

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



Université 20 Aout 1955 Skikda

Faculté des sciences

Département de sciences Agronomiques



Filière : Sciences Agronomique

Mémoire de fin d'études :

En vue de l'obtention du diplôme de Master II en sciences du sol.

Thème :

**Contribution à la citation des raisons et les méthodes de
lutte, prévention contre l'érosion.**

Présenté le : 23/06/2022

- **BOUSTILA** Abir
- **MEZOUAR** Sihem
- **BOUCHEBCHEB** Manel

Membre de Jury:

M ^{me} : BALA Sahima	(MCB)	Présidente	Université du 20 Août 1955 – Skikda
Mr : LAIB Djamel	(MAA)	Examineur	Université du 20 Août 1955 – Skikda
M ^{me} : GHOUAR Wassila	(MAA)	Promoteur	Université du 20 Août 1955 – Skikda

Année universitaire : 2021-2022

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, Alhamdou-lillah pour avoir cette fore, volonté et ce courage d'achever ce travail après 5 années d'étude.

Un grand remercie à notre encadreur « Madame Ghouar » et pour tous les enseignants pour leur patience, orientation, compréhension mais aussi pour leurs conseils et critiques constitutifs. Nous vous remercier pour votre soutien, confiance et encouragement illimités, vous étiez sincèrement notre guide pour le succès et pour être de bons futurs architectes.

Nous remercierons fortement Madame le chef de la spécialité sans oublier son aide pour évaluer ce travail et de l'achever.

Et bien sûr, un immense remerciement pour nos familles : les parents, les frères et les sœurs, sans leur solidarité et leur soutien nous pourrions jamais avoir cette confiance et ce courage pour atteindre cette étape de nos vie.

En fin, nous voulons remercier toute personne qui nous a aidés de près ou de loin et qui a contribué à réaliser ce travail et ce mémoire.

Sommaire :

Remerciement	
Sommaire	
Liste des tableaux	
Liste des photos	
Liste des figures	
Introduction générale	1
Chapitre 1: Généralité sur l'érosion	
I. 1 Définition d'érosion	2
I.2. Types d'érosion.....	2
I.2.1 L'érosion hydrique.....	2
I.2.2.1 Définition L'érosion hydrique	2
I.2.2. 2 mécanisme de l'érosion hydrique	2
I.2.2. 2 .1Le détachement	2
I.2.2. 2.2 Transport	3
I.2.2. 2.3 La sédimentation	4
I.2.2. 3 Forme de l'érosion hydrique	5
I.2.2. 3.1 Erosion hydrique en nappe.....	5
I.2.2. 3.2 Erosion hydrique linéaire	5
I.2.2. 3.3 L'érosion en masse.....	6
I.2.2 L'érosion éolienne	9
I.2.2.1 Définition	9
I.2.2. 2 Evènement et variations spatiotemporelles	10
I.3 Méthodes utilisées pour étudier l'érosion omporellest spation	10
I.3.1 Indice d'érodibilité des sols (K) de Wischmeier et Smith (1978)	10
I.3 .2 La méthode PAP/CAR	13
I.3 .3 Modèle d'Érosion hydrique en milieu semi-aride de Forte Énergie de Relief	14

I. 3.4	Modèle « Water Prediction Project ».....	14
I.3.5.	Cartographie de l'aléa « érosion hydrique »	14
I.3.6.	Trois indices utilisés pour estimer l'érosion des sols.....	15
I.3.7.	Les principales études de l'érosion en Algérie	16

Chapitre II :Les raisons de l'érosions

II .1	les facteur de l'érosion hydrique	17
II .1.1	facteur climatique «l'érosivité de la pluie »	18
II .1.2	facteur lithologique « l'érodibilité du sol »	18
II .1.3	la topographie	18
II .1.4	le couvert végétal.....	19
II .1.5	facteurs anthropique	20
II .2	les facteur de l'érosion éolienne	21
II.2.1	Climat	22
II.2. 2	Sols	22
II.2 .3	Végétation.....	23
II.2.4	Morphologie	23
II.2.5	facteur anthropique	24
II.3	les coséquences de l'érosion hydrique.....	25
II.3.1	evasement des barrages	25
II.3.2	la perte des terres arables et la diminution de la fertilié des sols.....	25
II.3.3	la dégradation des infrastructures	26
II.3.4	les conséquences sur l'agriculture	26

