

Université Abdelhamid Ibn Badis -Mostaganem-  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

DEPARTEMENT D'AGRONOMIE

*MEMOIRE DE FIN D'ETUDES*

Présenté pour l'obtention du diplôme de

**MASTER EN AGRONOMIE**

**SPÉCIALITÉ :**

**Gestion Conservatoire des Eaux, des Sols et de l'Environnement**

Par :

HADJI Mohamed

ATTALAH Mohammed

**THÈME**

**Impacts du couvert végétal sur l'érosion  
hydrique des sols agricoles dans les  
piémonts Nord Ouest du Dahra (W.  
Mostaganem)**

Soutenue publiquement le 18/ 09 / 2019

***DEVANT LE JURY***

Président	Mr HADDAD Ahmed	Pr	U. Mostaganem
Encadreur	Mr LARID Mohamed	Pr	U. Mostaganem
Examineur	Mr BELGAT Saci	M.A.A	U. Mostaganem

**Année universitaire**

2018/2019

# Remerciement

*Avant tout, nous remercions notre Dieu tout puissant qui nous a donné la patience, la volonté, le courage et le savoir pour accomplir ce travail.*

*Nous remercions nos enseignants du département d'agronomie de l'université Abd el Hamid ben Bardis du Mostaganem, en particulier :*

*Monsieur LARID Mohamed notre directeur de mémoire de nous avoir proposés le sujet et pour ses précieux conseils.*

*Nous adressant nos plus vifs remerciements au président(e) de jury Mr HADAD Ahmed qui a accepté d'évaluer ce travail.*

*Nos sincères remerciements pour monsieur BELGAT qui nous a fait l'honneur d'examiner ce travail.*

*Nous remercions également les responsables et les techniciens de laboratoires pédologie et Insid*

*Toute les personnes qui, de près ou de loin nous ont aidé à réaliser ce manuscrit.*

Dédicace

Hadji

Je dédie ce modeste travail a mes parents, mes estime pour eux sont immenses, je vous remercie pour tout ce que vous avez fait pour moi.

Que dieu vous préserve une longue vie heureuse.

A tous mes amis

Je vous dédie ce travail et vous souhaite un avenir à la hauteur de vos ambitions.

Que notre amitié dure

A Toute ma famille, Tous ceux que j'aime, qui m'aiment et me comblez de conseils

A tous ceux qui, un jour, ont pensé à moi, les plus beaux mots Ne sauraient exprimer ma redevance.

A moi Hadji

Dédicace

ATALLAH

Je rends mes profondes gratitude à ALLAH qui m'a aidé à réaliser ce  
modeste travail.

À MES CHERS PARENTS Aucune dédicace ne saurait exprimer mon  
respect,

Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez  
depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne  
toujours.

Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formulés,  
le fruit de vos innombrables sacrifices, bien que je ne vous en  
acquitterai jamais assez.

Puisse Dieu, le Très Haut, vous accorder santé, bonheur et longue vie  
et faire en sorte que jamais je ne vous déçoive.

Une spéciale dédicace à ma belle Sœur chahra zad

A mon chers frère abdelkader A tous les membres de ma famille.

A tous mes amis A mon binôme Hadji Mohamed

A tous mes enseignants depuis mes premières années d'études.

A ma promotion de Master en agronome 2019.

*ATTALAH*

<b>Sommaire</b>	<b>Page</b>
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Introduction générale	
<b>CHAPITRE I : APERÇU BIBLIOGRAPHIQUE</b>	
1.1. Dégradation des sols	01
1.1.1. Introduction	01
1.1.2. Interface sol	01
1.1.3. Définition de la dégradation	01
1.1.4. Types de dégradation	02
A. Dégradation physique	03
B. Dégradation chimique	03
C. Dégradation biologique	03
1.1.5. Conséquences socio-économiques	03
1.2. L'érosion hydrique	04
1.2.1. Définition	04
1.2.2. Généralités	04
1.2.3. Processus de l'érosion hydrique des sols	05
1.2.4. Formes de l'érosion hydrique des sols	05
A. Érosion en nappe	05
B. Érosion de type « rill-interrill » (rigole-inter rigole)	06
C. Érosion par ruissellement concentré	07
D. Érosion par affouillement régressif	07
1.2.5. Principaux agents de l'érosion hydrique	08
A. Intensité et agressivité des précipitations	09
B. Ruissellement	09
C. Infiltration	10
D. Détention superficielle et rugosité du sol	10
E. Pente et longueur de pente	10
F. Couvert végétal	10
1.2.6. Conséquences de l'érosion	11
A. Diminution du potentiel agronomique	11
B. Inondation et coulées boueuses	11
C. Dégradation des milieux naturels	12
1.3. Généralités sur le couvert végétal	12
1.3.1. Introduction	12
1.3.2. Importance du couvert végétal	13
1.3.3. Dynamique du couvert végétal	13
1.3.4. Relation Sol-Végétal	13
1.3.5. Maîtrise de l'érosion superficielle par la végétation	14
1.3.6. Génie biologique pour revégétaliser les sols érodés	15
1.4. Évolution historique des stratégies de la conservation de l'eau et des sols	15
1.4.1. Stratégies traditionnelles de lutte antiérosive	16
A. Culture itinérante sur brûlis	16
B. Terrasses en gradins et sur murettes en pierres	16
C. Alignements de pierre et les murettes	16

1.4.2. Stratégies modernes d'équipement hydraulique	17
A. Restauration des terrains en montagne (RTM)	17
B. Conservation de l'eau et des sols (CES)	17
C. Défense et restauration des sols (DRS)	17
D. Gestion conservatoire de l'eau, biomasse et fertilité des sols (GCES)	18
CHAPITRE II. MATÉRIELS ET MÉTHODES	
2.1. Introduction	19
2.2. Présentation de la zone d'étude	19
2.2.1. Situation géographique	19
2.2.2. Cadre juridique et administratif	20
2.2.3. Cadre physique	20
A. Géomorphologie	20
B. Altitudes et expositions	21
C. Lithologie	23
D. Réseau d'écoulement pluvial	23
E. Couvert végétal	24
2.2.4. Aperçu climatique	25
A. Précipitations	25
B. Températures	26
C. Évapotranspiration	27
D. Vents	27
E. Humidité relative	28
F. Synthèse climatique	29
2.3. Approche expérimentale	32
2.3.1. Choix des parcelles expérimentales	32
2.3.2. Délimitation et caractérisation des stations expérimentales	32
2.3.3. Prélèvement des échantillons de sol	33
2.3.4. Analyses physico-chimiques du sol	33
A. Granulométrie et texture	33
B. pH	34
C. Conductivité électrique	35
D. Matière organique	36
E. Carbone organique	36
F. Calcaire total	37
G. Calcaire actif	37
2.4. Approche statistique (ANOVA & ACP)	38
2.5. Approche cartographique (SIG)	38
CHAPITRE III. RÉSULTATS ET DISCUSSION	
3.1. Résultats	39
3.1.1. Introduction	39
3.1.2. Évaluation qualitative de l'érosion hydrique	40
A. L'indice de sensibilité selon la pente	40
B. L'indice de l'érodibilité des sols	41
C. L'indice de sensibilité selon la lithologie	42

D. L'indice de sensibilité selon le couvert végétal	43
E. L'indice des risques d'érosion	44
3.2. Discussion	45
3.2.1. Interprétation des résultats de l'ANOVA	45
Conclusion générale	49
Références bibliographiques	
Annexes	
Résumés	

# Liste des figures

N°	Titre du Figure	Page
1	des sols, terres agricole de Douar ouled Naimia Sidi Ali 2019	03
2	<b>Schéma : processus</b> de l'érosion hydrique	05
3	Erosion en griffes, terres agricoles de Douar ouled Naimia Sidi Ali 2019	06
4	Érosion hydrique en rigole	07
5	Erosion hydrique de type linéaire	07
6	Schéma : Les facteurs de l'érosion	09
7	Dynamique des Vasques de la platière du XIXe siècle à nos jou	12
8	Couvert Végétale, terres agricoles de Douar ouled Naimia Sidi Ali 2019	14
9	Vue sur des billons.	16
10	DRS en pente sur bassin versant.	17
11	Carte des pentes de la zone d'étude	19
12	Carte d'altitude de la zone d'étude.	20
13	Carte des expositions de la zone d'étude.	21
14	Carte lithologique de la zone d'étude	21
15	Carte des réseaux d'écoulement pluvial de la zone d'étude	22
16	Indice de végétation	23
17	Des précipitations mensuelles (mm)	24
18		24
19	L'évaporation moyenne mensuelle	25
20	La vitesse moyenne mensuelle du vent	26
21	L'humidité relative moyenne mensuelle du l'air (%)	26
22	Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen	28
23	Délimitation et caractérisation des stations expérimentales	31
24	Classification des classes texturales	33
25	L'indice l'érodibilité	40

N°	Titre du tableau	Page
1	Formes d'érosion hydrique ( <b>Roose, 1994</b> )	07
2	Coordonnées géographiques de la zone d'étude	18
3	Classification du climat selon l'indice de continentalité ( <b>Debrach, 1953</b> )	27
4	Indice de continentalité de la zone d'étude	27
5	Étage bioclimatique de Sidi Ali	29
6	Classification des climats en fonction de la valeur de l'indice de Martonne	30
7	Système de classification des classes texturales	33
8	Echelle d'interprétation du pH eau d'après Ryser <i>et al.</i> , 2001	34
9	Echelle de salure en fonction de la CE de l'extrait aqueux au 1/5 d'après Aubert, 1978	35
10	Normes d'interprétation du taux du calcaire du sol d'après Loz et Mathieu, 1990	37
11	Classe de vulnérabilité des sols selon la pente	40
12	Classe de vulnérabilité des sols selon la Typologie du sol	42
13	Classe de vulnérabilité des sols selon le couvert végétal	43
14	Facteurs et modalités	48

N°	Titre du Figure	Page
1	Le sol interface	02
2	<b>Debut de creusement sur des agricoles dans la zone d'étude</b>	03
3	Étapes de l'érosion hydrique	05
4	Érosion en nappe	06
5	Érosion en griffes sur des terres agricoles dans la zone d'étude	06
6	Érosion de type « rill-interrill	07
7	Érosion régressive	07
8	Érosion hydrique en rigole (linéaire)	08
9	Facteurs de l'érosion	09
10	Couvert végétal conséquent sur terres agricole dans la zone d'étude	15
11	DRS en pente sur bassin versant dans la zone d'étude	18
12	Situation géographique de la zone d'étude	19
13	Carte des pentes de la zone d'étude	21
14	Carte des expositions de la zone d'étude	22
15	Carte des altitudes de la zone d'étude	22
16	Carte de la lithologie de la zone d'étude	23
17	Carte des réseaux de l'écoulement pluvial de la zone d'étude	24
18	Carte de l'Indice de végétation	25
19	Précipitations mensuelles moyennes (2000-2015)	26
20	Les données thermiques moyennes (2000-2015) (Station ONM, Mostaganem, 2017)	26
21	L'évaporation moyenne mensuelle (2000-2015)	27
22	La vitesse moyenne mensuelle du vent (2000-2015)	28
23	L'humidité relative moyenne mensuelle de l'air (2000-2015)	28
24	Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen de la zone d'étude renseigné en périodes d'érosion hydrique et éolienne (2000-2015)	30
25	Délimitation et caractérisation des stations expérimentales	32

26	Classification des classes texturales (Jamagne, 1967)	34
27	Carte de vulnérabilité des sols a l'érosion selon la pente	41
28	Lithologie de la zone d'étude	42
29	Carte de vulnérabilité à l'érosion selon la typologie du sol	43
30	carte de vulnérabilité des sols selon le couvert végétal	44
31	carte de vulnérabilité des sols à l'érosion Hydrique	45

## Introduction générale

---

L'érosion hydrique est un phénomène grave qui touche la quasi totalité des terres agricoles du Tell au nord de l'Algérie. Le climat de la zone d'étude est marqué par des averses brutales s'abattant le plus souvent sur des sols marneux, secs et dénudés, et par une sécheresse persistante. Ainsi la pression exercée sur la couverture végétale (pratiques culturales inadaptées, surpâturage, incendies, etc.) accentue l'érosion. Ce phénomène est encore plus grave lorsque l'on sait que plus de 80% des surfaces cultivées sont situées dans des zones en pente encore plus sensibles à l'érosion hydrique.

Les activités humaines qui doivent accompagner le développement n'ont fait qu'accélérer la dégradation des couvertures végétales et pédologiques, la fertilité naturelle des sols, le réseau hydrographique et le microclimat en augmentant ainsi le ruissellement (**Roose, 1991**). Un survol rapide du nord de l'Algérie, région la plus productive du pays mais aussi la plus fragile, nous montre des montagnes sur pâturées et des garrigues brûlées, des collines dénudées, des sols squelettiques cultivés, décapés par l'érosion en rigoles et par le labour des versants dans le sens de la pente et des plaines lacérées par les ravines et les oueds, des rivières torrentielles qui dévorent les basses terrasses et envasent les barrages en une trentaine d'années (**Roose et al, 1996**). Les terres agricoles occupent environ 7 M ha soit près du quart de ce territoire qui couvre quelques 28 M ha. Les forêts très dégradées et livrées à la vaine pâture, occupent près de 2 M ha, les pâturages et les terrains de parcours, les maquis et les broussailles et les terrains définitivement incultes occupent le reste du territoire (**Ministère de l'Agriculture, 1992**).

Du fait de l'absence d'un couvert végétal permanent, au lieu de stagner et de s'infiltrer, les eaux se sont mises à ruisseler en entraînant avec elles la terre fine et ses fertilisants naturels (Argile, Limon et Matière Organique) qui sont les liants des sols fragiles. L'érosion, le ruissellement et l'infiltration sont essentiellement dus à l'agressivité des pluies, à la nature des terrains, au taux et à la nature du couvert végétal. L'agressivité des pluies se traduit d'abord par l'énergie des gouttes ensuite par le ruissellement qui modifie la structure du sol et ses états de surface et en conséquence la porosité des horizons superficielles donc de la capacité d'infiltration des sols en terminant avec le transport et le dépôt des sédiments.

L'objectif du présent travail est d'analyser le couvert végétal et évaluer son efficacité à résister au ruissellement. Pour ce faire, notre étude comprend trois parties principales :

- ❖ La première a été consacrée à un aperçu bibliographique sur l'érosion hydrique.
- ❖ La seconde explique les méthodes et matériels utilisés y compris l'approche statistique.
- ❖ La troisième porte sur l'interprétation des résultats et l'établissement de cartes thématiques. Et, enfin une conclusion générale avec quelques perspectives.

## 1.1. Dégradation des sols

### 1.1.1. Introduction

La dégradation des sols est un phénomène mondial préjudiciable aux services écosystémiques et à la productivité des écosystèmes agricoles. Elle est une menace grave qui pèse sur la biodiversité et sur la stabilité et la fonction des écosystèmes. Tout un éventail d'espèces végétales et animales est menacé par la disparition de leur habitat. L'appauvrissement de la biomasse dû au défrichage et à l'érosion accrue de la surface de la terre produit des gaz à effet de serre qui contribuent aux changements climatiques et au réchauffement de la planète. Du fait de l'interconnectivité entre les écosystèmes à diverses échelles, la dégradation des sols déclenche des processus destructeurs pouvant avoir des répercussions multiples sur l'ensemble de la biosphère.

### 1.1.2. L'interface « sol »

Le sol est la couche la plus externe de la croûte terrestre résultant de l'interaction entre la lithosphère, l'atmosphère, l'hydrosphère et la biosphère. Il résulte de la transformation de la couche superficielle de la roche-mère, dégradée et enrichie en apports organiques par les processus vivants de pédogenèse. Hors des milieux marins et aquatiques d'eau douce, il est ainsi à la fois le support et le produit du vivant. La partie du sol spécialement riche en matière organique se nomme l'humus.

On différencie le sol de la croûte terrestre par la présence significative de vie. Le sol est aussi un des puits de carbone planétaires, mais semble perdre une partie de son carbone, de manière accélérée depuis au moins 20 ans. Il peut contenir et conserver des fossiles, des vestiges historiques et les traces d'anciennes activités humaines (anthropisation, voir aussi anthrosol, archéologie) ou d'évènements climatiques. Ces éléments influent à leur tour sur la composition floristique.

### 1.1.3. Définition de la dégradation

Le sens attribué ici au terme dégradation correspond à la transformation (physique, chimique et/ou biologique) du sol qui implique la détérioration plus ou moins réversible d'une ou de plusieurs de ses fonctions. Ce phénomène est essentiellement dû aux actions de l'homme.

Situé à l'interface des roches, de l'atmosphère, de l'hydrosphère et de la biosphère, le sol joue un rôle clé dans la régulation des échanges entre ces différentes sphères (Fig. 01). On conçoit

donc aisément qu'outre sa fonction productive, utilisée par l'homme, il a aussi une



**Figure 01 .Le sol interface**

fonction environnementale majeure. Or, si amoindrir les fonctions productives du sol touche directement au problème de l'alimentation de l'humanité, voire à sa survie, amoindrir les fonctions environnementales du sol touche à l'équilibre même de la planète toute entière : la composition de l'atmosphère, le climat, le fonctionnement des écosystèmes (dont il fait partie), la qualité et la circulation des eaux, la biodiversité et la qualité de l'environnement sont ainsi concernés. La diminution des fonctions productives d'un sol bouleverse donc ses fonctions environnementales : c'est ce que notre époque actuelle découvre. Et la rétroaction est déjà amorcée : comme depuis la seconde moitié du XX<sup>e</sup> siècle la composition de l'atmosphère a été modifiée par les activités industrielles et agricoles, on peut affirmer qu'aujourd'hui il n'existe plus de sols à l'état naturel, ces derniers et leur fonction ayant été perturbés, à des degrés divers, par les activités humaines.

#### **1.1.4. Les types de dégradation**

La dégradation des sols peut être de trois formes : physique, chimique et biologique.

### A. Dégradation physique

Elle contribue à l'affaiblissement de la structure du sol induisant l'encroûtement, la compaction, et l'érosion (Fig.02).



**Figure 02. Début de creusement sur des terres agricoles dans la zone d'étude**

### B. Dégradation chimique

La dégradation chimique des sols comprend les phénomènes de salinisation et d'alcalisation, d'acidification ou de perte de nutriments des sols.

### C. Dégradation biologique

Dans le sol, l'activité biologique contrôle les processus importants qui déterminent sa fertilité : taux ou vitesse de décomposition, de minéralisation, de dénitrification ou de lixiviation. En fait, il y a une très étroite relation entre l'activité microbienne et la teneur en eau du sol. Ainsi, il existe un seuil critique de la teneur en eau en dessous duquel les processus biologiques tels que les taux de diffusion de l'oxygène et des éléments nutritifs sont inhibés (Scholes *et al.*, 1994 in Woomer and Swift 1994).

#### 1.1.5. Conséquences socio-économiques de la dégradation des terres

- Perte de productivité des sols en culture pluviale ;
- Augmentation des coûts des cultures ;
- Réduction des potentialités pour les zones littorales ;

- Réduction de la biodiversité.2. Généralités sur l'érosion

## 1.2. L'érosion hydrique

### 1.2.1. Définition

Le mot Érosion vient de "*ERODERE*", verbe latin qui signifie "ronger". D'où l'interprétation pessimiste de certains auteurs qui décrivent l'érosion comme une lèpre qui ronge la terre jusqu'à ne laisser qu'un squelette blanchi : les montagnes calcaires qui entourent la méditerranée illustrent bien ce processus de décharnement des montagnes dès lors qu'on les défriche et que l'on brûle leur maigre végétation. En réalité, c'est un processus naturel qui certes, abaisse toutes les montagnes (d'où le terme de "dénudation rate", vitesse d'abaissement du sol des géographes anglophones) mais en même temps, l'érosion engraisse les vallées, forme les riches plaines qui nourrissent une bonne partie de l'humanité. Il n'est donc pas forcément souhaitable d'arrêter toute érosion, mais de la réduire à un niveau acceptable tolérable.

