

TABLE DES MATIÈRES

Introduction

Chapitre I : Synthèse bibliographique : érosion hydrique et moyens de lutte

Rappel sur l'érosion hydrique

1. Définition	1
2. Les formes de l'érosion hydrique	1
2.1. L'érosion de rejaillissement	1
2.2. L'érosion en nappe	2
2.3. L'érosion linéaire	3
2.3.1. Notion de bio-rhexistasie	3
2.3.1.1. La rhexistasie	3
2.3.1.2. La biostasie	3
2.3.2. Les types d'érosion linéaire	4
2.3.2.1. L'érosion en griffe (rill érosion)	4
2.3.2.2. L'érosion en rigoles	4
2.3.2.3. L'érosion en ravine	4
2.4. L'érosion en masse	7
3. Les causes et les conséquences de l'érosion hydrique	10
3.1. Les causes de l'érosion hydrique en Algérie	10
3.1.1. Le climat	10
3.1.2. Le relief	10
3.1.3. Le sol	10
3.1.4. L'influence de la végétation et les techniques culturales	10
3.1.5. L'influence des facteurs anthropozoogènes	11
3.2. Les conséquences	12

Les moyens de lutte utilisés contre l'érosion hydrique

1. Des stratégies modernes d'équipement rural hydraulique pas toujours adaptées	13
1.1. La RTM	13
1.2. La CES	13
1.3. La DRS	13
1.4. La GCES	14
2. Les techniques de lutte contre l'érosion hydrique	15
2.1. Les procédés mécaniques	15
2.1.1. Les terrasses	15
2.1.2. Les murettes	16
2.1.3. Les banquettes	16
2.1.4. La correction torrentielle	17
2.1.4.1. Les seuils de correction torrentielle	19
2.1.4.1.1. Le gabion	20
2.1.4.1.1.1. Formes et dimensions des gabions	20
2.1.4.1.1.2. Recommandations pour la réalisation des seuils en gabion	20
2.1.4.1.2. Les seuils en pierres sèches	22
2.1.4.1.3. Les seuils en terre	23
2.1.4.2. Phases d'exécution des travaux de correction torrentielle	23
2.1.4.2.1. Piquetage et emplacement des seuils	23
2.1.4.2.1.1. L'écartement entre les seuils	24
2.1.4.2.1.2. Le nombre des seuils	25
2.1.4.2.2. Fondation des seuils	25
2.1.4.2.3. Le ramassage des pierres	25

2.1.4.2.4. L'ancrage de seuils	26
2.2. Les procédés biologiques	27
2.2.1. Interaction végétation-érosion	27
2.2.1.1. Protection active contre l'érosion hydrique	27
2.2.1.1.1. Régulation hydrologique	27
2.2.1.1.2. Régulation thermique	27
2.2.1.1.3. Protection mécanique	28
2.2.1.2. Protection passive : le piégeage des sédiments	28
2.2.2. Les différents types de procédés biologiques	28
2.2.2.1. Reboisement	28
2.2.2.2. Plantation fruitière	29
2.2.2.3. Fixation des berges	29
Chapitre II : Etude du milieu	
1. Situation géographique	31
2. Géologie	33
3. Pédologie	34
3.1. Sols bruns forestiers	34
3.2. Sols peu évolués	34
3.3. Sols alluviaux	34
3.4. Sols fersialitiques	34
4. Hydrologie	35
4.1. Les eaux superficielles	35
4.2. Les eaux souterraines	35
5. climat	36
5.1. Les précipitations	36
5.1.1. Les précipitations moyennes annuelles	37
5.1.2. Les pluies maximales journalières	37
5.2. Les autres types de précipitations	37
5.2.1. La neige	37
5.2.2. La grêle	38
5.2.3. Les orages	38
5.2.4. Les gelées	38
5.2.5. Le brouillard	38
5.2.6. Les vents	38
5.3. Les températures	39
6. Occupation du sol	39
6.1. Forêts	39
6.2. L'agriculture	41
6.3. L'arboriculture	42
6.4. Elevage	43
6.5. Répartition de la population dans la région de Maghnia et activité humaine	43
7. formes d'érosion rencontrées dans la zone d'étude	43
7.1. Ravinement en V sur formations marneuses	44
7.2. Érosion régressive	45
7.3. tunneling	46
7.4. Erosion en masse	46

Chapitre III Analyse des procédés mécaniques	
1. Contexte générale	47
2. Méthodologie du travail	48
3. Evaluation de l'état des seuils de correction torrentielle	49
4. L'activité de l'érosion	53
5. Résultats et discussion	58
Conclusion générale	61
Références bibliographiques	

LISTE DES FIGURES

Figure n°1 : Rejaillissement du sol et de l'eau suite à l'impact d'une goutte d'eau ou effet splash	2
Figure n°2 : Erosion en nappe	3
Figure n°3 : le ravinement	4
Figure n°4 : les différents types de ravinement	6
Figure n°5 : coulée boueuse au sein d'une parcelle	8
Figure n°6 : coulée boueuse en limite de parcelle	8
Figure n°7 : les formes de l'érosion en masse	9
Figure n°8 : Les terrasses enherbées renforcés avec des pierres	16
Figure n°9 : banquettes avec plantation Forestière et avec des oliviers	17
Figure n°10 : nature et localisation des stratégies de correction torrentielle	19
Figure n°11 : gabion	21
Figure n°12 : Ravin aménagé par seuils en pierres sèches dans un champ de céréale	23
Figure n°13 : Rôle de l'arbre dans la lutte anti érosive	30
Figure n°14 : Situation de la zone étudiée dans le grand bassin versant de la Tafna	32
Figure n°15 : image satellitaire de la zone d'étude	33
Figure n°16 : classification du réseau hydrographique du tronçon étudié de l'année 1994	54
Figure n°17 : classification du réseau hydrographique du tronçon étudié de l'année 2009	55

LISTE DES TABLEAUX

Tableau N°01 : influence de la couverture du sol sur le ruissellement	11
Tableau n°02: situation de la station de Maghnia	36
Tableau n°03 : répartition de la population dans la commune de Maghnia	43
Tableau n°04 : caractéristiques des seuils de correction torrentielle	49
Tableau n°05 : caractéristique du réseau hydrographique du tronçon étudié de l'année 1994.	55
Tableau n°06 : caractéristique du réseau hydrographique du tronçon étudié de l'année 2009.	55

LISTE DES PHOTOS

Photo n°01 : en haut un reboisement par le Pin d'Alep, en bas sol nu ou occupé par une végétation dégradée et pratique de l'agriculture sur les deux rives de l'Oued Tafna	40
Photo n°02 : présence du jujubier sur les deux rives du cours d'eau principal	40
Photos n°03 et 04 : la pratique de l'agriculture sur les deux rives de l'Oued Tafna	41
Photos n°05 et 06 : champ d'Olivier clôturé par le Jujubier et par du grillage métallique	42
Photo n°07 : premiers stades de l'érosion linéaire (griffes et rigoles)	44
Photo n°08 : Ravinement en V sur un versant marneux	45
Photo n°09 et 10: érosion régressive et sapement des berges	45
Photo n°11 : le tunneling dans la zone d'étude	46
Photo n°12 : glissement de terrain	46
Photo n°13: procédés antiérosifs mécaniques et biologiques utilisés dans la zone d'étude	48
Photo n°14 : seuil en pierres sèches détruit dans sa partie centrale et reprise de l'érosion régressive	51
Photo n°15 : déversoir surdimensionné	51
Photo n°16 : seuil en gabion déstabilisé à cause d'une mauvaise fondation	51
Photo n°17 : seuil en pierres sèches déstabilisé à cause d'une mauvaise fondation	51
Photo n°18 : un mauvais ancrage induit à la naissance du phénomène de renardage	52
Photo n°19 : atterrissement des terres transportées à 100% à l'amont du seuil	52
Photo n°20 : seuil submergé par la terre transportée	52
Photo n°21: végétation dégradée par le surpâturage ou totalement absente	52
Photo n°22 : reprise de l'érosion régressive entre deux seuils	52
Photo n°23 : reprise de l'érosion linéaire dans les deux sens	52

Introduction générale

En Algérie du Nord, particulièrement l'Ouest du pays, les dispositions socioéconomiques, comme d'ailleurs les conditions hydro climatiques sont naturellement réunies pour intensifier et favoriser le déclenchement de ce mécanisme néfaste qui potentiellement menace l'équilibre de l'environnement tant à l'échelle régionale que locale (Dakiche et al, 1997).

L'érosion hydrique affecte 28 % des terres de l'Algérie du Nord. Ce sont les terres à fortes pentes des massifs telliens qui sont les plus touchées. L'érosion se manifeste par la formation de rigoles et de ravines sur tout le versant avec affleurement de la roche-mère et une évolution en bad-lands (Hadjiat, 1997).

Pour lutter contre l'érosion en Algérie, des moyens importants ont été mobilisés (reboisement, barrières vertes, correction torrentielle, fixation des berges et banquettes). Mais malgré plus de 50 ans de lutte antiérosive, les sols continuent à se dégrader à cause de multiples raisons dont principalement la méconnaissance ou la négligence des facteurs sociologiques.

Or bien peu d'aménagements antiérosifs donnent satisfaction car les aménagistes attendent l'apparition des ravines pour imposer des structures antiérosives très coûteuses et souvent peu efficaces.

L'objectif du présent travail est de faire une évaluation rapide sur l'état des seuils de correction torrentielle installés depuis 1994 à l'amont du barrage de Hammam Boughrara (leur comportement actuel et leur efficacité sur terrain).

Cette étude a été basée essentiellement sur des sorties sur terrains, sur la consultation des documents cartographiques et des travaux réalisés dans la région.

Elle s'articulera autour des trois chapitres suivants :

Premier chapitre : c'est une synthèse bibliographique qui englobera deux parties, la première contiendra un rappel sur l'érosion hydrique (ses causes, ses conséquences et ses différents types) et la deuxième contiendra les différents moyens de lutte utilisés contre ce type d'érosion ;

Deuxième chapitre : sera consacré à la présentation des différentes caractéristiques du bassin versant étudié ;

Troisième chapitre : fera l'objet d'une évaluation rapide sur l'état et l'efficacité de quelques seuils de correction torrentielle.

Chapitre I

Synthèse bibliographique

Rappel sur l'érosion hydrique

1. Définition

L'érosion est le processus de détachement et de transport de particules de sol par des agents érosifs comme le vent, l'eau et la gravité.

L'érosion des sols se développe lorsque les eaux de pluie, ne pouvant plus s'infiltrer dans le sol, ruissellent sur la parcelle en emportant les particules de terre. Ce refus du sol d'absorber les eaux en excédent apparaît soit lorsque l'intensité des pluies est supérieure à l'infiltrabilité de la surface du sol (ruissellement « Hortonien »), soit lorsque la pluie arrive sur une surface partiellement ou totalement saturée par une nappe (ruissellement par saturation). Ces deux types de ruissellement apparaissent généralement dans des milieux très différents, bien que l'on observe parfois une combinaison des deux (Cros-Cayot, 1996). Une fois le ruissellement déclenché sur la parcelle, l'érosion peut prendre différentes formes qui se combinent dans le temps et dans l'espace : l'érosion de versant diffuse ou en nappe et l'érosion linéaire ou concentrée de talweg. Comme le suggèrent ces définitions, les processus érosifs dépendent d'une multiplicité de facteurs interagissant entre eux, et sont de ce fait complexes à modéliser. Les facteurs de l'érosion devant être pris en compte pour étudier les phénomènes érosifs font maintenant l'objet d'un consensus et regroupent le sol, l'occupation du sol, la topographie et le climat (Wischmeier et Smith, 1978 ; King et Le Bissonnais, 1992).

2. Les formes de l'érosion hydrique

2.1. L'érosion de rejaillissement

C'est l'érosion élémentaire causée par l'effet des gouttes des pluies, les gouttes de pluie brisent les mottes, projettent la terre en tous sens et réduisent la perméabilité du sol (Fig .01)



Fig.01 : Rejaillissement du sol et de l'eau suite à l'impact d'une goutte d'eau ou effet Splash.¹

2.2. L'érosion en nappe

Elle est caractérisée par une eau de ruissellement sans griffes ou rigoles visibles. Sous l'effet de l'impact des gouttes de pluie (effet Splash), les particules sont arrachées et transportées. Ce phénomène est observé sur les pentes faibles, où l'eau ne peut pas se concentrer.

Dans un premier temps, c'est l'impact des gouttes qui va arracher les particules. La battance des gouttes de pluie va envoyer des gouttelettes dans toutes les directions. Seulement, sous l'effet de la gravité les gouttelettes auront une vitesse plus importante vers l'aval que vers l'amont. Si l'on réalise une moyenne sur l'ensemble des gouttelettes, la vitesse sera dirigée de l'amont vers l'aval. A partir de là, il y aura formation de flaques et débordement de l'eau non infiltrée d'une flaque à l'autre ce qui entraînera un ruissellement en nappe (Fig.02)

¹ www.ma.refer.org

L'érosion en nappe

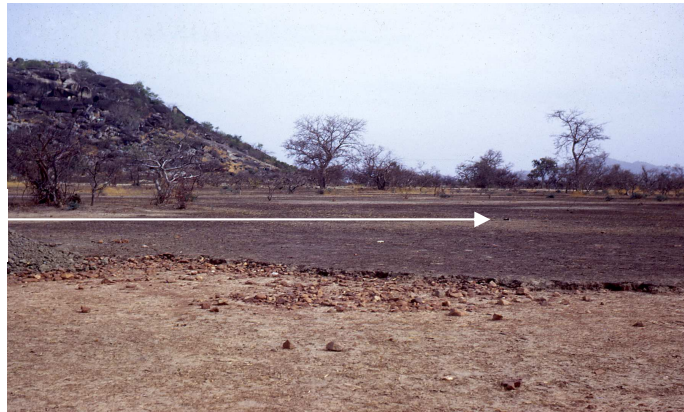


Fig.02 : Erosion en nappe ²

2.3. L'érosion linéaire

C'est l'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.

2.3.1. Notion de bio rhexistasie selon REY (2001)

2.3.1.1. La rhexistasie

Elle correspond à un contexte d'érosion dominante (l'érosion régressive ne permet pas à la végétation de s'installer ou se maintenir dans les lits ou sur les versants des ravines, elle peut également déchausser la végétation en place).

2.3.1.2. La biostasie

Elle correspond à une période de calme érosif pendant laquelle la végétation est en mesure de se développer sur des sols relativement stables.

« C'est le contexte climatique général qui détermine la tendance à la rhexistasie ou à la biostasie »

² www.inra.fr

2.3.2. Types d'érosion linéaire

2.3.2.1. L'érosion en griffe (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 10cm en profondeur, généralement sont formées au niveau des jachères nues, dans les paysages se présentent comme des lignes parallèles le long des versants.

2.3.2.2. L'érosion en rigoles

C'est une dépression suffisamment petite issue de l'évolution des griffes en longueur, ces griffes deviennent des sillons de dimension plus importante et de largeur variable liés à la longueur de la pente, la profondeur d'une rigole dépasse 10cm et moins de 50cm. les rigoles peuvent être effacés par des techniques culturales.

