matériaux charriés par la crue.

- En effet, de grandes quantités de matériaux et de rochers de grandes dimensions (3 à 4 m) ont été retenues en amont des ouvrages. Particulièrement dans les ravins de Tighezrite, d'Ighrman et d'Ighri Ait Hamou dont l'exutoire se situe au niveau de la vallée aux lieux : Oulmes, Aghbalou, Settifatma où se trouvent les infrastructures hôtelières et qui connaissent la concentration des estivants.
- Le dispositif anti érosif aurait pour effet également un laminage de la crue ce qui a donné plus de temps aux estivants de réagir en particulier aux systèmes d'alerte de crues installés par l'Agence du Bassin Hydraulique de Tensift. Les escaliers de secours installés dans le cadre du projet Ourika ont constitué une opportunité aux estivants pour regagner des endroits plus sûrs.



Figure 21: escaliers de secours construits dans la vallée dans le cadre du projet Ourika, Oulmès (DREF,2010)

Parmi les avantages de la correction, on peut citer l'amélioration du rendement des terres cultivées et l'efficacité de la lutte contre l'appauvrissement des terres. Et comme inconvénient ; cette méthode demande beaucoup de travail et de main d'œuvre.

II-2-2- Traitement biologique :

II-2-2-1- La végétation :

Depuis fort longtemps, les peuplements forestiers ont procuré à l'homme différents biens et services, principalement la production de bois et la protection des fonds de vallée contre les aléas naturels, en particulier dans les bassins versants torrentiels en milieu de montagne. Si la production de bois a eu tendance à décliner ces dernières années (notamment du fait de la forte baisse des cours du bois), le rôle protecteur de la forêt est, de nos jours, d'autant plus important que la montagne est soumise à des pressions croissantes liées aux activités touristiques. La protection par ces forêts s'entend contre différents aléas naturels : érosion et crues torrentielles (parfois regroupées sous la dénomination de ravinement), avalanches, chutes de pierres, ou encore glissements de terrain. Elle s'avère d'autant plus utile que les enjeux sont de taille. Ces derniers regroupent les habitations, les voies de communication, l'industrie, l'agriculture ou les infrastructures touristiques. Ils peuvent être situés directement à l'exutoire des bassins versants, constituant alors des enjeux rapprochés, ou se trouver beaucoup plus à l'aval où ils sont surtout menacés par les inondations (Balland et al., 2002).

Vu l'état avancé de la dégradation des forêts et de la faiblesse du couvert végétal dans le bassin versant de l'Ourika, les traitements biologiques ont constitué une pièce maîtresse en matière de lutte contre l'érosion et

l'atténuation des inondations dans le bassin. Ce traitement a consisté à trois types d'interventions : le reboisement, l'amélioration sylvo-pastorale et la régénération totalisant une superficie de 6800 ha. Ces actions qui consistent au rétablissement de la couverture végétale permettraient d'augmenter les infiltrations des eaux, la diminution du ruissellement ainsi que la restauration des sols.

II-2-2-2- Le reboisement :

Il s'agit de reboisement de production et de protection, la superficie prévue est de 1800 ha avec un coût de 13 772 000 DH.

La superficie reboisée depuis le lancement du projet, est de 1270 Ha avec un coût de 9 170 163,52 DH. Une superficie de 350 ha a été préparée en 2005 et a été reportée en 2006 pour plantation.

Les reboisements installés se répartissent en trois grands ensembles, à savoir :

-Le GER de Timnaker sur une superficie totale de 870 ha, est situé en amont en zone d'altitude de 2000m à 2500 m, les espèces plantées sont : le cèdre, le pin maritime et le robinier. Dans les périmètres : Yabora, Igountar I, II ET III, Timnkar IV et V, Tighezrite I et II et Anafgayne).

-Le GER d'Acheg sur une superficie totale de 500 ha au piémont, une altitude de 1000 m à 1500 m sur le versant gauche de l'oued Ourika. Les espèces plantées sont le pin d'Alep, le cyprès d'Atlas. Ce GER englobe les périmètres Acheg, Imin Tadart, Toug Elkhir, et Tamzendirt.

-Le GER d'Amassine 200 ha en zone aval où les espèces plantées sont le pin d'Alep, dont les périmètres sont Timliazen et Agounssane.