C'est aussi l'ensemble des actions chimiques et organiques qui aboutit à la destruction des roches et au nivellement progressif du terrain plus simplement ; l'érosion est l'usure de la partie superficielle de l'écorce terrestre, l'eau et le vent sont les principaux agents naturels. (**Greco, 1966**). L'érosion est un phénomène naturel qui affecte l'ensemble de la couverture terrestre géo pédologique et c'est l'un des facteurs important de formation et l'évolution des milieux naturels (**Dutil, 1984**). Les précipitations et le ruissellement de l'eau sur les terres agricoles peuvent être à l'origine d'une érosion hydrique des sols, incluant éventuellement le déplacement des particules érodées jusqu'aux cours d'eau. Ce processus peut avoir des conséquences écologiques et financières significatives. La formation de rigoles et de ravines, ainsi que les coulées et les inondations boueuses peuvent en effet entraîner des dégâts importants.

### 1.2.2. Généralités

Les études récentes sur la vulnérabilité au changement climatique dans la région méditerranéenne indiquent une tendance à un accroissement à l'aridité qui accélère l'érosion hydrique (**Shabban, 1998**). L'érosion des sols par la pluie et le ruissellement est un phénomène largement répandu dans les différents pays de la méditerranée. Il continue à prendre des proportions considérables en particulier sur les pentes à cause de la torrencialité des pluies, de la forte vulnérabilité des terrains (roches tendre ; sols fragiles ; pentes raides et

couvert végétal souvent dégradé) et de l'impact défavorable des activités agricoles, selon la FAO (1990), la situation continue à se dégrader ; En Tunisie 45% de la superficie totale est menacée par l'érosion hydrique (Chevalier, 1995 ; Boussama, 1996), au Maroc 40% (Celik, 1996) et en Algérie 45% des zones telliennes sont touchées, soit 12 millions d'hectares (Chebbani, 1999).

### 1.2.3. Processus de l'érosion hydrique des sols

L'élément déclencheur de ce type d'érosion est la pluie, qui provoque le détachement des particules élémentaires du sol, leur transport et enfin leur dépôt (Fig. 03). Il s'agit d'un phénomène largement répandu et dont les conséquences peuvent entraîner des pertes de terre irréversibles et une diminution des capacités de stockage des barrages. Ce phénomène devient encore plus grave si l'on sait que 85% des surfaces cultivables, sont situées dans les zones les plus sensibles à l'érosion en Algérie (Chibbani, *et al.* 1999).

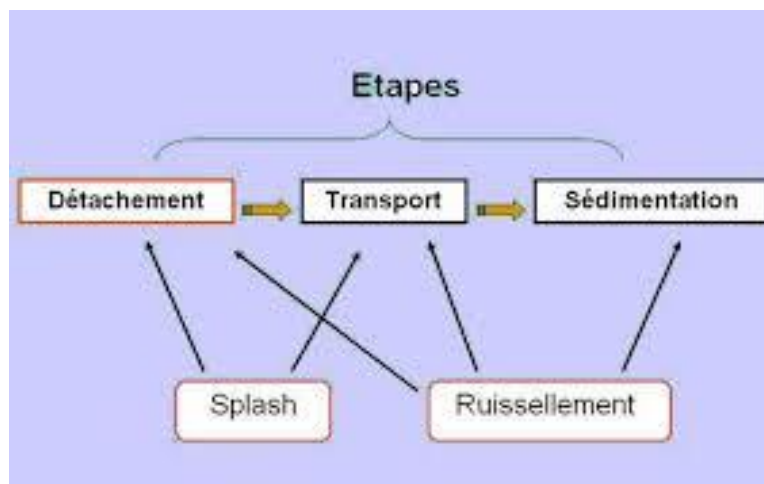


Figure 3. Étapes de l'érosion hydrique

### 1.2.4. Formes de l'érosion hydrique des sols

#### A. Érosion en nappe

Abaisse progressivement de toute la surface du sol soumise à l'énergie cinétique des gouttes de pluie ; la battance réorganise la structure de la surface du sol, désagrège les mottes et forme des organisations pelliculaires superficielles très peu perméables Fig. 04 et 05).



**Figure 04. Érosion en nappe**



**Figure 5. Érosion en griffes sur des terres agricoles dans la zone d'étude**

### **B. Erosion de type « rill-interrill » (rigole-interrigol)**

Ce type d'érosion se caractérise par la juxtaposition à faible distance de rigoles à peu près parallèles, de dimension modeste, mais très nombreuses si on se rapporte à l'unité de surface (Fig. 06). Le détachement de matière solide est assuré à la fois par le ruissellement, au niveau des rigoles, et par les gouttes de pluie au niveau des inters rigoles d'où les particules détachées sont facilement exportées en raison de la densité du réseau d'évacuation (Young et Wiersma, 1973. *In* Boiffin et Monnier, 1991).



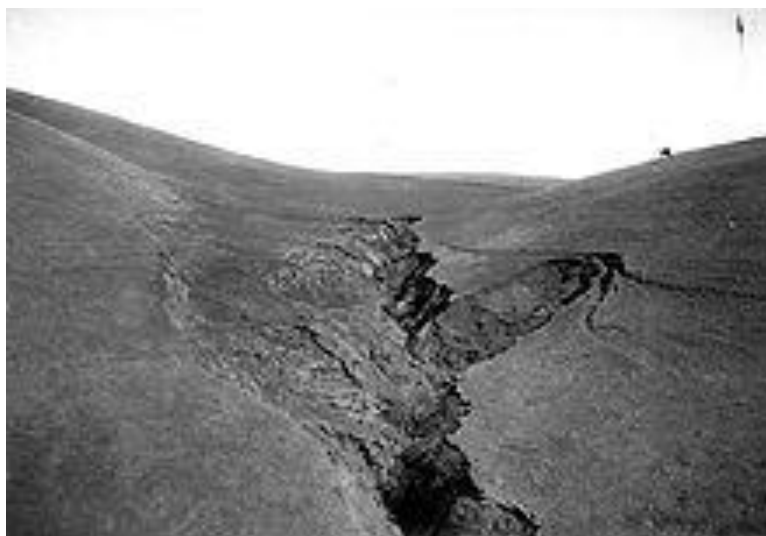
**Figure 06. Érosion de type « rill-interrill**

### **C. Érosion par ruissellement concentré**

Celle-ci se manifeste par l'existence d'incisions profondes et larges mais très espacées et localisées de façon systématique dans des chenaux de collecte du ruissellement d'origine topographique ou agraire.

### **D. Érosion par affouillement régressif**

Ce qui correspond à de profondes entailles apparaissant au niveau du franchissement d'un talus par des écoulements plus ou moins concentrés. Creusée et déblayée par la chute d'eau, l'excavation régresse vers l'amont par effondrement progressif des parois (Fig. 07 et 08).



**Figure 7. Érosion régressive**



**Figure 8. Érosion hydrique en rigole (linéaire)**

Le tableau 01 décrit les formes de l'érosion hydrique.

<b>Tableau 01. Formes d'érosion hydrique (Roose, 1994)</b>	
Appellation des lignes d'écoulement (d'après Roose.1994)	
<b>Profondeur</b>	<b>Appellation</b>
En surface	Diffuse
Quelques centimètres	Griffes
>10 cm	Rigoles
10 à 20 cm avec quelques mètres de large	Nappes ravinantes
>50 cm	Ravines
Quelques mètres	Ravins

### **1.2.5. Principaux agents de l'érosion hydrique**

La figure 09 illustre l'évolution du processus de l'érosion hydrique et la place de chaque facteur dans la chronologie des événements.

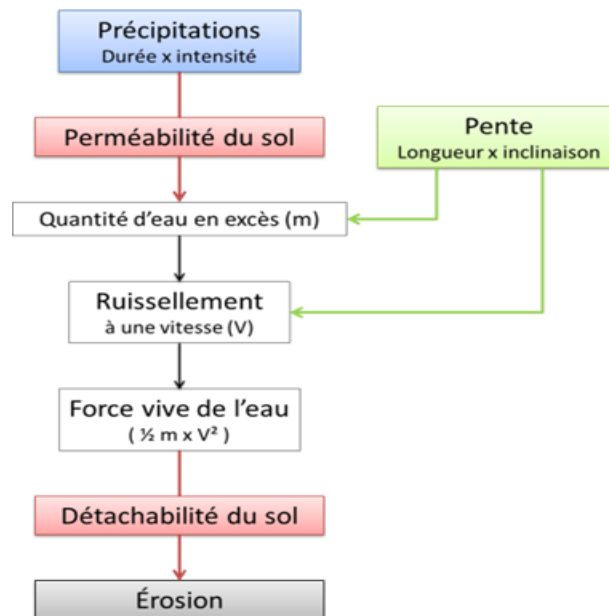


Figure 09. Facteurs de l'érosion

### A. Intensité et agressivité des précipitations

La désagrégation de la structure et le détachement des particules sous l'impact des gouttes de pluie résultent du "travail" exercé par les gouttes à la surface du sol. Il est donc lié à l'énergie cinétique des gouttes. L'évaluation de l'énergie cinétique des gouttes reste un bon critère d'évaluation de l'agressivité des pluies. Il existe d'ailleurs une relation empirique reliant l'intensité d'une pluie et son énergie cinétique (Remy, et al. 1998).

### B. Ruissellement

Le ruissellement apparaît dès que l'intensité d'une pluie devient supérieure à la vitesse d'infiltration du sol. Il est nettement plus élevé sur sol nu que sous cultures. Les plus faibles ruissellements proviennent des pluies tombantes après une période sèche. Par contre, les ruissellements et les pertes en terres les plus élevées ont eu lieu à une époque où le sol est déjà très humide et dans le cas de pluies exceptionnelles et des orages d'automne et de printemps (Chebbani, 1999).

Le ruissellement ne débute qu'après un cumul pluviométrique journalier de 18 à 20 mm (Laouina, 1998) sur sol sec même si les pluies sont intenses ou après un cumul de 4 mm sur sol humide et compact (Chibbani, 1997). D'une manière générale, il est admis que la vitesse du ruissellement est le paramètre prépondérant de l'action érosive du ruissellement superficiel.

### C. Infiltration

Tous les sols sont plus ou moins perméables. Le coefficient de perméabilité qui représente la vitesse d'infiltration de l'eau dans le sol dépend essentiellement de la porosité du sol. Pour un sol homogène initialement non saturé, la surface du sol présente une certaine infiltrabilité définie comme le flux maximum qu'elle peut absorber lorsqu'elle est maintenue en contact avec l'eau et la pression atmosphérique.

Au cours du temps cette baisse par l'action de la compaction des sols, que ce soit sous l'action des agents climatiques ou par l'action de l'homme, conduit à une réduction de la porosité et donc de la conductivité hydraulique. La diminution de la capacité d'infiltration constitue ainsi un facteur défavorable générateur de ruissellement et de transport de sédiments. En revanche, cette même diminution de l'infiltrabilité joue un rôle positif contre l'érosion puisqu'elle renforce la résistance au cisaillement des sols.

### D. Détention superficielle et rugosité du sol

Elle correspond à la capacité de stockage temporaire de la surface du sol vis-à-vis de l'eau. La détention superficielle se fait sous forme de flaques dans les micro-dépressions, dont la capacité de stockage est liée à la rugosité.

### E. Pente et longueur de pente

L'influence de la pente est complexe. Le plus souvent, l'érosion augmente avec la pente. Il se développe une érosion en rigoles dix fois plus agressive que l'érosion en nappe (**Roose, et al. 1998**). Quant à la longueur des pentes, il semble que son influence sur la naissance de rigoles dépend de diverses interactions avec la rugosité et la perméabilité du sol, le type et l'abondance du couvert végétal.

### F. Le couvert végétal

Il est clair que le couvert végétal est efficace pour réduire le ruissellement. La couverture du sol, plus particulièrement celle assurée par la strate herbacée et les résidus végétaux, constitue la protection la plus efficace du sol. Elle intervient vis à vis du sol par :

- L'interception nette : une partie de la pluie qui tombe sur la végétation est directement reprise par l'évaporation. Elle ne participe alors, ni à l'infiltration, ni au ruissellement.

- La dissipation de l'énergie cinétique : une partie de la pluie interceptée par le feuillage continue sa course jusqu'au sol. L'énergie cinétique des gouttes s'en trouve alors modifiée.
- L'expérience montre (**Ruiz-Figueroa, 1983**) que l'efficacité d'un couvert végétal à l'égard de l'infiltration est d'autant plus marquée que le dernier élément récepteur est bas.

### 1.2.6. Les conséquences de l'érosion

#### A. Diminution du potentiel agronomique

Les premiers dégâts causés par l'érosion des sols concernent directement les agriculteurs. Sur le terrain, l'impact est parfois très visible et assez spectaculaire. Sur un plan économique, les conséquences peuvent être lourdes du fait d'une diminution sensible des rendements.

- La destruction des semis.
- Une perte du capital sol.
- Une gêne pour les travaux agricoles.
- L'hétérogénéité des parcelles.

#### B. Inondations et coulées boueuses

##### 1. Les coulées de boue

L'érosion, bien qu'elle se produise sur les terrains agricoles, peut avoir des conséquences directes sur les habitants. En effet, elle peut être à l'origine de violentes coulées de boue touchant les villes et villages situés en fond de vallée. Ces coulées de boue sont le résultat de l'accumulation des eaux de ruissellement et de la terre décrochée des terrains agricoles, et peuvent provoquer des dégâts notables sur la voirie (obstruction des voiries, sapement des chaussées, colmatage des réseaux d'eaux pluviales) et sur les habitations.

##### 2. Augmentation de l'intensité des crues des rivières

L'envasement du cours d'eau consécutif à l'érosion des sols gêne le bon écoulement hydraulique et augmente ainsi les risques de débordement des rivières. Lors de fortes pluviométries, toutes les eaux de ruissellement de la vallée terminent leur course dans la rivière, qui représente leur exutoire naturel, et viennent donc augmenter l'ampleur de la crue.

### **C. Dégradation des milieux naturels**

Le milieu naturel possède parfois un patrimoine naturel remarquable, notamment par la diversité des milieux aquatiques et humides (rivières, marais, fonds de vallée). L'érosion peut sensiblement affecter ces richesses.

#### **1. Impacts sur les cours d'eau**

L'envasement du lit des cours d'eau gêne le bon écoulement hydraulique, et augmente les risques de débordement en amont. Les travaux de curage habituellement réalisés pour restaurer la section du lit sont coûteux et dégradent fortement la biodiversité aquatique.

Enfin, l'envasement des estuaires qui découle du charriage des sédiments par les cours d'eau porte également atteinte à la productivité piscicole marine.

#### **2. Impacts sur les marais**

Les marais constituent l'arrivée massive des sédiments et la dégradation de la qualité de l'eau qui en découle menacent directement les populations animales et végétales aquatiques, sources alimentaires d'autres espèces. Pour ces dernières, cette baisse quantitative de ressources alimentaires disponibles aboutit à une diminution de leurs effectifs et peut aller jusqu'à leur complète disparition du milieu.

### **1.3. Généralités sur le couvert végétal**

#### **1.3.1. Introduction**

Il est essentiel de bien comprendre la couverture végétale de notre planète afin de promouvoir la gestion durable des terres (et notamment la production agricole pour nourrir une population en constante expansion), qui permet d'exploiter efficacement les ressources naturelles de plus en plus limitées tout en préservant l'environnement.

Cette actualisation de la couverture végétale de la terre intervient à un moment crucial. Elle sera un outil précieux pour évaluer la durabilité de l'agriculture et soutenir le développement rural durable fondé sur des données probantes, ainsi que les politiques d'utilisation des terres contribuant à réduire la pauvreté. Elle visera également à promouvoir des systèmes agricoles et alimentaires inclusifs et efficaces et à renforcer la résilience des moyens d'existence des populations. GLC-SHARE permettra en outre de comprendre les

effets du changement et de la variabilité climatique sur les principales ressources naturelles, ainsi que la production vivrière.

Une population mondiale en pleine expansion et une demande croissante de nourriture constituent de sérieux enjeux pour l'agriculture qui, au cours des prochaines années, devra produire plus avec moins de ressources naturelles, tout en s'adaptant au changement climatique.

### **1.3.2. L'importance du couvert végétal**

L'implantation et l'enracinement de couverts végétaux de l'automne au printemps vont donc permettre de ne pas laisser le sol nu, et de protéger sa structure.

Lors des fortes pluies, l'efficacité du couvert végétal se manifesterá par une meilleure infiltration de l'eau et moins de ruissellement. Les racines des couverts protégeront le sol du compactage par la pluie. Le sol conservera sa richesse et sa bonne santé, particulièrement en automne et en hiver.

De plus, la conservation du couvert jusqu'au printemps aura pour avantage de protéger la structure du sol permettant, dans certains cas, de ne pas avoir besoin de le travailler, ou très peu au printemps. Dans cette démarche, il est plus conseillé de préparer la terre hors période à risque d'érosion, à l'implantation du couvert végétal.

### **1.3.3. Dynamique du couvert végétal**

La dynamique de la végétation est le phénomène par lequel différentes plantes vont se succéder à un même endroit au cours du temps, en fonction des conditions du milieu, et notamment du type de sol. Plus le sol est épais, plus de grandes plantes peuvent s'y développer ; en même temps, ce sont les plantes qui modifient le sol, en fournissant la litière qui deviendra l'humus. Les plantes et le sol évoluent donc ensemble.

### **1.3.4. Relation Sol-Végétal**

L'activité végétative et le type de sol sont intimement liés et leurs actions combinées influencent singulièrement l'écoulement en surface. Le couvert végétal retient, selon sa densité, sa nature et l'importance de la précipitation, une proportion variable de l'eau atmosphérique. Cette eau d'interception est en partie soustraite à l'écoulement.

La forêt, par exemple, intercepte une partie de l'averse par sa frondaison. Elle exerce une action limitatrice importante sur le ruissellement superficiel. La forêt régularise le débit des

cours d'eau et amortit les crues de faibles et moyennes amplitudes. Par contre, son action sur les débits extrêmes causés par des crues catastrophiques est réduite.

A l'inverse, le sol nu, de faible capacité de rétention favorise un ruissellement très rapide. L'érosion de la terre va généralement de pair avec l'absence de couverture végétale.

### 1.3.5. Maîtrise de l'érosion superficielle par la végétation

La végétation limite nombre d'effets néfastes de l'eau :

- le feuillage intercepte une partie de la pluie. Il réduit ainsi l'énergie cinétique des gouttes qui atteignent le sol indirectement, et donc leur impact érosif direct ;
- les herbes, la litière et les racines superficielles ralentissent la mobilisation des particules de sol par ruissellement ;
- les racines charpentières plus profondes des arbres limitent indirectement l'érosion en s'opposant aux glissements superficiels et en partie au tassement du sol ;
- la structure des couches humifères du sol limite leur sensibilité à l'impact des gouttes de pluie et à l'entraînement des particules de sol. De même, une forte porosité favorise l'infiltration de l'eau.

