كلية العلوم والتقنيات - مراكش
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES - MARRAKECH
جامعة القاضي عياض
UNIVERSITÉ CADI AYYAD

Royaume du Maroc
Haut Commissariat aux Eaux et Forêts et à la Lutte Contre la Désertification

Département des Sciences de la Terre

Licence Sciences et Techniques

Eau & Environnement

L'érosion hydrique dans la région de Tidili-Mesfioua, El Haouz-Tensift

Réalisé par : KOULLA Amina & IDBOUYASSINE Meriem

Soutenu le 1 Juillet 2021, devant la commission d'examen composée de :

- **Pr. Lahcen DAOUDI - FST Marrakech (Encadrant)**
- **Mr. Mustapha AOUIDAH - Commissariat des Eaux et Forêts, Ait Ourir (Encadrant externe)**
- **Pr. Mohamed ERRAGRAGUI - FST Marrakech (Examinateur)**

REMERCIEMENT

Louanges tout d'abord à ALLAH qui est l'origine de toute réussite dans votre vie

Nous adressons nos sincères remerciements à notre cher professeur et encadrant Monsieur Lahcen DAOUDI pour son intérêt qu'il a porté notre travail, sa bienveillance, sa rigueur scientifique, ses discussions fructueuses et ses hautes qualités humaines ont constitué une aide précieuse et nous ont permis de mener à terme travail.

Nous tenons à remercier également notre encadrant de stage Monsieur Mustapha AOUIDA pour le temps qu'il a consacré et pour les précieuses informations qu'il nos prodiguées avec intérêt et compréhension.

Nous tenons à remercier aussi tous les membres de jury d'avoir accepté de juger ce travail et de participer à la soutenance.

Enfin, mes remerciements s'adressent aussi à tous ceux qui ont participé, de près ou de loin, à l'élaboration de ce projet de stage et en particulier à nos chères familles et nos amis.

Résumé

Au Maroc, surtout dans les régions de climat semi-aride, l'érosion hydrique constitue la cause principale de dégradation des sols par la régression des terres fertiles, ceci diminue la capacité de la production agricole. Alors que cette situation impose la nécessité de la protection et la réhabilitation par des techniques et des pratiques comme le reboisement, les seuils en pierres sèches et les terrasses. Cependant on constate que notre région d'étude Tidili Mesfioua contient des qualifications qui la rendent susceptible à l'érosion hydrique ; comme son climat semi-aride, la succession des années de sécheresse et la présence des fortes pentes. Les agriculteurs dans cette région ainsi que le Haut-commissariat des Eaux et forêts chacun à sa part essaie de lutter contre ce phénomène. Les agriculteurs par des techniques comme la culture selon les courbes des niveaux et l'alternance des cultures et l'Etat par les réserves naturelles et les forêts artificielles.

SOMMAIRE

Introduction 9

Chapitre I : Généralités sur l'érosion hydrique.....10

I. Généralités sur l'érosion hydrique 10

1. Définition de l'érosion hydrique.....10

2. Formes d'érosion hydrique.....11

II. Relation sols – agriculture 12

1. Rôle de la structure du sol sur l'agriculture 12

2. Impact de l'agriculture sur le sol 13

a. Les engrais 14

b. Les labours.....14

c. Les pesticides : 15

III. Estimation de l'érosion hydrique.....16

1. Les méthodes directes.....16

a. .La mesure de l'effet du « Splash ».....16

b. La mesure directe de l'ablation subie par les sols.....17

c. Mesure de transport en suspension.....19

d. Mesure du transport de fond (charriage) : 19

2. Les méthodes indirectes.....19

Chapitre II : pratiques de réhabilitation des sols 21

I. Les pratiques des réhabilitations sols 21

1. Pratiques forestières.....21

a. Reboisement :.....21

b. Les seuils en pierres sèches 22

c. Les seuils en gabion : 23

2. Les pratiques culturales.....23

a. Diminuer l'impact des gouttes d'eau.....23

b. Empêcher la concentration des eaux 24
c. Augmenter la capacité d'infiltration et de stockage à la surface du sol 24
d. Éviter l'affinement excessif. 25

Chapitre III : Caractérisation de la zone d'étude Tidili Mesfioua 25
I. Généralités sur la région de Tidili Mesfioua 26
1. Cadre géographique et climatique 26
1.1. Cadre géographique 26
1.2. Contexte climatique 27
II. Caractéristiques géomorphologiques 28
1. Géologie 28
2. Topographie 30
3. Pédologie 30
4. Contexte hydrologique 30
III. Activités humaines 31
1. Utilisation du bois 31
2. Utilisation du Dom 31
3. L'eau salée 32
4. Agriculture 33

Chapitre IV : Dégradation du sol dans la région et pratiques de réhabilitation 34
I. Forme de l'érosion dans la région 35
II. Effet de l'érosion hydrique 36
1. Détérioration de la structure du sol 36
2. Conséquences socio-économiques 37
III. Les pratiques de réhabilitation 39
1. Les pratiques culturales 39
1.1. Stockage de l'eau dans le sol 39
a. Seuil en pierre sèche 39
b. La culture selon les courbes de niveau 40
c. Les terrasses 40
1.2. Conservation de la biomasse des sols 41
a. L'alternance des cultures 41
2. Stratégies développées par l état 41
1. Les réserves naturelles 41

2. Les forêts artificielles :.....42
IV. Solutions proposées pour lutter contre l'érosion hydrique 43
Conclusion.....44
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :.....45

Liste des figures

Figure 1 : schéma de l'érosion hydrique. 10
Figure 2: Différentes formes de l'érosion. 11
Figure 3: Effet du labour sur la faune du sol et sur l'érosion 15
Figure 4: l'impact des pratiques agricoles sur le sol 16
Figure 5: Dispositif utilisé en station pour l'étude expérimentale du ruissellement et de l'érosion, en situation traditionnelle (témoin) et amélioré 18
Figure 6: Organigramme de réalisation de la carte d'érosion. 20
Figure 7: Campagne de reboisement dans la Région forestière 22
Figure 8: Seuil en pierre Sèche réalisé dans la région d'El Kbab dans le cadre du projet Khénifra 23
Figure 9: seuil en gabion 23
Figure 10: situation géographique de la région de Tidili Mesfioua. Carte IGN ait ourir et tighdouine au 1/ 50 000 26
Figure 11 : Précipitations moyennes mensuelles au niveau de la région de Tidili Mesfioua entre 2004 et 2021. 27
Figure 12: Evaluation des températures dans la région de la région de Tidili Mesfioua entre 2004 et 2021. 28
Figure 13: La carte géologique de la commune territoriale de Tilid Mesfioua 29
Figure 14: chaises artisanales.....31
Figure 15 : produits fabriqués du Dom : filets (a), selle de l'âne (b), Taraza (c),.....32
Figure 16: bassin pour produire du sel 33
Figure 17: Photo représente le ravinement 36
Figure 18: Photo représente le sapement des berges 36
Figure 19: Structure d'un sol dégradée (agriculture de conservation.com).....37
Figure 20: les conséquences socio économiques 38
Figure 21: Photo représentant des seuils en pierre sèche 40
Figure 22: terrasse dans les régions semi arides 41
Figure 23: forets d'ighris noumou.....42

Liste des tableaux

Tableau 1: Principaux volet de l'étude de la convenance des terres 13
Tableau 2: Répartation des types des sols dans la région de Tidili Mesfioua 30
Tableau 3: Activités relative au Sel dans la région de Tidili Mesfioua.....32
Tableau 4: Production des arbres fruitiers dans la région de Tidili Mesfioua entre 2004 et 2014 34
Tableau 5: Production agricoles dans la région entre 2004 et 2014.....37

Introduction

Le sol représente une ressource naturelle très importante pour toute la vie terrestre animale et végétale. Il alimente plus de six milliards de personnes ainsi que d'innombrables espèces d'insectes, de reptiles, d'oiseaux et d'animaux. C'est un filtre qui permet d'aboutir à de l'eau potable et de réguler les inondations.

Cependant, les sols sont soumis à des processus de dégradations qui sont de plus en plus graves ; chaque année de grandes quantités de sols sont perdus à cause de la dégradation. Cette dégradation est responsable du changement de l'état de la santé du sol ce qui entraîne une diminution de la capacité de l'écosystème et les services pour ses bénéficiaires. La dégradation du sol est liée aux processus physiques (l'érosion, la compaction, excès ou manque d'eau…), chimiques (salinisation, l'acidification …) et biologiques (baisse de taux de matière organique, diminution de la biomasse ou de la biodiversité).

Dans les régions de climat arides et semi arides, l'agent principal de la dégradation du sol est l'érosion quel que soit son type (hydrique, éolienne, par la température, par la gravité ou par l'action humaine).

Notre stage de fin d'étude que nous avons effectué au centre de conservation et de développement des ressources forestières d'Ait Ourir, s'intéresse à la dégradation physique des sols de la région TidiliMesfioua. Pendant la période de stage nous avons constaté que l'érosion hydrique est le type d'érosion le plus dominant dans cette région. Notre objectif principal de ce stage est donc de traiter les différents aspects de l'érosion hydrique qui affecte la région d'étude, ainsi que les pratiques de réhabilitations du sol utilisées pour réduire le risque de ce phénomène naturel amplifié par l'homme.

Le rapport du stage est subdivisé en quatre chapitres :

- Le Chapitre I est consacré aux généralités sur l'érosion hydrique.
- Le Chapitre II développe les pratiques de réhabilitation des sols envisagées pour les problèmes de dégradation des sols.
- Dans le Chapitre III, nous allons présenter les caractéristiques de la région d'étude.
- Enfin le Chapitre IV traite le problème de dégradation du sol dans la région d'étude et les techniques de réhabilitation.