Figure 22: réalisation du projet de reboisement à Agounssane (DREF,2010)

Aperçu général sur la végétation : (Recherches sur l'étagement de la végétation dans le bassin versant de l'Ourika : Ouhammou, 1986)

- Juniperaies *: elles sont caractérisées par une grande variété en liaison avec les variations climatiques, dans les zones de forte nébulosité, le genévrier rouge peut se substituer à la calliterie.
- Chênaies vertes* : le chêne vert se localise sur les versants nord, dans les zones avales soumises aux influences maritimes et dans les zones intérieures, sur les hauts versants sud, nord ou Est. Cette chênaie s'étend de l'étage thermoméditerranéen supérieur à l'étage montagnard méditerranéen ; Ce qui témoigne de sa grande plasticité écologique.
- Oxycedraies* : Ces genévriers se substituent au chêne vert, dans un gradient d'océanité décroissant, à la limite des domaines océaniques. Ils sont constitués de peuplements mixtes ou indépendants.
- Thuriferaies : elles se substituent aux chênaies dans l'étage méditerranéen supérieur lorsque l'océanité devient faible. Sa répartition est fonction des conditions climatiques. Sur la façade océanique, elles sont éliminées à cause de la nébulosité.
- Xérophytaies *: elles sont constituées principalement de l'addition de trois espèces : *Bupleurum spinosum*, *Alyssum spinosum* et *Cytisus balansae*. L'alyssum qui couvre la plus grande superficie, s'étendant de 2050 m à 3600 m d'altitude, est dominant sur les versants nord.

➤ **Evaluation et contraintes :**

Les travaux de reboisement ont été le plus souvent entravés par un certain nombre de contraintes qui ont perturbé le déroulement normal des opérations et affecté la réussite des plantations :

-Opposition de la population qui s'est manifestée lors de la réalisation de tous les périmètres. Ce qui a causé un retard des travaux de préparation du sol, ou a conduit à reporter le programme. Grâce à l'effort de négociation, les réunions de concertation et l'appui des autorités provinciales, ces oppositions ont pu être levées.

-Défaillance de certaines entreprises dans l'achèvement des travaux, cas notamment des périmètres de Tighezrit pour 100 ha, et Timnkar dont 150 ha préparés et non plantés.

-Conditions climatiques : La vague de froid en 2004/2005 et des chutes de neige exceptionnelles en 2005/2006 ont causé le retard des travaux de plantation dans les périmètres situés en zone d'altitude, et ont affecté la survie des plants. Ce qui conduit à l'échec de certaines plantations (périmètre Anafgayne) et au report du programme, cas du périmètre Igountar II sur 200 ha et du périmètre Timnkar IV sur 150 ha préparés.

Malgré ces contraintes, la réussite dans les périmètres plantés est généralement satisfaisante. Ainsi une bonne réussite variant entre 60% à 90% sur une superficie de 1420 ha. De faible taux de réussite inférieurs à

60 % sont constatés sur une superficie de 300 ha, il s'agit en l'occurrence des périmètres qui ont connu l'opposition des populations, à savoir les périmètres d'Anafgayne et Igountar. Afin de pallier aux échecs, des travaux de regarnis dans ces périmètres ont été entrepris dans le cadre du programme régulier.

II-2-2-3- L'amélioration sylvo-pastorale :

Les périmètres d'améliorations sylvo-pastorales ont été installés dans les terrains marginaux et rocailloux où le sol est squelettique et pauvre. Le but est de reconstituer le sol, et de diminuer l'effet de l'érosion. Les espèces plantées sont le cactus et le robinier.

La superficie prévue : 2000 ha avec un coût de 10 541 000 DH or, la superficie réalisée est de 1850 ha avec un coût de 6 506 408,02 DH ,qui se répartit en deux grands ensembles :

-En zone de moyenne montagne sur 1080 ha, une altitude de 1000 m à 1500 m.

Périmètres : Chiker, Amlougui, et Ihajamen.

-Piémont sur 770 ha entre 600 à 800 m.

Périmètres : Mechkour, lakhmass, Tiziu oucheg, Taljortf, Asguine, Tamzendirt et Oudkent .



Figure 23: amélioration sylvo-pastorale à Timalizen (DREF,2010)

➤ Evaluation :

Comme le cas de reboisement, la réalisation du programme d'amélioration sylvo-pastorale s'est heurtée à l'opposition de la population, qui retarde et entrave le déroulement des travaux de préparation du sol, cas des périmètres Illikris, Chiker et Tizi Oucheg. Cette opposition s'est manifestée même après la réalisation de la plantation et s'est traduite par le non-respect de la mise en défens.

Le taux de réussite dans ces périmètres est généralement très élevé la première année. Cependant certains périmètres à base de cactus ont été très affecté par la vague de froid survenue au mois janvier 2005, ce qui a causé des mortalités importantes de cactus dans Illikris et chiker.