Ainsi, une couverture végétale protège le sol de l'érosion superficielle, d'autant plus qu'elle est complète, dense et pluristratifiée. La forêt n'est cependant pas indispensable et une couverture dense de plantes arbustives ou herbacées est tout aussi efficace. Une couverture incomplète peut suffire à la contrôler. Ainsi, les résultats expérimentaux montrent qu'un recouvrement de 70 % limite la mobilisation des particules de sols et les piège à proximité immédiate, presque aussi bien qu'un couvert complet. Un recouvrement de 30 % réduit déjà significativement l'agressivité du ruissellement et parfois très fortement l'entraînement de particules. Toute végétation est donc utile pour protéger les sols.

Par ailleurs, les débris de végétaux morts gisant au sol jouent aussi un rôle de protection, et la répartition spatiale de la végétation ou de ces débris compte autant que le pourcentage de surface qu'ils couvrent. Enfin, une meilleure protection contre le risque érosif est souvent assurée grâce à une grande diversité fonctionnelle des végétaux. Sur les milieux marneux de montagne érodés et restaurés depuis plus d'un siècle, au-delà de leur fertilité (stock et disponibilité en éléments nutritifs), c'est surtout la disponibilité en eau des sols qui explique cette diversité.

L'existence actuelle de ces terrains dénudés illustre les limites des techniques anciennes de reboisement et d'engazonnement, ainsi que de la dynamique végétale naturelle : elles se heurtent aux pentes très fortes et à l'absence d'horizon pédologique qui caractérise ces

milieux. C'est le domaine du génie biologique, qui a beaucoup évolué grâce à des travaux expérimentaux récents.

### 1.3.6. Génie biologique pour revégétaliser les sols érodés

Le génie biologique, ou génie végétal, s'entend comme l'ensemble des techniques et stratégies utilisant les végétaux pour contrôler, stabiliser et gérer des sols érodés, et plus largement pour restaurer, réhabiliter ou « renaturer » des milieux dégradés. Des ouvrages tels que des fascines, des clayonnages, des palissades ou encore des cordons de boutures ou de plants peuvent avantageusement être utilisés (cf. fig. 10). Les recherches actuelles visent à mieux comprendre le fonctionnement et l'influence de ces structures sur le risque érosif. Elles débouchent sur des méthodes de diagnostic précis des conditions du milieu, ainsi que sur des méthodologies pour choisir les ouvrages de génie biologique les mieux adaptés au contrôle de l'érosion et de la sédimentation, en particulier dans les bassins versants torrentiels (Rey, 2011). Si ces techniques de génie biologique s'appliquent à de petites entités spatiales, la stabilisation de bassins versants de plusieurs hectares fait appel au génie civil, autre moyen d'action de la RTM (non traité dans cet article). Mais il s'agit alors de maîtriser l'affouillement linéaire dans le lit des torrents et des ravines et de limiter les dégâts engendrés par les crues, plus que de protéger la surface des sols.



**Figure 10. Couvert végétal conséquent sur terres agricole dans la zone d'étude**

### 1.4. Évolution historique des stratégies de la conservation de l'eau et des sols

Toutes les sociétés rencontrent des problèmes de dégradation du milieu par divers types d'érosion et ont tenté d'y porter remède par des stratégies traditionnelles adaptées aux pressions foncières, en aménageant les eaux de surface pour améliorer la productivité des sols

et stabiliser les versants. Leur abandon ne signifie pas leur manque d'efficacité antiérosive mais plutôt une évolution du milieu socio-économique.

#### **1.4.1. Stratégies traditionnelles de lutte antiérosive**

##### **A. Culture itinérante sur brûlis**

Il est probablement la plus ancienne stratégie utilisée sur tous les continents pour maintenir la productivité de la terre. Cette stratégie ne s'applique que sur des terres peu peuplées (moins de 20 à 40 habitants au kilomètre carré).

##### **B. Terrasses en gradins et les terrasses méditerranéennes sur murettes en pierres**

Développées depuis 2000 ans avant J.-C. en Asie, ces terrasses sont apparues là où la population est dense, les terres cultivables rares et le travail bon marché. Comme ces aménagements exigent un gros effort pour la construction des terrasses (700 à 1 200 hommes. Jours/ha), pour l'entretien des talus et la restauration de la fertilité des sols remués, il faut que la production soit rentable ou vitale. Ces améliorations foncières ne sont acceptées que là où les paysans n'ont plus d'autre choix pour subsister (pressions foncières, militaires, religieuses ou économiques) ou pour produire des cultures particulièrement rentables.

Ce sont les aménagements les plus connues et les plus utilisées par les agriculteurs. Ce sont des constructions qui arrivent à casser la pente. Ces terrasses tirent leur nom de la forme qu'elles donnent au versant lorsque celui-ci est totalement aménagé. Les successions de terrasses prennent en effet la forme d'un escalier ou de gradins. Ces terrasses, accrochées au versant, doivent s'adapter à la pente de celui-ci : lorsque la pente augmente les terrasses rétrécissent tandis que le mur (ou le talus) de soutènement prend de la hauteur. Il existe plusieurs possibilités pour construire ce type de terrasses. Cela dépend de la profondeur du sol, de l'espace disponible et de la quantité de cailloux présents sur le terrain.

##### **C. Alignements de pierre et les murettes**

Les murettes sont des petits murs construits en pierres sèches (sans ciment ni enduit) selon les courbes de niveau. Elles permettent à la fois de débarrasser les parcelles des pierres qui handicapent leur valorisation, de réduire le ruissellement et sa vitesse et de piéger les sédiments transportés. Sur les pentes moyennes à fortes, on aboutit rapidement à des terrasses progressives du fait de l'érosion hydrique et mécanique. Elles constituent des ouvrages de LAE par la cassure de l'énergie du ruissellement mais aussi d'amélioration des terres

(humidité, profondeur), à l'entretien de la fertilité par la fumure organique et donc de la productivité des sols. Elles sont plus adaptées aux pentes fortes.

#### **1.4.2. Stratégies modernes d'équipement hydraulique**

##### **A. Restauration des terrains en montagne (RTM)**

Développée en France à partir des années 1850. Elle a pour but de reboiser les terres dégradées de montagne et de corriger les torrents, de protéger les vallées et les voies de communication des masses de terre mobilisées par l'érosion et des crues dévastatrices.

##### **B. Conservation de l'eau et des sols (CES)**

Elle a été créée aux États-Unis lors de la crise de 1930. Cette stratégie vise à conseiller les paysans et à leur fournir un appui technique et financier pour lutter contre la dégradation spectaculaire des terres des grandes plaines agricoles (des nuages de poussière, provoqués par l'érosion éolienne, étaient capables d'obscurcir le ciel en plein jour). La CES vise à maintenir en plus de la capacité de production des terres, aussi la protection de la qualité des eaux si indispensable aux citoyens. Les nuisances à l'aval coûtent bien plus cher et forcent l'État à réagir. Cela justifie les efforts considérables de l'État pour aider techniquement et financièrement les paysans (plus ou moins volontaires selon les régions) à aménager leurs terres.

##### **C. Défense et restauration des sols (DRS)**

Elle consiste entre autres à revégétaliser l'amont des bassins-versants, stabiliser les ravines, restaurer la productivité des terres et protéger les barrages de l'envasement. Cette stratégie a été développée par les forestiers dans les années 1940-1980 autour du bassin méditerranéen pour faire face à de graves pénuries d'eau, à l'envasement rapide des barrages (en 30 à 50 ans) et à la dégradation des équipements et des terres. La DRS est née d'un mariage de raison entre la RTM des forestiers (reboisement des hautes vallées, correction torrentielle) et la CES des agronomes (banquettes plantées d'arbres fruitiers). Pour les forestiers, il s'agissait avant tout de mise en défens des terres dégradées par la culture et le surpâturage, de reboiser les hautes vallées (Fig.11) pour restaurer par les arbres la capacité d'infiltration des sols dégradés.



**Figure 11. DRS en pente sur bassin versant dans la zone d'étude**

#### **D. Gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES)**

Il s'agit d'une stratégie participative visant à mieux gérer les ressources en eau, en biomasse et en nutriments. Cette approche a été nommée « Land husbandry » par les anglophones et « Gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols » (GCES) en français. Elle tient comme principe que les aménagements antiérosifs ne peuvent être durables sans la participation paysanne, cette stratégie tient compte de la façon dont les ruraux perçoivent les problèmes de dégradation des sols et propose l'intensification de la productivité des terres pour faire face à la croissance démographique.

## 2.1. Introduction

Il sera question dans ce chapitre de rechercher compte tenu de la présence d'une gamme de couverts végétaux avec différentes formes de dégradation des sols issues de certaines pratiques culturales, de caractériser notre zone d'étude aussi bien d'un point de vue physique (géomorphologie, pédologique, hydrologique, climat, etc.), chimique (paramètres de fertilisation) et socio-économique (diversité des revenus et fixation des populations) afin de pouvoir déterminer l'impact que ces dernières peuvent avoir sur l'environnement.

## 2.2. Présentation de la zone d'étude

### 2.2.1. Situation géographique

Avec une superficie de 270 ha, la zone objet de cette étude est située sur les piémonts Nord-Ouest du Dahra Mostaganémois. L'accès au site se fait à partir de la ville de Sidi Ali en empruntant le chemin de wilaya CW42 sur 1,58 km vers le Nord. Il s'agit d'un bassin versant agricole où sont pratiquées les cultures annuelles et pérennes et dont touchée par l'érosion hydrique. On assiste parfois par endroit à des mesures de lutte utilisées par les agriculteurs contre ce phénomène.

Couvrant une superficie d'environ 2 km<sup>2</sup>, notre projet est localisé au Nord-Ouest de l'Algérie sur les piémonts nord du Dahra dans la commune de Sidi Ali qui se trouve à l'Est du Chef-lieu de la wilaya de Mostaganem à une distance de 60 km<sup>2</sup>.



Figure 12. Situation géographique de la zone d'étude

Elle est limitée :

- Au Nord par Sidi Lakhdar et Hadjadj ;
- À l'Est par la commune de Tazgait et Ouled Maala ;
- Au Sud par la commune de Ain Tedeles ;
- À l'Ouest par la commune de Sidi Belattar et Sour.

Les coordonnées géographiques de la zone d'étude figurent sur le tableau 02.

<b>Tableau 02. Coordonnées géographiques de la zone d'étude</b>				
	<b>Nord</b>	<b>Sud</b>	<b>Est</b>	<b>Ouest</b>
<b>Latitude</b>	36° 7'18.03	36° 5'53.32"	36° 6'49.34	36° 6'31.63
<b>Longitude</b>	0°24'35.80	0°24'31.39	0°25'5.24	0°23'55.67
<b>Altitude</b>	267	312	193	330

### 2.2.2. Cadre juridique et administrative

Le site d'étude s'étend sur une superficie de 268 ha sur bassin versant de 7618 ha. Sa situation administrative est la suivante :

- Daira de Sidi Ali.
- Commune de Sidi Ali.

Quant à l'administration agricole, la gestion des terres agricoles de notre zone d'étude est assurée par la D.S.A de Mostaganem et la subdivision de Sidi Ali.

### 2.2.3. Cadre physique

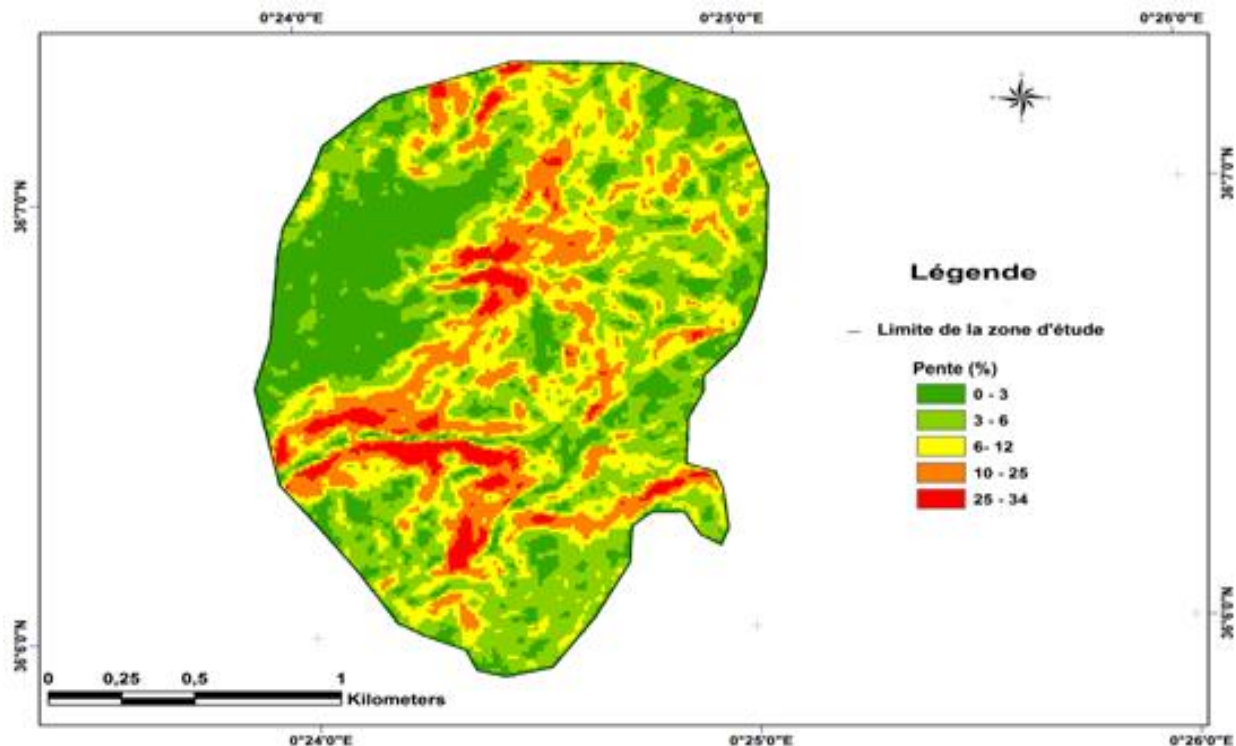
#### A. Géomorphologie

Le relief est déterminé par un paysage en grande partie ondulé avec des pentes variant de 1 à 15% (Fig. 13) et donne des formations claires. La plupart des terres fertiles sont situées dans les plaines et les dépressions. En période pluviale, le ruissellement est faible avec une érosion modérée selon les traces observées sur la zone d'étude.

À partir du modèle numérique du terrain (MNT), nous avons réalisé la carte des pentes qui nous a permis de faire la classification suivante selon l'inclination :

- 0-3% : Cette classe représente la plaine, elle couvre la partie majeure de notre site d'étude avec 76,54 ha, soit 23.05% de la surface totale.
- 3-6% : Ce sont des plaines qui présentent une faible proportion de pentes, couvrant une superficie relativement moyenne de 110,19 hectares ou 33.23 % de la superficie totale de la zone d'étude.

- 6-12% : C'est la classe des pentes, qui représente une zone de contacts entre la plaine et les montagnes, couvrant une superficie relativement importante de 81,95 ha soit 24.71% de la superficie totale de la zone d'étude.
- 10-25% : Est la classe des pentes qui représente 48,96 ha soit 14.76% de la superficie totale de la zone d'étude
- 25-34% : Est la classe des pentes qui représente 13,89 ha soit 4.19% de la superficie totale de la zone d'étude



**Figure 13. Carte des pentes de la zone d'étude**

### **B. Altitudes et expositions**

L'exposition est considérée comme étant un facteur important dans l'étude d'érosion car elle peut être un obstacle pour la poussée de certaines espèces protectrices du sol des effets d'ensoleillement et d'humidité, ces derniers, peuvent provoquer l'érosion hydrique.

Dans notre cas et sans prendre en considération les différents facteurs écologiques (climat, relief) qui favorisent l'érosion hydrique, on trouve que l'intensité de cette dernière est très marquée au niveau des endroits dépourvus de la végétation. Selon la carte d'exposition, on constate que l'exposition Ouest est la plus dominante dans la zone d'étude (Fig. 14). Le point le plus haut se situe à une altitude de 400m et le point le plus bas à 72 m, le dénivelé n'excède pas les 100 m (Fig. 15).