CHAPITRE I : GENERALITES SUR L'EROSION HYDRIQUE

I. Généralités sur l'érosion hydrique

1. Définition de l'érosion hydrique

L'érosion hydrique constitue la principale cause de dégradation des sols; c'est un problème très sérieux à l'échelle mondiale mais elle est bien plus préoccupante dans les régions du monde caractérisées par un climat aride et semi-aride comme le Maroc. Ces régions subissent en certaines périodes de l'année des averses et des pluies torrentielles, qui affectent la structure et la porosité du sol et entraînent une régression des terres fertiles ce qui affecte négativement leur capacité de production agricole. Par ailleurs, au niveau des barrages et des retenues d'eau, on constate que l'envasement devient alarmant ; chaque année les barrages perdent plus de 75 millions de mètre cubes de leur capacité à cause des sédiments qui s'accumulent d'année en année.

Ce processus d'érosion se déroule selon trois étapes (Figure 1) :

1. Le détachement des particules qui nécessite beaucoup d'énergie
2. le transport des particules vers l'aval
3. la sédimentation qui dépend de la vitesse d'écoulement et la taille des particules

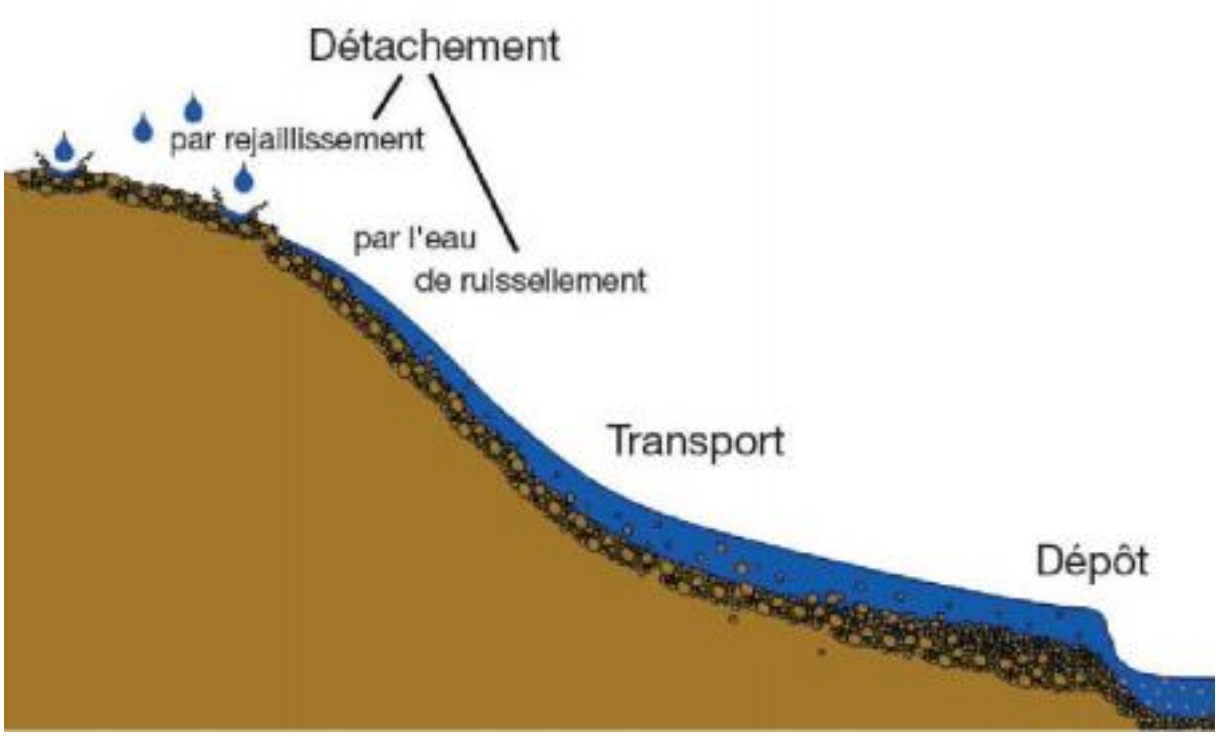

Figure 1 : schéma de l'érosion hydrique. Source (leguédois, 2003)

2. Formes d'érosion hydrique

L'érosion hydrique se déroule selon différents type de mécanismes **:**

L'érosion en nappe : (parfois appelée érosion entre les rigoles) **;** c'est le stade initial de la dégradation des sols ; elle se produit lorsque l'eau commence à s'écouler sur le sol. Parmi les signes qui témoignent de la présence de cette forme d'érosion, la présence de plages de couleurs claires aux endroits les plus décapés ajoute à cela la remontée des cailloux en surface par les outils de travail du sol (Smiri, 1987).

Le ravinement : c'est lestade avancé de l'érosion linéaire, il se produit un peu plus bas sur la pente ou l'eau de ruissellement commence à s'accumuler. De grandes quantités de terres disparaissent chaque année à cause de cette forme d'érosion.

L'érosion linéaire : exprime tous les creusements linéaires qui entaillent la surface du sol suivant diverses formes et dimensions (griffes, rigoles, ravines…), elle apparaît lorsque l'intensité des pluies dépasse la capacité d'infiltration de la surface du sol.

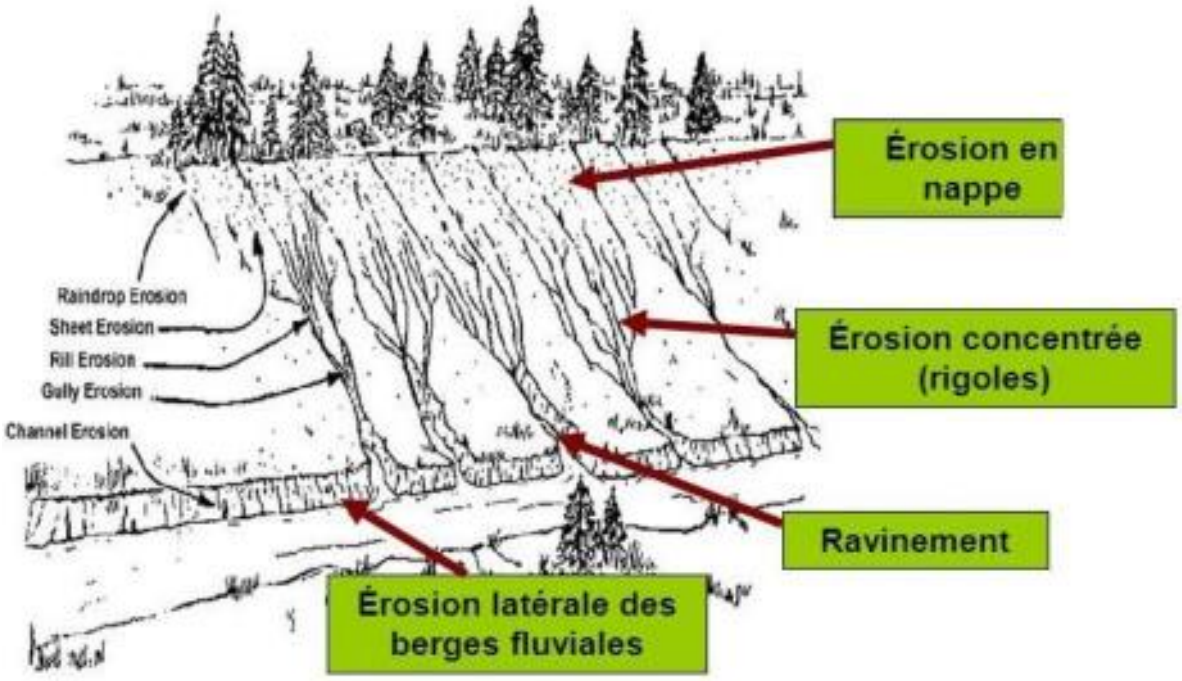

Figure 2: Différentes formes de l'érosion. (https://slideplayer.fr/slide/1662029)

II. Relation sols – agriculture

La relation entre le sol et l'agriculture est une relation symbiotique d'interdépendance, chacun a besoin de l'autre, chacun est au service de l'autre. On va voir dans ce qui suit, le rôle de la structure du sol sur l'agriculture et l'impact de l'agriculture sur le sol.

1. Rôle de la structure du sol sur l'agriculture

La structure du sol est considérée parmi les caractères les plus importants dans le domaine d'agriculture ; elle est définie par le mode d'assemblage des particules solides (sable, limon, argile) entre eux pour former des agrégats.

Les agrégats permettent l'infiltration de l'eau, contribuent au stockage de l'eau et emmagasinent les éléments nutritifs pour la croissance régulière des plantes. Ils résistent au compactage et offrent un environnement radiculaire sain et aéré, les agrégats peuvent assurer un contrôle presque total de l'érosion hydrique. Il existe différents types de structures des sols (compactes, particulaires, grumeleuses), la structure grumeleuse est la plus intéressante pour les paysans car il assure de nombreux avantages :

- Une bonne rétention de l'eau et des éléments nutritifs
- Un bon drainage
- Travail facile du sol
- Une résistance à l'érosion et à la compaction
- Réchauffement rapide du sol au printemps.

Les structures des sols déterminent une classification de la convenance des terres pour les cultures, pour cela Geoffroy (1978) a adopté une classification de la convenance des terres qui tient compte des trois principes majeurs :

✓Contraintes topographiques : pente, érosion hydraulique, microrelief

✓Contraintes des sols : profondeur, texture, pierres, salinité, alcalinité

✓Contraintes d'eau : crues, drainage

La méthodologie de base adoptée par l'étude de la convenance des terres est détaillée dansle tableau 1

Tableau 1: Principaux volet de l'étude de la convenance des terres

No	Volet d'étude	Conditions d'échantillonnage
1	Interprétation des Photos	Zone d'étude entière
2	Observation du profile du sol	Dépend de l'échelle du relevé topographique
3	Interprétation de la Topographie	Pente, érosion hydraulique, Microrelief
4	Caractéristiques du Sol	Profondeur du sol, Texture, pierrosité, Salinité, Alcalinité
5	Caractéristiques de drainage	Crues, Drainage

A l'issue de toutes ces études on peut classer le sol de la manière suivante :

Classe I : Sols convenables pour tous les types de culture. Il n'y a aucune contrainte pour les cultures irriguées.

Classe II : Sols convenables pour les cultures. Seules quelques contraintes mineures sont observées. Les zones couvertes de ces sols peuvent être développées moyennant une gestion adéquate.