En somme la superficie réussie est de 1400 ha ; les périmètres Chiker , Illikris, tizi oucheg et ihajamen à faible réussite méritent d'être repris ou regarnis.

II-2-2-4-La régénération :

Le but de cette action est de favoriser la reprise de la végétation naturelle, moyennant la confection de clôture et de permettre la reconstitution de la végétation et ce en procédant au semis.

La superficie prévue 3000 ha avec un cout de 3 135 000 DH, la superficie réalisée est de 3000 ha avec un cout de 1 539 136,8 DH.

Les clôtures ont été installés dans les sites ou l'état des forets est dégradé, ils ont concerné deux types d'essences* :

- Le genévrier thurifère en zone d'altitude 2500m sur les périmètres de : Izma, Timichi, Iabssen, Timnakar, Tizrage et Takoucht.
- Chêne vert mélangé avec d'autres essences telles que le genévrier, et le thya au piémont. Périmètres d'Aghbalou, Timskien et Toug elkhir.

Des opérations de végétalisation ont été entreprises par le semis des galbules de genévrier thurifère et les graines du cèdre et du robinier sur une superficie de 720 ha. Les travaux de préparation du sol dans ce cas ont consisté à la confection de cordon de 1.5 m de long, une telle méthode favorise l'infiltration et diminue le ruissellement.



Figure 24: reconstitution du milieu forestier et favorisation de la dynamique de végétation à Timichi. (DREF, 2010)

➤ *Evaluation et contraintes :*

L'opposition de la population s'est souvent manifestée lors de la réalisation des travaux de clôture, et ce malgré la concertation préalable. Aussi la mise en défens n'est pas toujours respectée ou on remarque la destruction de clôtures.

Les clôtures ont permis généralement la reprise de la végétation mais son effet ne sera senti qu'en long et moyen terme.

II-3- Equipement, ouverture et entretien de piste :

Le relief très accidenté dans le bassin, l'isolement des habitations et douars constitue la plus importante contrainte pour le développement socio-économique de la population (accès aux services sociaux, commercialisation de la production agricole, infrastructures...). Aussi la réalisation des programmes de développement forestier avec efficacité est entravée par les difficultés d'accès aux massifs forestiers.

Afin de répondre à ce besoin urgent il a été prévu dans le cadre de ce projet, un renforcement du réseau de piste dans le bassin tout en accordant une priorité au descellement des populations locales.

Le programme prévu est l'ouverture et la réhabilitation de 130 km de pistes :

- ouverture de 55 km.
- entretien et réhabilitation de 75 km avec un coût de : 11 511 000 DH.

L'ouverture de piste a fait l'objet d'étude technique par un bureau d'étude qui a défini le tracé, les profils, les travaux de terrassement et les ouvrages d'art.

Le programme réalisé est comme suit :

- ouverture de 43.4 km.
- entretien et réhabilitation de 68 km avec un coût de 10 327 385,4 DH.



Figure 25: désenclavement de la population (Accès aux équipements socio-économiques....)(DREF,2010)

➤ **Impact et contraintes:**

La défaillance de certaines entreprises a perturbé la réalisation de la totalité du programme prévu : piste de Tizrag sur 12 km et ouverture de Tazitounte et Anammer sur 6 km.

Les pistes ouvertes et réhabilitées ont permis de désenclaver de grandes zones dans le bassin, dont l'accès était difficile et nécessitait plusieurs heures. Les effets immédiats sur les populations n'ont pas tardé à se faire sentir.

Ainsi les 43 km ouverts ont permis :

-Le désenclavement de 30 douars ce qui a facilité l'installation des équipements sociaux : écoles, dispensaire, électrification, et commercialisation des produits...etc.

-Facilitation de l'accès aux peuplements forestiers plus de 30 000 ha et permettre la surveillance du domaine et un bon encadrement des chantiers de reboisement et de la correction mécanique...etc.

II-4-Auto développement des douars :

La population habitante dans le bassin vit dans des conditions austères, en conséquence notamment du faible revenu généré par l'agriculture et l'élevage. Ceci se répercute par une forte pression sur les ressources naturelles et leur dégradation. Aussi les efforts de reboisement par la mise en défens qu'il implique se sont heurtés à de forte opposition et au non-respect.

Il a paru donc impératif dans le cadre de ce projet d'amorcer des actions permettant de soutenir le revenu de ces population, de les sensibiliser sur le problème de dégradation des ressources et les faire participer aux efforts de lutte contre l'érosion entrepris dans le cadre de ce projet.