2.3.2.3 l'érosion en ravine

La ravine est une rigole approfondie de profondeur qui dépasse 50cm, ces ravines ne sont pas effaçables par les techniques culturales, l'intensification de ruissellement transforme la ravine en grosses ravines(Fig.03)



Fig. 03 : le ravinement (HAMMOUDI, 2009)

- Les différents types de ravinement

Dans la nature, on observe le plus souvent des ravines en forme de **V** qui s'impriment dans un matériau homogène, plus ou moins meuble, sablo-argileux; argileux, marneux ou schisteux. Les versants de ces ravines évoluent par altération de la roche: en saison froide par alternance de gelées et de soleil, en saison chaude, par alternance de périodes sèches et d'averses. On observe en milieu méditerranéen une altération des marnes et des schistes qui peut atteindre 4 à 10 mm par an. L'enfoncement a lieu lors des averses exceptionnelles. Une à deux averses par an suffit pour dégager toutes les particules accumulées durant l'année au fond de la ravine et pour entailler le fond de la ravine par abrasion des matériaux que le ruissellement charrie.

Au cours des saisons intermédiaires, les matériaux fins accumulés sur les versants par altération des roches, glissent jusqu'au fond de la ravine, d'une part suite à l'impact des gouttes de pluies, et d'autre part par formation de petites rigoles secondaires ou le plus souvent par glissement en masse des particules saturées par l'eau. La pente d'équilibre des versants étant largement dépassée, aucune végétation ne peut s'y installer. La lutte antiérosive va donc s'attacher à stopper le surcreusement du fond de la ravine et à rétablir la pente d'équilibre sur les versants.

Un deuxième type de ravines en **U** s'observe fréquemment dans la nature sur des matériaux hétérogènes. Soit elles ont un fond constitué de matériaux très résistants: lors des crues exceptionnelles le canal va donc s'élargir latéralement par effondrement. Soit, la couche de résistance se trouve en surface, le ruissellement creuse alors profondément le matériau jusqu'à atteindre une nappe d'eau temporaire ou permanente qui va exercer une poussée latérale sur le bas du versant jusqu'à ce que celui-ci s'effondre (sapement de berges). Ici également il sera nécessaire de fixer le fond de la ravine, de retenir les sédiments jusqu'à obtenir une pente d'équilibre des versants.

Il existe une troisième forme de ravinement encore plus difficile à traiter: l'érosion en tunnel (tunneling). Elle peut se développer sur des pentes faibles, dans un matériau fissuré en surface, soit sur des sols riches en argiles gonflantes (vertisols, sols bruns tropicaux, etc.), soit sur des marnes riches en gypse ou en d'autres minéraux

solubles (fréquent dans le bassin méditerranéen) .Lors des orages de fin de saison sèche, les eaux pénètrent dans ces sols fissurés jusqu'à la roche altérée, ruissellent dans ces fissures jusqu'en bas de pente où elles peuvent former des ravines régressives. Les fissures du sol dans lesquelles s'engouffre le ruissellement hypodermique vont se transformer progressivement en tunnels, lesquels s'effondrent et forment des ravines régressives qui peuvent progresser de quelques dizaines de mètres au cours des grosses averses. Seul, le labour en sec peut colmater ces fissures et forcer l'eau à mouiller toute la masse de sol sans s'infiltrer préférentiellement dans les méga porosités.

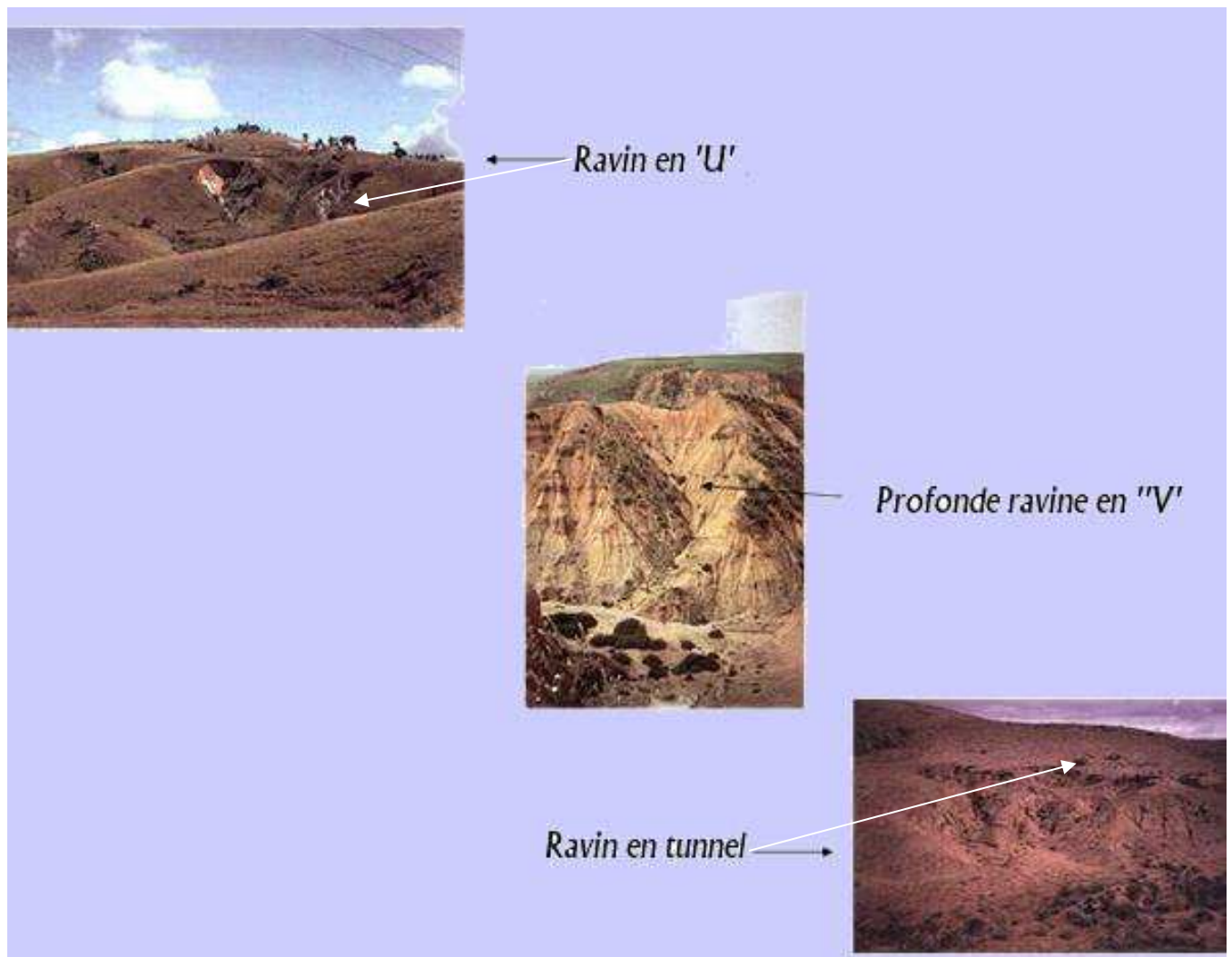


Fig.04 : les différents types de ravinement³

³ www.ma.refer.org

2.4. L'érosion en masse

L'érosion agit cette fois non pas par décapage mais par détérioration des qualités physiques en profondeur et peut alors provoquer soit des glissements de terrain, soit des décrochements.

✓ Les glissements lents (creeping) :

C'est un glissement plus ou moins lent des couches superficielles de la couverture pédologique, généralement sans décollement, qui s'observe assez généralement sur les pentes fortes grâce à la forme couchée des jeunes plants forestiers et à la forme en crosse de la base des arbres adultes.

✓ Les glissements rapides :

Les glissements de terrain en planches sont des décollements d'une couche plus ou moins épaisse de sol, glissant sur un horizon plus compact, servant de plan de glissement.

✓ Les versants moutonnés :

Ce sont des formes molles apparaissent dans des conditions humides lorsque les horizons superficiels dépassant le point de plasticité et progressent lentement, entre la trame des racines qui retient l'horizon de surface et l'horizon compact imperméable représente l'altérité des marnes ou des argilites par exemple.

✓ Les coulées boueuses (laves torrentielles) :

Ce sont des mélanges d'eau et de terre à haute densité ayant dépassé le point de liquidité et qui emportent à grande vitesse des masses considérables de boue et de blocs de roches de taille imposante.

✓ Les glissements rotationnels en « coup de cuillère » :

Ce sont des glissements où la surface du sol et une partie de la masse glissent en faisant une rotation, de telle sorte qu'il apparait une contrepente sur le versant.

Il s'agit souvent de toute une série de coups de cuillère, laissant au paysage un aspect moutonné.

✓ Les formes locales :

Il s'agit d'éboulements rocheux, de sapements de berges ou d'effondrements de versants qui entraînent des glissements localisés. Ceux-ci sont très fréquents en tête de ravine. Ils entraînent l'éboulement de la partie supérieure des lèvres d'une ravine et font progresser la ravine vers le sommet de la colline par érosion régressive.

GLISSEMENTS RAPIDES

1) Coulées boueuses

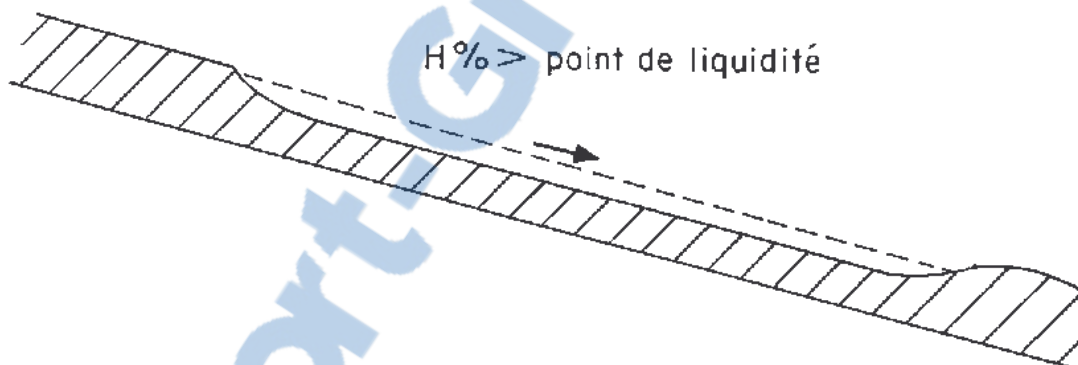
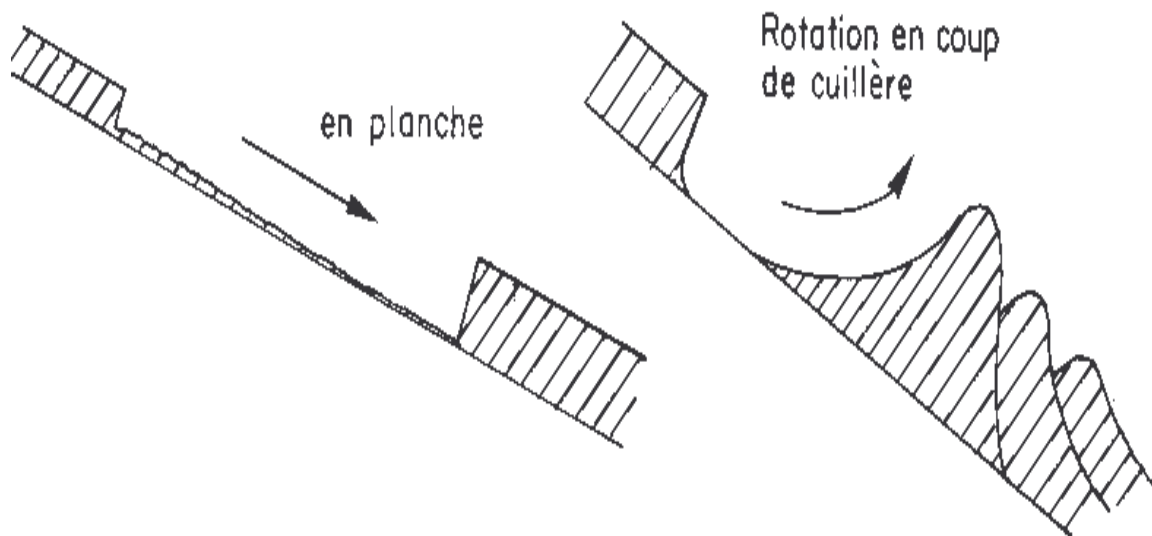


Fig 05 : coulée boueuse au sein d'une parcelle (Le Bissonnais, 2001)



Fig 06 : coulée boueuse en limite de parcelle (Le Bissonnais, 2001)

2) Glissements de terrain



MOUVEMENTS LENTS

3) Creep (Glissement lent des particules a la surface du sol sur pentes fortes)

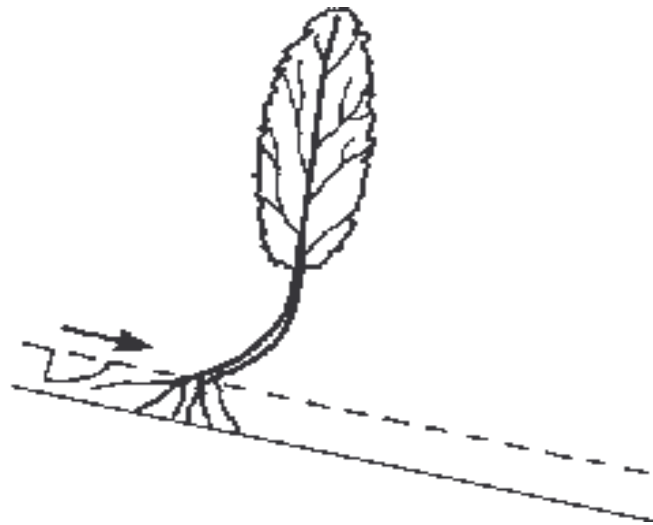


Fig. 07 : les formes de l'érosion en masse (ROOSE, 1994)

3. Les causes et les conséquences de l'érosion hydrique

3.1. Les causes de l'érosion hydrique en Algérie

3.1.1. Le climat

GRECO (1966) avait pu montrer que le climat Algérien est particulièrement agressif. Les pluies peuvent être considérées comme dangereuses dans leurs conséquences quand elles atteignent ou dépassent 30mm en 24 heures, ou 20mm en 2 heures ou même 15 mm en moins d'une heure.

D'autre part, la vitesse de ruissellement prend une énergie croissante ou cumulative suivant le poids total de l'eau multiple par la hauteur de chute, ce qui entraîne une règle désastreuse : les bas piedmonts, même en faible pente, sont toujours exposés aux dégradations accélérées du ruissellement, s'ils sont précédés vers leurs amonts.

3.1.2. Le relief

L'Algérie est un pays montagneux avec des reliefs jeunes ; les pentes sont fortes. L'altitude moyenne est d'environ 900 mètres ; les 68% du territoire sont situés à plus de 800 mètres d'altitude (GRECO ,1966).

3.1.3. Le sol

Les principales caractéristiques des sols qui permettent de déterminer le degré de sensibilité à l'érosion hydrique sont les suivantes : la profondeur, la granulométrie, la teneur en matière organique, la nature minéralogique des argiles, l'infiltrabilité et la cohésion (ROOSE et SEKAYANGE, 1993). D'autre part, la sensibilité des sols est favorisée dans des zones fragiles qui sont principalement des pâturages excessivement exploités, des zones forestières dénudées, des terres en jachère, des bassins versant comportant des ravines et des rigoles et des terres marginales cultivées en céréales.

3.1.4. L'influence de la végétation et les techniques culturales

Parmi les facteurs qui influent le plus sur l'érosion par la réduction de ruissellement sont le couvert végétal ainsi que les techniques culturales adéquates. Sous végétation naturelle, le sol est couvert par 20 à 80% de litière et de végétation basse. Cependant des terres de parcours dégradés, des vignes non entretenues,

des jachères tassées, des matorrals surpâturés peuvent manifester des ruissellements de 30% lors des averses importantes (in CHAFI, 1998).