Classe III : Sols convenables pour les cultures. Mais ils ont certaines contraintes qui peuvent être éliminées par le biais d'une gestion appuyée.

Classe IV : Les sols présentent des contraintes sérieuses pour l'irrigation

Classe V : Sols ne pouvant pas être irrigués

Classe VI : Les sols qui ne sont convenables pour aucun but agricole.

2. Impact de l'agriculture sur le sol

La formation d'un sol fertile est un processus lent, il prend beaucoup de temps pour former mais il se dégrade rapidement par les pratiques culturales et agricoles agressives qui affectent négativement sur la structure et la texture du sol. Les agents de dégradations sont multiples, dans ce qui suit nous allons citer les principaux :

a. Les engrais

L'utilisation des engrais pour la fertilisation des plantes, l'amélioration de leur croissance et l'augmentation du taux de la matière organique dans le sol. L'agrégation et la stabilité de la structure du sol devient facile par l'action du carbone qui lie les particules du sol, alors que plus qu'on a un contenu élevé en carbone organique plus on a une augmentation dans la stabilité de la structure du sol.

Cependant, les dernières études confirment que l'ajout des fertilisants riches en ammoniaque pourrait provoquer une dispersion des particules du sol plutôt que son agrégation. Cela compense donc les effets positifs d'augmentation de la teneur en carbone par les engrais. De plus, l'ajout de l'azote et de phosphore en taux élevée, par exemple si on ajoute 90K d'azote 40 Kg de phosphore par hectare le nombre des agrégats stables dans le sol diminue respectivement de 2,1 à 2,5 fois.

b. Les labours

Les labours en enfouissement des résidus de culture est une technique de travail du sol qui permet de rendre le sol favorable à la mise en place des cultures .Il stimule l'activité de minéralisation des résidus de culture et de la matière organique du sol et permet l'augmentation de la productivité des cultures.

D'autre part cette technique provoque des problèmes liée à la fertilité du sol ; en effet, le tassement et la compaction, l'appauvrissement en matière organique et, réduction de la porosité du sol, la circulation de l'oxygène et l'augmentation du taux de saturation de la porosité en eau, influence négativement l'activité des microorganismes aérobies en réduisant la minéralisation de la matière organique et l'azote principal élément nutritif pour les végétaux.

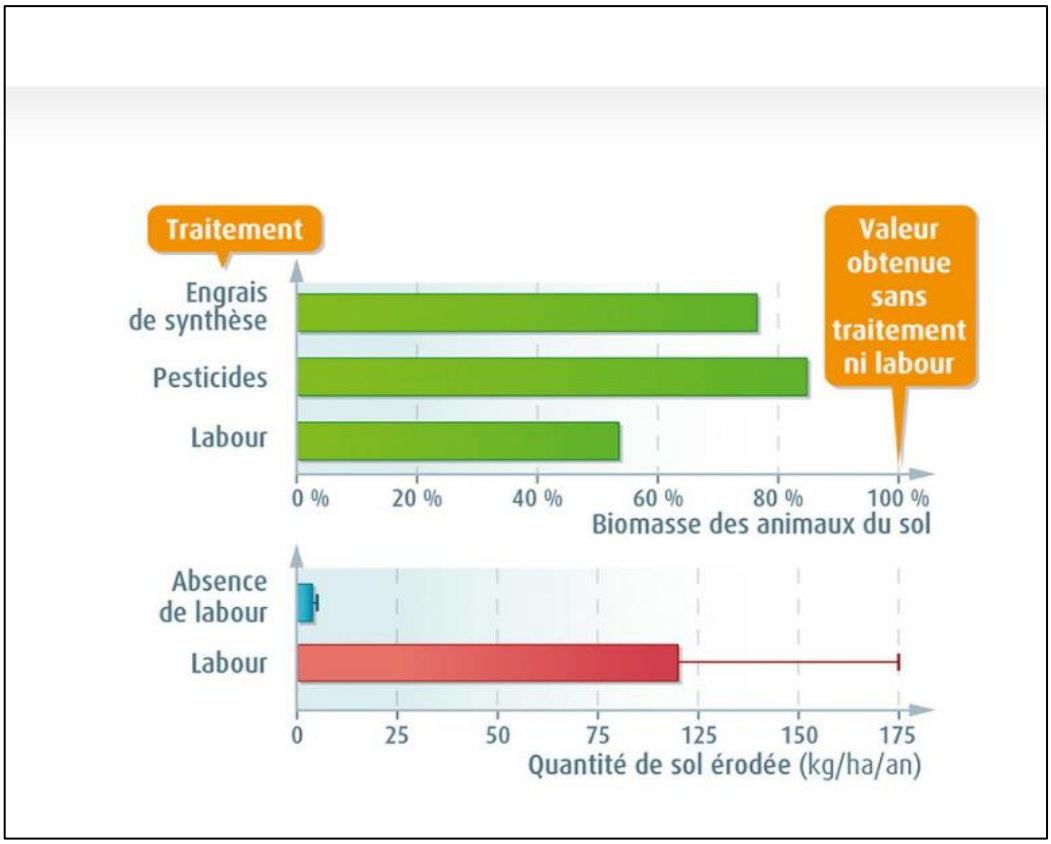

Figure 3: Effet du labour sur la faune du sol et sur l'érosion (Haessig,)

c. **Les pesticides** :

Les pesticides sont des substances utilisées pour éliminer les organismes nuisibles. Ils regroupent les insecticides, les fongicides et les herbicides. Ces pesticides ont été utilisés après la seconde guerre mondiale pour pouvoir produire plus de rendement et nourrir la population mondiale en plein expansion.

L'utilisation des pesticides pose des problèmes d'atteintes aux insectes qui n'étaient pas ciblés, car les pesticides ne distinguent pas entre les insectes utiles et inutiles. Prenons par exemple les herbicides qui pénètrent dans les tissus des plantes ; atteignent le méristème (joue un rôle important dans la croissance des plantes) qui induisent la mort des plantes ; cela affecte négativement sur la structure du sol.

Figure 4: l'impact des pratiques agricoles sur le sol(Hulot)

III. Estimation de l'érosion hydrique

Différentes techniques et méthodes ont été mises au point pour effectuer les estimations de la perte en sol. Ces techniques peuvent être subdivisées en deux groupes de méthodes, directe et indirecte.

1. Les méthodes directes

a. .La mesure de l'effet du « Splash »

Cette mesure se fait à l'aide d'un appareil simple selon le principe suivant :

Sur une petite surface de sol délimitée, on essaye de recueillir des gouttes d'eau qui rebondissement dans la surface afin de mettre sur la surface de l'appareil de capture. Le principe consiste à mettre en place une bouteille surmontée d'un entonnoir enfoncé dans le sol de manière à ce que l'entonnoir surmonte de très peu le niveau du sol. Après, on va essayer d'évaluer le poids des particules terreuses entraînées au cours du «Splash » et retombant sur la

surface de l'entonnoir. Il faut noter qu'il est difficile d'obtenir des mesures d'une très grande rigueur de l'effet du «Splash »

b. La mesure directe de l'ablation subie par les sols

Deux méthodes sont couramment employées pour mesurer directement l'ablation subie par les sols :

- Les parcelles expérimentales : Consiste à délimiter un terrain de quelques centaines de m2 de forme rectangulaire située sur un versant ; à l'intérieur d'une parcelle paysanne par des planches de bois fichées dans le sol, des bacs de tôle placées au pied des parcelles munis de 11 partiteurs chacun et reliés à la parcelle par un canal en ciment dont le rôle est de mesurer les pertes en eau et les pertes en terres «érosion» du sol.

Chaque site est pourvu d'un pluviographe dans le but de mesurer la pluie notamment son intensité qui est un paramètre déterminant dans le déclenchement du ruissellement et l'érosion.

Selon les sites, la station se compose de trois ou quatre parcelles :

- un couple de deux parcelles, dites « témoins » où sont reproduits les modes de travail du sol et de cultures, selon les calendriers culturaux traditionnellement pratiqués. L'une des deux parcelles est plantée et l'autre ne l'est pas ;
- une ou deux parcelles travaillées et plantées, dites « améliorées » où sont testées des méthodes de lutte antiérosive.