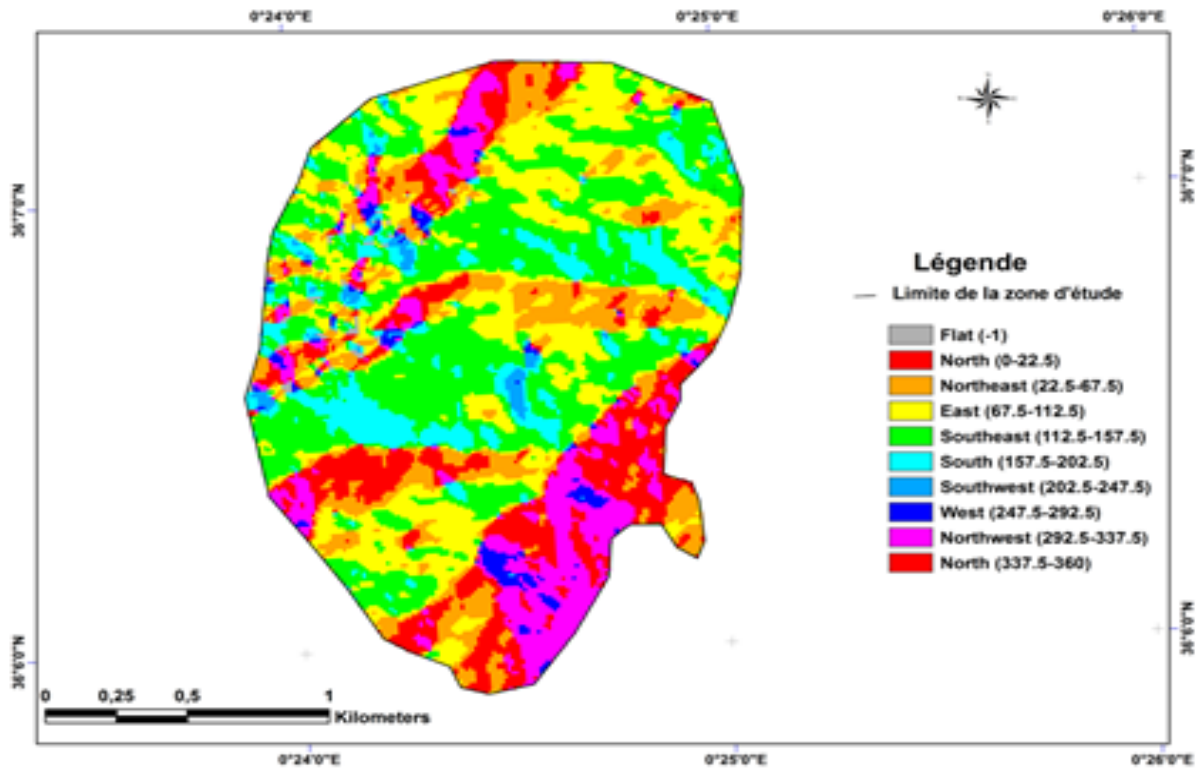


Figure 14. Carte des expositions de la zone d'étude

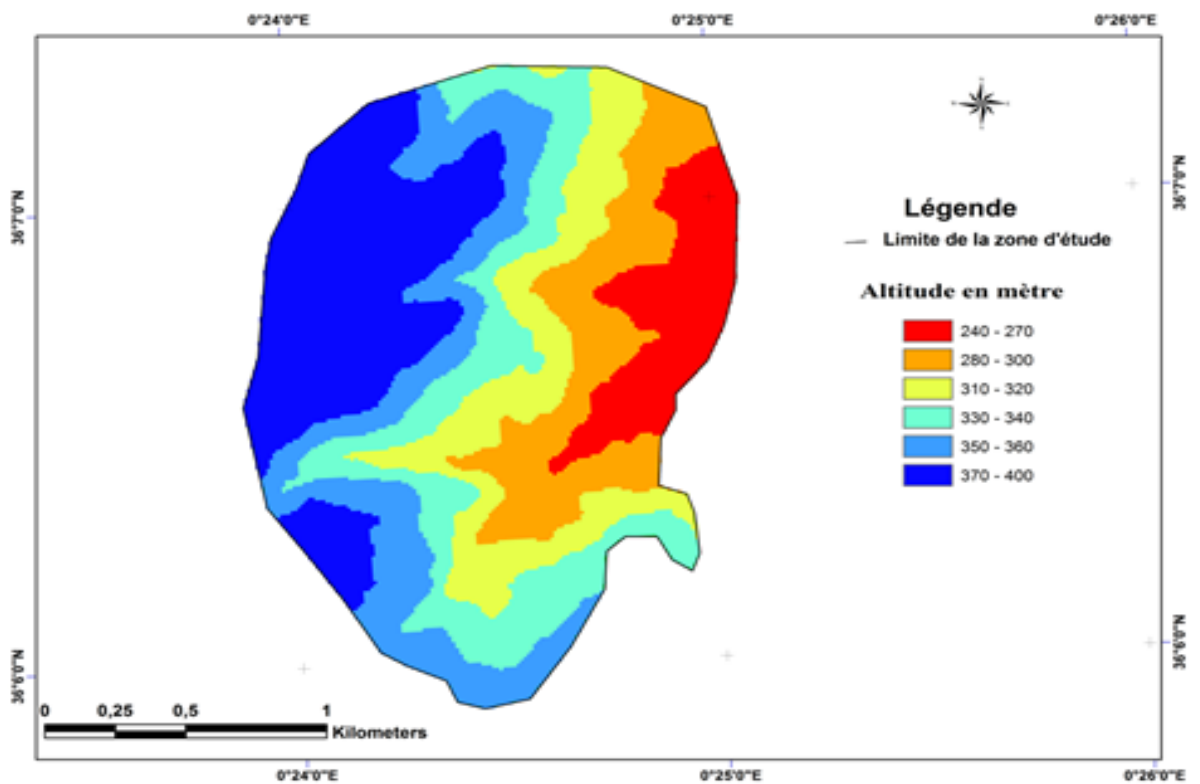
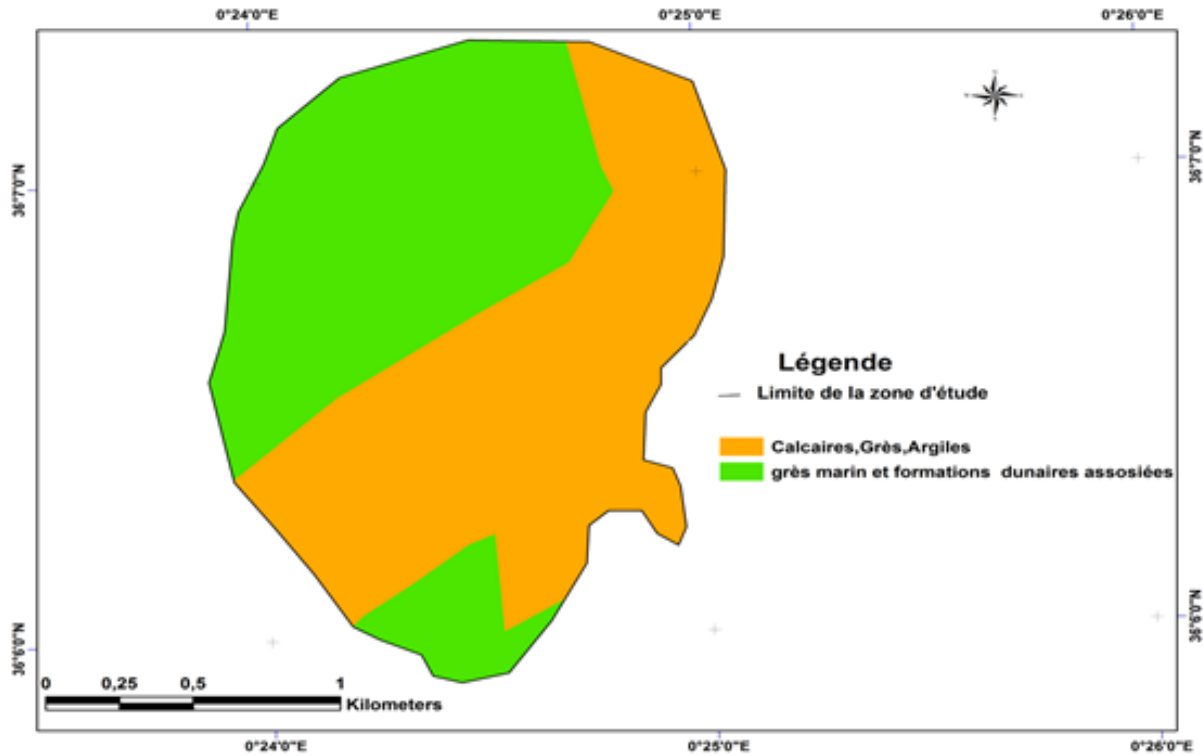


Figure 15 : Carte des altitudes de la zone d'étude

### C. Lithologie

Dans la zone de notre étude, il existe deux proportions égales formées respectivement d'argile, grès et calcaire et de grès marin avec des formations de dunes associées (Fig.16).



### D. Réseau d'écoulement pluvial

Notre zone d'étude est caractérisée par une faible densité du réseau d'écoulement pluvial justifiée par l'existence des pentes moyennes à fortes et une formation superficielle moins perméable. Il est à noter que la zone ne possède aucun cours d'eau permanent, il est dépourvu de sources d'eau superficielles comme on peut le voir sur la carte du réseau hydrographique. Ceci explique la difficulté des riverains à irriguer leurs cultures (Fig.17)

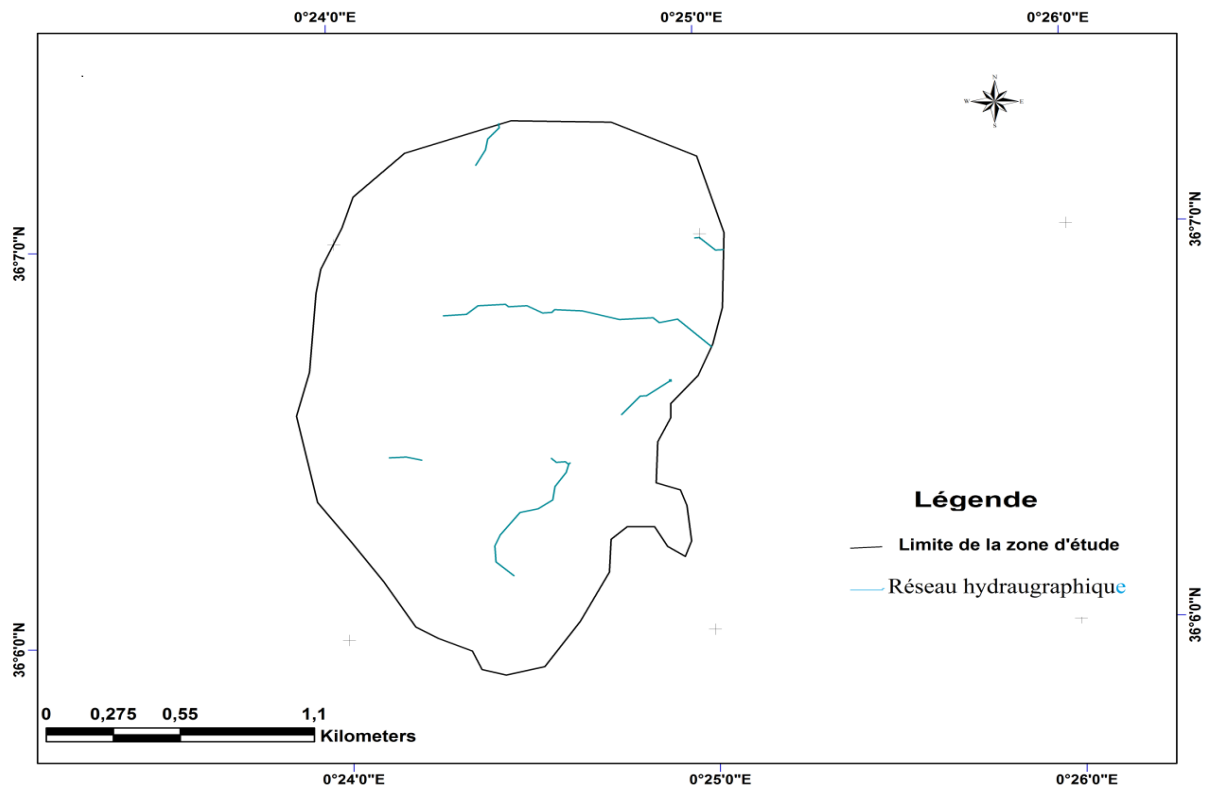


Figure 17. Carte des réseaux de l'écoulement pluvial de la zone d'étude

### E. Couvert végétal

La végétation constitue un élément important du milieu physique. D'ailleurs elle n'est que le reflet de la qualité du sol et bien sûr du climat **Benabdelli (1996)**. Sujet assez vaste et partiellement connu, il sera fait allusion beaucoup plus dans le cadre de cette étude à la végétation haie.

La majeure partie de la population de notre zone d'étude est basée sur une profession pastorale, où l'agriculture et l'élevage occupent une surface importante, il existe une prédominance de céréales, de viticulture et de plantation d'arbres avec de petits jardins avec un indice de végétation très variable (Fig.18).

Dans notre étude la végétation joue un rôle de murette pour diminuer les risques d'érosion, elle se trouve sous forme de haies ou bien de bandes enherbées.

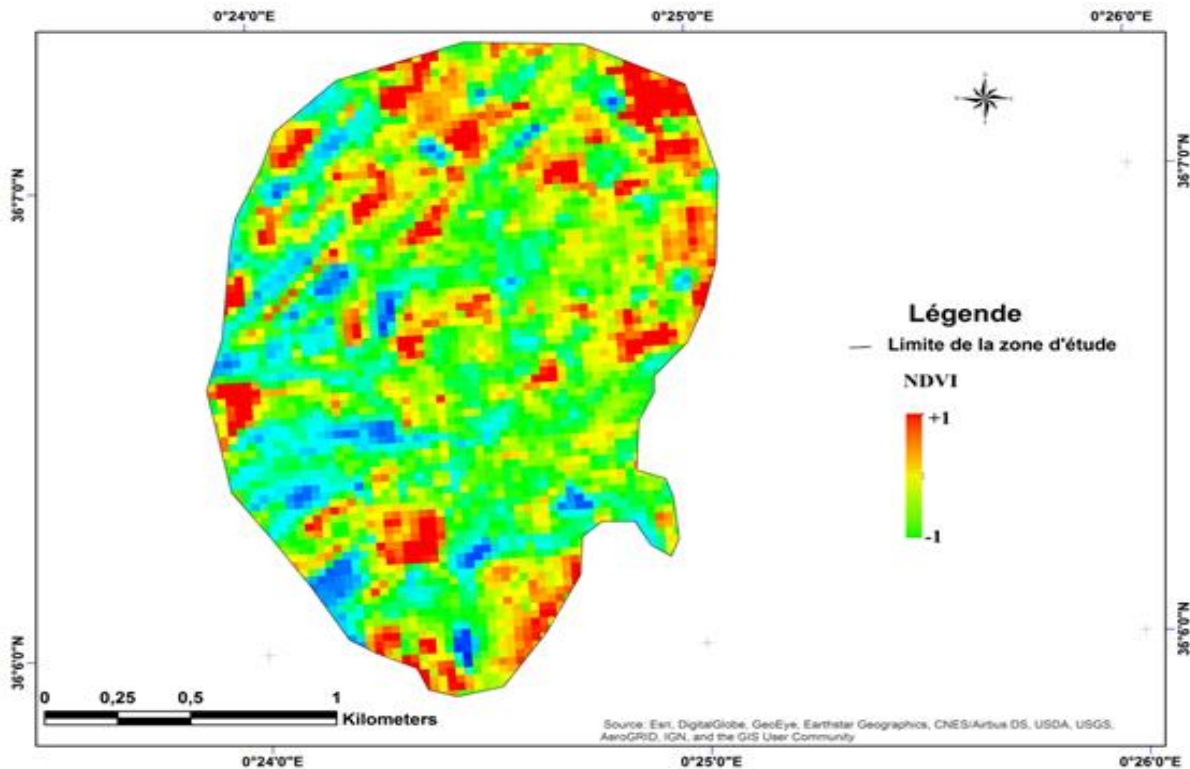


Figure 18 : Carte de l'Indice de végétation

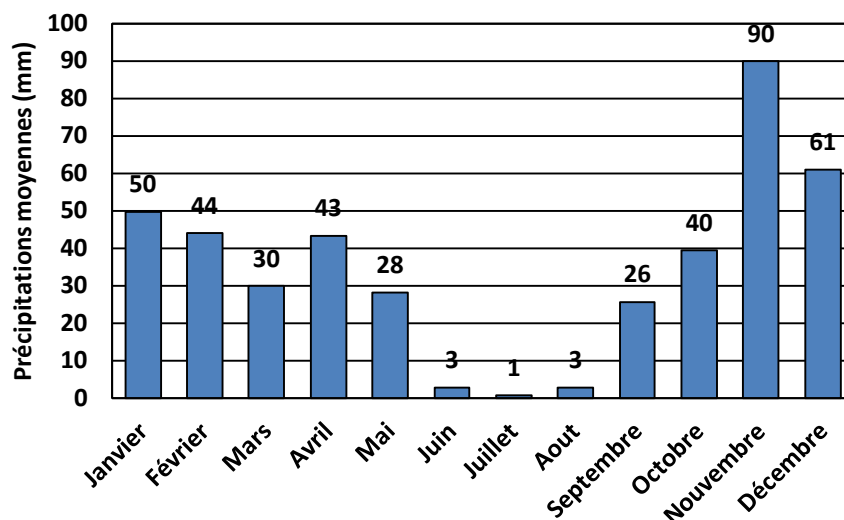
#### 2.2.4. Aperçu climatique

Les paramètres du climat ont une influence certaine et directe sur le sol et la végétation, il s'agit des précipitations et de la température. En effet, celles-ci constituent la charnière du climat. (Djebaili, 1984).

##### A. Précipitations

La pluviosité est considérée comme un facteur primordial par son impact direct sur l'hydrologie de surface dont elle représente la seule source hydrique pour la végétation des milieux terrestres (Marzouk, 2010) charrient d'énormes quantités de sédiments vers les réservoirs d'eaux (Roose, 2004).

L'histogramme (Fig.19) montre que Le régime pluvial est plus marqué entre les mois de septembre et octobre voire avril, dont le mois de novembre le plus pluvieux avec 84.33 mm tandis que Les autres mois affichent des tranches pluviométriques moins accusées surtout entre Mai et Aout, dont le mois de juillet marque le mois le plus sec avec 0.79 mm. La moyenne annuelle est de 421.06 mm.

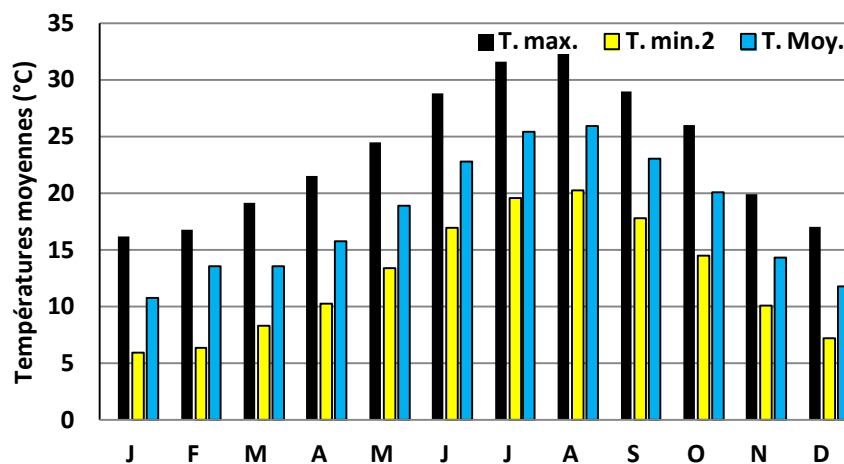


**Figure 19. Précipitations mensuelles moyennes (2000-2015)**

Les chutes torrentielles surviennent pendant les mois de forte pluviosité du début novembre à la fin février avec des maximas d'à peu près 74,36 % de la pluviométrie annuelle. D'après le tableau 01 (cf. annexe 01), les pluies mensuelles tombent généralement en automne, en hiver et au printemps. Mais celles d'automne sont plus érosives parce qu'elles tombent au moment où les sols sont peu couverts par la végétation et plus secs suite à la saison chaude de l'été.

## B. Températures

Elles jouent un rôle majeur dans la détermination du climat régional à partir des valeurs des moyennes annuelles « T » et mensuelles et les valeurs moyennes des minima du mois le plus froid « m » et des maxima du mois le plus chaud « M » (Fig. 20).



**Figure 20. Les données thermiques moyennes (2000-2015)  
(Station ONM, Mostaganem, 2017)**

**M.** moyenne des maxima du mois le plus chaud.

**m.** moyenne des minima du mois le plus froid.

**T.** température moyenne  $M + m / 2$ .

D'après la figure 18, nous remarquons que la période froide est toujours hivernale et enregistrée au mois de Janvier dans la zone d'étude. Elle est cependant de 5.99°C. Pour les températures maximales, le mois le plus chaud est enregistré en Aout, avec 32.3°C.

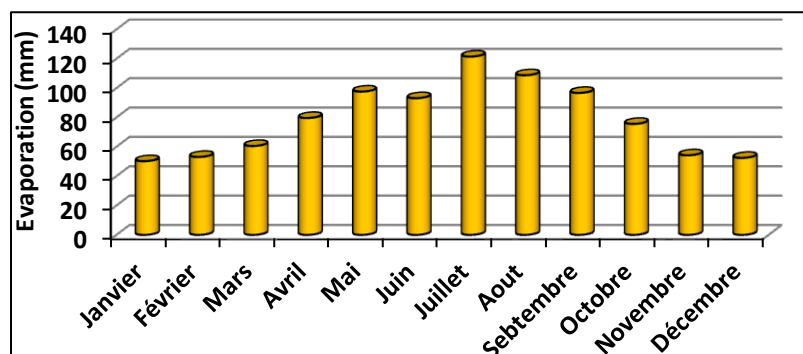
Les températures moyennes mensuelles présentent une valeur minimale en Janvier (10.8 °C) et une valeur maximale en juillet et Août (25°C).

Les précipitations réduites et les températures élevées dans une région ont des effets négatifs sur le sol, car sa sécheresse le rend plus vulnérable à la dérive en raison des inondations et de l'eau courante, en particulier dans les zones montagneuses et escarpées.

### C. Évapotranspiration

C'est une émission de vapeur par une surface liquide ou un milieu humide (sol, végétal). Une température inférieure au point d'ébullition (**De Par ce vaux et al., 2007 in Abdelouahabe et al. 2012**).

Suite à l'évaporation, l'eau se transforme en vapeur d'eau, la teneur en vapeur d'eau varie suivant la température, elle est plus importante en été qu'en hiver (**Zhongjia, 1985 in Abdelouahabe et al., 2012**) comme le montre la figure 21.



**Figure 21. L'évaporation moyenne mensuelle (2000-2015)**

Dans la région d'étude, l'évaporation atteint le maximum pendant les trois mois de l'été.