Dans les régions méditerranéennes, le maintien d'une végétation revêt encore plus d'importance, des mesures doivent être prises pour lutter contre l'érosion, par exemple une bonne utilisation de jachère peut être préconisée (ALIOUA et TELLA, 2007).

La pratique culturale possède une influence indirecte : il faudrait modifier la pratique du labour, voir instaurer le non labour, protéger le sol durant les saisons pluvieuses par des cultures dérobées, appliquer la rotation des cultures et aménager les bassins versants sensibles à l'érosion.

Tableau N°01 : influence de la couverture du sol sur le ruissellement selon Nahal (1975)

Nature de la couverture végétale	Ruissellement/infiltration x100
Forêt	2%
Prairie	5%
Blé, orge	25%
Mais, coton	50%

En observant le tableau n°01, nous pouvons conclure que c'est la forêt qui limite le plus le ruissellement par son couvert et sa litière.

3.1.5. L'influence des facteurs anthropozoogènes

L'homme est l'une des causes principales de l'érosion. Il a été responsable des destructions des forêts, des défrichements, des incendies, des surpâturages et les techniques culturales mal suivies. Ce sont des agents de la dénudation artificielle du sol, car dans le monde entier, 5 millions de kilomètres carrés de terre cultivable ont été perdus par la faute de l'homme (in KORTI, 1999).

Par ailleurs, les sols reculent toujours devant les mauvaises pratiques agricoles (labour dans le sens de la grande pente, mauvaise fertilisation, rotation des cultures

non pratiquée, destruction des chaumes sur pied, pâturage intensif, etc.....). Dans notre pays où les pluies sont bienfaisantes pour les récoltes et la reconstitution des nappes d'eau souterraines, devra-t-on les redouter ? Par ce que mal disciplinées, elles emportent le capital sol qui s'amenuise d'année en année, tandis que le nombre de bouches à nourrir s'accroît.

3.2. Les conséquences

Les conséquences de l'érosion hydrique en Algérie du Nord sont dramatiques ; nous pouvons citer parmi eux (ACHITE *et al*, 2006) :

- Réduction de la production agricole (pertes en sol agricole) ;
- Une dégradation spécifique dépassant les 5000 t/km²/an ;
- Une quantité de 120 millions de tonnes de sédiments rejeté en mer chaque année par les bassins tributaires de la méditerranée (Demmak, 1982) ;
- Un exode rural important ;
- Un rehaussement des lits des oueds provoquant par la suite des inondations, menace les voies de communication et les ouvrages d'arts,...
- L'envasement précoce des barrages en exploitation.

Les moyens de lutte utilisés contre l'érosion hydrique

1. Des stratégies modernes d'équipement rural hydraulique pas toujours adaptées

Devant l'insuffisance de l'efficacité des méthodes traditionnelles, le Pouvoir Central a chargé ses services techniques de proposer pour le bien commun, des solutions aux problèmes de dégradation de l'environnement qui cachent aussi des crises sociologiques. Sur le pourtour du bassin Méditerranéen et aux Etats Unis, d'importantes opérations de protection et de conservation des eaux et des sols ont ainsi vu le jour.

1.1. La RTM (Restauration des Terrains de Montagne) a été créée en 1850 par les forestiers pour restaurer, en montagne, les sols dégradés par le surpâturage des terrains communaux. Des travaux exemplaires (reforestation des hautes vallées, correction des lits des torrents) ont été réalisés dans les Alpes et dans les Pyrénées pour protéger les axes de circulation et l'aménagement des vallées (irrigation, villes, industries). Les problèmes des éleveurs pauvres ont été résolus par l'émigration vers les villes industrielles et les colonies.

1.2. La CES (Conservation de l'Eau et des Sols) est née aux USA lors de la crise économique de 1930. Suite à la mise en valeur agricole des terres fragiles de la grande prairie par les paysans immigrés d'Europe, une érosion éolienne catastrophique s'est développée, provoquant les fameux (dust bowl), nuages de poussière si denses qu'il faisait noir en plein jour. Bennet, le père des conversationnistes a créé, dans chaque comité des USA, un service d'agronomes chargés d'aider les paysans volontaires (aides technique et financière) pour conserver la productivité de la terre et la qualité des eaux.

1.3. La DRS (Défense et Restauration des Sols) s'est développée de 1940 à 1980 autour du bassin méditerranéen pour faire face à la dégradation des terres et aux problèmes d'envasement très rapide des barrages. Il s'agit du mariage entre les deux précédentes approches pour reforester les têtes de vallée, corriger les ravines et torrents et aménager des banquettes sur les terres cultivées sur versants pentus

1.4. La GCES (Gestion de Conservation de l'Eau et du Sol), une stratégie participative de développement rural et de gestion de terroir

Devant l'importance des échecs des grands projets comprenant un volet de lutte antiérosive, un groupe de chercheurs et de praticiens ont proposé une nouvelle approche tenant compte des leçons des échecs et des réussites du passé. Cette approche est décrite dans une série de livres intitulés « Land husbandry » (Shaxson et *al*, 1987; Hudson 1992), expression traduite par GCES : gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (Roose, 1994). Le principe est simple. Pour que l'action d'aménagement soit durable, la participation paysanne est indispensable et il faut donc résoudre d'abord les problèmes majeurs liés à la valorisation de la terre et du travail. Le défi à relever est de doubler la production en 25 ans au rythme de la croissance démographique, tout en réduisant sérieusement les risques de ruissellement et de dégradation des sols par érosion.

Ceci ne peut se faire sans restituer le pouvoir d'innovation aux paysans pour modifier et intensifier le système de production, améliorer la couverture végétale et l'infiltration, en résumé gérer au mieux l'eau, la biomasse et les nutriments disponibles. Cette nouvelle démarche entraîne un changement des mentalités et demande du temps. On distingue trois étapes :

- 1) une étape de sensibilisation, de dialogue et d'enquête rapide sur les problèmes afin de préciser la perception paysanne de la situation, le développement des dégâts au cours des saisons, les facteurs actifs et les stratégies traditionnelles de gestion de l'eau et de la fertilité des sols;
- 2) une étape de démonstration et d'expérimentation chez les paysans volontaires des diverses techniques proposées pour quantifier la gravité des risques, la faisabilité des techniques, leur efficacité et leur coût ;
- 3) enfin une étape d'évaluation par la communauté (villageois + chercheurs + développeurs) et de planification à l'échelle du terroir, voire d'une région ou d'un petit bassin versant.

- Exemple de GCES en moyenne montagne méditerranéenne d'Algérie (Le défi algérien des années 1985-1995)

Depuis les années 1950, des pressions démographiques et socio-économiques ont contribué à développer une sévère dégradation de la couverture végétale, des sols et du réseau hydraulique des montagnes septentrionales de l'Algérie. Les processus en cause sont multiples: défrichement des pentes fortes pour étendre les cultures vivrières, surpâturage et feux dans les forêts méditerranéennes, faibles restitutions et minéralisation rapide des matières organiques du sol. L'érosion est partout présente: érosion en nappe sélective des particules fines les plus fertiles, décapage de l'horizon humifère par formation de rigoles et surtout par décapage mécanique par les outils de travail du sol [$E = 10$ à 50 t/ha/an), ravinement très actif lors des averses de fréquence rare tombant sur des sols nus, travaillé et/ou saturés (100 à 300 t/ha/an)], glissements de terrains argileux, marneux ou schisteux, déstabilisation des berges par les oueds et des versants par le réseau routier.

Le défi en 1985, période de récession industrielle, est de maintenir une population croissante en zone rurale, d'intensifier la production agricole et l'élevage en montagne semi-aride, tout en protégeant la qualité des eaux de surface et les barrages indispensables pour l'alimentation en eau potable des villes en forte croissance (ROOSE, 2004).

2. Les techniques de lutte contre l'érosion hydrique

On peut classer les techniques de lutte contre l'érosion hydrique en deux grands types : procédés mécaniques et procédés biologiques.

2.1. Procédés mécaniques

Ils correspondent à des techniques simples, basées sur l'utilisation de matériaux locaux, disposés en petits barrages et destinés à dissiper l'énergie des eaux de ruissellement (MIETTON, 1986).

2.1.1. Les terrasses

La culture en terrasses est le plus ancien procédé de culture en montagne. On en trouve partout des traces en Algérie, datant de l'époque romaine ou plus récentes.

De telles terrasses ont été édifiées sur les montagnes tout autour de la méditerranée depuis 2.000 ans avant Jésus christ jusqu'au moyen âge.

La technique en est simple, les versants sont divisés en plates-formes horizontales plus ou moins écartées les unes des autres. On travaille en déblai à l'amont de l'axe de la future terrasse, on remblaie à l'aval de cet axe. Les terres de remblai sont soutenues à l'aval, soit par un mur de pierres sèches, soit par une pente gazonnée (GRECO, 1966).



Fig. : 08 terrasse renforcé avec des pierres
(Khenadeki, 2010).

2.1.2. Les murettes

Une murette en pierre sèche, construite suivant les courbes de niveau, constitue à la fois un obstacle qui diminue la vitesse d'écoulement de l'eau sur la pente, et un filtre qui retient les matériaux entraînés dans la zone comprise entre deux ouvrages. Elle se colmate peu à peu en amont. Lorsque l'atterrissement atteint le sommet de la murette, on relève son niveau par de nouvelles lignes de pierres. Il se forme ainsi progressivement des terrasses en escaliers.

2.1.3. Les banquettes

Les banquettes peuvent jouer un rôle important pour lutter contre les manifestations de l'érosion. Cette technique, qui est très connue au Maghreb consiste

à construire des fossés larges d'un mètre en moyenne suivant une certaine pente en long, en fait la banquette a grossièrement l'allure d'un canal, mais le fond n'est pas plat : il comporte des bosses et des creux. Le but est de capter les eaux avant qu'elles ne se concentrent pour les obliger, soit à s'infiltrer, soit à ruisseler à une vitesse non érosive. par exemple sur les versant d'exposition nord, naturellement déjà humide, la concentration local de l'eau fait franchir les limites de liquidité là où les mouvements superficiels était dus au simple franchissement de la limite de plasticité. Des glissements ou des coulées boueuses apparaissent à partir d'un élément du réseau des banquettes (AVENARD in SLIMI, 2008) (Fig.09)

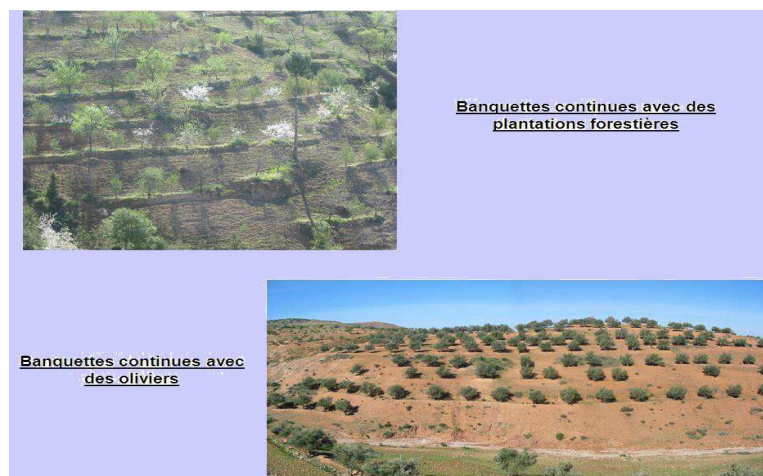


Fig.09: Banquettes avec plantation forestière et avec des oliviers⁴

2.1.4. 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]

La gestion préventive des risques torrentiels repose largement sur des mesures de protection aux travers des ouvrages de correction torrentielle sur un plan global de

⁴ www.ma.refer.org

gestion du risque, les problématiques concernent le choix de stratégie de protection et la caractérisation de l'efficacité des dispositifs existants (TACNET, 2010).

Selon TACNET (2007) il y a deux types de protections :

✓ Protection active :

Objectif : agir sur les causes de l'érosion et du transport solide (stabiliser, protéger le sol).

Moyens : génie biologique (reverdissement, reboisement), petite correction (banquettes, seuils dans les ravines), barrages de consolidation (chenal d'écoulement).

✓ Protection passive :

Objectif : limiter les effets de l'érosion et du transport solide (stocker, rediriger, ne pas exposer)

Moyens : barrages de sédimentation (plage de dépôt), canaux de dérivation, endiguement, contrôle de l'urbanisme (mesures non structurelles) pour limiter, adapter les constructions.

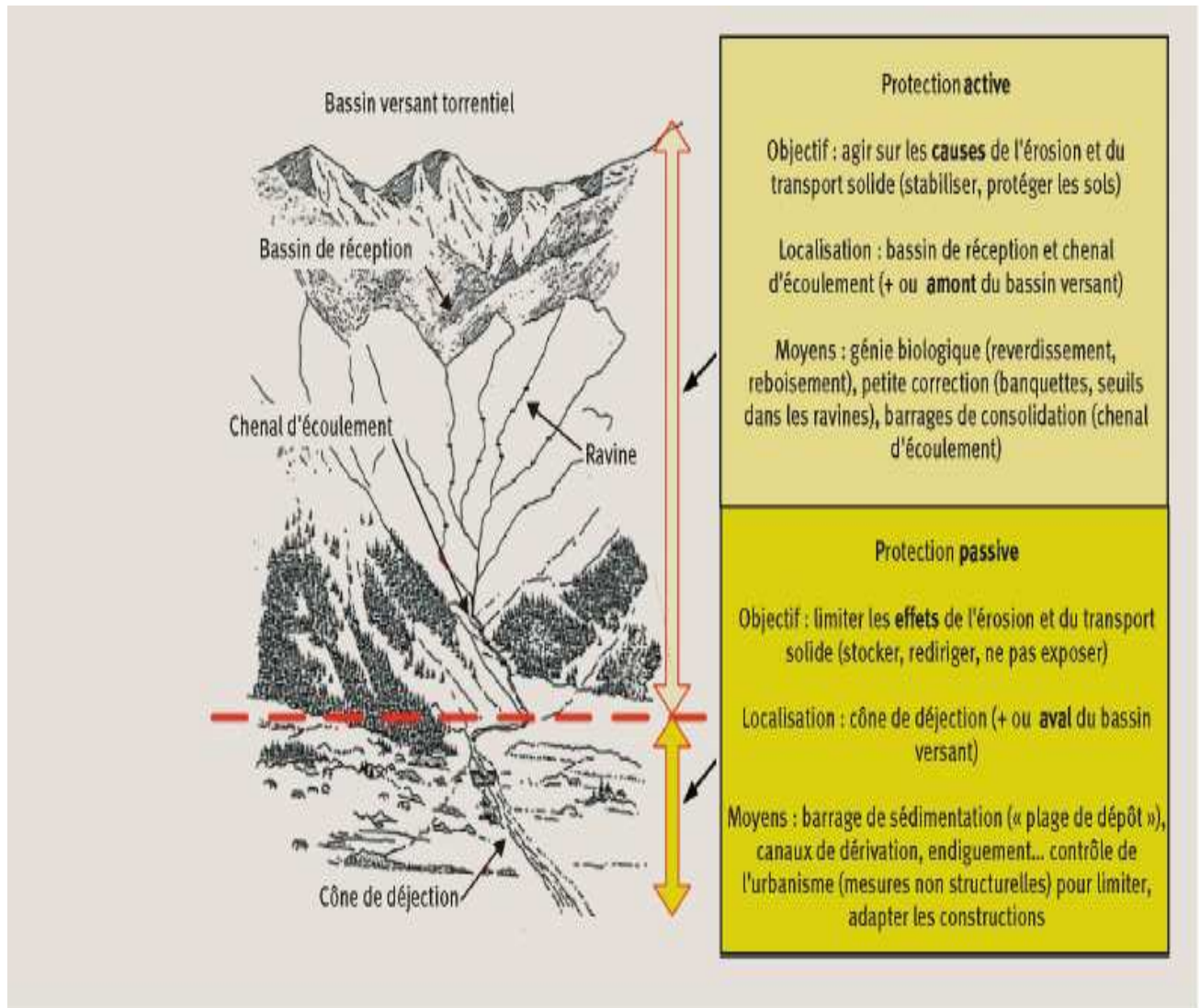


Fig.10 : nature et localisation des stratégies de correction torrentielle
(TACNET ,2007)

2.1.4.1. Les seuils de correction torrentielle

Ce sont des barrages qui présentent généralement un déversoir dans leurs parties centrales et sont implantés en escaliers. Cette disposition permet une dissipation de l'énergie des écoulements et conduit progressivement à une modification de la pente du talweg évoluant théoriquement à long terme vers la pente d'équilibre du torrent caractérisé par la disparition de tout phénomène d'arrachement et de dépôt (BENYAMINA, 1996).