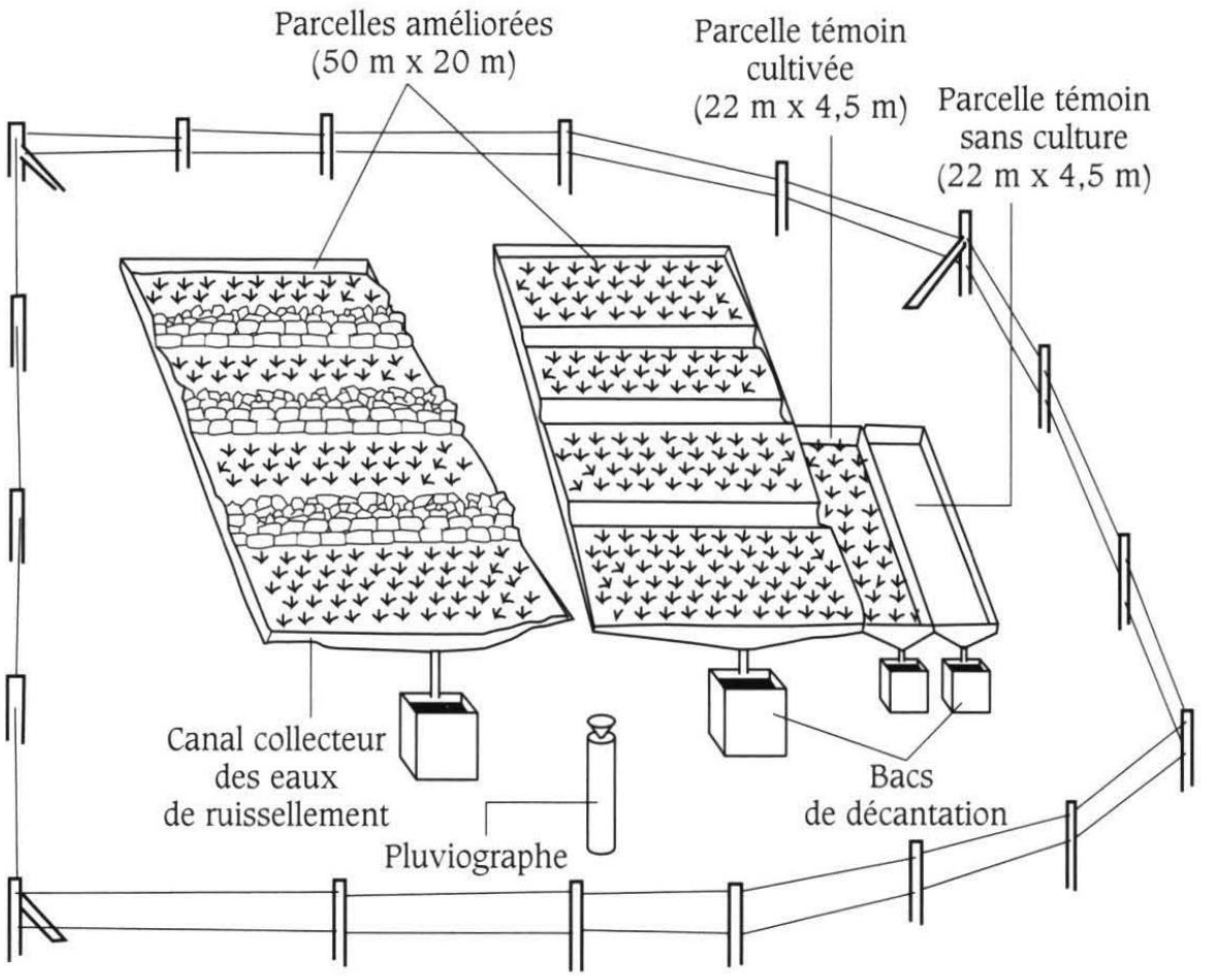

Figure 5: Dispositif utilisé en station pour l'étude expérimentale du ruissellement et de l'érosion, en situation traditionnelle (témoin) et amélioré (Noni et Viennot)

- La méthode des repères : Mesure le phénomène d'érosion tel qu'il se déroule

réellement dans la nature ; on met sur le terrain des repères stables dans le but d'évaluer les variations du niveau du sol. Ces repères peuvent être de simples piquets bien stabilisés ou un fil tendu placé horizontalement.

Le déchaussement ou le recouvrement des piquets, la variation de la surface comprise entre un fil ou une règle et sa projection verticale sur le terrain servent à estimer l'ablation ou l'apport de terre.

c. Mesure de transport en suspension

C'est une technique qui s'opère depuis longtemps à la surface du globe terrestre et les caractères capitaux des transports solides effectués en suspension par les cours d'eau ont été très vite connus :

-la distribution inégale des substances solides dans une section mouillée, la turbidité varie latéralement et verticalement, la variation verticale étant plus importante que la variation latérale.

-la variation de la turbidité dans le temps, surtout au cours des crues ; a conduit récemment à essayer de mettre en place des appareils réalisant des prélèvements discontinus, instantanés ou intègres pendant un court temps.t.

Le principe consiste à déterminer un certain nombre de verticales dans la section de mesure, à prélever des échantillons de mesure et à prélever des échantillons à différentes profondeurs le long de chaque verticale, grâce à un appareil perturbant le moins possible le régime d'écoulement.

d. Mesure du transport de fond (charriage) :

C'est une technique qui présente des grandes difficultés au niveau des mesures directes du débit de charriage, les préleveurs de matériaux de transport de fond perturbent l'écoulement en transport solide dont ils sont supposés mesurer la quantité.

De façon sommaire, les différents équipements de mesure sont les suivants :

a) Les nasses constituées d'une poche de grillage montée sur un cadre métallique qui laisse passer les matières en suspension mais capte les matières grossiers.
b) Les pièges : constitués des récipients très aplatis de section longitudinale triangulaire dont le sommet est dirigé vers l'amont à l'aval, des cloisons inclinées piègent les matériaux (les sables essentiellement).
c) Les sondes à ultrasons.
d) Les plages de dépôt et les barrages de rétention des éléments grossiers : dans les torrents et les rivières torrentielles.

2. Les méthodes indirectes

Dans le but d'estimer le taux de perte de sol, on utilise plusieurs méthodes indirectes. Le choix de la méthode dépend des données disponibles et des conditions de la zone d'étude.

L'équation universelle des pertes en sol (UniversalSoilLoss Equation ou USLE) est l'équation la plus utilisée dans les régions semi-arides, c'est la formule empirique de Wischmeier et Smith (1978). Cette équation se base sur 5 facteurs explicatifs de l'érosion hydrique. Ces facteurs sont l'agressivité climatique(R), l'érodabilité des sols(K), le facteur topographique intégrant la pente et la longueur de pente (LS), l'occupation des sols(C) et les pratiques antiérosives (P). Cette équation s'écrit :

$$A(t/ha/an) = R * K * LS * C * P$$

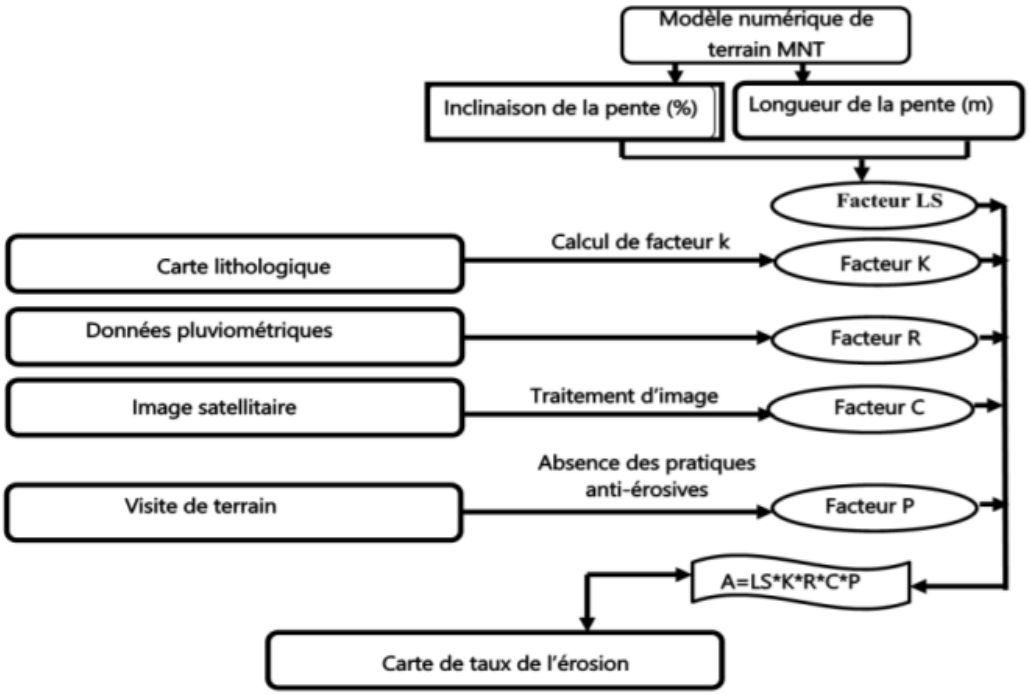

Figure 6: Organigramme de réalisation de la carte d'érosion. (Koussa et Bouziane, 2018)

CHAPITRE II : PRATIQUES DE REHABILITATION DES SOLS

La réhabilitation des sols est le traitement qui permet de transformer les sols dégradés en sols arables, afin d'augmenter le rendement agricole.

La réhabilitation d'un sol dégradé passe par plusieurs étapes qui sont :

- Connaître le type de sol dégradé
- Connaître le climat dominant dans la région où se trouve le sol dégradé.
- Examiner les éléments nutritifs du sol et cela peut se faire dans un laboratoire pour découvrir ce qui manque au sol
- Aération du sol, le sol reçoit suffisamment d'oxygène, d'eau et de nutriments.
- Quelles pratiques de réhabilitation sont utilisées dans ce cas dans le but de ne pas reproduire le même scénario

I. Les pratiques des réhabilitations sols

Les pratiques de réhabilitations des sols utilisés pour lutter contre l'érosion hydrique diffèrent beaucoup de l'amont vers l'aval. On peut distinguer deux types de pratique :

- Les pratiques forestières utilisées en amont
- Les pratiques culturales utilisées en aval

1. Pratiques forestières

Les pratiques forestières utilisées dans les régions semi-arides sont diverses :

a. Reboisement :

Il consiste à planter des jeunes arbres afin de remettre en production un terrain déboisé ou improductif en espèces d'arbres désirées. Grâce au reboisement, le temps nécessaire au développement d'une nouvelle forêt devient court, les plants de cette technique sont uniformes permettant l'utilisation d'une petite surface.

Figure 7: Campagne de reboisement dans la Région forestière
(Agence Marocaine de Presse, 2021**)**

b. Les seuils en pierres sèches

Cette technique consiste à diminuer l'énergie de ruissellement et limiter sa capacité de creusement ce qui va donner une stabilisation au fond des ravines. Ce sont des seuils faciles à construire, car on utilise seulement des pierres non cimentées et peu coûteuses, ce qui permet la correction de la pente. La plupart des populations utilisent ce type de seuil surtout dans les zones ou les pierres sont disponibles.

Figure 8: Seuil en pierre Sèche réalisé dans la région d'El Kbab dans le cadre du projet Khénifra(Blali2011)

c. Les seuils en gabion :

Sont des caisses en grillage remplies de pierres placées en aval d'une ravine. Ce sont des opérations simples et économiques qui permettent de freiner la vitesse d'écoulement des eaux, réduire le pouvoir érosif des eaux et le risque des inondations et augmenter ainsi la recharge des nappes souterraines.