### D. Vents

Le vent se lève une partie de l'année où la température est basse et la pluviométrie élevée, cette période est dominée par des vents de direction « Nord-Est », les vents du Nord-Ouest qui

ramènent la pluie sont rares. Les vitesses du vent dans la zone d'étude restent très modérées (Fig.22).

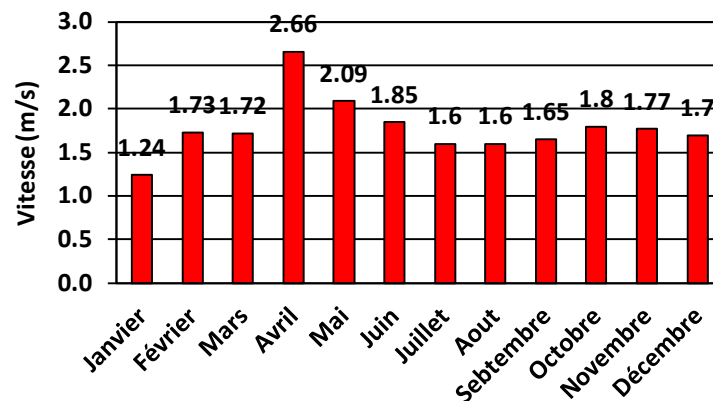


Figure 22 : La vitesse moyenne mensuelle du vent (2000-2015)

### E. Humidité relative

L'humidité relative est un paramètre climatologique très important qui présente le rapport entre la pression partielle de la vapeur d'eau à l'air humide et la pression de saturation à la même température. Les arbres eux-mêmes consomment de l'eau qu'ils transpirent en vue de refroidir les feuilles ; cela permet de faire monter l'humidité et de baisser les températures dans la journée (Verheij, 2003). L'humidité relative dans la zone d'étude reste relativement élevée durant toute grâce à sa proximité de la mer (Fig.23).

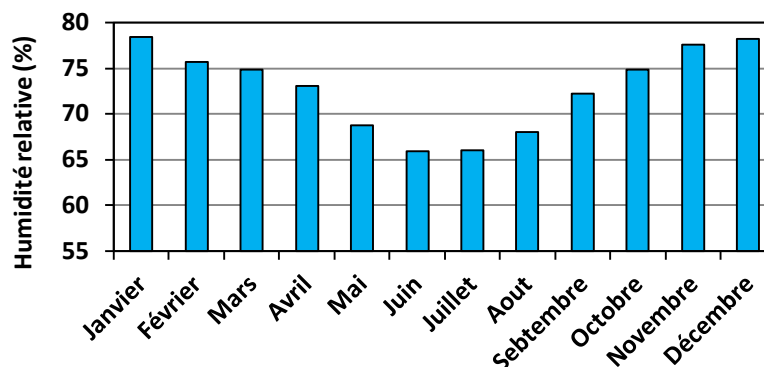


Figure 23. L'humidité relative moyenne mensuelle de l'air (2000-2015)

Les valeurs moyennes mensuelles calculées durant la période (2000-2015) montrent que le mois de Janvier détient la valeur maximale avec une valeur de 78.39% alors que la valeur minimale est enregistrée au mois de juin avec un degré d'humidité relative de 65.89 %.

## F. Synthèse climatique

Pour chaque pays suffisamment étendu, il existe un climat général qui dépend de sa latitude, sa proximité de la mer ou sa situation à l'intérieur du continent. Mais pour ces mêmes régions, il y'a aussi un climat dit local qui peut être plus au moins chaud ou froid ou sec ou humide (**Dahane, 2006**). La synthèse des données climatiques permet ainsi de classer ce climat afin de mieux se rendre compte sur la répartition et le comportement des différentes associations végétales et animales. Cette synthèse fait appel à plusieurs indices, dont nous retenons particulièrement :

### 1. Indice de continentalité ou indice de Debrach

L'amplitude thermique extrême moyenne est un paramètre climatique qui permet de définir l'indice de continentalité (**Debrach, 1953**). Il nous indique de dire si la région est sous influence maritime ou continentale. Selon la classification thermique basée sur la valeur de l'écart thermique, nous distinguons 4 types de climat qui sont regroupés dans le tableau 03.

Type de climat	M – m (°C)
Climat insulaire	$M-m < 15$
Climat littoral	$15 < M-m < 25$
Climat semi continental	$25 < M-m < 35$
Climat continental	$M-m > 35$

L'indice de continentalité que nous avons calculé pour la station pendant la période allant de 2000 à 2014, est consigné dans le tableau 04.

Température (°C)	M	m	M-m	Type de climat
	30.28	5.99	24.29	Littoral

En se référant à la classification de **Debrach (1953)**, il apparaît clair que notre zone d'étude jouit d'un type de climat qui est de type Littoral.

### 2. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson

Selon **Bagnouls et Gausson**, la sécheresse n'est pas le résultat de l'absence totale des précipitations mais de leur faiblesse qui se conjugue aux fortes chaleurs. En effet un mois est

considéré comme étant sec lorsque le total mensuel des précipitations est égal ou inférieur au double de la moyenne des températures soit ( $P \leq 2T$ ).

- P : précipitations moyennes mensuelles (mm).
- T : températures moyennes mensuelles (°C).

Ils proposent un modèle de représentation graphique où ils juxtaposent les températures et les précipitations. La sécheresse se manifeste alors lorsque la courbe des précipitations rencontre celle des températures et passe en dessous de cette dernière (Fig. 22). Cette figure montre que pour la zone la séquence sèche est bien accusée, cette période s'étend sur 5 mois et même plus, à partir du mois de mai jusqu'au mois de septembre et la période humide de 07 mois de mi- octobre et la mi-mai. L'érosion hydrique coïncide avec la période des pluies (humide et pluvieuse) et des travaux du sol pour la préparation des lits de semence et l'érosion éolienne avec la période estivale (chaude et sèche).

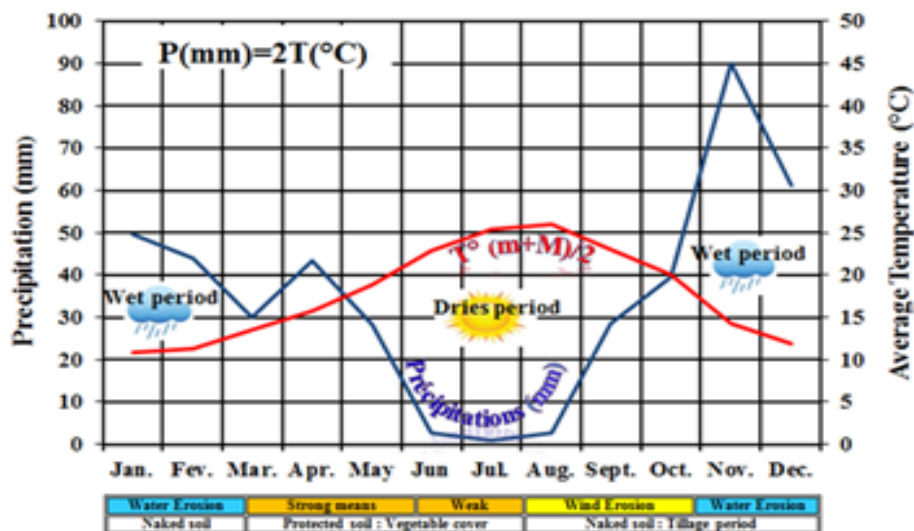


Figure 24. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen de la zone d'étude renseigné en périodes d'érosion hydrique et éolienne (2000-2015)

### 3. Quotient pluviométrique et climagramme d'Emberger

Ce quotient nous permet de déterminer l'ambiance bioclimatique d'une région où règne le climat du type méditerranéen, en faisant intervenir les précipitations, les températures maximales et minimales selon la formule suivante :

$$Q2 = \frac{1000P}{(M - m) \times (M2 - m2)} = \frac{2000P}{(M + m)}$$

Le positionnement sur un tel diagramme est établi par le Q2 calculé à partir de la formule suivante :

$$Q_2 = \frac{2000P}{M^2 - m^2}$$

P : moyenne des précipitations annuelles (mm).

M : moyenne des maxima du mois le plus chaud en degré Kelvin ( $T^{\circ}K = T(^{\circ}C) + 273,2$ ).

m : moyenne des minima du mois le plus froid en degré kelvin ( $T^{\circ}K = T(^{\circ}C) + 273,2$ ).

Pour définir l'étage bioclimatique, nous avons utilisé le climagramme pluviothermique de Sauvage qui combine les deux paramètres climatiques (température et pluviométrie). Les quotients obtenus et l'ambiance bioclimatique correspondants sont indiqués dans le tableau 05.

Tableau 05. Étage bioclimatique de la zone d'étude					
M (K)	m (K)	P (mm)	Q <sub>2</sub>	Ambiance bioclimatique	
				Étage	Variance
303.48	279.19	421.06	59.50	Semi-aride	Tempéré

Les résultats obtenus dans ce tableau et le calcul du quotient, nous ont permis de situer schématiquement notre zone d'étude sur le climagramme pluviothermique d'Emberger en étage bioclimatique semi-aride supérieur à hiver tempéré.

#### 4. Indice d'aridité de Martonne

$IDM = p/(T+10)$  où P : Précipitations moyennes annuelles (mm) et T : Températures moyennes annuelles ( $^{\circ}C$ ). Ainsi, pour notre station : P= 421.06mm T= 17.82  $^{\circ}C$  donc **IDM = 15.13**. De Martonne a proposé la classification des climats en fonction des valeurs de l'indice qui sont données dans le tableau 06 (Guyot, 1999).

Tableau 06 : Classification des climats en fonction de la valeur de l'indice de Martonne	
Valeur de l'indice	Type de climat
$0 < IDM < 5$	Hyper-aride
$5 < IDM < 10$	Aride
$10 < IDM < 20$	Semi-aride
$20 < IDM < 30$	Semi-humide
$30 < IDM < 55$	Humide

La valeur de l'indice annuel permet de situer la zone de notre étude dans le climat semi-aride, En se référant à l'abaque établi. Suivant la méthode de Demartone et en projetant les valeurs, on peut déduire que le climat de la région est de type semi-aride.

### 2.3. Approche expérimentale

#### 2.3.1. Choix des parcelles expérimentales

Après avoir déterminé les facteurs naturels affectant l'érosion des sols, notre étude vise à prendre en compte l'impact de la végétation actuellement présente (couvert végétal) dans les parcelles expérimentales, en comparant les types de végétation existant dans la région, ce qui permet de distinguer l'efficacité de chacune dans la lutte contre l'érosion hydrique. Nous avons choisi parmi plusieurs critères : pentes faibles, forte sensibilité au phénomène de l'érosion hydrique (griffes, rainures, ravines, etc.), le système de culture installé dans la parcelle (arbre-culture, arbre tout seul et cultures annuelles (monoculture ou jachère herbacée).

#### 2.3.2. Délimitation et caractérisation des stations expérimentales

Lors de notre enquête sur la zone d'étude, 10 parcelles représentées à la figure 23 ont été sélectionnées. Ces parcelles sont gérées de manière variable en fonction des critères ci-dessous afin de déterminer l'effet sur les propriétés physiques et chimiques du sol des différents systèmes de culture pratiqués par rapport à la couverture végétale qu'ils assurent durant l'année.



Figure 25 : Délimitation et caractérisation des stations expérimentales

Ces parcelles sont gérées d'une façon variable selon les caractéristiques de chacune d'elles notamment la pente, le type du sol, l'humidité du sol, le mode de faire valoir et l'accessibilité à la parcelle.

### 2.3.3. Prélèvement des échantillons de sol

Après avoir déterminé chaque parcelle l'analyse du sol de surface se trouve la plus importante par rapport l'analyse du sous-sol qui s'avère toutefois complémentaire. Les échantillons sont prélevés à une profondeur de 30 cm à l'aide d'une pelle d'environ 1 kg. Les échantillons de sol sont placés dans des sacs en plastique et fermés hermétiquement, un numéro de laboratoire étant attribué à chaque échantillon. Lorsque les échantillons sont séchés, ils sont nettoyés des pierres et des résidus de plantes. Les échantillons sont ensuite broyés à l'aide d'un broyeur de sol en acier et passés à travers un tamis de 2 mm.

Le sol tamisé est collecté et prélevé sur des échantillons individuels de 500 g et placé dans des sacs munis d'une étiquette.

### 2.3.4. Analyses physico-chimiques du sol

Les analyses de sol ont essentiellement porté sur les sous-facteurs conditionnant l'érodabilité des sols : sa texture (granulométrie), sa structure, sa perméabilité ainsi que son contenu en matière organique. En complément à ces analyses, les paramètres : pH, calcaire total et actif et la conductivité électrique sont également importants à titre d'indicateurs de sol.

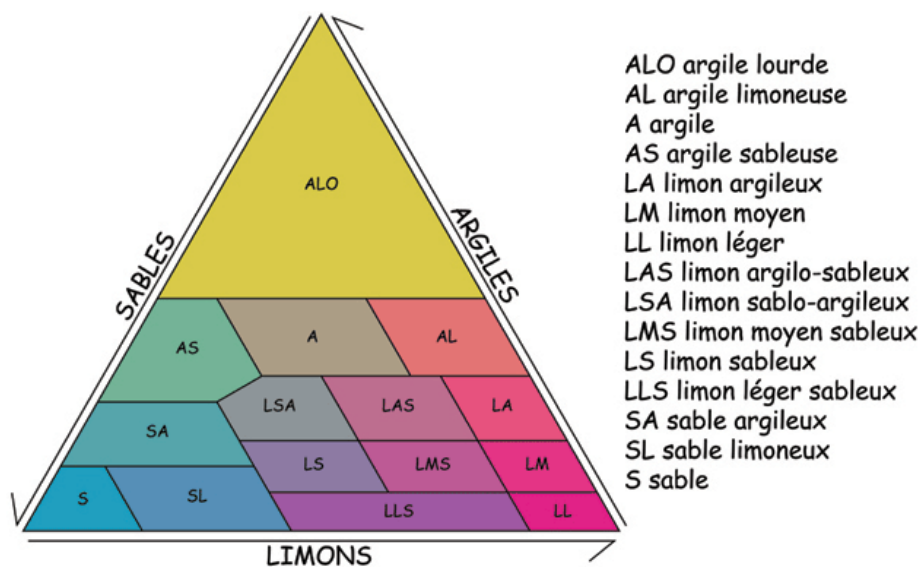
#### A. Granulométrie et texture

- Se fait par la classification de diamètre des particules minérales du sol effectué par la méthode internationale modifiée par l'emploi de la pipette Robinson pour déterminer la texture du sol.
- La matière organique est détruite par une attaque à l'eau oxygénée ( $H_2O_2$ ) puis dispersion des particules par l'hexametaphosphate de sodium et par agitation.
- On a obtenu deux types d'éléments, les éléments non tamisables (argiles, limon fins et grossiers) prélevés au cours de la sédimentation et éléments séparés par tamisages 0,2mm (sable grossier et fins).
- L'analyse granulométrique (ou physique) détermine la répartition des constituants élémentaires de sol dans les classes granulométriques choisies (tableau 07).

Terre fine					Eléments grossiers	
$\leq 2 \mu$	$2\mu - 20\mu$	$20\mu - 50\mu$	$50 \mu - 200\mu$	$200\mu - 2\text{mm}$	$2 \text{ mm} - 2\text{cm}$	$\geq 2\text{cm}$
Argiles	Limons	Limons	Sables	Sables	Graviers	Cailloux
	Fins	grossiers	fins	Grossiers		

La texture La phase solide du sol est surtout constituée de particules de nature minérale qui peuvent être classées selon leur diamètre en fractions sableuse, limoneuse et argileuse, ainsi qu'en graviers grossiers, moyens et fins La proportion relative des fractions sableuse, limoneuse et argileuse constituant le sol est appelée texture du sol. La texture est intimement liée à la composition minérale, à la surface spécifique et à l'espace poreux du sol. Elle affecte quasiment tous les facteurs de croissance des plantes.

La texture du sol influence les mouvements et la disponibilité de l'eau du sol. L'aération, la disponibilité en nutriments et la résistance du sol à la pénétration des racines. Elle influe aussi certaines propriétés physiques comme la stabilité structurale, qui sont liées à la susceptibilité du sol à la dégradation. Les proportions respectives de sables, limons et argiles permettent notamment une classification conventionnelle des sols à l'aide d'un triangle des textures (Fig. 24) comme celui défini par **Jamagne (1967)**.



**Figure 26 : Classification des classes texturales (Jamagne, 1967)**

**B. pH**

Alors qu'il faut noter l'intérêt écologique des valeurs du degré de saturation calculées à partir d'éléments déterminés au pH naturel du sol, « l'acidité élevée et les faibles teneurs en

éléments échangeables se répercutent dans les faibles valeurs du degré de saturation » (SYS,1978).

Les propriétés physiques du sol dépendent également du pH du sol : en sols limoneux, la stabilité structurale est minimale pour un pH compris entre 6 et 7, elle est améliorée en sols battants, si le pH atteint 7,6 (Pasquier, 2009).

Ce paramètre comme indicateur de l'ambiance ionique du sol, exprime la concentration en ion H<sup>+</sup> et mesure l'acidité ou l'alcalinité d'une eau lue sur une échelle allant de 0 à 14 (Vissin et *al.*, 2010) (Tabl. 08).

<b>pH eau</b>	< 5,3	5,3 -	5,9 - 6,7	6,8 -	7,3 - 7,6	> 7,6
<b>Appréciation Agronomique</b>	Fortement Acide	Acide	Faiblement Acide	Neutre	Faiblement Alcalin	Alcalin

Le pH est couramment mesuré dans une suspension sol : eau de rapport 1/2.5 et dans une solution de KCl **IN** avec le même rapport. La différence obtenue (pH KCl - pH eau) correspond à l'acidité d'échange, c'est à dire aux ions H<sup>+</sup> adsorbés sur le complexe d'échange.

### C. Conductivité électrique

La Conductivité électrique exprime la concentration totale en sels dissous par la conductivité électrique de l'extrait aqueux du sol. Elle est symbolisée par l'organisme nuisible et constitue un outil précieux pour déterminer les propriétés physiques et chimiques du sol.

Selon Calvet (2003), le sol est considéré salé lorsque la conductivité électrique est supérieure à 4 ds / m. La conductivité électrique (méthode extrait aqueux au 1/5), qui nous permette d'obtenir rapidement la teneur globale en sels dissous, était imposée pour mesurer la salinité des sols (De Jong et *al.*, 1979 ; Williams et Hoey, 1982), qui est interprétée à l'aide d'une échelle de salure des sols (Tabl. 09).

<b>CE (mS/cm)</b>	< 0,6	0,6 –	1,2 –	2,4 – 6	> 6
<b>Appréciation</b>	Non	Peu	Salé	Très	Extrêmement salé

Elle est mesurée à l'aide d'un conductimètre, sur une solution d'extraction aqueuse (rapport sol/eau égale à 1/5) à 25°C, couramment exprimée en mmhos/cm ou dS/m (**Baize, 1988 ; Robert, 1996**).

#### D. Matière organique

La Matière Organique consiste en un mélange de résidus végétaux et animaux à différents stades de décomposition, de corps microbiens et des êtres vivants dans le sol et des substances, Elle est présente dans la plupart des horizons pédologiques, les sols terrestres ou aquatiques, à raison de 0,5 à 10% de la composition et de la biomasse du substrat. Théoriquement, elle n'inclut pas les matières non décomposées. La première matière organique en décomposition dans un horizon est l'humus.