2.1.4.1.1. Le gabion

Les gabions se présentent sous forme de cage parallélépipédique en grillage galvanisé à mailles hexagonales double torsion, renforcées en lisière et sur les bords par des fils de diamètre supérieur au fil de la maille et par de diaphragmes disposés tous les mètres. Elles sont remplies de matériaux pierreux de granulométrie appropriée (DURAND et *al*, 1999) (Fig.11)

2.1.4.1.1.1. Formes et dimensions des gabions

Formes : Il existe différentes formes de gabion : gabion cage, gabion semelle, gabion à base débordante, gabion commun, gabion à poche...

Dimensions : il existe différentes dimensions de gabion on peut citer :

- gabion de longueur de 02 m et une largeur de 1 m et hauteur de 0.5m.
- gabion de longueur de 03 m et une largeur de 1 m et hauteur de 0.5m.
- gabion de longueur de 04 m et une largeur de 1 m et hauteur de 0.5m.
- gabion de longueur de 02 m et une largeur de 1 m et hauteur de 1 m.
- gabion de longueur de 03 m et une largeur de 1 m et hauteur de 1 m.
- gabion de longueur de 04 m et une largeur de 1 m et hauteur de 1 m.

2.1.4.1.1.2. Recommandations pour la réalisation des seuils en gabions selon TRICOLI (2002)

Préparation:

- dans l'ouverture des gabions et dans leur emplacement il faut respecter les dimensionnes des gabions,
- dans la phase préliminaire de pose des gabions pour avoir une bonne continuité des couches il faut bien lier chaque gabion avec les autres sur les côtés et sur le fond si le gabion est posé au-dessus d'une autre couche des gabions.

Remplissage:

- le remplissage doit être fait 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.

- des tirants doivent être placés pour renforcer les gabions, quand la hauteur du gabion ne dépasse pas les 60 cm, à la moitié de la hauteur doivent être placés trois tirants en horizontal (deux dans le sens de la largeur et un selon la longueur du gabion), pour le gabion de hauteur d'environ 1 m il faut doubler ces tirants à deux hauteurs diverses (à environ 30 et 70 cm du fond).

Fermeture:

- pour donner le niveau de fermeture des gabions il est toujours nécessaire d'utiliser un fil placé entre deux piquets, suffisamment éloigné entre eux, avec un niveau à maçon,

- dans chaque gabion la couche finale doit être faite avec des pierres plates pour garantir une bonne forme du gabion et une bonne couche de pose pour les gabions qu'ils seront posés supérieurement,

- le grillage supérieur du gabion doit être bien tendu au moment de la fermeture, on ne doit pas laisser de grillage libre.



Fig .11: gabion (région de Oulhaça, Cliché Boucif, 2011)

2.1.4.1.2. Les seuils en pierres sèches

Les barrages en pierres sèches sont très souvent utilisés. Toutes fois, compte tenu du manque de cohésion entre les pierres, ces barrages ne devront jamais être très élevés (2 à 3 mètres), ils ne devront pas être établis dans les terrains argileux. Le couronnement en est la partie la plus sensible, aussi on utilisera selon GRECO (1966)

- des pierres de grandes dimensions ;
- des pierres posées, leur grande longueur dans le sens du courant ;
- les cuvettes seront curvilignes de préférence ;
- le fruit sera de 25% ;
- un atterrissement artificiel sera établi à l'amont. (Fig.12)

- Le déversoir

Le déversoir est la partie du barrage par où s'écoulera l'eau du torrent : c'est le seuil. Ce seuil peut avoir une section longitudinale, rectangulaire, trapézoïdale ou curviligne (GRECO, 1966).

Le déversoir à section curviligne est préférable parce qu'il a l'avantage d'éviter les angles et de combattre la convexité des dépôts de matériaux contrairement aux déversoirs à section rectangulaire ou trapézoïdale qui ont des angles qui peuvent être attaqués par les matériaux et présentent aussi le risque de provoquer des affouillements.



Fig.12 : Ravin aménagé par seuils en pierres sèches dans un champ de céréale⁵

2.1.4.1.3. Les seuils en terre

Le seuil en terre pour sa caractéristique de faciliter et de simplicité d'exécution, est le premier type d'œuvre à prendre en considération lorsqu'on veut aménager un torrent.

Les raisons économiques qui conseillent l'adoption de ce type de seuil sont :

- La valeur des matériaux est pratiquement nulle puisqu'on utilise seulement le terrain agraire trouvable sur les mêmes lieux d'exécution du travail.
- La facilité de trouver les matériaux nécessaires à l'exécution du travail est le facteur le plus important qui influe sur le choix de ce type de seuil.

2.1.4.2. Phases d'exécution des travaux de correction torrentielle

2.1.4.2.1. Piquetage et emplacements des seuils

Le piquetage se fera d'amont en aval, la distance entre les seuils est en fonction de la pente et aura une dénivelée qui pourra augmenter ou diminuer en fonction du relief de l'impact où on va asseoir le seuil. 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 de compensation c'est la pente pour laquelle la quantité de matériaux enlevés par le torrent correspond à la quantité de matériaux apportés, elle s'appelle aussi «pente limite» (GRECO, 1966).

⁵ www.ma.refer.org

2.1.4.2.1.1. L'écartement entre les seuils

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

Normalement quand, on se fixe pour objectif la lutte contre le ravinement, il faut que la distance entre les barrages de consolidation soit suffisamment importante pour que l'on puisse utiliser à plein la capacité de rétention de sédiment des ouvrages, mais aussi des ouvrages trop espacés permettant aux eaux de s'organiser et d'atteindre des vitesses importantes susceptibles d'endommager les seuils.

L'écartement peut être calculé par la formule suivante :

$$E = \frac{L}{N} \begin{cases} E : \text{écartement} \\ L : \text{longueur de ravine} \\ N : \text{nombre de seuil} \end{cases}$$

Selon BURCHARD (1980), pour calculer l'écartement, il faut bien connaître les relations qui existent entre le gradient initial des chenaux de ravine et celui des dépôts sédimentaires qui s'accumulent au dessus des barrages de consolidation installés dans les ravines.

D'autres auteurs ont démontré que ce n'est pas seulement le gradient initial du chenal qui influe sur la pente des dépôts, mais aussi la largeur du chenal que point occupé par l'ouvrage et la hauteur de la crête de l'évacuateur par rapport au fond du chenal primitif.

En effet un écartement idéal ne peut être qu'estimatif et les formules mises au point à ce jour l'ont été de façon tout à fait empirique et il est nécessaire de poursuivre les recherches pour en définir les bases théoriques.

2.1.4.2.1.2. Le nombre des seuils

Pour déterminer le nombre de seuils à planter, la formule couramment utilisée en Algérie est la suivante :

$$N = L \frac{(P - I)}{H}$$

N : Nombre de seuils

L : Longueur du ravin

P : Pente moyenne du lit

I : Pente de compensation déterminée expérimentalement

H : Hauteur moyenne des lits

2.1.4.2.2. Fondation des seuils

Selon NAHAL(1975) la base des ouvrages de correction torrentielle doit pénétrer loin en profondeur et dans les berges du ravin pour empêcher les pertes par dessous et aux deux extrémités.

En effet, les fondations sont les éléments essentiels des ouvrages, car elles évitent le déchaussement et l'empatement des seuils par les eaux en période de pointe. Ces fondations seront ouvertes en travers du chenal et ont pour dimension de 0.55 à 0.75 m de profondeur et jusqu'à 1m dans les sols affouillables.

Les fondations doivent avoir une largeur supérieure à celle de la base et dépasser d'une valeur sensiblement égale à l'amont et à l'aval (0.20 m à 0.30 m de sur largeur en largeur environ) (GRECO, 1966).

2.1.4.2.3. Le ramassage des pierres⁶

Le ramassage des pierres se fera manuellement et le transport au moyen des camions et tracteurs. Le ramassage et l'approvisionnement des pierres nécessaires à la confection des seuils doivent répondre aux critères suivants :

⁶ Selon les fiches techniques de la conservation de Tlemcen

✓ qualité des pierres :

Eviter la pierre qui se s'agrège au contact de l'air et de l'eau ce qui compromet la durée de vie du seuil (pierre dur).

✓ forme de la pierre :

Eviter les pierres plates et rondes ainsi que les matériaux des lits d'oueds car ils échappent facilement du mur des seuils.

✓ taille et calibre de la pierre :

Pour le corps du barrage utiliser la pierre ayant un diamètre supérieur à 10 cm, cependant il faut que la répartition du calibre des pierres dans les ouvrages sera comme suit :

- 10 à 14 cm (15%)

- 15 à 19 cm (20%)

- 20 à 30 cm (25%)

- 31 à 45 cm (30%)

2.1.4.2.4. Ancrage des seuils

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. Il est important dans les ravines où l'on peut s'attendre à gros débits de pointe et où les sols sont fortement sujets à l'érosion, car il diminue le danger d'affouillement et de minage autour des barrages et allonge considérablement le chemin parcouru par les infiltrations.

Les ancrages se composent d'une tranchée de 0.6 m de profondeur et de largeur creusée en travers du chenal .En cas d'une instabilité excessive, la profondeur de la tranchée est portée à 1,2 ou 1,8 m (BURCHARD, 1980).

2.2. Les procédés biologiques

L'application de procédés biologiques doit aboutir à conférer au sol une résistance accrue à l'attaque hydrique en utilisant l'action de la végétation naturelle ou cultivée.

2.2.1. Interactions végétation-érosion

La végétation peut intervenir contre l'érosion de deux manières principales (VILES, 1990) : d'une part elle peut empêcher l'érosion de se produire, jouant ainsi un rôle de protection « active » contre l'érosion, d'autre part elle peut retenir les sédiments érodés à l'amont, jouant alors un rôle « passif » ou « à distance » contre l'érosion.

2.2.1.1. Protection active contre l'érosion hydrique

La végétation protège les sols de l'érosion de manière « active » par protection contre les agents érosifs (MARTINEZ-MENA *et al*, 1999) et fixation des sols (BONNET, 1983). La végétation peut protéger les sols contre les agents érosifs par régulation hydrologique, régulation thermique et protection mécanique.

2.2.1.1.1. Régulation hydrologique

La végétation peut permettre de lutter contre l'érosion par ruissellement grâce à son action de régulation hydrologique des bassins versants (HUMBERT et NAJJAR, 1992 ; FLEURIEL, 1998 ; FORT, 1999 ; LAVABRE et ANDREASSIAN, 2000). Cette régulation hydrologique s'effectue par interception des gouttes de pluie, augmentation de l'infiltration de l'eau dans le sol, pompage d'une partie de l'eau contenue dans les sols et restitution dans l'atmosphère sous forme d'évapotranspiration. La régulation hydrologique jouée par la végétation a pour effet de diminuer la quantité, l'intensité et la vitesse du ruissellement.

2.2.1.1.2. Régulation thermique

La végétation peut jouer un rôle de régulation thermique ; elle permet en effet d'atténuer les écarts thermiques journaliers, réduisant ainsi la désagrégation des roches due à la gélifraction et à la thermoclastie (ROVERA *et al*, 1999).

2.2.1.1.3. Protection mécanique

Par son couvert, la végétation peut jouer un rôle de protection mécanique, en diminuant l'énergie cinétique des gouttes de pluie et en réduisant ainsi l'effet Splash (BONNET, 1983). Les végétaux permettent également de diminuer l'effet du vent sur la mobilisation des sédiments érodés (MORGAN, 1990). Enfin, la végétation empêche la concentration du ruissellement et diminue son énergie.

2.2.1.2. Protection passive : le piégeage des sédiments

La végétation peut jouer un rôle de piégeage et de rétention d'une partie des sédiments érodés à l'intérieur d'un bassin versant. Des dépôts ont ainsi été observés à l'amont de barrières végétales (SANCHEZ et PUIGDEFABEREGAS, 1994). Sur des pentes plus fortes que celles sans végétation (BOCHET *et al*, 2000). Ces dépôts peuvent être retenus durablement s'ils sont colonisés par des végétaux, qui vont fixer les sédiments piégés par développement des racines. En conséquence, à l'intérieur des bassins versants, de grandes quantités de sédiments érodés sont piégées et ne rejoignent pas l'exutoire des bassins (BEUSELINK *et al*, 2000 ; REY, 2002).

2.2.2. Les différents types de procédés biologiques

2.2.2.1. Le reboisement et choix des espèces

Les reboisements ont un effet régulateur du régime des eaux, la forêt peut réduire les pointes de crues de près de 70% ; elle augmente la capacité de rétention du sol. L'objectif à long terme est de restaurer la végétation qui assure une protection permanente contre l'érosion.⁷

Les essences de reboisement, quelle que soit leur origine, doivent réunir un certain nombre de qualités: être adapté au sol et au climat de la station où l'on veut les introduire, avoir des graines abondantes, présenter une bonne reprise à la transplantation, avoir une croissance rapide et donner des produits utiles. Parmi les essences de reboisements les plus utilisées :

⁷ <http://www.ac-grenoble.fr>

Les résineux : Pin d'Alep (*Pinus alepensis*), Le thuya de barbarie (*Callitris articulata*),
Le cyprès toujours vert (*Cupressus sempervirens*) :

Les feuillus : les chênes : le Chêne liège (*Quercus suber*), le Chêne vert (*Quercus ilex*),
les peupliers : le Peuplier blanc (*Populus alba*), le Peuplier noir (*Populus nigra*)

2.2.2.2. La plantation fruitière

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

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

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

2.2.2.3. Fixation des berges

La fixation des berges consiste à protéger efficacement les barrages contre les affouillements elle est nécessaire lorsque les matériaux qui constituent la berge ont peu de cohésion, la vitesse d'écoulement des eaux est forte et la stabilité des talus est menacée.

La fixation des berges se fait soit par la végétation, elle consiste à laisser croître la végétation naturelle en la protégeant contre les déprédations du bétail, les feux et autres éléments nuisibles, soit par les ouvrages.

Si la végétation naturelle ne suffit pas à recouvrir les berges d'une végétation suffisamment dense, on doit avoir recours à de nouvelle plantation.