Figure 9: seuil en gabion (Boufaroua et Al, 1998)

2. Les pratiques culturales

Les pratiques de culture peuvent être classées selon le but de leur utilisation :

a. Diminuer l'impact des gouttes d'eau

- Le non déchaumage

Il permet de maintenir un effet “mulch” (tapis végétal) qui diminue fortement l’impact des précipitations, le déchaumage résistant aux incisions pour les récoltes de fin de printemps permet entre autres de garder l’humidité du sol pour la restituer en été. Il est principalement recommandé dans les zones de concentration ou tout ameublissement du sol à proscrire et dans les zones de fortes pentes.

- Les cultures intermédiaires (ou couverts hivernaux ou engrais verts)

Il s’agit d’une culture implantée entre la récolte d’une culture principale et le semis de la suivante pendant une période plus ou moins longue appelée interculture. Elles sont implantées dans le but d’éviter de laisser le sol sans couverture végétale afin de rendre de multiples services, réduire l’impact des gouttes de pluies et augmente la capacité d’infiltration du sol. Elles constituent de plus un excellent piège à nitrates et participent ainsi à la préservation de la qualité de l’eau

b. Empêcher la concentration des eaux

- Raisonner l’orientation, la taille et la forme des parcelles :

Dans la mesure du possible, il est nettement préférable de travailler les parcelles perpendiculairement à la pente. Ceci permet de diminuer la vitesse de ruissellement ainsi que le risque de ravinement et de coulées de boues

- Éviter le tassement du sol à l’intérieur des parcelles par les engins agricoles :

Plus la surface est tassée, plus le risque de ruissellement augmente.

c. Augmenter la capacité d’infiltration et de stockage à la surface du sol

- Le travail du sol :

Il influence directement le régime d’infiltration et le stockage de l’eau dans le sol, les différentes techniques culturales induisent des états de la surface qui conditionnent la rugosité du sol, son système de porosité et l’état de tassement. On peut citer comme exemple les travaux d’automne qui améliorent la rugosité du sol .Le relief créé à la surface des parcelles permet de limiter l’apparition de la battance et de stocker temporairement quelques mm de pluie.

- Privilégier les céréales d’hiver :

Les céréales d'hiver semées précocement permettent au sol d'avoir un couvert végétal susceptible de freiner l'impact des précipitations fréquentes en hiver. Elles permettent également de capter le surplus d'éléments fertilisants de la culture précédente.

d. Éviter l'affinement excessif.

- Un labour adapté

Le labour adapté permet de limiter les risques de battance et assure une bonne germination. La surface de sol doit rester poreuse et rugueuse pour maintenir un bon taux d'infiltration et limiter ainsi le ruissellement .Pour cela le labour doit être motteux, homogène avec des mottes comprises entre 4 et 6 cm.

- Des outils de semis adaptés

Cette technique se base sur plusieurs mesures :

- La réduction du nombre de passages sur le sol par l'utilisation des outils de préparation combinée.
- Éviter de créer des chemins d'eau préférentiels par l'emploi des griffes derrière des roues du semoir
- Diminution d'affinement par la réduction de la vitesse de rotation et l'augmentation de la vitesse de semis.

CHAPITRE III : CARACTERISATION DE LA ZONE D'ETUDE TIDILI-MESFIOUA

I. Généralités sur la région de Tidili Mesfioua

1. Cadre géographique et climatique

1.1. Cadre géographique

La région de Tidili Mesfioua est une commune de la province d'El Haouz, qui appartient à la région de Marrakech-Safi. Elle se situe plus précisément dans le cercle d'Ait Ourir, au nord-ouest de la chaîne de montagnes du Haut atlas à 50 km de Marrakech. Elle s'étend sur une superficie d'environ 175 km^2, soit 4% de la superficie de la région.

Elle est limitée du Nord par la commune de Tamaguert, au Sud par Igrferoun, à l'Est par Teghdwine et à l'Ouest par la commune d'Ait Faska (Figure 10)

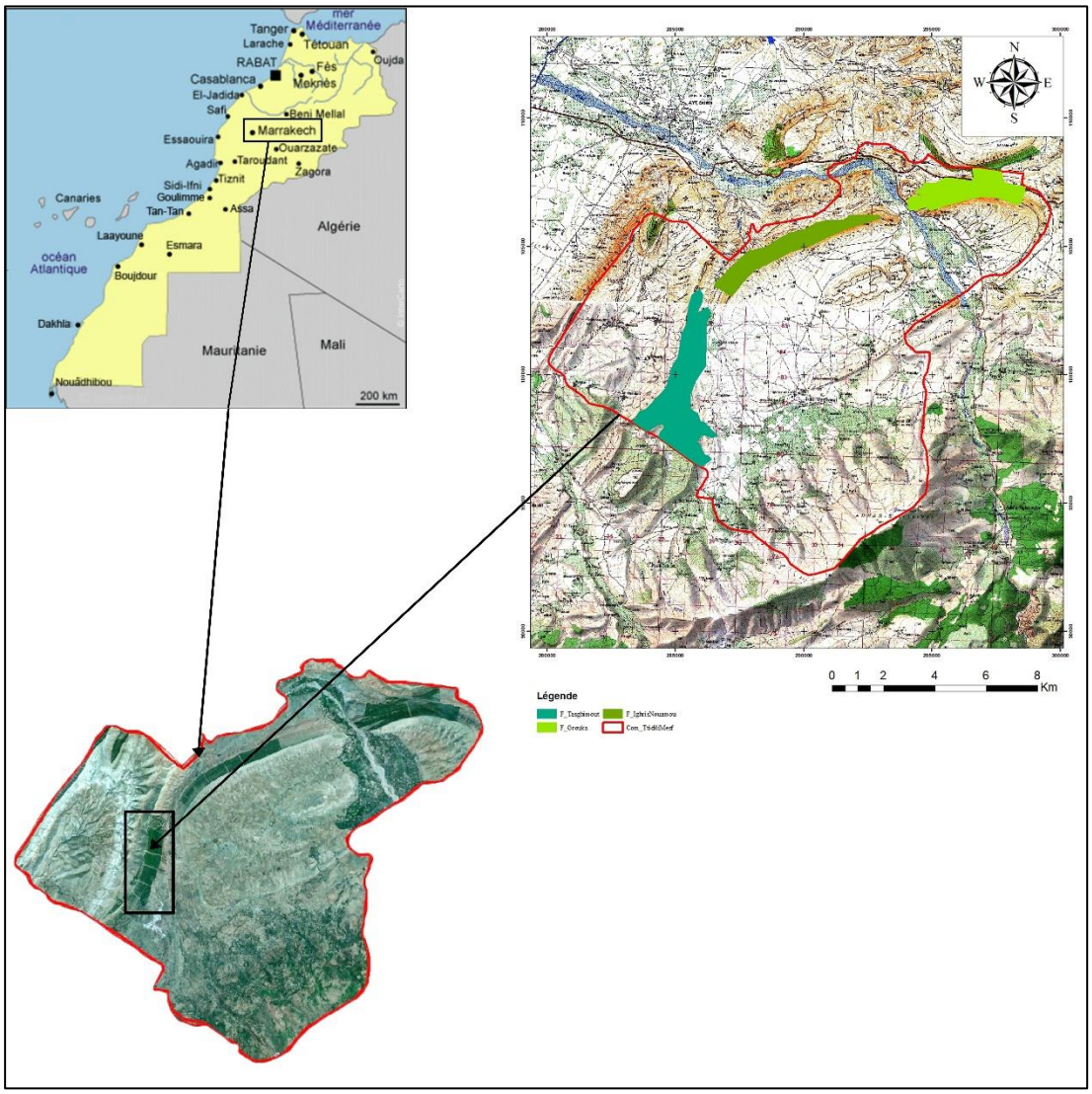

Figure 10: situation géographique de la région de Tidili Mesfioua. Carte IGN ait ourir et tighdouine au 1/ 50 000

1.2. Contexte climatique

1.2.1. Précipitations

Située dans une zone semi-aride, la région de Tidili Mesfioua est caractérisée par une période humide courte et une période sèche assez longue. L'examen de la répartition moyenne des pluies mensuelles dans la région montre l'existence de deux saisons différenciées :

- La période comprise entre octobre et mai correspond à une saison humide qui comprend la quasi-totalité des épisodes pluvieux.
- La période comprise entre juin et septembre correspond à une saison sèche

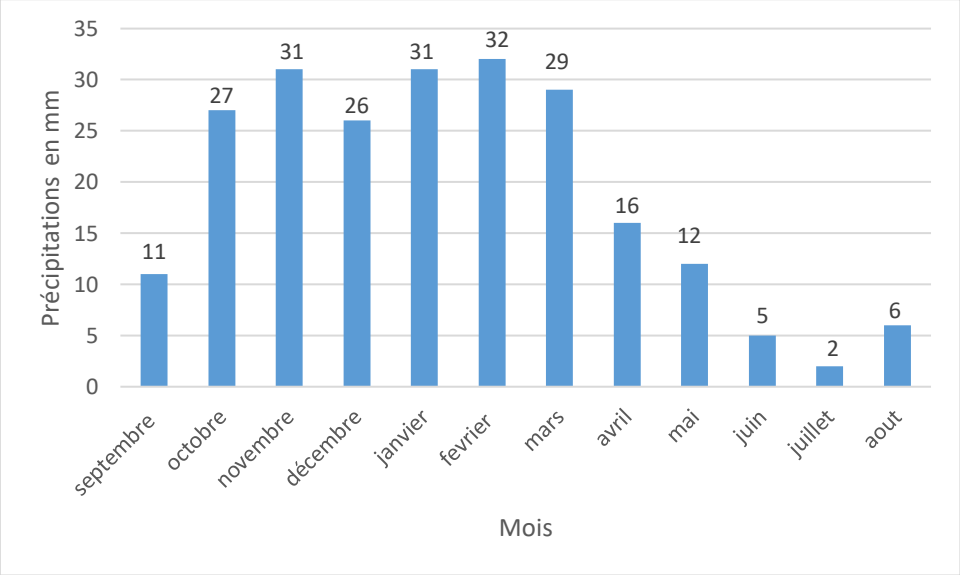

Figure 11 *:* Précipitations moyennes mensuelles au niveau de la région de Tidili Mesfioua entre 2004 et 2021. (https://fr.weatherspark.com)

La région de Tidili Mesfioua, reçoit donc le maximum de chutes de pluies au cours de l'hiver suivi du printemps et de l'autonome. La valeur maximale est enregistrée au mois de Février avec un maximum de 32mm.