Dans ce sens, le projet a prévu des actions d'auto-développement permettant la promotion des activités socio-économiques des populations.

Le programme réalisé est comme suit :

- Organisation d'atelier en procédant par une approche participative au profit de 20 douars PDD.
- Confection de bassin et de Seguia dans 10 douars avec un coût de 1 556 082,9 DH.
- Adduction d'eau potable et conduite avec bornes fontaines au profit de dix douars. (Construction de 10 châteaux d'eau de volume global 233 m³ avec un coût de 616 484,64 DH.)
- Distribution de plants fruitiers. (30 860 plants)
- Distribution de ruchers. (150 unités)
- Distribution de fours améliorés. (330 unités)

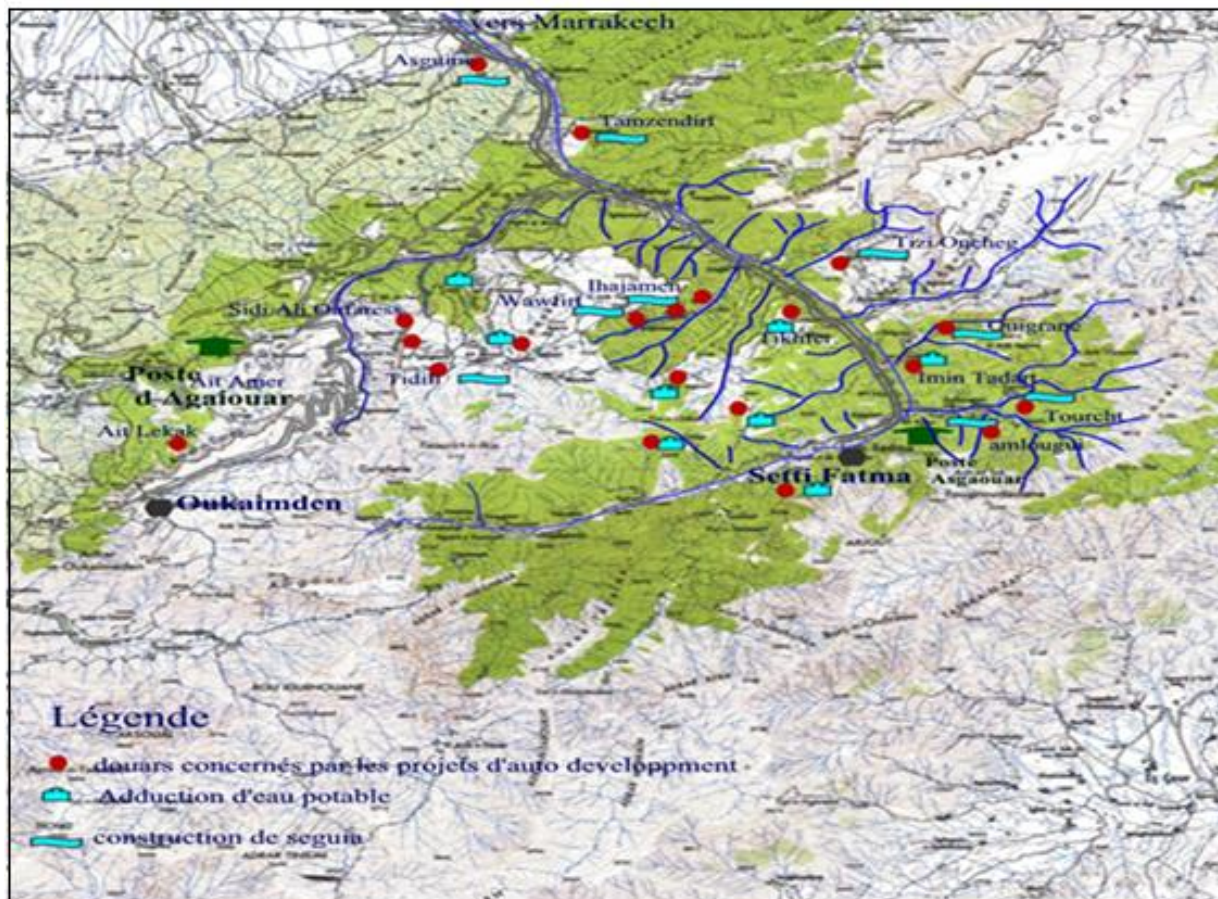


Figure 26: Localisation des travaux réalisés (DREF,2010)

II-5 - Evaluation et Impact :

II-5-1-Evaluation :

Les actions AEP et PMH ont été proposées par la population. Ces actions ont eu un excellent effet sur la population et ont été bien perçues. Ce qui s'est traduit par une amélioration du contact forestier et population. La valeur ajoutée sur le plan socioéconomique engendrée par ces actions réside dans :

- La valorisation des terrasses de culture des dix douars : augmentation de leur rentabilité par l'irrigation et la plantation fruitière.
- L'amélioration des conditions de vie par l'adduction d'eau potable jusqu'aux douars.
- La sensibilisation des populations et leur intégration dans la gestion des ressources naturelles.
- Amélioration du contact et de la communication forestière et population.