Chapitre III :Les méthodes de lutte contre l'érosion

III.1	la modification des pratiques culturales	28
III.2	La diminution de la taille des parcelles	28
III.3	La préservation des prairies	28
III.4	La restauration des fossés.....	28
III.5	La reconquête du maillage bocager	28

III.6 La bande enherbée	28
III.7 Le labour perpendiculaire à la pente	28
III.8 Les cultures intermédiaires	28
III.9 L'absence d'habitations.....	28
III.10 Les diguettes végétales.....	28
III.11 Les plantations de berges	29
III.12 Les mares.....	29
Conclusion	
Références	

LISES DES TABLEAUX

Tableau N°1 : Formes de l'érosion linéaire	6
Tableau N°2 : Classes d'interprétation de la perméabilité.....	11
Tableau N°3 Grille d'interprétation de facteur d'érodibilité (K) : Grille d'interprétation de facteur d'érodibilité (K):	13
Tableau N°4: ° Facteurs clés influençant l'érosion éolienne dans un contexte sahélien ..	21
Tableau N°5 Etat des barrages à travers la Wilaya de Mascara.....	26

LISTE DES PHOTO

PHOTO N°1 : Effet des gouttes de pluies « <i>splash</i> »	3
PHOTO N°2 : Erosion en nappe de Beni Chougrane, près de Mascara (Algérie).....	5
PHOTO N°3 : Erosion linéaire	6

LISTE DES FIGURES

Figure N°1 : Mode de transport des particules dans les cours d'eau	4
Figure N°2 : Mécanismes de l'érosion hydrique	4
Figure N°3 : : Différentes formes d'érosion en masse	9
Figure N°4 : Modes de transport des particules de sol par le vent Source.....	9
Figure N°5 : Turbidigramme de Dumas	12
Figure N°6 : Nomogramme permettant une évaluation rapide du facteur K d'érodibilité des sols.....	13
Figure N°7 : Effet de la forêt.....	20

Introduction générale

INTRODUCTION :

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).

En Algérie, l'érosion est un problème majeur, son intensité varie d'une zone à l'autre, elle devient, en effet, dangereuse dès qu'elle dépasse le seuil tolérable. Elle a été reconnue comme un moyen de problème environnemental dans les années 1930 par les colons et les agronomes (Aubert G. 1986). Plus de 120 millions de tonnes de sédiments sont rejetées en mer chaque année réduisant la durée de vie des barrages (Demmak.1989). Ces effets sont néfastes sur la fertilité des sols et la qualité des eaux. D'après (Demmak, 1982 et Achite et al, 2006), Le taux de sédimentation a évolué ces dernières années, du fait de la forte érosion des bassins versants, particulièrement à l'Ouest du pays où l'érosion touche 47 % de l'ensemble des terres. Au début des années quatre-vingt, environ 120 millions de tonnes de sédiments arrachés annuellement au niveau des bassins versants du nord algérien (Demmak, 1982).

L'objectif de notre travail est d'étudier le phénomène de l'érosion, ses raisons et les méthodes de lutte contre ses problèmes de dégradation des sols.

Sur cette base nous avons devisé notre mémoire aux parties suivantes :

Chapitre 1 : généralité sur l'érosion.

Chapitre 2 : les raisons de l'érosion.

Chapitre 3 : les méthode de lutte contre l'érosion

CHAPITRE I

Généralité sur l'érosion.

1- Définition de l'érosion

Le terme érosion ; englobe toutes les formes d'usure affectant la couche superficielle de l'écorce terrestre. Celles-ci se distinguent habituellement selon la nature de l'agent en cause : érosion hydrique, éolienne, glaciaire, fluviale,

marine (Soutter et *al*, 2007).

Selon Topper et *Al*. (1985) le processus d'érosion se caractérise en général par trois phases: une phase de détachement ou d'ablation, suivie d'une phase de transport et d'une phase de déposition ou de sédimentation » La dégradation des sols entraîne la diminution de la capacité de production du sol. Certes l'érosion et la dégradation des sols sont deux processus qui sont couplés, mais la dégradation du sol a un sens plus large: elle inclut la pollution, la salinisation, l'épuisement des nutriments du sol(MAAMAR KOUADRI ,2019)

2- Types d'érosion :

Il existe deux types d'érosion : 1- érosion hydrique

2- l'érosion éolienne

2-1-1 Définition de l'érosion hydrique :

L'érosion hydrique est un phénomène géologique naturel qui a façonné la surface de la terre au cours des âges géologiques (White, 1986). Les changements climatiques et des paysages sous l'influence de la pression démographique et l'extension des cultures d'exploitation, ont contribué à l'augmentation de l'exposition des terres au processus de ruissellement, et par conséquent, à la dégradation des sols par l'érosion (Vezena et Bonn, 2006. Elle résulte du détachement, sous l'effet de l'énergie cinétique des gouttes de pluie, et du transport de fragments ou de particules de sol ou de roches de leur emplacement initial par l'eau.