Les espèces souvent plantées pour la fixation des berges sont : l'Atriplex (*Atriplex halimus*), l'agave américaine (*Agave sisalana*), Cactus (*Opuntia ficus indica*)

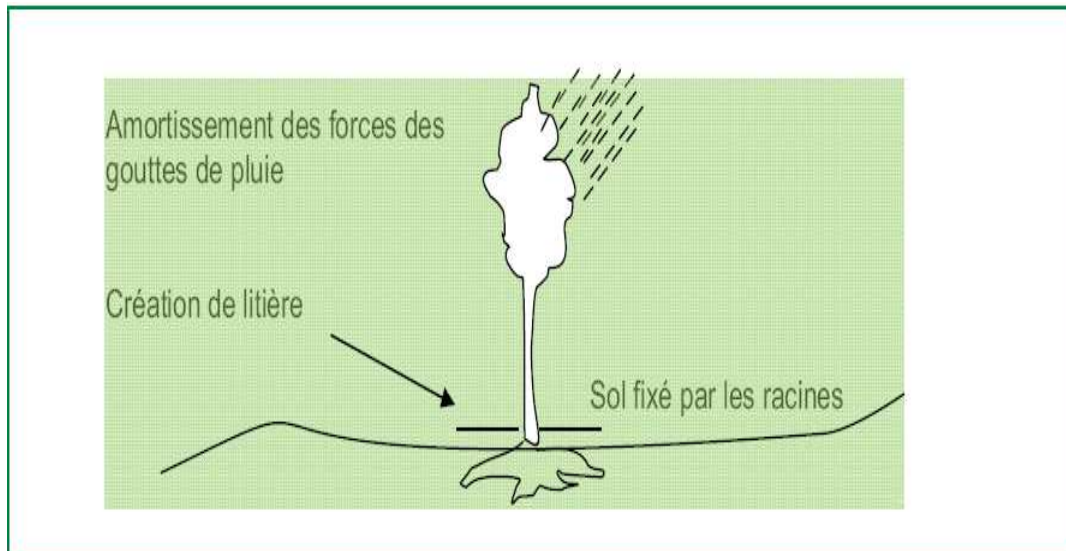


Fig .13 : Rôle de l'arbre dans la lutte anti érosive (RAHARINAIVO, 2008)

Chapitre II
Étude de milieu

1. Situation géographique

Le micro bassin versant de village TAFNA se situe juste à l'amont du barrage Boughrara. Il est traversé par la route nationale n°7 reliant Sabra-Maghnia et il est situé entre les coordonnées Lambert et géographiques suivantes :

Coordonnées Lambert :	$x_1 : 3853.85 \text{ km}$	$y_1 : 621.75 \text{ km}$
	$x_2 : 3854.77 \text{ km}$	$y_2 : 623.75 \text{ km}$
Coordonnées géographiques :	longitude $x_1 : 1^\circ 40' 21'' \text{ W}$	$x_2 : 1^\circ 38' 82'' \text{ W}$
	Latitude $y_1 : 34^\circ 49' 85'' \text{ N}$	$y_2 : 34^\circ 49' 23'' \text{ N}$
Source : carte de Maghnia (1960), échelle 1/25.000		

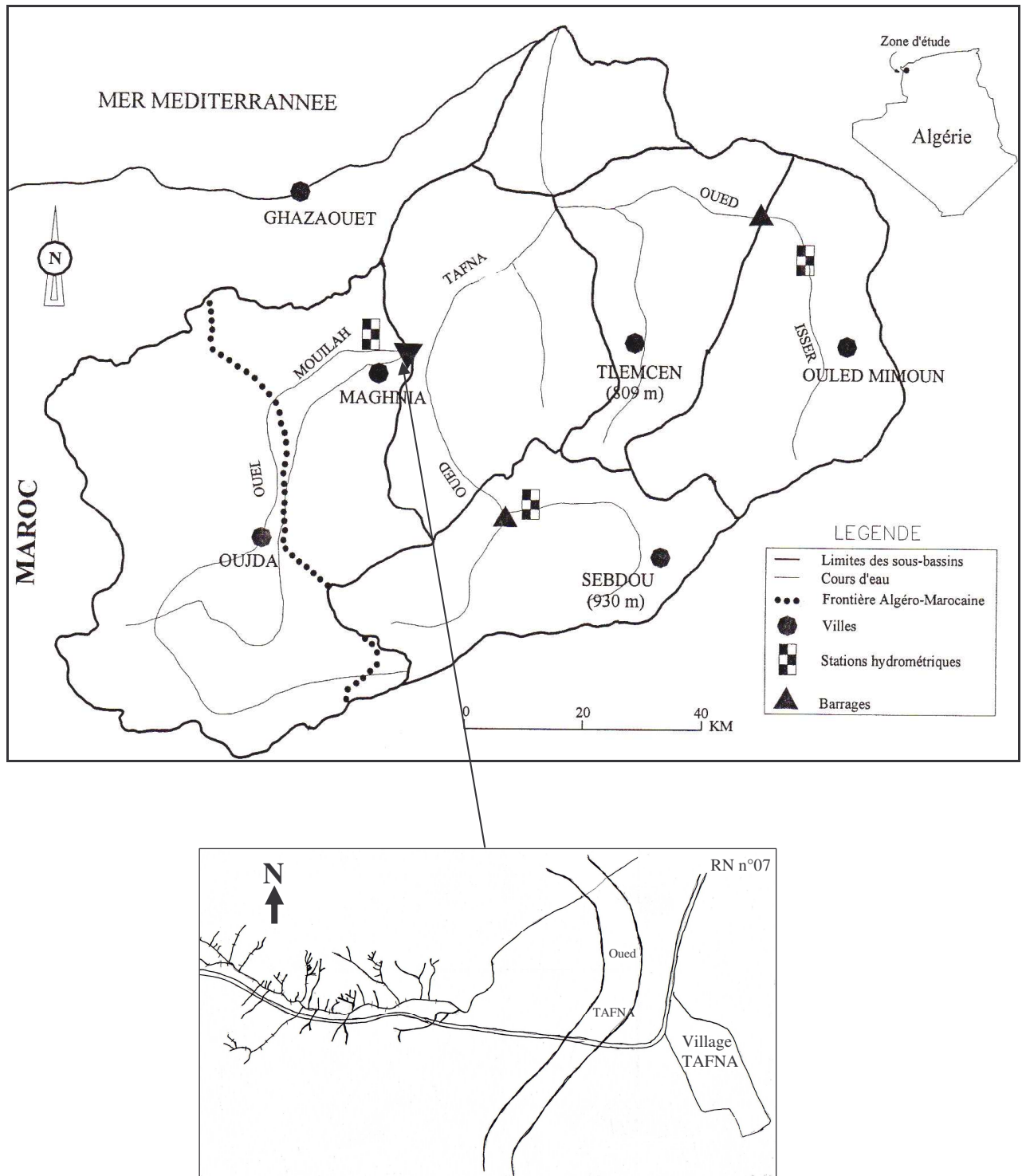


Fig14 : Situation de la zone étudiée dans le grand bassin versant de la Tafna

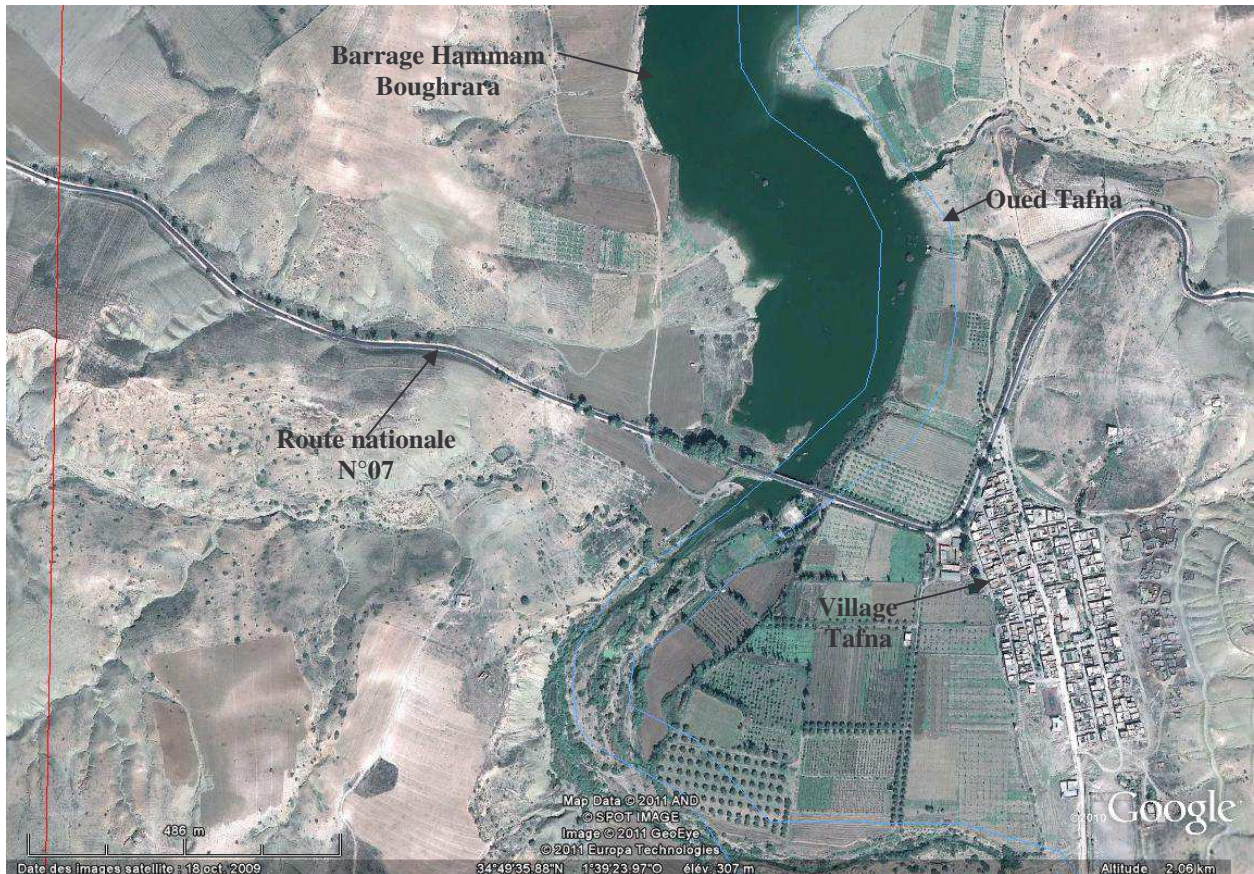


Fig 15 : Image satellitaire de la zone d'étude (Google Earth 18/10/2009)

2. Géologie

Pour avoir une idée sur la géologie du micro-bassin versant de village Tafna, nous nous sommes référés aux mémoires faites sur le bassin versant de Hammam Bouhrara. En situant la zone d'étude sur la carte géologique de ce dernier (échelle 1/500000) nous avons constaté que le micro-bassin de village Tafna repose sur les formations géologiques suivantes :

Le miocène inférieur du tertiaire : c'est des marnes argileuses, compactes fissurées de couleur grise et gris verdâtre reposée sur une base de grès calcaire.

Les dépôts du quaternaire, formés d'alluvions récents, des éboulis de pente discontinue et des colluvions (limoneuses et argileuses) (ZEKRI, 2000).

3. Pédologie

La notion du sol est un concept scientifique qui permet de prendre conscience de certaines propriétés du milieu. Le rôle de la pédologie dans une étude, est de différencier les unités pédologiques homogènes, leurs caractères pédologiques et nous permettons ainsi d'établir les aptitudes des sols aux cultures (MARJULUS, 1963).

Selon une fiche technique consultée auprès de la circonscription des forêts de Maghnia, le périmètre du Barrage de Hammam Boughrara (et d'ailleurs comme toute la région de Maghnia) est constitué par 4 types de sols :

3.1. Sols bruns forestiers

Ils sont peu épais jusqu' à 30 cm, de couleur qui tourne autour du brun, noir riche en matière organique avec une forte concentration de débris végétaux en surface.

3.2. Sols peu évolués

Ils sont très répandus dans la zone d'étude. Ils sont caractérisés par un faible degré d'altération.

3.3. Sols alluviaux

On les observe sur les terrains plats et les dépressions. Ces sols sont généralement à texture limoneuse à argileuse. Sur le plan agricole, les sols alluviaux sont fertiles et conviennent aux cultures à enracinement profond.

3.4. Sols fersialitiques

Ils existent sur différents substrats calcaires grés et marnes. Ils caractérisent les zones qui n'ont pas été modifiées par l'érosion et les remaniements superficiels.

D'une manière générale, la nature des terrains dans la zone d'étude présente une dominance de sols à texture argileuse lourde peu structurés pauvres en matière organique et fortement dégradée. Ces sols dépourvus de cailloux en surface sont très sensibles à l'érosion. Le reste ce sont des sols alluvionnaires couvert à leur surface par

un nombre important de pierres et de débris végétaux, ce qui les rend relativement plus résistants à l'érosion (MAZOUR et al, 2008).

4. Hydrologie

4.1. Les eaux superficielles

L'espace de cette région est sillonnée par une série de cours d'eaux, en provenance des piémonts nord de Ras Asfour (monts de Tlemcen), ainsi que du territoire marocain parmi ces cours d'eaux les plus importants sont :

-*Oued Ourdefou* : formé par la confluence d'oued El Aouina, Bou Naim et Abbés,... charriant les territoires des communes de Béni Boussaid et sidi Medjahed. Ces cours d'eau sont caractérisés par des écoulements temporaires.

Lors des orages et des périodes pluvieuses, les débits ne sont pas connus, mais les apports appréciables contribuent à l'alimentation des aquifères de la plaine. Au niveau de l'agglomération de Maghnia, ils deviennent exutoires des eaux usées urbains et industriels.

-*Oued Mouillah* : prolongement naturel d'oued Isly, qui prend sa source à 40km au sud de la ville d'Oujda (Maroc). Il est caractérisé par son écoulement permanent moyen, estimé à 100 l/s. Il s'agit en fait, des eaux usées de la ville d'Oujda et ses activités industrielles, non traitées.

Les analyses effectuées par l'ANRH, au niveau de la station de Ras Mouillah (barrage de déviation) indiquent que l'eau est polluée par des matières organiques assez élevées et des métaux lourds toxiques. Notons que ce cours d'eau est programmé pour recevoir un débit de quatre à cinq fois plus, une fois les travaux de raccordement des réseaux d'assainissement seront achevés.

4.2. Les eaux souterraines

-la nappe de Maghnia : la nature géologique (quaternaire récent et ancien) et ses dimensions géographiques (35km²) lui confèrent une grande capacité en eau souterraine.

-la nappe de Zriga : cette nappe n'a pas connu des études aussi détaillées que celle de Maghnia (ALIOUA et TELLA, 2007).

5. Climat

Le climat est l'ensemble des phénomènes météorologiques (température, pression atmosphérique, vents, précipitation...etc.) qui caractérisent l'état moyen de l'atmosphère et son évolution en un lieu donné. Ces paramètres climatiques sont directement responsables de la répartition et du développement des plantes comme il intervient fortement dans la formation et l'évolution du sol. C'est un élément essentiel dans l'étude de différentes régions du monde (THINHOIN, 1948).

Le climat méditerranéen est un climat de transition entre la zone tropicale, avec un été très sec et celui des régions tempérées en bordure de la mer seulement, l'hiver est très frais et plus humide (EMBERGER, 1955 ; ESTINNE et GODRAD, 1970).

Il est caractérisé par la coïncidence de la sécheresse avec les mois chauds qui lui confère toute les caractéristiques d'un climat xérothermique.

Pour le climat de la zone d'étude, la station qui a été utilisé comme référence est celle de Maghnia. Elle est située à (tableau n°2) :

Tableau n°2: situation de la station de Maghnia (ANRH, 2009).