De ce fait l'ouvrage anti érosif a été soumis à de rudes épreuves pendant la période du projet par de violentes crues survenues; ces ouvrages ont joué un rôle de protection indéniable, et ce en atténuant dans une large mesure la force et le charriage des crues. Ainsi les dégâts matériels furent très limités et les pertes en vie humaines ont pu être évitées. Aussi l'atterrissement et le comblement des lits mineurs se sont traduits par des

corrections importantes des pentes des ravins. Les ouvrages endommagés qui représentent une proportion très faible méritèrent d'être réfectionnés.

Il importe de signaler que la correction mécanique ne constitue en fait qu'un traitement de choc et doit obligatoirement être complétée par des traitements biologiques des versants dégradés, en vue de les stabiliser définitivement. La réalisation du programme biologique a été très perturbée par l'opposition des populations et le non-respect des mis en défens. De ce fait, il importe qu'un effort particulier doit être accordé au regarnis et à la sensibilisation des populations et à leur organisation pour l'octroi de subvention.

L'aménagement du bassin versant par le traitement mécanique et biologique vise à traiter la problématique dans sa globalité. Cependant la vallée de l'Ourika par sa géomorphologie, ses fortes pentes et sa géologie rocailleuse demeure vulnérable et menacée dans certains endroits et points noirs où des mesures de sécurité particulières doivent être prises.

II-5-2-Impacts :

Le projet de développement du bassin versant de l'oued Ourika par ses aménagements anti-érosifs et les équipements implantés a introduit des changements structurels importants dans le bassin. Les actions intégrées qui ont été menées ont eu d'importantes répercussions positives de différents ordres :

II-5-2-1-Impact socio-économique :

Sécurisation de vallées des inondations. Aussi les aménagements réalisés par les eaux et forêts sont complémentaires aux actions réalisées par les autres départements. Agence du bassin hydraulique de Tensift, services technique de la province : Les infrastructures anti-érosifs, socioéconomiques réalisées et la sécurisation qui en découle constitue un levier pour d'autres projets en matière d'investissements, d'équipements, infrastructures et tourisme.

Amélioration des conditions de vie des populations locales :

- Création d'environ 480 000 journées de travail.



Figure 27: création des journées de travail (DREF,2010)

- Désenclavement de 30 douars jadis isolés.
- Adduction d'eau potable.
- Valorisation des terrasses agricoles et amélioration de la rentabilité et du revenu.
- Création d'espaces pastorales.
- Sensibilisation de la population, sur l'intérêt du reboisement et la préservation des ressources naturelles.



Figure 28: amélioration des conditions de vie des populations locales (DREF,2010)

A droite : création des espaces pastorales.

A gauche : adduction en eau potable.

II-5-2-2-Impact sur les ressources naturelles:

- Stabilisation des versants par le traitement combiné biologique et mécanique sur 6800 ha.
- Reconstitution du milieu forestier et des ressources naturelles.
- Protection des infrastructures.
- Protection des habitations et édifices touristiques.
- Protection des terrains agricoles.

➤ Conclusion :

Malgré les obstacles rencontrés lors de la réalisation du projet de la lutte contre l'érosion dans le bassin versant de l'Ourika, la DREF a assuré :

- ✓ La protection des estivants, des infrastructures et des terrains agricoles des effets des inondations (notamment les crues du 4 Août 2003 et du 29 Août 2006).
- ✓ La sécurisation de la vallée en coordination avec les services de la province (Équipements, Agence du Bassin Hydraulique de Tensift).
- ✓ La stabilisation des versants par le traitement combiné biologique et mécanique : lutte contre l'érosion et reconstitution du couvert végétal.

- ✓ La contribution au développement socio-économique des populations : désenclavement, valorisation des terrains agricoles, création d'espaces pastoraux et adduction d'eau potable.
- ✓ La création d'environ 700 000 journées de travail.
- ✓ Le développement de l'approche participative avec les populations locales et leur sensibilisation sur l'intérêt de la préservation des ressources naturelles.