La matière organique du sol est cruciale pour son fonctionnement, générant des avantages pour la structure du sol, l'agrégation des particules, la rétention d'eau, la biodiversité, l'absorption et la rétention des polluants, le cycle et le stockage des nutriments. de carbone. On considère une teneur en MO faible lorsqu'elle est inférieure à 2%, elle est acceptable dans les terres à faible teneur en argile (teneur en argile <10%) et très insuffisante dans d'autres où le taux d'argile est élevé (de 25 à 35% ou plus) (**Pousset, 2011**).

D'après **Déparque et al.** (2007), on ne mesure pas directement la teneur en matière organique du sol sur un échantillon de terre. Elle est estimée en appliquant à la teneur en carbone organique déterminée par l'analyse au laboratoire. **MO (%) = Corg (%) 1,724**

Le coefficient multiplicateur : 1.724 est couramment utilisé en France (**Duparque et al., 2007**).

#### E. Carbone organique

Le carbone organique est le principal constituant des matières organiques. Il représente environ 50% de celles-ci, suivi de l'oxygène (40%), de l'hydrogène (5%), de l'azote (4%) et du soufre (1%) (**Vigot, 2012**).

Plusieurs études (**Elliott, 1986 ; Cambardella et Elliott, 1993 ; Puget, 1997**) ont montré que la concentration du carbone organique augmente avec la taille des agrégats. **Elliott (1986)** explique les teneurs plus importantes en carbone organique des macro agrégats par rapport aux micro agrégats par le fait que les micro agrégats sont assemblés entre eux pour former des macro agrégats à l'aide d'agents de liaison de nature organique.

Le taux de carbone permettra en outre de calculer le rapport C/N, qui renseigne sur l'activité biologique du sol (**Chaussod, 1996 ; Leclerc, 2001**). Le carbone organique (%) est

dosé par la méthode Anne qui a été la plus généralement utilisée jusqu'à ces dernières années (**Duparque et al., 2007**), dont il est oxydé par du bichromate de Potassium en excès, en milieu sulfurique. L'excès de bichromate non réduit par le carbone organique est alors titré par une solution de sel de Morh (qui réduit les bichromates) en présence de diphénylamine.

### F. Calcaire total

Le calcaire total est une des composantes héritées du sol, éventuellement légèrement modifiable par apports massifs et répétés d'amendements basiques. La présence de calcaire confère au sol des caractéristiques spécifiques en termes de comportement physique et chimique et influe sur son activité biologique. Son absence totale a pour conséquence une acidification progressive, plus ou moins rapide suivant le contexte pédoclimatique, qu'il est nécessaire de compenser par des apports réguliers d'amendements basiques (chaulage).

Le plus souvent la valeur du calcaire total en pourcentage est déterminée par la méthode volumétrique à l'aide du calcimètre de Bernard, en décomposant les carbonates de calcium par l'acide chlorhydrique, et mesurant le volume de CO<sub>2</sub> dégagé. Selon la teneur en calcaire, il y a cinq (05) classes de sols calcaires (**Loz et Mathieu, 1990**) (Tabl. 10).

<b>Taux du CaCO<sub>3</sub></b>	< 2 %	2 à 10 %	10 à 25 %	25 à 50%	>50%
<b>Appréciation</b>	Très faiblement calcaire	Faiblement calcaire	Moyennement calcaire	Fortement calcaire	Très fortement calcaire

### G. Calcaire actif

Le calcaire actif est la fraction du calcaire total susceptible de se dissoudre facilement et rapidement dans la solution du sol. Elle correspond peu ou prou à la fraction fine au plan granulométrique (taille des argiles, soit moins de 2 µm). Elle permet de maintenir une saturation calcique élevée de la CEC et, indirectement, un pH basique stable. Cependant, la présence modérée de calcaire actif améliore la solidité du complexe argilo-humique et donc la stabilité de la structure (**Pousset, 2011**).

La présence de calcaire actif peut induire, dans certains sols pauvres en fer libre, un risque de chlorose ferrique, auquel certaines productions sont sensibles. C'est le cas en horticulture (fraise par exemple), en arboriculture ou en viticulture. Dans certains cas, il peut

être utile de doser, dans le même extrait, la teneur en fer, ce qui permet de calculer l'indice de pouvoir chlorosant (diagnostic essentiel pour le choix du porte-greffe en viticulture).

Le  $\text{CaCO}_3$  actif (%) est déterminé par la méthode Drouineau-Galet en utilisant l'oxalate d'ammonium qui se combine au calcium du calcaire facile à dissoudre (calcaire actif) pour former des oxalates de calcium insolubles. L'excès d'oxalate d'ammonium est ensuite dosé par une solution de permanganate de potassium en milieu sulfurique.

#### **2.4. Approche statistique (ANOVA & ACP)**

De nombreux programmes permettent de compléter l'analyse avec une classification, mais la partie exacte reste l'explication qui doit toujours rester exacte.

Le dispositif approuvé est le caractère aléatoire global du critère de classification, dans lequel toutes les données résumées de manière synthétique ont été soumises à une analyse de variance (ANOVA).

#### **2.5. Approche cartographique (SIG)**

De nombreux spécialistes considèrent la technologie SIG (Système d'Information Géographique) comme l'une des technologies de l'information les plus performantes car elle vise à intégrer des connaissances provenant de sources multiples et crée un environnement plurisecteurs idéal pour la collaboration.

Dans notre travail, l'outil informatique «ArcGIS 10.0 »a permet à partir de diverses sources, de rassembler et de organiser, de gérer, d'analyser, de combiner et enfin de présenter et visualiser les informations localisées géographiquement dans notre zone d'étude.

### 3.1. Résultats

#### 3.1.1. Introduction

Durant nos visites sur terrain dans notre zone d'étude, nous avons constaté sur les pentes faibles à moyennes les traces marquées par la violence des pluies (battance) et de ruissellement (griffes et rigoles) et des pratiques agricoles inappropriées (travail du sol dans le sens de la pente) exposant les sols à toute forme de dégradation surtout à l'érosion hydrique et en les rendant plus fragiles et sensibles.

Nous avons remarqué aussi après ressuyage sur la plupart des sols riches en limon de profondes fissures (fentes de retrait) et des cailloux dénudés dans la partie supérieure des parcelles. De petites grappes de "cheminées" (effet splash) prouvent une certaine séparation des particules de sol provoquée par l'action des gouttes de pluie sur les agrégats du sol.

Les particules primaires ont été soumises à une redistribution *in situ* ou à un transport réduit se traduisant par un glaçage des surfaces par sédimentation au fond des pores qui réduit la porosité de surface. Ce qui a empêcher l'infiltration des eaux de pluie et accentuer son ruissellement le long de la pente des parcelles dépourvues de tout obstacle (mécanique et/ou biologique) pouvant le réduire.

L'irrégularité des conditions climatiques (pluies et températures) a occasionné des déficits importants et parfois permanents en eau. Ce qui a entraîné l'assèchement des sols et l'appauvrissement de la couverture végétale, se traduisant ainsi par l'exposition des sols à la dégradation. Les sols sont pratiquement nus lors de la période pluvieuse où coïncident les travaux de préparation du sol (labours) au semis des grandes cultures (céréales et légumes secs).

D'autres cultures permanentes sont pratiquées telles que la vigne, l'arboriculture fruitière seule ou associée à quelques légumineuses consommées en vert (petit-pois, fève, oignons, ail, etc.). On assiste souvent sur des parcelles de petite taille à quelques mélanges de cultures associés à des animaux de ferme, faits d'une manière *inintentionnelle* c'est-à-dire sans le vouloir. Ce type de système de culture est assimilable aux systèmes agroforestiers qui sont des agroécosystèmes par excellence qui proposent une agriculture performante et durable.

L'érosion sous ses diverses formes a conduit à l'appauvrissement du sol en nutriments empêchant tout développement de la végétation, en matière organique et en éléments fins utiles réduisant la stabilité structurale du sol et toute activité biologique facteur d'une bio fertilisation des sols.

Tous ces impacts néfastes sur les sols, accentué par les pratiques culturales préconisées par les systèmes de culture traditionnels ont été développés et prouvés à maintes reprises aux agriculteurs de la zone d'étude, mais en vain.

### 3.1.2. Évaluation qualitative de l'érosion hydrique

L'approche utilisée pour l'application du modèle qualitatif sur l'ensemble de notre zone d'étude est une évaluation qui s'appuie sur la pondération de cartes thématiques de chaque facteur avant d'effectuer leurs superpositions en s'inspirant de l'approche de **Bachaoui et al. (2007)** pour déterminer les sensibilités du sol à l'érosion hydrique par l'utilisation d'un certain nombre d'indices.

#### A. Indice de sensibilité selon la pente

La pente a une grande influence puisqu'elle fournit l'énergie érosive de l'eau, et elle agit directement sur la vitesse du ruissellement (**Mostephaoui, 2013**), accélérant ainsi le transport solide vers le bas en augmentant ainsi l'impact de l'ablation des matériaux détritiques (**Dumas, 2004**). Sur les pentes plus fortes, l'eau de pluie ruisselle vite et cause une érosion plus grave (**Boukheir et al., 2001**).

A partir des données de la carte des pentes, on note que la zone d'étude est généralement caractérisée par une pente faible est moyenne.

Le tableau 11 résume les classes de vulnérabilité du sol selon la pente.

<b>Facteur d'érosion</b>	<b>Coefficient de pondération (Pi)</b>	<b>Classe</b>	<b>Vulnérabilité a l'érosion hydrique</b>	<b>Poids (Sj)</b>
<b>Pente en degré</b>	<b>2</b>	0 - 8	<b>Faible</b>	<b>1</b>
		8 - 15	<b>Moyenne</b>	<b>2</b>
		15 - 23	<b>Forte</b>	<b>3</b>
		Pente > 23	<b>Très Forte</b>	<b>4</b>

L'utilisation du SIG (ArcGis) nous a permis d'établir la carte des classes de vulnérabilité des sols selon la pente (Fig 25).

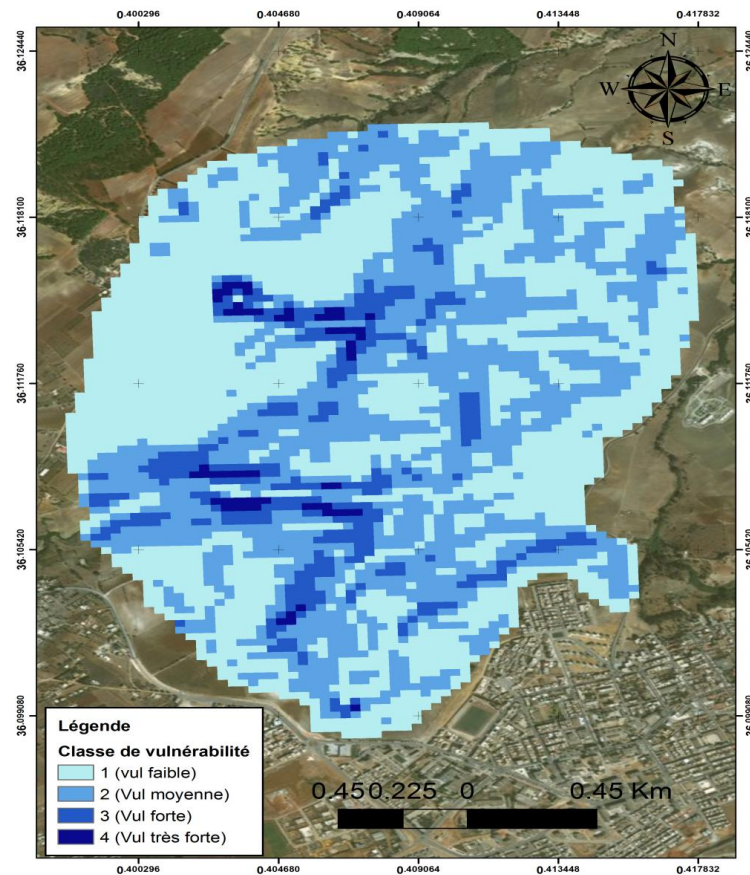


Figure 25. Carte de vulnérabilité des sols à l'érosion selon la pente

### B. Indice de l'érodibilité des sols

L'érodibilité d'un sol dépend de sa résistance à deux sources d'énergie, la battance des gouttes la pluie à la surface du sol et l'entaille du ruissellement entre les mottes dans les griffes ou les rigoles. Selon Wischmeier et *al.* (1971), le facteur K dépend de plusieurs propriétés du sol (texture du sol, teneur en matière organique, structure de sol et perméabilité). La détermination de l'indice K s'est faite en se basant sur notre connaissance du terrain et sur l'analyse de la carte géologique disponible (Fig 26).

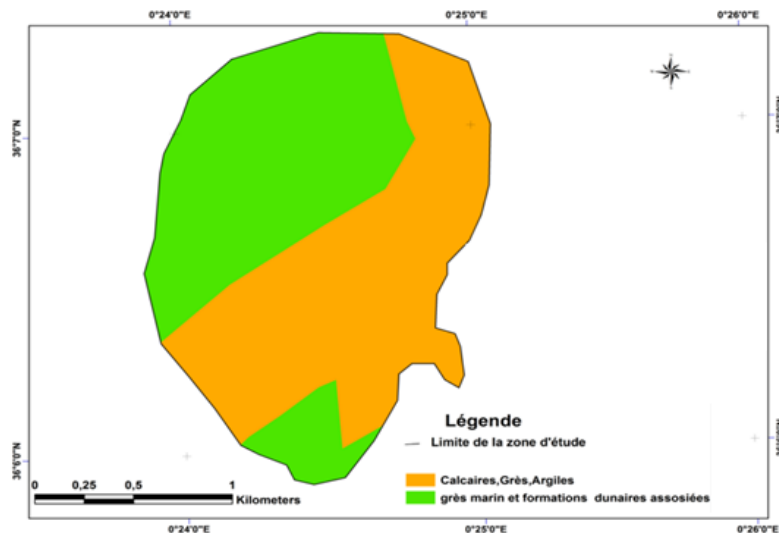


Figure 26. Lithologie de la zone d'étude

C. Indice de sensibilité selon la lithologie

D'après la carte lithologique, la zone d'étude caractérisé par une texture calcaire avec une dominance d'argile et grès dans le centre jusqu'à la partie nord-est, la partie nord et nord-ouest et la limite sud, caractérisé par les grès marins et les formation dunaires. Le tableau 3 résume les classes de vulnérabilité à l'érosion hydrique de chaque formation.

Tableau 12 : Classe de vulnérabilité des sols selon la Typologie du sol				
Facteur d'érosion	Coefficient de pondération (Pi)	Classe	Vulnérabilité à l'érosion hydrique	Poids (Sj)
Typologie du Sol	1	Sithosols caillouteux K= 0.8 - 0.1 Sols ferrallitiques résiduels	Faible	1
		Sol bruns calcaire K= 0.1 - 0.2 Sols peu évolués, sol rouge ferrallitiques	Moyenne	2
		Marnes sableuses et alluvions limoneuses K = 0,2 - 0,4	Forte	3
		Vertisol sodiques K = 0,4 - 0,6	Très Forte	4

La figure 7 représente la répartition de la vulnérabilité du sol à l'érosion hydrique selon la typologie du sol, il nous décrit une vulnérabilité forte au centre et une vulnérabilité moyenne au nord et au sud de la zone.

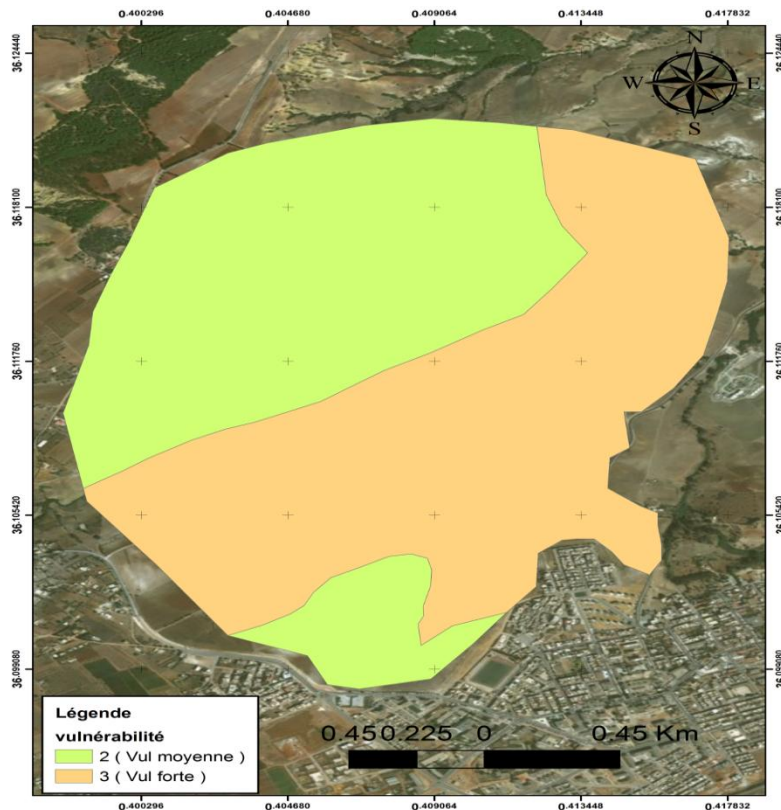


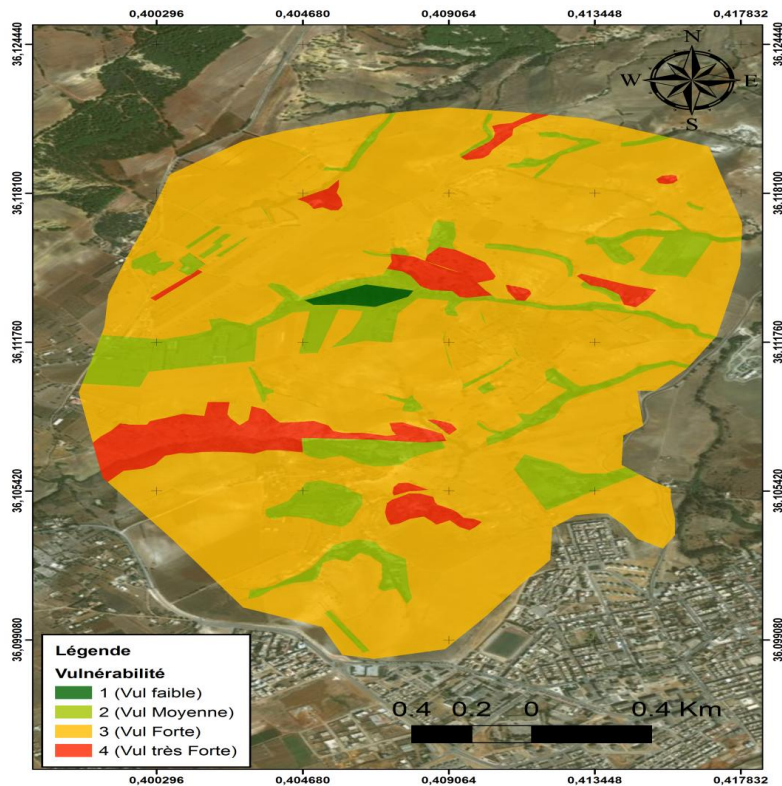
Figure 27. Carte de vulnérabilité à l'érosion selon la typologie du sol

#### D. Indice de sensibilité selon le couvert végétal

Le couvert végétal du sol est considéré comme efficace pour la protection contre l'érosion lorsqu'il absorbe l'énergie cinétique des gouttes de pluies (Roose, 1994 ; Duchaufour, 1970) et assure l'amortissement des gouttes de pluie, le ralentissement du ruissellement et l'accroissement de l'infiltration. Il joue généralement un rôle protecteur (Soutter, 2007), il est de loin le facteur conditionnel le plus important (Roose, 1977) en étant le plus pertinent pour freiner l'ampleur de l'érosion des sols sur les versants (Ouallali et al., 2016).