L'été est la saison la plus sèche ; elle n'enregistre que quelque millimètre de pluie, avec un minimum de 1 mm correspondant au mois de juillet.

1.2.2. Température

Généralement la saison d'été dans la région de Tidili Mesfioua est courte très chaud, arides et dégagés. La saison d'hiver est frisquette et partiellement nuageuse. La température varie entre 4°C et 35°C ; elle est rarement inférieure à 1°C ou supérieure à 39°C.

La durée de la saison chaude est de deux mois et demi. Elle s'étend du 19 juin jusqu' au

7 septembre avec une température quotidienne moyenne maximale supérieure à 31°C, température quotidienne moyenne maximale inférieure à 20 °C

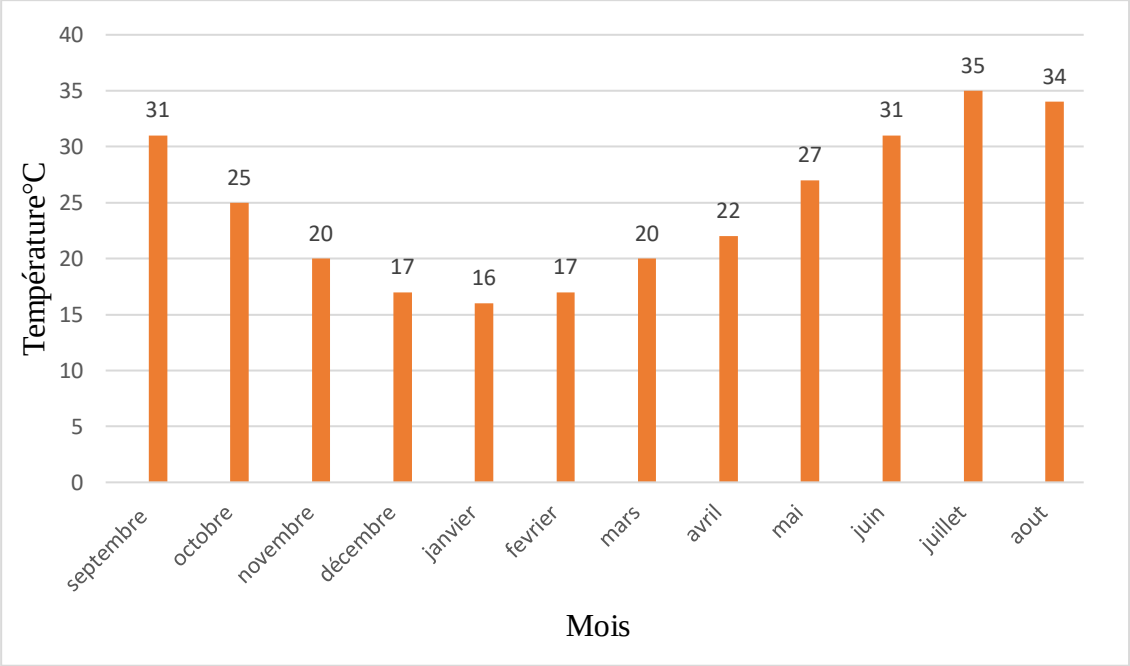

Figure 12: Evaluation des températures dans la région de la région de Tidili Mesfioua entre 2004 et 2021. (https://fr.weatherspark.com/)

1.2.3. Humidité

L'humidité relative de l'air correspond à la quantité de vapeur d'eau dans l'air par rapport à la capacité maximale que ce dernier peut contenir. Il s'exprime en pourcentage et dépend de la température et de la pression Généralement le niveau de l'humidité perçu dans la région de de Tidili Mesfioua tel que mesuré par le pourcentage de temps durant lequel le niveau d'humidité est lourd, oppressant ou étouffant ne varie pas beaucoup au cours de l'année.

II. Caractéristiques géomorphologiques

1. Géologie

La géologie de cette région présente plusieurs faciès propres au domaine du Haut Atlas (Figure 13)

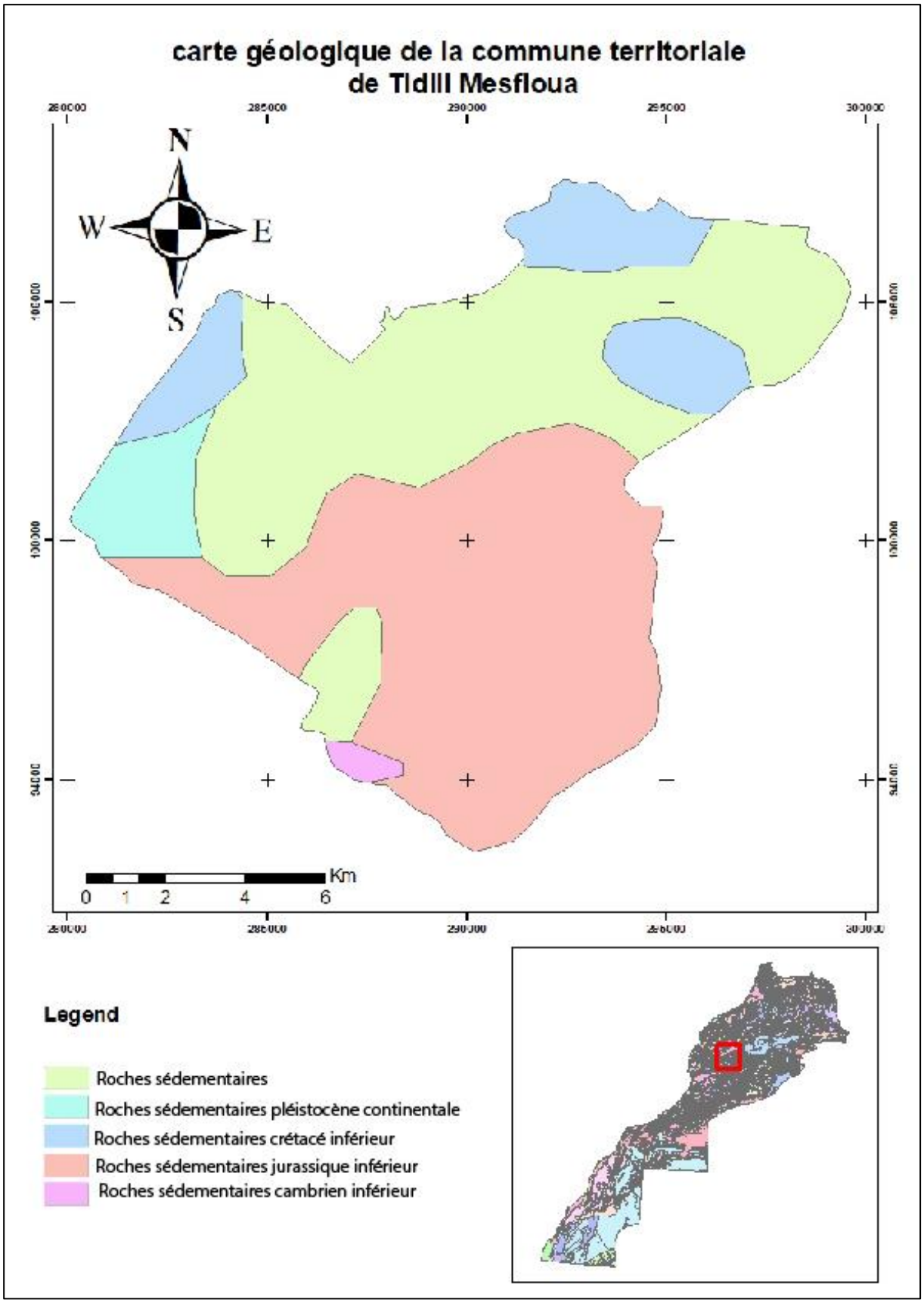

Figure 13: La carte géologique de la commune territoriale de Tilid Mesfioua

2. Topographie

La région de TidiliMesfioua se trouve au piedmont de Haut Atlas, avec une pente moyenne de 2,02 %. Elle se situe entre les altitudes de 800m et 1500 m. Du point de vue topographique, la région est subdivisée en deux zones de topographie très différentes

- Une région montagneuse qui couvre environ 20 % des terres avec des altitudes de 985m. Cette région montagne est considérée comme une source d'eau pour toute la zone.

- Une région semi montagneuses (avec des collines et des vallées) qui couvre environ 80 % des terres. Elle contient un ensemble de cours d'eau dans le plus important est l'Oued Zat

3. Pédologie

Du point de vue pédologique, la zone d'étude est composée de quatre types de sols : les sols sableux, les sols argileux, vertisols et les sols sodiques. Le sol le plus dominant est le sol argileux qui représente 56% de la couverture pédologique. Le vertisols recouvre 22% de la couverture pédologique. Le sol sodique constitue 13, 93 % tandis que le sol sableux recouvre 7,50 % de la couverture pédologique. (Tableau)

Tableau 2: Répartation des types des sols dans la région de Tidili Mesfioua

Type de sol	Surface en (ha)	%
Sol sableux	700	7,50
Sol argileux	5232	56,07
Vertisols	2099	22,49
Sol sodique	1300	13,93

4. Contexte hydrologique

La région de Tidili Mesfioua contient des ressources en eau très diversifiées qui se présentent comme suit :

Les eaux souterraines qui se présentent par une nappe phréatique qui atteint 30m à 200m de profondeur, dont les habitants profitent à travers les puits collectifs ou individuels, comme on a aussi la présence des eaux salée dans la région.

Les eaux superficielles, présenté par des eaux non traitées qui vient principalement d'oued Zat et d'autre cours d'eau.