III- Recommandations pour une efficacité optimale de la lutte contre l'érosion :

Bien que la plupart des projets et mesures soient axés sur la restauration de l'environnement endommagé, il convient, chaque fois que cela s'avère possible, de traiter non seulement les effets au niveau local (dégradations), mais aussi et surtout les causes inhérentes à l'ensemble du bassin qui ont en fin de compte déclenché le processus (gestion des bassins versants). Ainsi, une lutte contre l'érosion visant à augmenter la capacité de rétention en amont entraîne notamment une diminution de l'écoulement des crues à l'origine de l'affaissement des rives en aval. Les programmes globaux (intégrés) de lutte contre l'érosion ne peuvent être mis en œuvre que dans de rares cas pour des raisons économiques et techniques, mais aussi sociales ou politiques, circonscrire les activités humaines favorables à l'environnement (réserves naturelles) dans un seul grand domaine (dans lequel les zones d'habitation, les travaux d'infrastructure et l'agriculture peuvent même être interdits) constitue un réel problème.

Toutefois, une série de recommandations complémentaires peuvent par ailleurs être formulées, de manière à limiter davantage les risques d'érosion hydrique des sols dans le bassin versant de l'Ourika, il s'agit par exemple :

- D'évaluer le risque érosif de façon globale et intégrée, en tenant compte de l'importance relative des pressions (agricoles et non agricoles), de la vulnérabilité du milieu (parcelles agricoles, eaux de surface, infrastructures) et des différents types de composés associés à la problématique (sédiments, phosphore, pesticides, matières organiques...);
- D'envisager l'aménagement du territoire, notamment les projets d'urbanisation mais aussi les plans de lutte contre le ruissellement des eaux, l'érosion et les pertes en sol, à une échelle spatiale appropriée, à savoir celle du petit bassin versant ; dans ce contexte, les processus de décision doivent impliquer les autorités locales et inclure la sensibilisation et la concertation avec l'ensemble des acteurs concernés (agriculteurs, propriétaires et gestionnaires forestiers, habitants, gestionnaires d'infrastructures, administrations publiques...);
- De définir des critères de bon état qualitatif des eaux de surface vis-à-vis des sédiments, qui soient fonction de la vulnérabilité des masses d'eau ;

- De promouvoir les pratiques agricoles les plus adaptées , visant à protéger durablement les ressources en sol (couverture du sol, succession et répartition spatiale des cultures, enfouissement des résidus organiques...), en tenant compte du contexte socioéconomique dans lequel le secteur de l'agriculture évolue; dans ce cadre, un appui tant financier que technique (incluant des travaux de recherche, des expérimentations et des activités de démonstration in situ) doit pouvoir être mis à disposition des acteurs de terrain ;
- De développer et de maintenir des outils efficaces d'aide à la décision, basés sur une modélisation validée des processus et sur une analyse spatialisée des phénomènes impliqués, en tenant compte des spécificités des situations ponctuelles.

Conclusion

Le bassin versant de l'Ourika est une zone géographique propice aux phénomènes d'érosion. C'est une zone montagneuse avec une lithologie érodable et des pentes élevées. Sur le plan climatique, le bassin reçoit des précipitations abondantes grâce à une bonne exposition vers le Nord-Ouest d'où proviennent les perturbations pluvieuses et grâce à un relief et des altitudes importantes. L'intensité de ces précipitations est également importante par moment, notamment lors d'orages d'été ou simplement lors d'averse concentrées dans le temps. Ces conditions géomorphologiques et climatiques facilitent et accentuent les phénomènes d'érosion précités.

A cet effet, les administrations de tutelle ont accordé une importance particulière à la résolution de cette problématique. Le projet de développement du bassin versant de l'Ourika répond à ce souci en essayant de traiter le problème d'érosion et des inondations. Il a été conçu à la base d'une étude d'aménagement du bassin versant élaborée par le Haut Commissariat aux Eaux et forêts (DREF/HA). Ce projet est financé par le fond Hassan deux pour le développement socio-économique avec un montant d'environ 1 000 000 000 DH. Ainsi des mesures structurelles ont été entreprises. Elles sont axées sur le traitement des versants par des méthodes de lutte anti-érosives (techniques mécaniques et biologiques). Ceci pour ralentir le ruissellement et permettre le stockage des matières en suspension.