Station	Coordonnées		Altitude (m)
Maghnia	<i>latitude</i>	<i>longitude</i>	426,50
	34° 49' Nord	1° 47' Ouest	

5.1. Les précipitations

D'après DJEBAILI (1978), la pluviosité est le facteur primordial qui permet de déterminer le type du climat. En effet, elle conditionne le maintien de la répartition du tapis végétal d'une part, et la dégradation du milieu naturel par le phénomène d'érosion d'autre part.

Les précipitations sont la quantité d'eau, évaluée en mm par année, qui s'appelle aussi « la tranche ou la lame pluviométrique ». Cette tranche diffère d'une région à une autre en fonction du relief.

SOLTNER (1996) a montré que la répartition des pluies en Algérie obéit aux trois lois suivantes :

-La hauteur de la pluie augmente avec l'altitude mais elle est plus élevée sur les versants exposés aux vents humides que sur les versants sous le vent.

-Elle augmente de l'ouest à l'est et diminue au fur et à mesure que l'on s'éloigne du littoral.

5.1.1. Les précipitations moyennes annuelles

Le micro bassin versant de village Tafna a un climat de type semi-aride à hiver tempéré, avec des précipitations moyennes annuelles de 328 mm (MAZOUR, 2001).

Les pluies ont un caractère violent et irrégulier. Elles tombent surtout sous forme d'orages, particulièrement en automne ou leur agressivité marque souvent le paysage.

5.1.2. Les pluies maximales journalières

Les pluies maximales journalières dépassent souvent la moitié du total mensuel. Ces pluies agressives ont des intensités moyennes dépassant 30 mm/heure, contribuant ainsi au déclenchement des forts ruissellements et des crues.

5.2. Les autres types de précipitations

5.2.1. La neige

C'est une forme de précipitations, se présentant sous forme solide, elle peut constituer un apport d'eau appréciable pour la végétation (DJEBAÏLI, 1984).

La neige dans la zone d'étude est pratiquement nulle, la durée moyenne d'enneigement n'est pas fréquente, elle ne dépasse pas un jour par an.

5.2.2. La grêle

C'est une autre forme solide de précipitation, qui résulte parfois d'orages particulièrement forts. La grêle est très fréquente notamment pendant le début du printemps, environ de trois (3) jours de chute de grêle par an (in ALLIOUA et TELLA, 2007).

5.2.3. Les orages

Ils se produisent en saison humide et se succèdent par des pluies provoquant des dégâts considérables sur les cultures et sur la végétation. Ce type de précipitations est estimé en moyenne de dix (10) jours par an, il peut aussi se produire en saison estivale particulièrement durant le mois d'Août.

5.2.4. Les gelées

C'est une congélation de la rosée qui se produit entre fin Décembre et fin Mars. Dans la zone d'étude, le phénomène de gelée blanche est fréquent en hiver avec un risque de gelée printanière.

5.2.5. Le brouillard

C'est un amas de gouttelettes d'eau très fines en suspension dans l'air, très fréquent en Décembre et Avril. Il s'agit surtout ici de brouillard de rayonnement qui se produit en fin de saison froide sous l'influence du rayonnement nocturne (BRICHETOU, 1954). Le brouillard et l'humidité atmosphérique apportent un complément de précipitations non négligeable aux différentes cultures.

5.2.6. Les vents

Le vent est la conséquence de masse d'air, se déplaçant dans des zones de fortes pressions vers les zones de basses pressions. Il se caractérise par deux caractéristiques durant l'année :

1^{ère} caractéristique : elle concerne la partie de l'année dont la température est basse et la pluviométrie est élevée. Cette période, est dominée par des vents de direction Ouest et Sud-ouest durant le jour et Nord à Sud-ouest pendant la nuit avec une forte intensité.

2^{ème} caractéristique : elle concerne l'autre période de l'année qui connaît une température élevée et une pluviométrie faible arrivant jusqu'à 0mm. Le vent Est domine le jour et une partie de la nuit avec une faible intensité.

- Selon ELHAI(1974), le vent présente une action directe sur le végétal (dissémination, destruction, dessèchement...), comme il peut influencer le climat par sa charge en humidité.
- Le vent influe aussi par ses effets mécaniques sur le transport des particules solides, donc il provoque l'érosion des terres de façon non négligeable.
- Dans la zone d'étude, la saison humide se distingue par la dominance d'un vent Nord-Ouest, alors que cette zone connaît parfois, durant la saison sèche (juillet et août), le siroco, qui est un vent de Sud, assez fort, chaud et a pouvoir desséchant.

5.3. Les températures

La région de Maghnia est caractérisée par une température moyenne annuelle douce de 17°C, on note toutefois un maximum au mois de juillet et août (35°C), ces deux mois correspondent aux mois les plus chauds.

6. Occupation du sol

6.1. Forêts

Dans le micro bassin versant du village Tafna, quelques zones élevées sont reboisées par le Pin d'Alep avec la présence de quelques sujets d'Eucalyptus dans les lisières et dans les bordures de la route nationale n°07. D'autres terrains sont occupés par une végétation dégradée à cause du surpâturage ou sont totalement nus (photo 01 et 02)



Photo 01 : en haut du versant un reboisement par le Pin d'Alep, en bas sol nu ou occupé par une végétation dégradée et pratique de l'agriculture sur les deux rives de l'Oued Tafna (Cliché Zékri et Boucif, Avril 2011)



Photo 02 : présence du jujubier sur les deux rives du cours d'eau principal (Cliché Zékri et Boucif, Avril 2011)

6.2. L'agriculture

L'agriculture est pratiquée sur les deux rives de l'oued Tafna en raison de la fertilité du sol, elle concerne la céréaliculture et la culture maraichère (photo 03 et 04)



Photo 03 et 04 : la pratique de l'agriculture sur les deux rives de l'Oued Tafna (Cliché Zékri et Boucif, Avril 2011)



6.3. L'arboriculture

Nous avons observé dans la zone étudiée plusieurs champs d'olivier jeunes et assez jeunes. Ces champs sont clôturés soit par le Jujubier, soit par un grillage métallique. Ainsi que d'autres sujets de Pêcher et de Grenadine (photo 05 et 06)



Photos 05 et 06 : champ d'Olivier clôturé par le Jujubier et par du grillage métallique
(Cliché Zékri et Boucif, Avril 2011)



6.4. Elevage

L'élevage ovin au niveau de la région est très important mais la charge du bétail à l'hectare influe directement sur la dégradation de la végétation et du sol.

6.5. Répartition de la population dans la région de Maghnia et activité humaine

Selon les fiches techniques consulté dans la circonscription des forêts de Maghnia, la population de la commune de Maghnia se répartie comme suit (tableau n°4) :

Tableau n°3 : répartition de la population dans la commune de Maghnia.

Commune	Population total	Population active	Population occupée en %				Taux de chômage
			<i>agriculture</i>	<i>Bâtiment</i>	<i>industrie</i>	<i>Commerce de service</i>	
Maghnia	72 388	17 300	20,5	17,8	11,8	49,9	19,4

En observant le tableau ci-dessus, nous remarquons que le taux de chômage dans la commune de Maghnia est estimé à 19,4% de la population active, cela est du à l'accroissement rapide de la population totale et à la faible création de l'emploi dans tous les secteurs d'activité. La pratique de l'agriculture est en régression continue par contre le secteur de l'industrie et de bâtiment subit le phénomène inverse grâce à l'exploitation de gisement de bentonite par l'**ENOF** et par la création de la zone d'activité de Maghnia (SOGEDIA-CERAMIQUE) plus particulièrement.

Le secteur de commerce de service a également connu une forte augmentation en raison de l'activité des stations thermales de la proximité de la frontière.

7. Les formes d'érosion rencontrées dans la zone d'étude

La zone d'étude est caractérisée par de nombreux facteurs favorables à l'érosion qui la rendent plus sensible et fragile, ces facteurs sont :

- Une forte activité animale

- Un climat agressif
- Des pentes généralement fortes
- Un couvert végétal dégradé et même parfois totalement absent
- Une dominance de faciès lithologique facilement érodables et l'absence de techniques culturales antiérosives.

Nous avons observé les formes d'érosion suivantes :

7.1. Ravinement en V sur formations marneuses

La densité des ravines est assez importante et leur activité est en général assez intense. Certaines ont été reprises par des glissements de terrain localisés et ont atteint des stades de dégradation avancés, ce qui rend toute intervention impossible et inutile. Dans la plupart des ravines, l'évolution est surtout régressive et se fait particulièrement à la faveur des événements pluviométriques importants (photo 07 et 08).



Photo 07 : premiers stades de l'érosion linéaire (griffes et rigoles)

(Cliché Zékri et Belarbi, 2010)



Photo 08 : Ravinement en V sur un versant marneux (Cliché Zékri et Belarbi, 2010)

7.2. Érosion régressive

L'érosion régressive est un phénomène de dynamique fluviale qui consiste à une érosion qui se propage de l'aval vers l'amont, c'est-à-dire dans le sens inverse de l'écoulement de l'eau (photo 09 et 10).



Photo 9 et 10: érosion régressive et sapement des berges (Cliché Zékri et Boucif, Avril 2011)

7.3. Le tunneling

Le tunneling ou érosion par suffusion est due à une infiltration importante des eaux qui crée un rongement interne des terrains, aboutissant à des ravines par effondrement ou affaissement (photo 11).



Photo 11 : le tunneling dans la zone d'étude (Cliché Zékri et Boucif, Avril 2011)

7.4. Erosion en masse

La photo ci dessous représente un glissement de terrain dans la zone étudiée.



Photo 12 : glissement de terrain (Cliché Zékri et Boucif, Avril 2011)

Chapitre III
Évaluation de l'état des seuils
de correction torrentielle

1. Contexte général :

Le sous bassin versant du village TAFNA se situe juste à l'amont du barrage de Hammam Boughrara, il présente un relief accidenté, la pente moyenne des versants varie entre 15 et 50% et les altitudes sont compris entre 370 et 495m.

La nature des terrains en place présente une dominance de sols à texture marneuse, peu structurés, pauvres en matière organique et fortement dégradés par l'érosion hydrique. La vigueur du relief et l'agressivité du climat intensifient encore ce phénomène.

Le climat est de type semi-aride à hiver tempéré dont la pluviométrie est très variable, elle est comprise entre 300 et 450 mm caractérisée par un régime torrentiel ce qui accentue le phénomène de l'érosion et les glissements de terrains au niveau des sols sensibles.

La végétation est presque inexistante le long des lits des principales châabats et sur les berges. A l'exception de la partie amont reboisée par le Pin l'Alep en 1964 (forêt de Tamecsalet), le reste des terrains est occupé par une végétation herbacée peu dense sur les versants. Sur le cours d'eau principal (Oued Tafna) ils ont été plantés quelques arbustes. Sur les sols non encore touchés par le ravinement se pratique la céréaliculture et le pâturage reste omniprésent.

Le présent travail est une continuité des travaux déjà effectués sur le micro bassin versant de village Tafna, dont on peut citer:

ZEKRI N., 2000 : « Analyse des aménagements antiérosifs dans le micro bassin versant du village Tafna », département de Foresterie ;

ALIOUA et TELLA, 2007 : « Impact des états de surface sur l'infiltration et l'érosion des terres dans des sols marneux dans la région de Maghnia », département d'Agronomie ;

CHEBAB S., 2010 : « Rôle des espèces fourragères dans la réhabilitation des sols contre l'érosion dans la région de Maghnia », département de Foresterie.

BELARBI A., 2010 : « Analyse de l'état et de l'efficacité des procédés antiérosifs sur quelques ravines du bassin versant de village Tafna (région de Maghnia, wilaya de Tlemcen), département de Foresterie.

MOUS-LEHSAINI K., 2011 : Contribution à l'étude de l'impact des travaux antiérosifs sur le barrage de Hammam Bouhrara (Région de Maghnia - Wilaya de Tlemcen), département de Foresterie.

2. Méthodologie du travail :

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

Ceci va nous amener à examiner l'ensemble des aménagements réalisés depuis 1994 dans le sous bassin versant du village Tafna en vue d'établir la situation actuelle de ces derniers, voir leur comportement et se prononcer sur leur efficacité.

La méthodologie que nous avons suivi pour élaborer ce travail a été basé sur des sorties sur terrain pour observer l'état des seuils mécaniques mis en place. Cette étape a été complétée par un travail de bureau, en consultant les documents cartographiques de la région.



Photo n°13 : procédés antiérosifs mécaniques et biologiques utilisés dans la zone d'étude (Cliché Zékri et Boucif, Avril 2011)

ZEKRI (2000), a étudié et analysé les aménagements situés entre la forêt en amont et l'emplacement du premier seuil en terre sur le cours d'eau principal (partie Est de village Tafna).

BELARBI (2010), a étudié et analysé les aménagements situés dans le reste de la partie Est.

Dans ce travail nous avons étudié et analysé quelques seuils de correction torrentielle situés dans la partie Nord-ouest de village Tafna.

3. Evaluation de l'état des seuils de correction torrentielle :

Sur 2500 m³ de travaux de correction torrentielle réalisés sur la tranche 1994-1995 à l'Est et au Nord-ouest de village Tafna, nous avons observé et analysé l'état et la stabilité de 36 seuils. Les résultats obtenus sont reporté dans le tableau suivant :

Tableau n°4 : caractéristiques des seuils de correction torrentielle étudiés

Code des ouvrages ordre/type	CEP/ravine traité n°	Déversoir	Fondation	Ancrage	Atterrissement %	Stabilité de l'ouvrage	Reprise biologique
1/1	CEP	-	+	+	0	-	-
2/1	CEP	+	+	-	90	+	-
3/1	3	+	+	+	+100	+	-
4/1	2	+	+	+	100	-	+
5/1	1	+	+	+	100	+	-
6/1	2	+	+	+	90	+	+
7/1	CEP	+	+	+	100	-	+
8/1	CEP	+	+	+	100	+	-
9/1	CEP	-	+	+	100	-	-
10/1	CEP	+	+	+	100	+	-
11/1	CEP	+	+	+	+100	-	+
12/1	3	-	+	+	0	-	+
13/1	2	+	-	+	80	+	-
14/1	2	-	-	+	90	+	-
15/1	2	+	-	-	100	+	-
16/1	2	+	+	+	90	-	-
17/1	2	+	+	-	+100	+	-
18/1	2	+	-	+	70	-	-
19/1	1	+	+	+	100	+	-
20/1	CEP	-	+	-	0	-	-
21/1	CEP	+	+	+	90	-	-
22/1	2	+	+	+	+100	+	-

23/1	1	+	-	-	80	-	-
24/1	CEP	+	+	+	60	-	-
25/1	CEP	-	+	+	0	-	-
26/1	2	+	-	-	60	-	+
27/1	2	+	+	+	100	+	+
28/1	1	+	-	-	80	+	-
29/1	1	-	+	+	0	-	-
30/1	1	+	-	+	50	+	+
31/2	1	+	-	+	70	+	+
32/2	1	+	+	+	80	+	-
33/2	1	+	+	+	100	+	-
34/3	CEP	/	+	+	60	+	+
35/3	CEP	/	-	-	80	+	-
36/3	CEP	/	-	-	100	+	-

Légende du tableau :

Code des ouvrages :

1 : seuils en pierres sèches
 2 : seuils en gabion
 3 : seuils en pneus usagés

CEP/ravine traité n° :

CEP : cours d'eau principal

1 : ravine n°1

2 : ravine n°2

3 : ravine n°3

Déversoir :

+: présent

- : absent

Fondation

+: bonne

- : médiocre

Ancrage :

+: bonne

- : médiocre

Stabilité de l'ouvrage :

+: bonne

- : mauvaise

Reprise biologique :

+: présente

- : absent

En observant les résultats donnés dans le tableau n°3, nous pouvons tirer les constatations suivantes :

- Le déversoir est présent dans la majorité des seuils mais parfois il est détruit ou surdimensionné (photos n°14 et n°15) ;
- La majorité des seuils présente une bonne fondation mais certains sont déstabilisés à cause d'une mauvaise fondation de leur assiette (photos n°16 et n°17) ;
- L'ancrage est aussi bon pour la majorité des seuils étudiés mais dans d'autres il est médiocre ce qui a provoqué la naissance du phénomène de renardage (photo n°18) ;
- L'atterrissement des terres transportés à l'amont des seuils a atteint dans la plupart des cas 100% et parfois plus. Dans les autres cas l'atterrissement est

moins important soit à cause de la destruction du seuil dans sa partie centrale ou la reprise de l'érosion régressive entre deux seuils voisins (photos n° 19 et n°20) ;

- Sur l'ensemble des seuils étudiés à peu près 50% sont stables et 50% sont instables ;
- Et en fin la reprise biologique à l'amont de chaque seuil est faible et parfois inexistante (photo n°21).