Facteur d'érosion	Coefficient de pondération (Pi)	Classe	Vulnérabilité a l'érosion hydrique	Poids (Sj)
<b>Couvert végétal</b>	3	Végétation très dense : maquis et reboisement	<b>Faible</b>	<b>1</b>
		Végétation de densité moyenne	<b>Moyenne</b>	<b>2</b>
		Culture / jachère terrains cultivés	<b>Forte</b>	<b>3</b>
		Terrains nus, parcours	<b>Très Forte</b>	<b>4</b>

Chaque classe est assignée à une valeur entre 1 et 4, 4 étant affecté à la classe la moins vulnérable et 1 à la classe la plus vulnérable. La figure 28 représente la carte de vulnérabilité à l'érosion hydrique selon la végétation.



**Figure 28. Carte de vulnérabilité des sols selon le couvert végétal**

D'après la carte obtenue (Fig. 28), la répartition de la vulnérabilité selon le facteur de couvert végétal est respectivement de 0.48 % du terrain à vulnérabilité faible (1.84 ha), 12.43 % du terrain à vulnérabilité moyenne (46.91 ha), 70.31 % du terrain à vulnérabilité forte (265.20 ha) et 6.15 % du terrain à vulnérabilité très forte (23.2 ha).

### **E. L'indice des risques d'érosion**

Le risque d'érosion hydrique est calculé à l'aide de l'équation USLE de Wischmeier, qui calcule les pertes potentielles annuelles de sol dues à divers facteurs (R, K, LS, C et P) à l'aide d'une analyse spatiale avec le logiciel Map Info.

Le croisement des cartes de vulnérabilité des paramètres (Fig 25, 27, 28) en respectant la formule (1) et par l'utilisation du logiciel ArcGis npua a permis d'obtenir la carte de la vulnérabilité à l'érosion hydrique (Fig. 29).

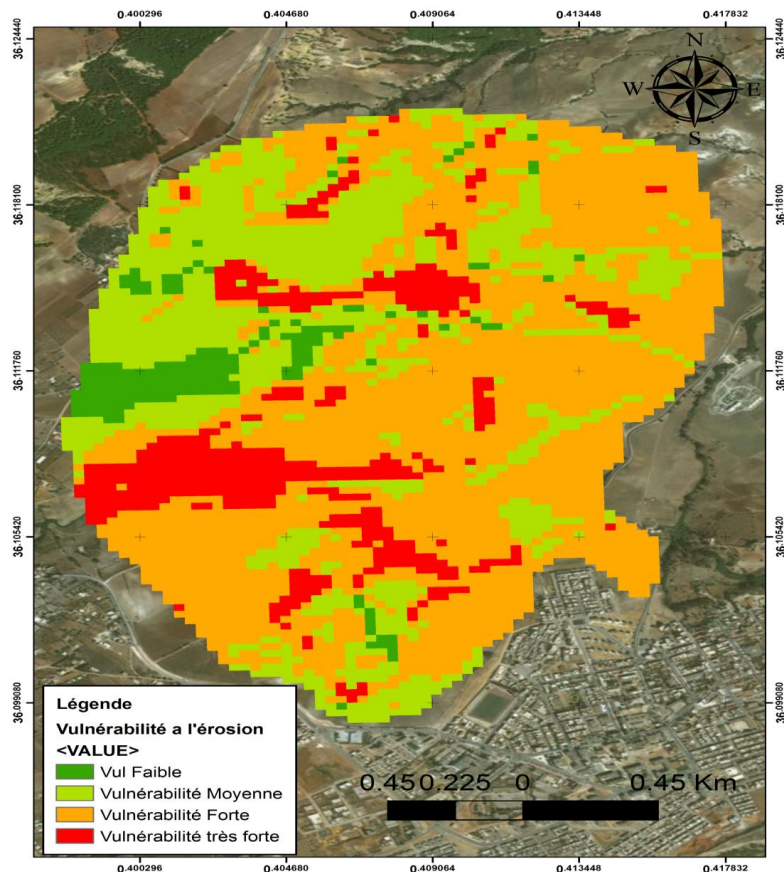


Figure 29. Carte de la vulnérabilité des sols à l'érosion hydrique

### 3.2. Discussion

#### 3.2.1. Interprétation des résultats de l'ANOVA

L'importance de la végétation pour protéger les sols de l'érosion et préserver leurs propriétés intrinsèques a été démontrée par des études menées sur différents systèmes de culture à couvert végétal permanent en particulier les systèmes agroforestiers.

Une étude comparative a été menée au cours de notre expérimentation entre les différents systèmes de culture de la zone d'étude à partir d'échantillons de sol prélevés en amont et en aval des parcelles respectives à chaque système de culture. Les résultats des analyses physico-chimiques ont fait l'objet d'un traitement statistique à l'aide du logiciel StatBox 6.0.

Les résultats de l'analyse statistique (ANOVA) appliquée à toutes les variables étudiées ont été récapitulés dans le tableau suivant où pour chaque variable, le test de Fisher et le test de Neumann-Keuls ont été pris en considération pour déterminer respectivement l'effet global de chaque facteur (système, type et système/type) sur chacune des variables et la part de chaque modalité du facteur (04 systèmes, 04 types et 16 système/type) (groupe homogène) dans l'effet global de chaque facteur.

En général, nous avons déterminé le seuil de signification  $\alpha$  avant de vérifier les hypothèses. En agronomie le risque 0.05 est le plus couramment retenu (Vilain, 2012).

Lorsque des différences significatives sont observées entre les moyennes, le test de Neumann-Keuls est utilisé et les valeurs significativement différentes sont déterminées par les lettres A, B, C, D, AB, etc. (groupes homogènes).

La lecture du tableau se fait en deux temps à savoir :

- **Horizontalement** en comparant la valeur de F pour montrer quel est le facteur (système, type ou système/type) qui a le plus d'impact sur la variable ou plus de signification, ensuite pour chaque facteur quelle est celle de ses modalités (groupe homogène) qui participe le plus dans l'effet global du facteur c'est-à-dire dans la valeur de F.
- **Verticalement** en comparant pour chaque facteur la valeur de F afin de voir sur quelle (s) variable (s) l'impact du facteur a le plus de signification, ensuite quelle modalité du facteur (groupe homogène) participe le plus dans l'explication de l'effet global du facteur sur les variables à travers les lettres A, B, C, AB, etc.

Ainsi, les résultats obtenus montrent que quel que soit le facteur, l'impact sur les propriétés physiques du sol est non significatif et de même pour le  $\text{CaCO}_{3T}$  et  $\text{CaCO}_{3A}$ . Il s'agit des paramètres considérés comme fixes pour tout type de sol à l'exception du calcaire présent au niveau du sol qui au cours de certaines évolutions des autres paramètres, certaines réactions chimiques peuvent avoir lieu et seront la cause des fluctuations de concentration de calcaire.

Pour toutes les autres variables, l'impact des deux facteurs isolés ou combinés est selon le test de Fisher, globalement significatif sur les paramètres chimiques garants d'un bon équilibre et fonctionnement du sol et pour une meilleure stabilité structurale donc une meilleure résistance à l'érosion.

Le système de culture SAF, SCA, SL ou SJT ainsi combiné au type d'occupation du sol T1, T2, T3 ou T4 (couvert végétal ou culture pratiquée) semble avoir plus d'effets que si l'on prend isolément le système de culture ou le type d'occupation du sol. D'où le choix des cultures dans un système de culture est très important dans la mesure où il assure une certaine couverture spatio-temporelle du sol.

**Pour le premier facteur** (système de culture), le SJT semble avoir plus d'impacts sur le pH et CE pouvant expliquer probablement un meilleur échange anionique et cationique. Le SL agit beaucoup plus sur le Corg et la MO car il s'agit de légumineuse fixatrice de l'azote atmosphérique facilitant une meilleure nitrification de la MO.

**Pour le second facteur** (Type de culture), le T1 semble avoir plus d'impacts sur tous les paramètres (pH, CE, Corg et MO) suivi du T4 qui agit beaucoup plus sur le Corg, la MO et la CE. Tous les types de culture pratiquées (T1, T2, T3 et T4) ont un impact sur le Corg prouvant ainsi une bonne séquestration de ce dernier d'où une bonne participation à la réduction des GES. Hormis le T2, ils influent sur la MO garant d'une bonne fertilité du sol d'où un bon développement du couvert végétal d'où une meilleure protection contre l'érosion hydrique du sol.

**Pour le troisième facteur** c'est-à-dire la combinaison entre le premier et le second (Système de culture / Type de culture), l'attention est beaucoup plus attirée vers les combinaisons (SL/T1, SL/T2, SL/T3 et SL/T4) où la pratique des légumineuses reste la plus efficace pour le Corg et la MO. Le SAF/T1 et le SAF/T4 agissent beaucoup plus sur la MO compte tenu de la présence de l'arbre et ses rejets qui assurent une meilleure restitution des débris végétaux au sol d'où aussi une meilleure protection contre l'érosion hydrique du sol.

Dans les systèmes agroforestiers (SAF) où les cultures vivrières sont pratiquées entre les jeunes arbres de plantation, les sols sont plus sujets à l'érosion lorsque le terrain entre les arbres a été désherbé que lorsque des cultures de couverture y sont maintenues, ou qu'un paillage inintentionnel est mis en place.

Basée sur nos observations sur le terrain, l'étendue de l'impact de ces systèmes sur la présence de traces d'érosion hydrique sont :

- Le système SL (légumineuses) dans la parcelle P5 où les propriétés chimiques sont les plus influentes et où les sols sont les plus sensibles à l'érosion.
- Le système culture annuelle (SCA) dans la parcelle P1 était au deuxième niveau en termes d'impact car la période des labours (préparation des sols au semis) coïncide avec la période des pluies et où les sols sont nus donc exposés à l'érosion hydrique.
- Le système jachère travaillé (SJT) dans la parcelle P4 est moins sujet à l'érosion car la parcelle est travaillée au printemps où le couvert végétal est très important donc une meilleure protection du sol contre l'érosion hydrique.
- Le système agroforestier (SAF) dans les parcelles P2, P3 et P10 est situé dans la même classification que précédemment. Il reste toujours garant d'une présence quasi permanente d'une couverture végétale garante à son tour d'une meilleure protection des sols contre l'érosion hydrique.
- Enfin, il faut signaler que seule la parcelle P7 n'a pas été affectée en termes de propriétés physiques et chimiques, parce qu'elle est caractérisée par l'existence d'un système agroforestier (viticulture, figuier, olivier et cultures intercalaires), ce qui a aidé le sol à garder une protection toute l'année et surtout pendant la période des pluies et il a préserver toutes ses propriétés.

Donc, la comparaison de ces résultats confirme que l'érosion est effectivement plus expliquée par l'absence de couvert végétal que par son existence (**Valentin et al., 2008**).

Variables	Facteurs et Modalités																										
	Systèmes					Types					Système/Type																
	SAF	SCA	SL	SJT	F	T1	T2	T3	T4	F	SAF/T1	SAF/T2	SAF/T3	SAF/T4	SCA/T1	SCA/T2	SCA/T3	SCA/T4	SL/T1	SL/T2	SL/T3	SL/T4	SJT/T1	SJT/T2	SJT/T3	SJT/T4	F
Arg	17.93	28.81	24.06	10.70	294591.9	27.41	16.12	13.25	24.71	219210.5	35.75	10.05	6.16	19.74	39.04	24.09	9.29	42.82	24.14	20.84	26.65	24.59	10.7	9.5	10.9	11.7	92840.2
	C	A	B	D	NS	A	C	D	B	NS	C	L	O	H	B	F	N	A	F	G	D	E	K	M	J	I	NS
Lim	24.43	32.93	32.32	27.67	77796.29	40.84	24.84	24.48	27.19	288778.7	53.03	17.59	20.33	6.77	50.23	29.08	14.27	38.15	32.4	29.1	34.91	32.85	27.68	23.58	28.4	31	160649.4
	D	A	B	C	NS	A	C	D	B	NS	A	M	L	O	B	H	N	C	F	H	D	E	J	K	I	G	NS
Sab	57.6	38.24	43.44	61.6	596911.4	31.74	56.91	62.46	49.78	857157.6	11.2	72.25	73.5	73.46	10.72	46.82	76.42	19.01	43.44	49.96	37.82	42.54	61.6	58.6	62.1	64.1	462990.9
	B	D	C	A	NS	D	B	A	C	NS	N	C	B	B	O	I	A	M	J	H	L	K	F	G	E	D	NS
pH <sub>Eau</sub>	8.303	8.265	8.08	8.333	62.083	8.493	8.39	7.8	8.297	453.116	8.77	9.09	7.558	7.793	8.81	8.179	7.261	8.811	8.081	8.182	8.031	8.025	8.311	8.111	8.35	8.561	299.348
	AB	B	C	A	S	A	B	D	C	S	B	A	H	G	B	E	I	B	EF	E	F	F	D	EF	D	C	S
pH <sub>KCl</sub>	7.203	7.205	7.4	7.58	156.822	7.533	7.454	7.173	7.229	143.857	7.52	7.72	7.201	6.37	7.63	7.374	6.313	7.504	7.4	7.6	7.35	7.25	7.58	7.12	7.83	7.79	290.646
	C	C	B	A	S	A	B	D	C	S	CD	B	FG	H	C	E	H	D	E	CD	E	F	CD	G	A	AB	S
CE	0.099	0.17	0.08	0.275	37.61	0.224	0.119	0.108	0.175	13.745	0.098	0.202	0.04	0.059	0.44	0.081	0.03	0.131	0.08	0.079	0.08	0.081	0.277	0.113	0.283	0.429	17.781
	C	B	C	A	S	A	C	C	B	S	CD	BC	D	D	A	CD	D	CD	CD	CD	CD	CD	B	CD	B	A	S
C <sub>Org</sub>	0.138	0.204	0.738	0.061	454.019	0.307	0.257	0.267	0.31	3.548	0.184	0.061	0.061	0.246	0.246	0.2	0.184	0.184	0.738	0.72	0.752	0.744	0.061	0.045	0.073	0.065	2.697
	C	B	A	D	S	A	A	A	A	S	BC	CD	CD	B	B	B	BC	BC	A	A	A	A	CD	D	CD	CD	S
MO	0.255	0.25	0.453	0.105	98.013	0.297	0.192	0.247	0.247	16.745	0.387	0.106	0.105	0.423	0.243	0.123	0.317	0.317	0.453	0.443	0.455	0.461	0.105	0.098	0.11	0.107	9.864
	B	B	A	C	S	A	C	B	A	S	AB	D	D	AB	C	D	BC	BC	A	A	A	A	D	D	D	D	S
CaCO <sub>3T</sub>	4.772	8.012	0.64	3.18	45663.52	8.012	2.652	1.115	4.825	42883.59	12.52	5.09	0.42	1.06	15.71	1.91	0.21	14.22	0.64	0.6	0.62	0.7	3.18	3.01	3.21	3.32	24175.97
	B	A	D	C	NS	A	C	D	B	NS	C	D	K	I	A	H	L	B	J	J	J	J	F	G	F	E	NS
CaCO <sub>3A</sub>	3.56	4.486	2.75	2.12	5041.188	4.811	2.72	2.075	3.31	6563.837	6.25	4.5	1.87	1.62	8.125	1.7	1.5	6.62	2.75	2.64	2.78	2.83	2.12	2.04	2.15	2.17	4380.124
	B	A	C	D	NS	A	C	D	B	NS	C	D	I	J	A	J	K	B	E	F	E	E	GH	H	G	G	NS
Relation du type et l'occupation de la parcelle (ex, SAF/T1=P2, SL/T4=P15, et.)											P2	P3	P7	P10	P1	P6	P8	P9	P5	P13	P14	P15	P4	P11	P12	P16	

## Conclusion générale

---

### Conclusion

L'impact du sol dû à des facteurs naturels et humains entraîne la perte des caractéristiques physiques, chimiques et biologiques, ce qui affecte le couvert végétal entraîne de graves problèmes environnementaux et socio-économiques.

Au cours de nos travaux, nous avons abordé l'étude et l'analyse des systèmes de végétation de la zone d'étude et déterminé la résistance au phénomène de l'érosion et la protection des sols contre les inondations de pluie.

D'après nos observations sur le terrain, nous avons constaté que les zones recouvertes de végétation avaient la capacité de préserver les propriétés physiques du sol.

L'analyse statistique a révélé la relation entre les systèmes de végétation et la sensibilité et la fertilité des sols.

Certaines activités agricoles et pastorales des agriculteurs entraînent l'érosion du sol de la végétation et le rendent plus vulnérable à l'érosion hydrique.

## **Les références bibliographiques**

---

- Bachaoui B., Bachaoui E.M., EL Harti A., Bannari A. et El Ghmari A., 2007** – Cartographie des zones à risque d'érosion hydrique : Exemple du Haut Atlas marocain. *Téledétection* 7 (1-2-3-4) : 394-404.
- Baize D., 1988** - Guide des analyses courantes en pédologie. INRA (Ed.), Paris, 171 p.
- Balesdent J., Arrouays D., Chenu C., Feller C., 2005** - Chapitre 10 : Stockage et recyclage du carbone, 238-259p.
- Benabdelli K., 1996** - Aspects physiologique-structural et dynamique des écosystèmes forestiers face à la pression anthropozoogène dans les monts de Tlemcen et les monts de Daya (Algérie septentrionale occidentale). Thèse Doc. Sc. Univ. Sidi Bel Abbes T.1.T.2, Annexes, 356 p.
- Boiffin J., 1984** - La dégradation structurale des couches superficielles du sol sous l'action des pluies. Thèse Doc. Ing. I.N.A.P.G, Paris, 320 p.
- Bou Kheir R., Girard M.C., Khawlie M. et Abdallah C., 2001** - Erosion hydrique des sols dans les milieux méditerranéens : une revue bibliographique. *Etude et gestion des sols* 8(4) : 231-245.
- Celik J., Aydine.M, Yazici.U, 1996** - A review of the erosion control studies during there public in Turkey. In Kapur. S, Akça. E, Eswaran.H, Kelling.G, Vita-Finzi, Mermut A-R,Ocal A-D, editor 1st international conference on land degradation, Adan.Turky.10-14 june 1996,175-18.
- Chaussod R., 1996** - La qualité biologique des sols : Évaluation et implications. *Etude et gestion des sols* 3 (4), 261-278 p.
- Chebbani R., Djelil K. et Roose E., 1999** - Étude des risques d'érosion dans le bassin Versant Isser, Algérie. *Bulletin Réseau Erosion* 19 : 85-95.
- Chevalier J.J., Couliot J., Thomson K., Boussema M.R. 1995** – Système d'aide à la planification pour la conservation des eaux et des sols (Tunisie). Système d'information géographique utilisant les données de télédétection. Actes du colloque scientifique international, Hammamet. Tunisie,1-2 Novembre1994, 4-12.
- Dahane B., 2006** – Incidence des facteurs écologiques sur les accroissements du liège de quelques subéraies oranaises. Thèse Mag. Sci. Univ. Tlemcen, p130.
- De Jong S. M. (1994)**. Applications of reflective remote sensing for land degradation studies in a mediterranean environment. Faculteit des Ruimtelijke Wetenschappen, Universiteit, Utrecht, 360 p.
- Debrach J., 1953**. Note sur les climats du Maroc Occidental, Maroc Méridional. p1134.
- Djebaili S., 1984**. Steppe algérienne, physiologie et écologie. O. P. U. Alger, p127.