Cependant, s'il est assez rare, voire impossible, que l'on puisse éliminer complètement les facteurs d'érosion humains ou naturels, on peut entreprendre des actions et des recommandations de manière à limiter au maximum possible les risques d'érosion hydrique des sols. Il s'agirait par exemple, pour le bassin versant de l'Ourika, de favoriser en priorité les mesures antiérosives qui agissent en amont du risque, plutôt que celles qui agissent au niveau des conséquences des pertes en sol, ou d'encourager les pratiques agricoles qui protègent durablement les ressources en sol ou généralement d'évaluer le risque érosif de façon globale et intégrée, en tenant compte de la vulnérabilité du milieu et de l'importance la pression qui s'y exerce.

Lexique

Bassin versant : territoire drainé par un cours d'eau et ses affluents.

Thalweg : zone de concentration des ruissellements dans les fonds des vallées.

Essence : espèce d'un arbre ou arbuste.

Cône de déjection : partie la plus basse d'un torrent où s'accumulent des débris arrachés en amont.

Disque de secchi : disque divisé en quatre parties, noires et blanches (chaque quart alternativement) qui est utilisé pour mesurer la transparence d'une étendue d'eau.

Impluvium : système de captage et de stockage des eaux pluviales.

Indice de Gravelius : défini comme le rapport du périmètre du bassin au périmètre du cercle ayant la même surface :

$$K_G = \frac{P}{2 \cdot \sqrt{\pi \cdot A}} \approx 0,28 \cdot \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Avec :

K_G est l'indice de compacité de Gravelius,

A : surface du bassin versant [km²],

P : périmètre du bassin [km].

Alluvion : sédiment des cours d'eau, à granulométrie liée au débit, et composé de galets, de gravier et de sable en dépôts souvent lenticulaires, la fraction fine correspondant à des argiles et limons.

Matorral : espace, situé sous un climat méditerranéen, où poussent des végétaux, comme des arbres peu développés et espacés.

Crue : phénomène hydrologique qui s'exprime par une augmentation brutale du niveau des eaux d'un cours d'eau, elle produit des débits exceptionnels dépassant largement les normes habituelles.

Juniperaies : petit arbre ou un arbrisseau fréquent en région côtière méditerranéenne (du Maroc à l'Iran).

Chênaies vertes : arbres ou arbustes appartenant au genre *Quercus*, et à certains genres apparentés de la famille des Fagacées, notamment *Cyclobalanopsis* et *Lithocarpus*.

Oxycédraies : petit conifère de la famille des genévriers dont la distillation donne l'huile de cade utilisée en pharmacie.

Xérophytaies : plante capable de vivre dans des régions habituellement sèches (déserts) ou dans des milieux physiologiquement secs (sols salés).

Battance : défaut d'un sol qui, par dégradation de sa structure grumeleuse et de sa porosité sous l'action de la pluie, présente une induration (ou glaçage) superficielle.

Terrasse : replat situé sur un versant de vallée, ou sur les deux, à une altitude supérieure à celle du cours d'eau, et qui représente le reste d'un lit ancien dans lequel ce cours d'eau s'est enfoncé.

Torrent : cours d'eau de montagne, à pente forte et débit irrégulier en fonction des précipitations ou des fontes de neige.

Bibliographie

- BALLAND (P.), Rapport sur la Durance. Propositions de simplification et de modernisation du dispositif d'intervention de l'État sur la gestion des eaux et du lit de la Durance. Contribution à un plan Durance. Paris : MEDD, MAAPAR, METLTM, 2002. 93 p.
- Biron PE. Le Permo-Trias de la région de l'Ourika (Haut-Atlas de Marrakech, Maroc). Thèse de 3^e cycle de l'université scientifique et médicale de Grenoble 1982. 170 p.
- DREF. Projet de développement du bassin versant de l'Ourika. Rapport interne, 2010. 40p.
- DUPILET Dominique. Guide technique de la lutte contre l'érosion des sols en Caps et Marais d'Opale. Rapport inédit, 2003. 44p.
- ERRAHIOUI Abdelouahed. Aménagement des bassins versants au Maroc. Rapport interne, DREF, 2010. 22p.
- ORMVAH. Programme millennium challenge account-Maroc (Projet arboriculture fruitière). Rapport interne, Juin 2009, 87p.
- Nahid A. Typologie et interactions des apports de matériaux des crues dans les archives morphosédimentaires récentes : un modèle référentiel pour la gestion des bassins versants actuels. Journées d'étude sur les réformes des infrastructures hydro-agricoles suite aux crues de la province du Haouz de Marrakech, 1999.1 p.
- OUHAMMOU A. Recherches sur l'étagement de la végétation dans le bassin versant de l'Ourika (Haut Atlas central, Maroc). Thèse de Doct. 3^e cycle, Univ. Cadi Ayyad, Fac. Sci. Marrakech. 1986, 181 p.
- SAIDI, M. E., DAOUDI, L., ARESMOUK, M. E. & BLALI, A., Rôle du milieu physique dans l'amplification des crues en milieu montagnard, exemple de la crue du 17 août 1995 dans la vallée de l'Ourika (Haut Atlas, Maroc). Sécheresse, Volume 14-2, 2003, Paris, 107-114.
- TTOBA, société d'Etudes Techniques & d'Ingénierie.