Concernant le dimensionnement des seuils et l'écartement entre eux, nous avons jugé inutile de les faire parce que le dimensionnement des seuils suit souvent la géométrie du ravin et parfois sont surdimensionnés. L'écartement est dans la plus part des cas faible ce qui a induit à une densité très importante des seuils.



Photo n° 14 : seuil en pierres sèches détruit dans sa partie centrale et reprise de l'érosion régressive (Cliché Zékri et Boucif, Avril 2011)



Photo n° 15 : déversoir surdimensionné (Cliché Zékri et Boucif, Avril 2011)



Photo n° 16 : seuil en gabion déstabilisé à cause d'une mauvaise fondation (Cliché Zékri et Boucif, Avril 2011)



Photo n° 17 : seuil en pierres sèches déstabilisé à cause d'une mauvaise fondation (Cliché Zékri et Boucif, Avril 2011)



Photo n°18 : un mauvais ancrage induit à la naissance du phénomène de renardage (Cliché Zékri et Boucif, Avril 2011)



Photo n° 19: atterrissement des terres transportées à 100% à l'amont du seuil (Cliché Zékri et Boucif, Avril 2011)



Photo n°20 : seuil submergé par la terre transportée (Cliché Zékri et Boucif, Avril 2011)



Photo n° 21: végétation dégradée par le surpâturage ou totalement absente (Cliché Zékri et Boucif, Avril 2011)



Photo n°22 : reprise de l'érosion régressive entre deux seuils (Cliché Zékri et Boucif, Avril 2011)



Photo n°23 : reprise de l'érosion linéaire dans les deux sens (Cliché Zékri et Boucif, Avril 2011)

4. l'activité de l'érosion :

Le sous bassin versant du village Tafna est très touché par le phénomène du ravinement à cause de son substrat marneux ce qui conduit à la naissance de nouvelles ravines qui font augmenter le nombre et la longueur des cours d'eau du réseau hydrographique d'une année à l'autre.

Pour avoir une idée sur l'activité de l'érosion hydrique linéaire dans le tronçon étudié nous avons jugé utile d'utiliser une méthode très simple en comparant la densité et la longueur du chevelu hydrographique de deux années : de l'année 1994 et celui de l'année 2009 (après 15 ans de la mise en place des aménagements antiérosifs).

Pour dessiner le réseau hydrographique de l'année 1994, nous avons utilisé un document cartographique qui s'appelle l'orthophotoplan (mission 1994). L'orthophotoplan est un document cartographique à grande échelle (1/5000), c'est une photo aérienne mais dont l'échelle est plane (corrigée) comme le cas des cartes topographiques et où on peut visualiser nettement le réseau hydrographique en cas d'une densité très faible de la végétation. C'est le cas aussi de la zone que nous avons étudié où nous avons pu reporter facilement le réseau hydrographique sur papier calque.

A cause de la non disponibilité d'orthophotoplan d'une nouvelle mission au niveau du cadastre, nous avons utilisé pour dessiner le réseau hydrographique actuel une image satellitaire de Google Earth du 18-10-2009.

Nous avons fait la classification du réseau hydrographique des deux années (1994 et 2009) selon celle de Strahler (1957) (figures n° 16 et n°17). Ensuite nous avons calculé le nombre des cours d'eau pour chaque ordre et la longueur des cours d'eau du même ordre à l'aide du curvimètre et en fin les rapports de confluence et de longueur.

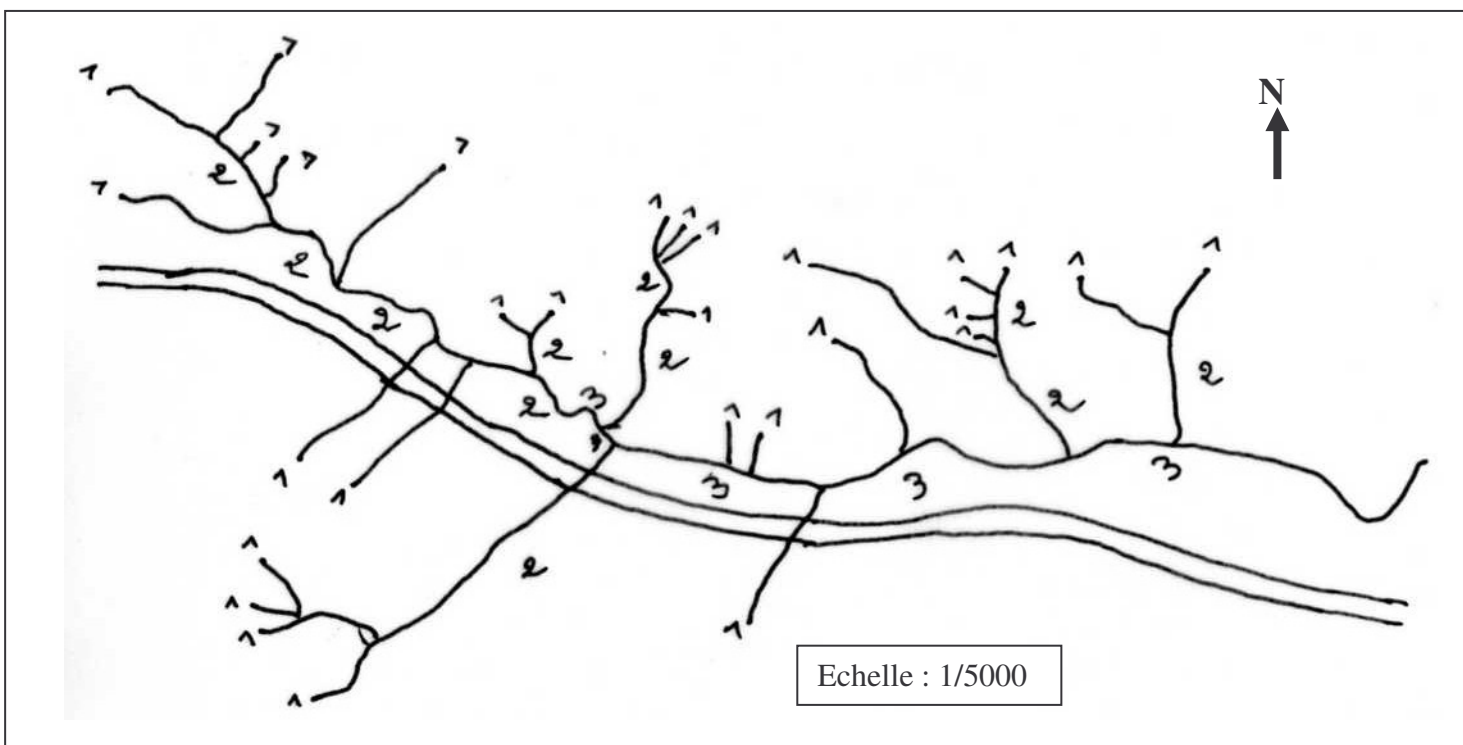


Fig 16 : classification du réseau hydrographique du tronçon étudié de l'année 1994

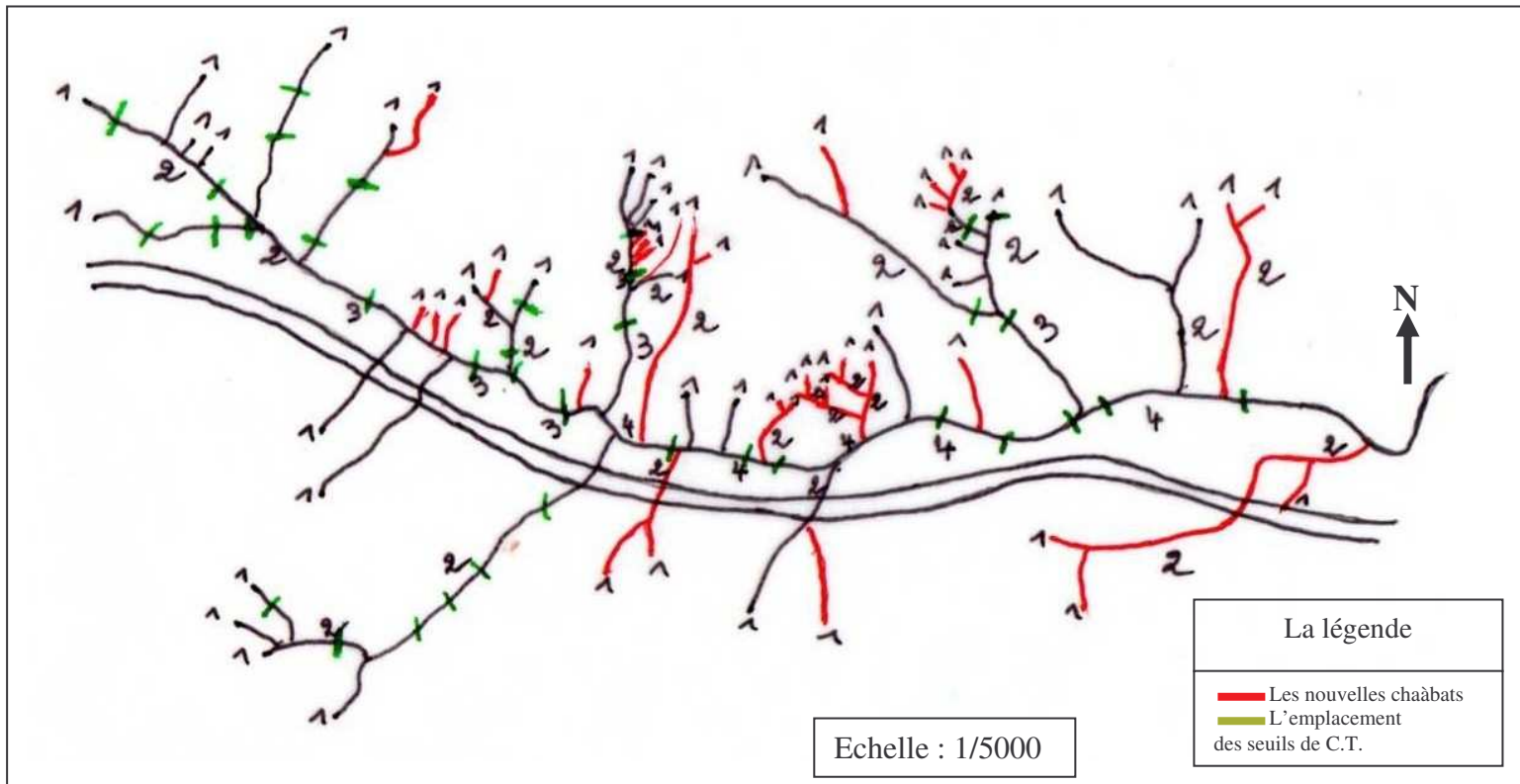


Fig 17 : classification du réseau hydrographique du tronçon étudié de l'année 2009

Les résultats que nous avons obtenus sont représentés dans les tableaux suivants :

Tableau n°5 : caractéristique du réseau hydrographique du tronçon étudié de l'année 1994.

ordre	Nombre de cours d'eau	Longueur des cours d'eau (km)	Rapport de confluence	$L \square (l/n)$	Rapport de longueur
1	29	0.91	3.22	0.031	1.709
2	9	0.642	9	0.053	1.792
3	1	0.475		0.095	

$$L_T = 2.027 \text{ Km}$$

Tableau n°6 : caractéristique du réseau hydrographique du tronçon étudié de l'année 2009.

ordre	Nombre de cours d'eau	Longueur des cours d'eau (km)	Rapport de confluence	$L \square (l/n)$	Rapport de longueur
1	62	2.05	2.48	0.033	1.515
2	25	1.3	8,33	0.05	1.42
3	3	0.5	3	0.071	1.26
4	1	0.45		0.09	

$$L_T = 4.337 \text{ Km}$$

Le calcul du rapport de confluences et de longueurs se fait respectivement suivant les formules suivantes :

$$R_c = N_x / N(x+1)$$

Dont :

R_c : rapport de confluences.

N_x : nombre des cours d'eau d'ordre x

$N(x+1)$: nombre des cours d'eau d'ordre $x+1$

$$R_l = L(x+1) / L_x$$

Dont :

R_l : rapport des longueurs

L_{x+1} : longueur moyenne des cours d'eau d'ordre $x+1$

L_x : longueur moyenne des cours d'eau d'ordre x .

Nous avons par la suite calculé la différence entre la longueur totale du réseau hydrographique de l'année 2009 et celle de l'année 1994 comme suit :

$$L_T(2009) - L_T(1994) = 4,337 - 2,027 = 2,31 \text{ km}$$

A partir de ce résultat on déduit que de 1994 à 2009 (sur 15 ans), la longueur du chevelu hydrographique a augmenté de 2,31 km soit en moyenne 0,154 km par an (ou **154 mètres par an**). Le nombre des cours a également augmenté de **33** pour les cours d'eau d'ordre **1**, de **16** pour les cours d'eau d'ordre **2**, de **2** pour les cours d'eau d'ordre **3**, et la présence d'un cours d'eau d'ordre **4** en 2009.

Belarbi (2010), a fait les mêmes calculs en utilisant les orthophotoplans de l'année 1972 et celle de 1994 de la partie Est du village Tafna et a constaté une augmentation de la longueur du chevelu hydrographique après 22 ans de 2,85 km. Soit en moyenne 0,1295 km par an (ou **129,5 mètres par an**).

Ces résultats témoignent d'une activité érosive très importante dont les facteurs du milieu sont tous favorables : substrat marneux très vulnérable à l'érosion, une pente assez importante, un couvert végétal peu dense (soit totalement absent sur les versants

ou présent mais très dégradé par le surpâturage) et un climat méditerranéen semi aride avec des précipitations agressives en été et en automne le moment où le sol est généralement nu.

En plus en comparant les deux résultats donnés si dessus nous aboutissons à une conclusion très importante et au même temps surprenante : l'installation des aménagements antiérosifs en 1994 n'a pas fait diminuer l'activité de l'érosion linéaire dans le bassin étudié mais par contre elle a augmenté.