Les barrages, une étude technique est en cours dans le but de construire le barrage d'Ait Ziad sur oued Zat qui est considéré parmi les plus importants oueds dans la région d'EL Haouz

III. Activités humaines

Les activités humaines dans la région sont variable ; elles changent d'une personne à l'autre en fonctionne de leurs capacités ou de leurs besoins quotidiens. Elles dépendent notamment des ressources naturelles telles que l'agriculture, le bois, l'eau salée et le dom.

1. Utilisation du bois

Le bois est considéré comme matière primaires pour chauffer en hiver et pour faire la cuisine. L'utilisation du bois peut être également destinée à d'autres fins : industrie artisanale (fabrication des chaises), la construction des toits pour les maisons.

Figure 14: chaises artisanales

2. Utilisation du Dom

Le dom marocain, le palmier nain ou le palmier rampant, sont tous des noms de la plante que nous connaissons dans langue familière Al Jamakh. Cette plante est largement répandue dans la région.

Les feuilles de dom sont utilisées dans le travail des cordes qui sont utilisées abondamment pour transporter et attacher les animaux et fabrique des nattes, des matelas et filets pour porter des poids, des chapeaux (Taraza), ainsi que les selles d'animaux

Figure 15 : produits fabriqués du Dom : filets (a), selle de l'âne (b), Taraza (c),

3. L'eau salée

La nature semi montagneuse et la géologie de la région on fait de cette région une ressource majeure pour la fabrication du sel. La production de sel joue un rôle important dans la fourniture de revenus pour les districts adjacents aux mines et la création d'emplois pour la population

Tableau 3: Activités relative au Sel dans la région de Tidili Mesfioua

Le nom de la mine ou de la carrière	Nombre d'utilisateurs	Quantité extraite en tonne	Valeur en millions de dirhams
Ait Hamza	120	8	2
Ait Houasha	70	2,8	0,7
Tizi bas	11	0,4	0,1

Figure 16: bassin pour produire du sel

4. Agriculture

Contrairement aux autres communes de la province d'El Haouz, le secteur agricole dans la région Tidili Mesfioua joue un rôle très important en répondant aux besoins nutritifs de la population et en créant des opportunités d'emploi. De plus le rendement de ce secteur est moyen surtout dans les terres de culture bour pendant les années sèches. .

Les agriculteurs dans cette région bénéficient d'un éventail de formations à l'intérieur des sociétés et des coopératives dans le but de développer les méthodes et les techniques utilisées en agriculture pour augmenter et diversifier la productivité du secteur agricole ,en plus de bénéficier du dispositif Maroc Vert qui permet de planter des oliviers sur une surface de 1600 ha des terres de la commune. Dans cette région les agriculteurs s'intéressent aussi à des arbres fruitiers et aux oliviers. La région a bénéficié de plusieurs projets : le projet du Maroc Vert, le projet d'arrosage petit et moyen et le projet de défi du millénaire, en plus des amandiers qui sont répandues dans la région malgré la diminution de leurs rendements pendant les années sèches.

Tableau 4: Production des arbres fruitiers dans la région de Tidili Mesfioua entre 2004 et 2014

Les types les plus importants	Superficie en hectare						Production en tonnes					
	2004	2005	2006	2007	2008	2014	2004	2005	2006	2007	2008	2014
Oliviers	1030	1040	1040	1040	1070	1400	1381	1180	1388	1275	1640	1780
Amandiers	110	110	105	105	108	95	66	55	50	50	48	55
Autre	40	40	45	45	45	55	160	160	180	193	135	110

CHAPITRE IV : DEGRADATION DU SOL DANS LA REGION ET PRATIQUES DE REHABILITATION

I. Forme de l’érosion dans la région

Comme toutes les régions semi arides, la région de TidiliMesfioua souffre de l’érosion hydrique chaque année en particulier en hiver.

La région d’étude se trouve au pied des montagnes qui se caractérisent par des fortes pentes, ce qui facilite le risque d’érosion hydrique. Par ailleurs, la succession d’années de sécheresse dans la région entraine également la désintégration et la fragilité des éléments du sol qui contribue facilement à l’érosion hydrique. La pression humaine permet d’accéléré la dégradation du sol par l’abattage des arbres (déforestation ou incendie des forêts).

En 2014, la région de TidiliMesfioua a connu des inondations très fortes qui ont causé des dégâts au niveau des équipements, sol et de l’agriculture :

- Déracinement des arabes
- Dérive rocheuse de l’amont vers l’aval
- Endommagement des récoltes agricoles
- Effondrement de certaines maisons

Parmi les formes d’érosion que nous avons observées dans la région de TidiliMesfioua ; les ravinements et le sapement des berges (Figure17et 18)

- Les ravinements (Figure 17) sont responsables de la perte de grandes quantités de terres arables en plus de la diminution de la valeur et de la productivité des terres agricoles. Les dégâts causés par les ravinements sont plus couteux
- Sapement des berges (Figure 18) : Lors des crues, les écoulements affouillent la base des berges des oueds, qui s'éboulent sous l'effet du poids des matériaux en surplomb. Cette forme d'érosion qui s'observe surtout au niveau des méandres des oueds, s'exerce sur les rives concaves du lit de l'oued, et s'accompagne de dépôts latéraux de matériaux sur les rives convexes de l'aval. Ces dépôts sont mobiles d'une crue à une autre en fonction du débit de la crue (Cherif, 2013)

Figure 17: Photo représente le ravinement

Figure 18*:* Photo représente le sapement des berges

II. Effet de l'érosion hydrique

1. Détérioration de la structure du sol

La destruction de l'agrégat sous l'influence de fortes gouttes de pluie conduit à La dégradation de la structure du sol (Figure 18). La structure dégradée devient asphyxiante par suite du gonflement des colloïdes en présence d'eau ; la terre devient par la suite impropre à toute activité agricole.

La matière organique est très liée aux argiles, c'est le ciment qui lie les particules de terre pour former des agrégats. La détérioration de la structure du sol diminue donc le taux de la matière organique (la mort des organismes vivants présents dans le sol)

Figure 19: Structure d'un sol dégradée (agriculture de conservation.com)

La détérioration de la structure du sol a un impact direct sur la production agricole par la réduction de la superficie des terres agricoles.

Les produits agricoles de la zone Tidili Mesfioua se concentrent sur la culture des céréales, des légumes et des cultures fourragères. Le rendement annuel des cultures ainsi que les superficies culturales (tableau 4) diminuent chaque d'année en année à cause de la dégradation du sol.

Tableau 5: Production agricoles dans la région entre 2004 et 2014

Récoltes	Superficie en hectares						Production par tonne					
	2004	2005	2006	2007	2008	2014	2004	2005	2006	2007	2008	2014
Céréale	8620	8600	8610	8580	8434	8320	7930	7740	7835	7465	7335	7430
Légume	260	280	270	260	240	210	2340	2660	2700	2360	2165	24500
Culture fourragères	230	240	250	240	260	230	6150	6600	5820	5760	5730	5620

2. Conséquences socio-économiques

L'agriculture est un secteur clé dans l'économie de la région de Mesfioua, elle est essentielle pour la sécurité alimentaire de la région et constitue une source de subsistance pour la majorité de la population de la région.

L’érosion hydrique réduit le rendement des cultures et empêche ainsi la culture d’atteindre des niveaux de productivité élevés. La dégradation des sols a des conséquences,
notamment (Figure 20)

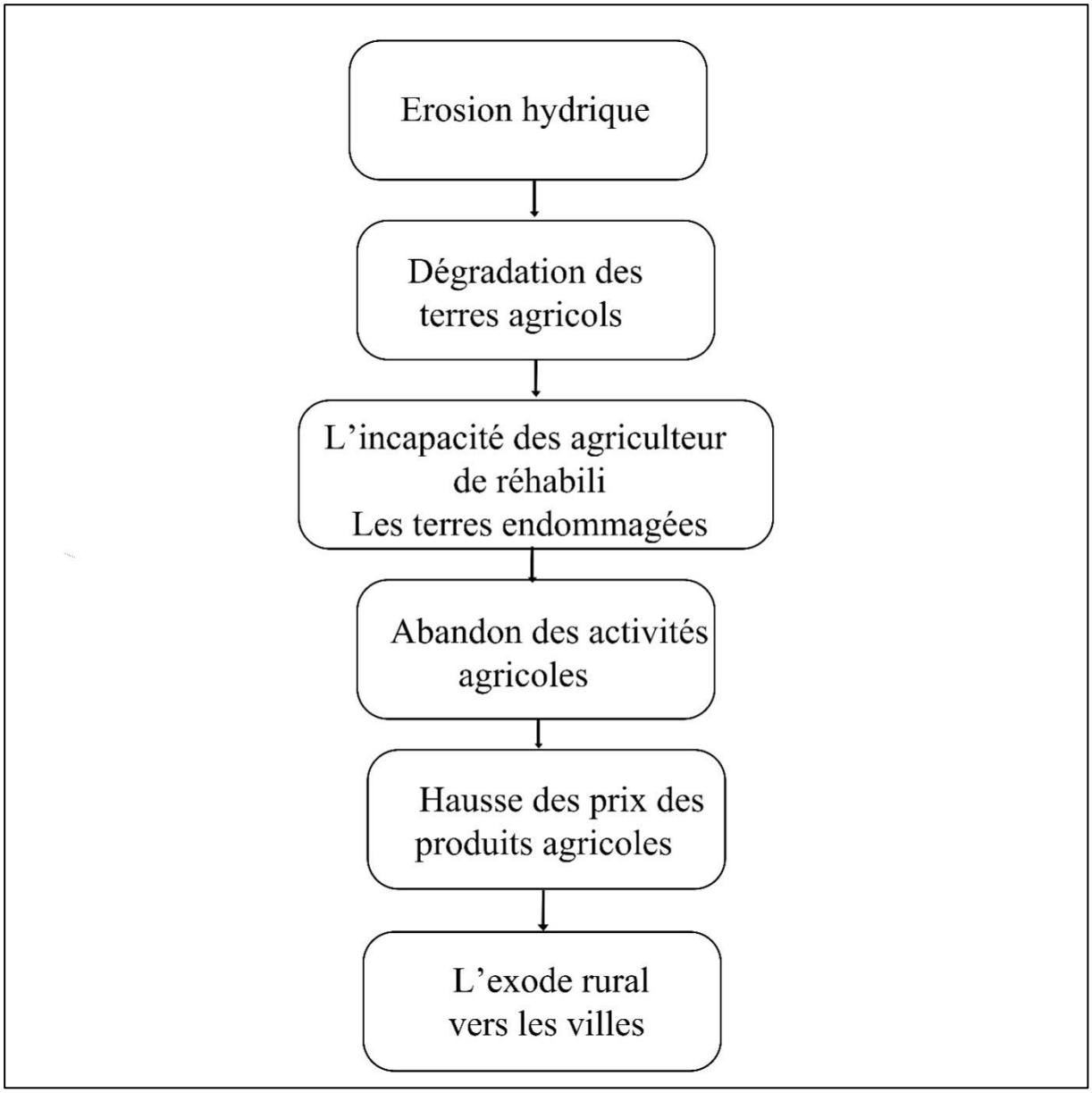

Figure 20: les conséquences socio économiques

III. Les pratiques de réhabilitation

1. Les pratiques culturales

Les agriculteurs dans la région de Tidili Mesfioua sont conscients de l'importance du sol, qui joue un rôle fondamentale dans la réalisation de la sécurité alimentaire et les opportunités du travail. La population locale essaye de mettre en œuvre ses pratiques dans le but de protéger et réhabiliter cette ressource naturelle qui est le sol.