Sites web consultés

- <http://www.memoireonline.com/06/09/2109/Evaluation-de-lErosion-dans-le-bassin-versant-de-la-riviere-Grise-Haiti.html> [consulté le 17 mai 20014].
- <http://www.ma.auf.org/erosion/chapitre1/III.Facteurs.html> [consulté le 17 mai 20014].
- <http://wgbis.ces.iisc.ernet.in/energy/HC270799/HDL/ENV/envfr/Vol134.html> [consulté le 27 mai 20014].
- <http://www.wikiwater.fr/e12-les-techniques-d-amenagement.html> [consulté le 10 mai 20014].

Figure 1: carte de situation du bassin versant d’Ourika à Aghbalou	7
Figure 2:carte hypsométrique du bassin versant de l'Ourika	9
Figure 3:carte des pentes du bassin versant de l'Ourika	10
Figure 4: Esquisse géologique bu bassin versant de l’Ourika (Saidi et al, 2003)	11
Figure 5: carte de classification du réseau hydrographique du bassin versant de l’Ourika	13
Figure 6: carte d’occupation du sol (DREF, 2010)	14
Figure 7: précipitations moyennes mensuelles d’Aghbalou (mm)	15
Figure 8: précipitations moyennes saisonnières d’Aghbalou (mm).....	16
Figure 9: précipitations moyennes annuelles d’Aghbalou (mm)	17
Figure 10: débits moyens mensuels d’Aghbalou (m3/s)	17
Figure 11: débits moyens saisonniers d’Aghbalou (m3/s).....	18
Figure 12:débits moyens annuels d’Aghbalou (m3 /s)	18
Figure 13:volume prélevé et apports de l’oued Ourika	19
Figure 14: moyens à mettre en œuvre contre l’érosion (D’après F. Derancourt, 1995)	25
Figure 15: Carte d’érosion potentielle de l’oued Ourika (DREF, 2010).....	29
Figure 16: éboulement envahissant la route tout près de l’Oulmes (DREF, 2010).....	30
Figure 17: seuils en gabion (DREF, 2010)	32
Figure 18: seuils en maçonnerie (DREF, 2010).....	32
Figure 19: correction de pentes (DREF,2010)	34
Figure 20: vue en aval du ravin ighrman corrigé mécaniquement (DREF ,2010)	36
Figure 21: escaliers de secours construits dans la vallée dans le cadre du projet Ourika, Oulmès (DREF,2010)	37
Figure 22: réalisation du projet de reboisement à Agounssane (DREF,2010)	38
Figure 23: amélioration sylvo-pastorale à Timalizen (DREF,2010)	40
Figure 24: reconstitution du milieu forestier et favorisation de la dynamique de végétation à Timichi. (DREF, 2010) .	42
Figure 25: désenclavement de la population (Accès aux équipements socio-économiques...)(DREF,2010)	43
Figure 26: Localisation des travaux réalisés (DREF,2010)	45
Figure 27: création des journées de travail (DREF,2010).....	47
Figure 28: amélioration des conditions de vie des populations locales (DREF,2010)	48

Liste des tableaux

Tableau 1: caractéristiques morphologiques du bassin versant de l'Ourika jusqu'à Aghbalou	8
Tableau 2: quantité (m3) de seuils réalisée au niveau des différents sous bassins (DREF,2010).....	33
Tableau 3: importants orages survenus à l'oued Ourika.(DREF,2010)	35

Liste des abréviations

- FST : Faculté des Sciences et Techniques.
- ORMVAH : Office Régional de Mise en Valeur Agricole du Haouz.
- DRS : Défense et restauration des sols.
- USL: Universal Soil Loss equation.
- SWAT: Soil and Water Assessment Tool.
- ARS : Service de Recherche Agricole.
- MES : Matières En Suspension.
- USDA : Département de l'Agriculture des Etats unis.
- DREF : Direction régionale des Eaux Et Forets.
- GER: Grand Ensemble de Reboisement.
- PPD: Plan de Développement des Douars.
- AEP : Alimentation en Eau Potable.
- PMH : Petite et Moyenne Hydraulique.