5- Résultats et discussion :

Suite aux différentes observations sur le terrain et aux résultats des calculs obtenus ont peut distinguer les constatations suivantes :

- L'état actuel des seuils de correction torrentielle ne permet pas à ces derniers d'encore jouer leur rôle antiérosif. La majorité des seuils sont instables (détruit dans leur partie centrale ou sur les cotés, surtout les seuils en pierres sèches, les seuils en gabions sont déchausser et les seuils en pneus usagers ont perdu un certain nombre de pneus) ;
- l'instabilité des seuils est due soit à une mauvaise fondation, mauvais ancrage ou au non respect des normes de remplissage des pierres (la forme, la qualité, la taille et le calibrage) et au délaisement de ces structures après leur mise en place (absence totale de suivie et de surveillance) ;
- Cela a induit à la reprise de l'érosion régressive et progressive entre les seuils ;
- L'atterrissement des terres transportées est dans la plupart des cas arrivé à 100% voire même plus, ce qui rend le seuil dans sa fin de sa durée de vie, surtout avec une faible reprise biologique qui peut remplacer le rôle du seuil ;
- Un couvert végétal faible et parfois totalement absent a favorisé la naissance de nouvelles chaâbets (ravines) à cause d'une activité érosive remarquable ;
- Malgré la présence des aménagements antiérosifs depuis 1994, l'activité de l'érosion linéaire est encore importante voire même plus importante. Cela a été confirmé par la comparaison de la densité et de la longueur du chevelu hydrographique de l'année 1994 et celui de l'année 2009 ;

- Cela a été dû à la non efficacité des seuils installés sur le terrain à cause de leur instabilité, il s'est ajouté à cela la faible densité du couvert végétal due au surpâturage, aux aléas climatiques et à la dominance de l'érosion régressive (phénomène de rhexistase).

Le barrage de Hammam Bouhrara, contient déjà actuellement 1,5 millions de mètres cube de vase se qui correspond à un dépôt annuel après 12 ans de sa mise en service à 125 000 m³/an en moyenne. En effet la présence des aménagements antiérosifs depuis 1994 c'est-à-dire 4ans avant la mise en eau du barrage de Hammam Bouhrara a sans aucun doute minimisé les transports solides arrivant au barrage par Oued Tafna. Mais la situation actuelle de ces aménagements avec une reprise biologique très faible de paré d'autres des seuils et une activité d'érosion très remarquable sur les versants, vont menacer le barrage dans les années à venir par des transports solides plus importants et donc par un envasement accéléré de cet ouvrage d'art le plus grand de la wilaya de Tlemcen (MOUS-LEHSAINI , 2011)

A l'issu de ces résultats, nous pouvons conclure que une intervention au niveau de ce bassin versant est nécessaire voire même indispensable pour maîtriser l'érosion. Nous proposons à titre d'exemple :

- A court terme ;
 - Une surélévation des seuils encore stables pour prolonger leur durée de vie ;
 - Un entretien des seuils peu stables ;
 - L'installation de nouvelles plantations adaptées aux conditions du milieu (climat, sol, aspects socioéconomiques) en amont et en aval des versants et sur les berges ;
 - Un Contrôle du pâturage ;
 - Effacer les griffes et les rigoles (premiers stades de l'érosion linéaire) et les empêcher de se reproduire.
- A moyen et à long terme ;
 - Réfléchir sur d'autres types de seuils de correction torrentielles plus adaptés aux terrains en place ;

- Développer les formules utilisées dans le calcul de la densité des seuils et l'écartement entre eux sur une ravine en intégrant l'ensemble des facteurs du milieu (longueur et pourcentage de la pente, type de sol, agressivité climatique, pourcentage du recouvrement du sol par la végétation et les autres états de surface) sans oublier le facteur économique ;
- Intégrer la population locale dans le choix des actions d'aménagement à entreprendre dans le futur pour assurer une efficacité et une pérennité des procédés antiérosifs

Conclusion générale

Une multitude de méthodes de lutte antiérosives ont été appliquées dans le monde et en Algérie pour freiner les processus d'érosion. Certaines ont réussi et d'autres ont présenté des inconvénients dans leur mise en place et une inadaptation avec les aspects socioéconomiques des zones traitées.

Ces méthodes coûtent souvent très chers et parfois un mauvais choix ou une mauvaise installation des techniques à mettre en place se répercutent négativement sur le plan économique. Car leur efficacité devient limitée et parfois totalement inexistante.

L'objectif du présent travail rentre dans ce cadre où nous avons essayé de faire une évaluation rapide de l'état et de l'efficacité de quelques seuils de correction torrentielle installés depuis 1994 dans le micro bassin versant de village Tafna situé juste à l'amont du barrage de Hammam Boughrara.

Les résultats obtenus nous ont permis de constater que l'état actuel des seuils de correction torrentielle ne permet pas à ces derniers d'encore jouer leur rôle antiérosif. La majorité des seuils sont instables à cause d'une mauvaise technicité dans leur mise en place et a l'absence totale de suivie et de surveillance. Cela a induit à la reprise de l'érosion. En plus l'atterrissement des terres transportées est dans la plupart des cas arrivé à 100% voire même plus, ce qui rend le seuil dans sa fin de sa durée de vie, surtout avec une faible reprise biologique qui peut remplacer le rôle du seuil. Le couvert végétal est faible et parfois totalement absent.

En effet malgré la présence des aménagements antiérosifs depuis 1994, l'activité de l'érosion linéaire est encore importante voire même plus importante. Cela a été confirmé par la comparaison de la densité et de la longueur du chevelu hydrographique de l'année 1994 et celui de l'année 2009. Cela a été du à la non efficacité des seuils installés sur le

terrain à cause de leur instabilité, il s'est ajouté à cela la faible densité du couvert végétal due au surpâturage, aux aléas climatiques et à la dominance de l'érosion régressive (phénomène de rhexistase).

La lutte antiérosive exige, donc, une intégration des opérations dans le cadre d'une politique globale d'aménagement dans en 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. Elle exige aussi une rénovation de l'économie agraire et un changement des structures existantes qui nécessitent une modernisation des moyens d'exploitation et une création impérative d'autres sources de revenus pouvant faciliter une reconversion des terres et assurer à la population des moyens de subsistance. Aussi faut-il respecter le savoir-faire paysan et le replacer à sa juste valeur en soutenant et en améliorant les techniques traditionnelles en matière de gestion conservatoire des ressources.

A

Achite M , Touaibia B et Ouillon S, 2006.érosion hydrique en Algérie du nord : ampleur, conséquences et perspectives. In: Marrakech “water management and conservation in semi-arid environment”. Colloque international, Marrakech may 14-19, 2006:6p.

Alioua M et Tella A., 2007.impact des états de surfaces sur l’infiltration et l’érosion des terres dans les sols marneux dans la région de Maghnia. Mémoire d’ingénieur en sciences Agronomiques, université de Tlemcen, 60p.

B

Belarbi A., 2010.analyse de l’état et de l’efficacité des procédés antiérosifs sur quelques ravines du bassin versant de village Tafna (région de Maghnia.tlemcen), Mémoire d’ingénieur en foresterie, université de Tlemcen, 57p.

Benyamina K., 1996 : mise en valeur intégrée et lutte contre l’érosion par correction torrentielle et son impact socio-économique. Communication, 17p.

Besson L., 1996.*les risques naturels en montagnes.* Grenoble(France) : Ed Artes.38p

Bonnet D ., 1983. *prise en compte les risques naturels en foret de montagne : quelques réflexions dans le cas des forets soumises des alpes du nord.*Grenoble : Ed CEMAGREF.106p.

Brichetou J., 1954. enquête pédologique de la région de Tlemcen.Terry-Ann.Inst.Agro.SeroRech.Exp., Alger,28p.

Burchard H., 1980.ouvrages et méthodes de correction des ravines.Etats-unis :Ed F.A.O.pp219-265.

C

Chafi A., 1998. Contribution à l’étude de l’influence de la végétation sur l’érosion pluviale (cas de la région de Hammam Bouhrara). Mémoire d’ingénieur en écologie. Institut des Sciences de la Nature, Université de Tlemcen, 105p.

Chebab S., 2009. rôle des espèces fourragères dans la réhabilitation des sols contre l’érosion dans la région de MAGHANIA : cas d’*Atriplex halimus*, Mémoire d’ingénieur en foresterie, université de Tlemcen, 71p.

Cros-cayot S., 1996. distribution spatiale des transferts de surface à l'échelle du versant. Contexte Américain. Thèse de doctorat de l'ENSAR, 218p+annexes.

D

Dakich A, Bekhadi A et Hamoum A., 1997. Evaluation de la sensibilité des sols à l'érosion par télédétection et SIG. Agence nationale des ressources hydrauliques (Algérie).32p

Demmak A., 1982. Contribution à l'étude de l'érosion et des transports solides en Algérie septentrionale, Thèse Doct. Ing. Paris, 323 p.

Djebaili S., 1978. Recherches phyto-sociologiques et phytoécologiques sur la végétation des hautes plaines steppiques et de l'Atlas saharien. Thèse de Doctorat en sciences technologiques, Université Languedoc, Montpellier, 229p.

Djebaili S., 1984 *La steppe Algérienne, phyto sociologie et écologie* .Alger :Ed O.P.U. 127p.

Durand JM. Royet P et Mériaux P., 1999.*Technique des petits barrages en Afrique sahélienne et équatorial.* France : Ed Quae. 415p.

E

Emberger L., 1955 Une classification biographique des climats. Rev. Trav. Lab. Bot. Géol., Fac. Sci, Montpellier7 :143p.

Estinne P et Godard A., 1970.climatologie.A.colin.U.365p

F

Fleuriel M., 1998.synthèse bibliographique : foret et écoulement des eaux.Aix-en-provence : université de Provence,29p.

Fort C., 1999.l'eau et la foret .Bulletin technique de l'ONF, n°37 spécial.240p.

G

Greco J., 1966 : *L'érosion, la défense et la restauration des sols, le reboisement en Algérie.*Alger : Ed M.A.R.A. 393p.

H

Hadjiat K., 1997, Etat de dégradation des sols en Algérie. Rapport d'expert PNAE, banque mondiale. 45p.

Hammoudi A, 2009. Aspects scientifiques en matière d'érosion hydrique et de désertification en Algérie. In : ed Alger « L'ingénierie territoriale au service de l'attractivité, de la compétitivité et du développement durable des territoires ». colloque international, Alger.04/03/2009 :28p.

Hudson N., 1992. Land husbandry. B.T. Batsford limited, Londres. 192p

Humbert J et Nadjar G., 1992. *influence de la forêt sur le cycle de l'eau en domaine tempéré : une analyse de la littérature francophone.* Strasbourg : Ed CEREG. 82p.

K

Khenadeki F., 2010. Analyse de quelques techniques traditionnelles de conservation de l'eau et du sol dans la région de Béni-Snous Cas des terrasses. Mémoire d'ingénieur en foresterie. université de Tlemcen, 74p.

Korti N., 1999. Étude des facteurs de risque de l'érosion dans le bassin versant de la Tafna en amont du barrage de Hammam Boughrara. Mémoire d'ingénieur en foresterie. université de Tlemcen, 83p.

King D et Le bissonais Y., 1992. rôle des sols et des pratiques culturales dans l'infiltration et l'écoulement des eaux. Exemple du ruissellement et de l'érosion sur les plateaux limoneux du nord de l'Europe, C.R. Académie Agriculture Fr, 78, n°6, pp.91-105

L

Lavabre J et Andreassian V., 2000. *la forêt : un outil de gestion des eaux.* Paris : Ed CEMAGREF. 116p.

Lbbey J., 1991. *L'amélioration des plantes pour l'adaptation au milieu acide.* Paris : Ed AUPELF-UREF. 70p.

M

Marjulus L., 1963 . *Pédologie générale.* Gauthier : Ed Villars. 116p.

Martinez-mena M, Alvarez Rogel J , Albadejo J et Castello VM., 1999. influence of végétal cover on sediment particle size distribution in natural rain fall condition in a semi-arid environment. Catena pp 38-190

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., Touil A., Maachou B., Benmansour M., et Boughalem M., 2008 .Analyse de quelques aménagements antiérosifs juste à l'amont du barrage de Hammam Boughrara (Moyenne- Tafna) Tlemcen (Algérie). Ed. IRD. ENFI. AUF.EAC., Paris : pp 248-251.

Mietton M., 1986.méthodes et efficacité de la lutte contre l'érosion hydrique au Burkina Faso. Cah.ORSTOM,sér.pédol,vol.XXII,n°2 : 181-196.

Morgan R.P.C., 1990. Modelling the effect of vegetation on air flow for application to wind erosion control. In *vegetation and erosion: processes and environment*.Ed.J.B. Thornes. Chichester, John Wiley & Sons Ltd,pp.85-98.

Mous-Lehsaini K., 2011. Contribution à l'étude de l'impact des travaux antiérosifs sur le barrage de Hammam Boughrara Mémoire d'ingénieur en foresterie .université de Tlemcen, 55p

N

Nahal I., 1975. *principes de conservation du sol*.Paris :Ed Masson.143p.

R

Raharinaivo S., 2008. Les techniques de correction des ravines et de stabilisation des Lavaka tirées des acquis du PLAE. Programme de Développement de Madagascar. 39p.

Rey F., 2001. influence de la distribution spatiale de la végétation sur la production sédimentaire de ravines marneuses dans les alpes du sud. Thèse de Doctorat. université. Joseph Fournier ,Grenoble I.France,183p.

Roose E., 1994.Introduction à la GCES. Bulletin pédologique FAO, Rome, n°70,420p

Roose E et Sekayange E., 1993. Érosion en nappe et ruissellement en montagne méditerranéenne cach, ORSTOM. Pédol. N° 28 : 289-308.

Roose E., 2004.exemple de la GCES en moyenne montagne méditerranéen d'Algérie. Secheresse15 mars 2004,15(1) :9-19.

Rovéra G, Robert Y, Coubat M, Nedjai R., 1999.érosion et stades biorhexistatiques dans les ravines du saignon (Alpes de haute-provence), essai de modélisation statistique des vitesses d'érosion sur marnes : etude de géographie physique, 28 :109-115.

S

Shaxson F , Hudson W , Sanders D, Roose E, Moldenhauer W., 1987. Land husbandry. WASWC-SCSA, Ankey USA,78p

Slimi A., 2008. mouvement de terrain et ravinement dans le bassin supérieur de l'oued Djemaa (versant sud du Djurjura, Algérie). thèse de Doctorat en géographie. Physique, école doctorale « sciences et ingénierie, Matériaux, modélisation, environnement », paris, 308p.

Soltner D., 1996. les bases de la production végétale, tome I : le sol et son amélioration, collect°. Sciences et Techn, Aricoles, 464p.

Strahler A-N., 1957. Quantitative analysis of watershed geomorphology. Wachington : Geophys. Union Trans. 38:913-920.

T

Tacnet JM., 2010. connaissance des bassins versants torrentielle : dynamique et gestion de la conception à la sureté des barrages de correction torrentielle. Sciences et territoire N°02 :164-175

Tricoli D., 2002. Procédure pour la réalisation des seuils en gabions.

V

Viles H.A., 1990. the agency of organic beings : a selective review of recent work in biogéomorphology. In vegetation and erosion: processes and environment. Ed. J.B. Thornes Chichester, John wiley and sons Lrd, pp.5-24.

W

Wischmeierw H, Smith D., 1978. Preding rain full erosion locesses: a guide to conservation planning USDA Hand book, pp.53-58

Z

Zekri N., 2000 : Analyse des aménagements antiérosifs dans le micro bassin versant du village Tafna tout juste à l'amont du barrage de Hammam Bouhrara. Mémoire d'ingeniorat en foresterie, Université de Tlemcen, 67p. [En ligne] l'érosion de rejaillissement. 12/01/2011. www.ma.refer.org

[En ligne] l'érosion en nappe. 15/01/2011 www.inra.fr

[En ligne] les différents types de ravinement. 02/02/2011. www.ma.refer.org

[En ligne] les banquettes. 19/02/2011. www.ma.refer.org

[En ligne] les seuils en pierres sèches. 04/03/2011. www.ma.refer.org

[En ligne] le rôle du reboisement dans la lutte anti-érosive. 18/03/2011. www.ac-grenoble.fr