## **Les références bibliographiques**

---

**Duchaufour P., 1970.** Précis de pédologie. Paris : Masson, 480p.

**Duparque A., Fleury L., Dersigny Ch., Ancelin O. et Duranel J., 2007** - Mémento Sols et matières organiques : pour des notions utiles et contre les idées reçues. Agro-Transfert Ressources et Territoires, Chambre d'Agriculture Picardis, Amiens, France, 45 p + Index.

**Dutil, 1984** : L'érosion en grandes cultures. Revue technique des agriculteurs dynamiques, n°169, France.

**Elliott E.T., 1986** - Aggregate structure and carbon, nitrogen and phosphorus in native and cultivated soils. Soil Sci. Soc. Am. J., 50: 627-633 p.

**Greco, 1966** : L'érosion, la défense et la restauration des sols, le reboisement en Algérie, in Spécial érosion n°56, ORSTOM, pp 6-7. June 1996, 175-18.

**Jamagne M., 1967** - Bases et techniques d'une cartographie des sols. Annales agronomiques, Vol.18. Nr. hors-série, 142 p.

**Khabban A. et Khawlie M., 1998** - Geoenvironmental assessment of Riparian zones under extreme climatic events: a case study of representative rivers in Lebanon. Mediterranean rivers and riparian zones-processes and management symposium, Zaragoza, Spain, 21 September - 2 October, 1998, 25p.

**Laouina A., 1998** - Dégradation des terres dans la région méditerranéenne du Maghreb. Bull. Réseau – Erosion, n° 18, Ed. IRD (Ex. Orstom), Montpellier, p33- 53.

**Loz J. et Mathieu C., 1990** - Dictionnaire des sciences du sol. Lavoisier 2<sup>ème</sup> (Ed), Paris, 266p.

**Mazour M., 2004** - Etude des facteurs de risque du ruissellement et l'érosion en nappe. Mediterranean rivers and riparian zones-processes and management symposium, Zaragoza.

**Merzouk A., 2010** - Contribution à l'étude phytoécologique et biomorphologique des peuplements halophiles dans la région occidentale de l'Oranie (Algérie). Thèse Doct. Univ. Sci. Tlemcen, 84-92 p + Annexes.

**Mostephaoui T., Merdas S., Sakaa B., Hanafi M.T. and Benazzouz M.T., 2013** - Cartographie des risques d'érosion hydrique par l'application de l'équation universelle de pertes en sol à l'aide d'un système d'information géographique dans le bassin-versant d'El Hamel (Boussaâda) Algérie. Journal Algérien des Régions Arides, Numéro Spécial, 2013, pp. 131- 147.

**Ouallali A., Moukhchane M., Aassoumi H., Berrad F. et Bakir I., 2016** - Evaluation et cartographie des taux d'érosion hydrique dans le bassin versant de l'Oued Arbaa Ayacha (Rif occidental, Nord Maroc), Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, Section Sciences de la Terre, n° 38, 65-79.

## Les références bibliographiques

---

**Pousset J., 2011** - Engrais verts et fertilité des sols. Gfa 3<sup>ème</sup> Ed., Paris, 32 p.

**Remy J.C., Le Bissonnais Y., 1998** - Comparaison des phénomènes d'érosion entre le Nord et le Sud de l'Europe : Ampleur des problèmes et nature des mécanismes. Bulletin réseau érosion 18, 15 - 32.

**Rey F. 2004** - Efficacité du génie biologique par bouturage en petite correction torrentielle. Revue Forestière Française, vol. 61, n°2, pp. 155-163.

**Roose E. et al., 1998** - L'érosion : Quarante ans de recherches multidisciplinaires in *Spécial érosion* n°56, ORSTOM, pp 6-7.

**Roose E., 1994** - Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES). Service des sols - ressources, aménagement et conservation. Division de la mise en valeur des terres et des eaux. In bulletin pédologique de la FAO-70, Rome, p420, Colloque scientifique international, Hammamet. Tunisie, 1-2 Novembre 1994, 4-12.

**Ruiz Figueroa, J.F., 1983** - Effect of various type of cover on soil detachment by rainfall. Les processus géomorphologiques: Colloque Benelux, 3., Liege (BE), 1983/09/12-170p.

**Scholes R.J., Dalal R., Singer S., 1994** - Soil physics and fertility: The effect of water, temperature and texture. in **Woomer P.L. and Swift M.J.** (Eds.), *The Biological Management of Tropical Soil Fertility*, Wiley, Chichester, 117-136.

**Shabban A., Khawlie M., 1998** - Geoenvironmental assessment of Riparian zones Spain, 21 September -2 October, 1998, 25p. Sud de l'Europe : Ampleur des problèmes et nature des mécanismes. Bulletin réseau érosion transport. Water Resource. Res.9(6):1629-1636.

**Soutter M., Mermoud M. and Musy A., 2007** - Ingénierie des eaux et du sol : Processus et aménagements, Presse polytechnique et universitaire romande, 316 p.

**Valentin C., Agus F., Alamban R., Boosaner A., Bricquet J.P., Chaplot V., de Guzman T., De Rouw A., Janeau J.L., Orange D., Phai Do Duy, Podwojewski P., Ribolzi O., Silvera N., Subagyono K., Thiébaux J.P. et ToanTran Duc, 2008** - Runoff and sediment losses from 27 upland catchments in Southeast Asia: Impact of rapid land use changes and conservation practices. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 128: 225-238 p.

**Verheij E., 2003** - L'agroforesterie. Série Agrodok N. 16, partageons les connaissances au profit des communautés rurales. ISBN Agromisa : 90-77073-42-6, 15 p.

**Vigot M., 2012** - Le carbone organique des sols cultivés de Poitou-Charentes : Quantification et évolution des stocks. Etude méthodologique, *Agricultures & Territoires*, chambre d'agriculture Poitou-Charentes (Ed.), France, 1-20 p.

## **Les références bibliographiques**

---

**Young R.A. and Weirsmá J.L., 1973** - The role of rainfall impact in soil detachment and transport. Water Resource. Res.9(6):1629-1636.

**Annexe 1 :**

**Tableau 01.** Précipitations moyennes mensuelles (2000 – 2015).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	P. A. (mm)
P(mm)	49.75	44.08	44.08	29.95	43.39	28.18	2.83	0.85	2.74	28.70	39.55	89.95	421.06

ONM, Mostaganem (2017)

**Tableau 03.** Les données thermiques de la station de référence.

Mois T(°C)	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<b>T. max.</b>	16.20	16.80	19.19	21.50	24.45	28.78	31.59	32.30	28.92	25.98	19.96	17.05
<b>T. min.</b>	5.99	6.38	8.34	10.30	13.37	16.94	19.62	20.22	17.79	14.50	10.01	7.23
<b>T. Moy.</b>	10.80	11.36	13.55	15.76	18.91	22.83	25.46	25.94	23.06	20.08	14.34	11.83

**Tableau 04.** Les données d'évaporation (2000 -2017).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Ev. (mm)	50.18	53.08	60.56	79.63	97.63	93.13	121.47	108.75	96.71	75.61	54.21	52.44

ONM, Mostaganem (2017)

**Tableau 05.** Variations de l'évolution de la vitesse moyenne mensuelle du vent (2000 – 2015)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy
Vetesse(m/s)	1.24	1.73	1.72	2.66	2.09	1.85	1.06	1.06	1.65	1.8	1.77	1.7	1.73

ONM, Mostagane2m (2017)

**Tableau :Humidité relatives mensuelles (2000-2015)**

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
H. (%)	78.35	75.69	74.86	73.08	68.81	65.89	65.99	68.05	72.18	74.83	77.60	78.16

ONM, Mostagane2m (2017)

## **Annexe 02 : Méthodes d'analyses du sol**

### **1. Dosage du calcaire total**

#### **1.1. Principe de l'appareil**

Il permet de doser le calcaire des sols. Dans une enceinte close en relation avec 2 tubes remplis d'eau et formant vases communicants, l'action d'acide chlorhydrique sur un échantillon de terre s'accompagne d'un dégagement de CO<sub>2</sub>. Ce gaz dont la quantité est proportionnelle à la quantité de calcaire présente dans le sol, provoque une dénivellation entre les niveaux des 2 tubes.

Le rétablissement au même niveau dans les vases communicants permet de déterminer la quantité de CO<sub>2</sub> dégagé et ensuite de calculer la quantité de calcaire présente dans l'échantillon de terre analysée.

#### **1.2. Mode Opératoire**

- ❖ Peser 0.5 g de terre séchée,
- ❖ Verser 6 ml d'acide chlorhydrique dilué dans le ballon réactionnel par sa grande ouverture.
- ❖ Introduire la terre (0.5 g) déposée dans la cupule dans ce même ballon au niveau de la tubulure horizontale en prenant garde que la terre n'entre pas en contact avec l'acide chlorhydrique.
- ❖ Boucher le ballon avec précaution, pour ne pas renverser la cupule.
- ❖ Faire glisser le tube dans la pince jusqu'à obtention de niveaux d'eau équivalents dans les 2 tubes.
- ❖ Noter, sur la règle graduée, la valeur de ce niveau h1.
- ❖ Incliner le ballon de façon à ce que la cupule contenant la terre tombe dans l'acide. Le gaz carbonique se dégage, faisant baisser le niveau d'eau dans le tube de mesure.
- ❖ Agiter constamment le ballon jusqu'à complet dégagement de CO<sub>2</sub>.
- ❖ Le niveau d'eau se stabilise.
- ❖ Rétablir l'égalité des niveaux dans les deux tubes en descendant le tube.

Noter la valeur du niveau h2.

### 1.3. Calcul

$\text{CaCO}_3 \text{ total} = (h_1 - h_2) \times 2,12264 \text{ en \% pour } 0,5\text{g}$ , Pour 1g du sol ;  $X = \text{CaCO}_3 \times$

### 21.4. Réactif

Acide chlorhydrique dilué : 10 ml Acide chlorhydrique pure + 240 ml l'eau distillée.

## 2. Dosage du Calcaire actif

On met 10g de sol séché dans un flacon de 250g. On ajoute 250ml d'oxalate d'ammonium à 0,2N. Après deux heures d'agitation mécanique, on filtre la solution et on jette les premières gouttes.

n témoin : 10ml d'oxalate d'ammonium à 0,2 N.

On prend 10ml du filtrat, on le met dans un bêcher de 100ml et on ajoute 10ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (N, 1/10).

On porte le contenu du bêcher à une température de  $60^\circ\text{C}$  et on met du permanganate de potassium (N, 0.2) dans une burette graduée et on procède à la titration jusqu'à l'obtention d'une rose persistant.

On lu la valeur et on la compare à celle du témoin.

### 2.1. Calcul

Calcaire actif =  $(V \text{ témoin} - V \text{ échantillon}) \times 12,5 \text{ en } \%$

Calcaire actif =  $(V \text{ témoin} - V \text{ échantillon}) \times 1,25 \text{ en } \%$ .

## 3. pH

20g d'échantillon du sol est mis dans un bêcher et on ajoute 50ml de l'eau distillée, après 2 heure on agite et on lue la valeur du pH mesurée par le pH-mètre.

## 4. Conductivité électrique

10g d'échantillon du sol est mis dans un bêcher et on ajoute 50ml de l'eau distillée, après 2 heure on lue (sans agitation) la valeur du CE mesurée par le conductivimètre électrique.

## 5. Carbone organique

On prend 0,5g de terre fine dans un ballon de 250ml, on joute 10ml de dichromate de potassium à 8% et 15ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

On chauffe le tous dans un bain de sable et on poursuit l'ébullition durant 5 minutes (après la chute de la première goutte) on laisse refroidir et on transvase dans une fiole de 100ml et on ajoute 100ml d'eau distillée de rinçage jusqu'au trait de jauge.

- ❖ Prélever à l'aide d'une pipette 20ml et les mettre dans un bûcher de 400ml en ajoutant 200ml d'eau distillée +3 à 4 gouttes de diphenylamine et agiter le tous et titrer à l'aide de la solution de Mohr à 0,2N. La couleur passe du brun au violet puis au vert.

### **5.1. Calcul**

$$C(\%) = (V_t - V_1) \times 0,615$$

$$MO(\%) = C \times 1,72$$

Avec :

V<sub>1</sub> : le volume de solution de Mohr versée dans le bûcher,

V<sub>t</sub> : le volume de solution de Mohr versée dans le témoin.

## **Annexe 4**

### **Protocole de caractérisation de la granulométrie**

#### **Principe de la méthode**

#### **Matériels utilisés**

- ❖ Les tamis
- ❖ Une balance ayant une précision de 0,1 g.
- ❖ Des cylindres de sédimentation de 1000
- ❖ Thermomètre avec une précision de 0,5-C
- ❖ Agitateur mécanique
- ❖ Eau distillée ou déminéralisée.
- ❖ Pièce à température contrôlée ou un bac à température constante.
- ❖ H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> à 30% (100ml H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/168 d'eau distillée).
- ❖ Solution d'héxamétaphosphate de sodium (agent de dispersion)
- ❖ Ammoniaque pure
- ❖ Chronomètre ou horloge

## Mode d'opération

**1. Pesée** : on pèse 10 g (Les fractions inférieure à 2mm) dans un bêcher ;

**2. Destruction de la MO** : on détruire éventuellement la matière organique par l'eau oxygénée (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), où on vas passer par deux processus ;

Tout d'abord l'échantillon est additionné de 40ml d'eau distillé le long des parois des bêcher pour humester le sol puis on ajoute 10ml de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> à 30% (100ml H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/168 d'eau distillé); et on le couvre immédiatement avec un verre de montre.

On laisse l'attaque s'effectuer d'abord à froid dont on laisse en contacte pendant 24 heures; puis à chaud on la mettre chauffer dans un bain de sable pour une durée de 2 heures. Placer l'échantillon dans un récipient de 500 ml et ajouter 40 ml de solution de

hexamétaphosphate de sodium (50 g/litre) (agent de dispersion) + 1 ml d'ammoniaque pure et l'ajusté jusqu'à 400ml avec l'eau distillée et agité pendant 2 heures .

**3. Prélèvement** : on prélève à une profondeur donnée (selon la température de l'air ambiante)(annexe) dans une allonge au bout d'un temps de chute donné après agitation :

❖ Premier prélèvement : une fois après quelque minute, on prenant on considération la

température, on prélève la fraction contenant : Argile-Limon.

❖ Deuxième prélèvement : une fois après 6 ou 7 heures de repos, on prélève la fraction : "A"

**4. Tamisage** : pour récupérer les deux catégories de sables (fins et grossiers 50 à 2000 am), on recueille le contenu de l'allonge sur deux tamis (0,05 mm), on lave sous robinet en éliminant toute particule inférieure à 0,05 mm. Le contenu des 2 tamis est ensuite transvasé dans des capsules à l'aide d'un jet de pissette d'eau distillée. On met à l'étuve à 105°C puis on pèse le contenu des capsules.

Le classement des sols étudiés est réalisé selon le triangle de texture de sol (Soil Survey Staff, 1998).

### Annexe 3 :

système	parcell	S%	L%	A%	Ph eau	PH kcl	C.E	C.og	M.O	CaCo <sub>3</sub> T	CaCo <sub>3</sub> A
SCA	P1	10.72	50.23	39.04	8.81	7.63	0.44	0.246	0.423	15.71	8.125
SAF	P2	11.2	53.03	35.75	8.77	7.52	0.0976	0.184	0.387	12.52	6.25
SAF	P3	72.35	17.59	10.05	9.09	7.72	0.202	0.0615	0.1057	5.09	4.5
SJT	P4	61.6	27.68	10.7	8.311	7.58	0.277	0.061	0.105	3.18	2.12
SL	P5	43.44	32.4	24.14	8.081	7.4	0.0797	0.738	0.453	0.64	2.75
SCA	P6	46.82	29.08	24.09	8.179	7.374	0.0814	0.2	0.123	1.91	1.7
SAF	P7	73.5	20.33	6.16	7.558	7.201	0.0396	0.061	0.105	0.42	1.87
SCA	P8	76.42	14.27	9.29	7.261	6.313	0.0299	0.184	0.317	0.21	1.5
SCA	P9	19.01	38.15	42.82	8.811	7.504	0.1306	0.184	0.317	14.22	6.62
SAF	P10	73.46	6.77	19.74	7.793	6.37	0.0586	0.246	0.423	1.06	1.62

**Résumé :** Cette étude a été réalisée au niveau des terres agricoles situées sur les piémonts du Dahra Nord-Ouest (Sidi Ali) de l'Algérie (W. de Mostaganem). Limoneuses, elles présentent une certaine vulnérabilité à l'érosion hydrique accentuée par des pratiques agricoles inappropriées réduisant tout évolution du couvert végétal garant d'une meilleure protection des sols.

Ainsi, quatre systèmes de culture (SAF, SCA, SL et SJT) et quatre types d'occupation du sol pour chaque système de culture ont été pris en considération pour étudier l'efficacité de chacun d'eux sur le phénomène de l'érosion hydrique. Des analyses physico-chimiques de sol ont fait l'objet de traitement statistique (ANOVA) dont les résultats montrent bien à travers les relations établies entre les différents systèmes et les variables, l'importance de la couverture végétale dans la préservation du sol et la lutte contre l'érosion hydrique.

L'efficacité spatio-temporelle relative à chaque système de culture et occupation du sol reste liée étroitement respectivement au SAF, SJT, SL et SCA.

**Mots-clés :** Agroforesterie, érosion hydrique, piémonts du Dahra, Mostaganem.

**Abstract:** This study was carried out on agricultural land located on the foothills of the Dahra North-West (Sidi Ali) of Algeria (W. Mostaganem). Limonous, they present a certain vulnerability to water erosion accentuated by inappropriate agricultural practices, reducing any evolution of the vegetal cover guaranteeing a better protection of the grounds.

Thus, four cropping systems (SAF, SCA, SL and SJT) and four types of land cover for each cropping system were taken into consideration to study the effectiveness of each of them on the phenomenon of erosion. water. Soil physico-chemical analyzes have been the subject of statistical treatment (ANOVA), the results of which show well through the relationships established between the different systems and the variables, the importance of the vegetation cover in soil preservation and fight against water erosion.

The spatio-temporal efficiency relative to each cropping system and land use remains closely related respectively to SAF, SJT, SL and SCA.

**Keywords:** Agroforestry, water erosion, Dahra foothills, Mostaganem.

**ملخص:** جريت هذه الدراسة على أرض زراعية تقع على سفوح ضهرة الشمال الغربي (سيدي علي) في الجزائر (و. مستغانم). حيث الأرض طمية ، وه بعض القابلية للتعرض للمياه التي تبرزها الممارسات الزراعية غير الملائمة ، مما يقلل من أي تطور في الغطاء النباتي يضمن حماية أفضل للأرض.

وبالتالي ، تم أخذ أربعة أنظمة زراعة (SAF.SCA.SJT.SL) وأربعة أنواع من الغطاء الأرضي لكل نظام زراعة في الاعتبار لدراسة فعالية كل منها في ظاهرة التآكل. المياه. كانت التحليلات الفيزيائية والكيميائية للتربة موضوعاً للمعالجة الإحصائية (Anova) ، والتي تظهر نتائجها جيداً من خلال العلاقات القائمة بين النظم المختلفة والمتغيرات ، وأهمية الغطاء النباتي في الحفاظ على التربة و محاربة تآكل المياه.

لا تزال الكفاءة المكانية والزمنية بالنسبة لكل نظام زراعة واستخدام للأرض مرتبطة ارتباطاً وثيقاً على التوالي ب SAF و SJT و SL و SCA

الكلمات المفتاحية: الحراجة الزراعية ، تآكل المياه ، سفوح ضهرة ، مستغانم