Les pratiques culturales dans la région d'étude sont divisées en deux catégories selon la finalité de leur utilisation :

Parmi les pratiques de réadaptation les plus utilisées dans la zone d'étude, on peut citer :

1.1. Stockage de l'eau dans le sol

a. Seuil en pierre sèche

Cette technique est utilisée par les agriculteurs dans cette région car elle s'adapte au petit ravin de faible pente et au type du sol caillouté. Les agriculteurs de Mesfioua sont modestes, alors cette technique constitue leurs premier choix selon plusieurs raison :

- Il est facile à construire et peu couteuse surtout que les pierres de construction sont disponible dans cette région.
- Il est efficace ; il permet la réduction de la vitesse d'écoulement et par conséquent de l'effet du ravinement.
- Permet le piégeage des sédiments derrière ces seuils, construisant ainsi des étangs fertiles adaptés à la culture ou à l'ensemencement

Figure 21: Photo représentant des seuils en pierre sèche

b. La culture selon les courbes de niveau

Cette technique est une pratique adaptée aux zones de faible pente comme c'est le cas de notre région d'étude. Il s'agit simplement d'orienter les cultures selon les courbes de niveau. Ce faisant, oriente la rugosité du sol due aux mottes et aux creux, perpendiculairement à la pente de telle sorte que l'on ralentisse au maximum la nappe d'eaux ruisselante.

c. Les terrasses

C'est une technique qui consiste à cultiver sur des terrains aménagés en terrasses horizontales étagées soutenues par des murets de pierre ou des levées de terre (Figure 22). Les habitants dans cette région appliquent cette technique afin de limiter l'écoulement des eaux de ruissellement et favoriser leur infiltration dans le sol, pour lutter contre l'érosion et permettre la mise en

culture de la terre. Les terrasses dans cette région sont bordées par le système de mur de soutènement en pierre sèches

Figure 22: terrasse dans les régions semi arides (Photo de Sabir)

1.2. Conservation de la biomasse des sols

a. L'alternance des cultures

C'est une technique qui consiste à cultiver différentes plantes d'année en année ou selon les saisons d'une même année. Les agriculteurs dans la région d'étude cultivent en premier des légumineuses permettent de libérer beaucoup d'azote dans le sol puis en second les céréales qui pourront bénéficier de ces ressources d'azote sans provoquer l'épuisement des éléments fertilisants.

2. Stratégies développées par l'état

1. Les réserves naturelles :

Ces réserves sont définies par des zones ou des domaines précisées géographiquement, contiennent des plantes, des animaux et des insectes. Ses réserves représentent des refuges pour ces êtres vivants. La réserve de Tasghimout (Ait ourir El Haouz) constitue un patrimoine biologique riche et diversifié permettant de maintenir l'équilibre naturel et de réaliser un développement durable. Il permet aussi de lutter contre pas mal de problèmes touchant le sol comme l'érosion hydrique, la désertification et la dégradation.

2. Les forêts artificielles :

Rentre parmi les projets réalisés par la Haut-Commissariat des Eaux et Forêts (Ighrisnouamou, Tasghimout et Grouka), qui consistent à planter une surface de terres qui était dénudé et dépourvue de végétation dans le but de faire revivre la terre dans cette zone. Dans la région de Tidili Mesfioua environs 1770 hectares ont été reboisés depuis l'année 1970.

Les forêts artificielles entraînent :

- la lutte contre le problème de dégradation du sol et elle maintient la stabilité du sol par les racines des arbres.
- Fournit de conditions favorables pour la vie de la faune qui participe à l'enrichissement du sol en matière organique et conserve la diversité biologique de la région.
- Empêche le ruissellement de l'eau ce qui diminue l'érosion hydrique et augmente l'infiltration de l'eau et par conséquent l'augmentation du réservoir d'eau dans la nappe.

Figure 23*:* forets d'ighris noumou

IV. Solutions proposées pour lutter contre l'érosion hydrique

D'après le constat que nous avons réalisé sur le terrain et en comparant avec d'autres régions du Maroc, on peut proposer d'autres solutions pour aider les populations locales à lutter contre la dégradation des sols et à leur réhabilitation. Parmi ces recommandations on peut citer :

- Sensibiliser les gens dans cette région du danger du problème de dégradation du sol par l'érosion hydrique et d l'importance de protéger le sol. Nous pouvons prendre comme exemple Les citoyens qui possèdent des terres très vastes et qui empêchent et interdisent organismes publics de l'état de procéder à des opérations de boisement sur leur territoire.

- Réorganiser la répartition des terres, afin de permettre aux agriculteurs de regrouper leurs parcelles afin d'obtenir des parcelles de plus grande superficie, facilement aménageables

- Construire d'autres barrages comme le barrage d'Aït Ziad qui permet de stocker l'eau et faire des canaux d'eau afin d'éviter l'écoulement des eaux de pluie et les inondations vers les terres agricoles voisines.

- Parmi les problèmes célèbres dans la région il y a le surpâturage qui influence sur la couverture végétale et entraine la dégradation du sol. Donc il faut lutter contre ce phénomène on consacrant des endroits précis pour le pâturage des bétails et en fournissant des aliments pour les bétails pour diminuer la pression du pâturage.
- Le problème d'abattage des arbres s'aggrave de plus en plus la dégradation du sol, alors il faut arrêter ce phénomène par la sensibilisation des habitats du danger de ce problème et imposer des lois et des amendes financières.

- Cette région est connue par l'extraction du sel qui laisse des résidus. Ses derniers provoquent la salinisation des sols. Il faut encadrer et légaliser pour diminuer son impact sur le sol.

CONCLUSION

La partie étudiée dans la région Tidili Mesfioua présente, d'après les principaux résultats de nos travaux, une moyenne à forte sensibilité à l'érosion hydrique, notamment à cause de la pente, pour ce qui est des versants ; ajoutant à cela l'occupation du sol qui est le facteur dominant pour les parties basses.

L'érosion hydrique dans la région d'étude cause de graves dommages aux cultures agricoles pour les petits agriculteurs, ce qui entraine à son tour des pertes matérielles, c'est ce que l'on observe au niveau du rendement annuel car il diminue d'année en année.

Dans ce rapport, vu le temps dont nous disposons pour le réaliser, nous n'avons pas pu approfondir certains aspects. Le développement de ce travail peut être réalisé selon les axes suivant :

1. Estimer la perte du sol en utilisant différentes techniques
2. Faire une classification du sol selon leur sensibilité à l'érosion hydrique
3. Mettre en œuvre nos solutions suggérées.

Finalement, ce projet nous a donné une bonne occasion pour apprendre comment se confronter aux difficultés réelles du monde professionnel.

Toutes les difficultés rencontrées pendant la durée de notre projet étaient bénéfiques puisqu' elles nous ont aidées à améliorer notre personnalité en acquérant les valeurs de persévérance, d'optimisme, de prouver notre aptitude à assurer la responsabilité de réaliser ce mémoire.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

Dominique Dupilet (2003). Guide technique de la lutte contre l'érosion des sols et caps et marais de pale, p. 18-44.

El Hafid, Akron (2018). Quantification de l'érosion hydrique en utilisant le modèle rusle et dépositions intégrée dans un sig. Cas du bassin versant de l'oued Isly, p.5-14.

El Garouani Abdelkader, (2003).Cartographie et évaluation quantitative de l'érosion hydrique au pre-ref marocain, p .3-7.

F.Fournier.Mesure de l'érosion principes de base et incidence de l'instrumentation nouvelle sure l'établissement des réseaux de mesure, p.1-14.

Georges de Noni, Marc Viennot. *Terre d'altitude, terres de risque* : chapitre 4, p.75-85.

Garane et al, J.Appl. Biosci, (2017).*Effet du travail du sol sur le comportement chimique et biologique du sol et les conséquences sur le rendement d'un blé tendre dans la région* (non chernozem), Russie

Haut-Commissariat aux eaux et forêts et à la lutte contre la désertification, (2011).*Guide de traitement des ravins à l'usage des acteurs communautaires*. 2-34

L'étude de faisabilité pour le développement des ressources en Ray par les barrages Moyens dans le milieu Rurale au Royaume Maroc. Rapport de soutien V : sols, agriculture, p.6-22.

Office International de l'eau-SNIDE, (2004*).Le transport solide : Estimation et mesure,* p.4-15

Rapport diagnostic de sous bassin de Zat, (2016).AHT GROUP AG-RESING, p. 3-114.

Sites web :

http://www.Tidilimefioua.com

https://espacepourlavie.ca/texture-du-sol.com

http://futura-science.com

https://Meteohabituelle a Tidili-Mesfioua-Maroc, sections-humidity

https://Reboisement.com