2-1-2 Mécanisme de l'érosion hydrique :**2-1-2-1 Le détachement**

Le détachement des particules se produit à la surface du sol, sous l'action des gouttes de pluie (LTHE, 2007).

Le détachement mobilisant les fines particules de la surface du sol peut être assuré de deux manières (Boiffin, 1994), due à la fois aux gouttes d'eau par rejaillissement (splash) et aux eaux de ruissellement .L'impact des gouttes de pluie brise les agrégats du sol en éléments plus fins. Les premières gouttes s'infiltreront dans le sol d'autant plus aisément qu'il est meuble et que sa

porosité est élevée. Cette première phase s'accompagne d'un déplacement des particules et d'un tassement du sol. Lorsque la couche superficielle s'humidifie, trois processus se développent simultanément:

- La dégradation de la structure.
- La formation d'une pellicule de battance.
- L'érosion par splash ou érosion



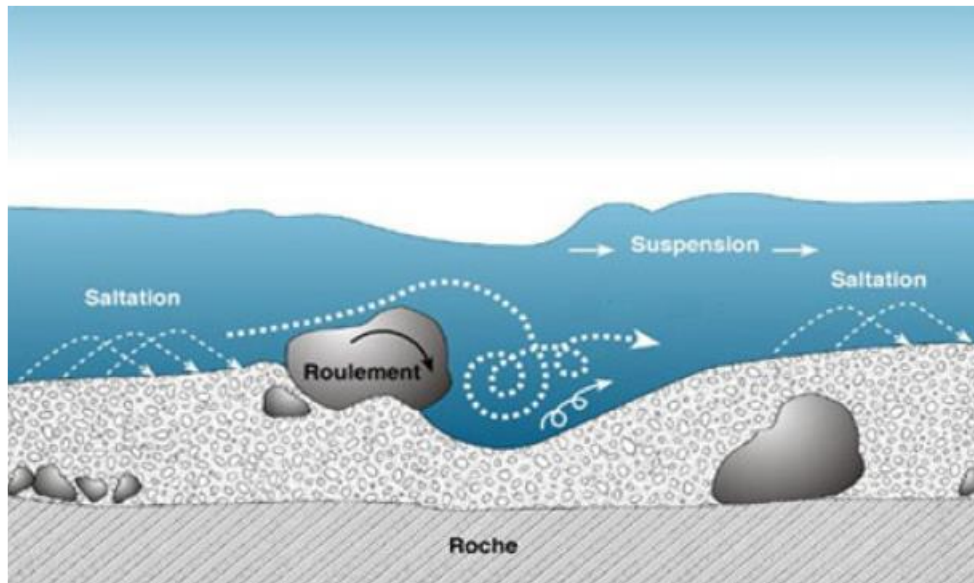
PHOTO N°1: Effet des gouttes de pluies « *splash* » (Toure et al, 2004).

2-1-2-2 Transport

Les particules issues de la dissociation, grossières ou fines, sont ultérieurement déplacées vers l'aval sous l'action de la gravité. Certains, comme les cailloux d'éboulis et les blocs d'éboulement, tombent directement. D'autres, les plus fins, sont véhiculés par un agent de transport, généralement l'eau. La force du véhicule règle naturellement la taille des sédiments. Les particules arrachées peuvent être transportées de trois manières par l'écoulement (Yalin, 1980; Govers et al. 2000) :

- ❖ **En suspension** : l'écoulement ou l'impact des gouttes de pluie sur la lame d'eau provoque une turbulence qui maintient les particules fines en suspension. Ces particules finissent alors transportées sur de grandes distances.
- ❖ **Par roulement** : lorsque l'écoulement devient important, il peut arracher de plus grosses particules mais ne peut les mettre en suspension. La force de l'écoulement les roule sur Lafond

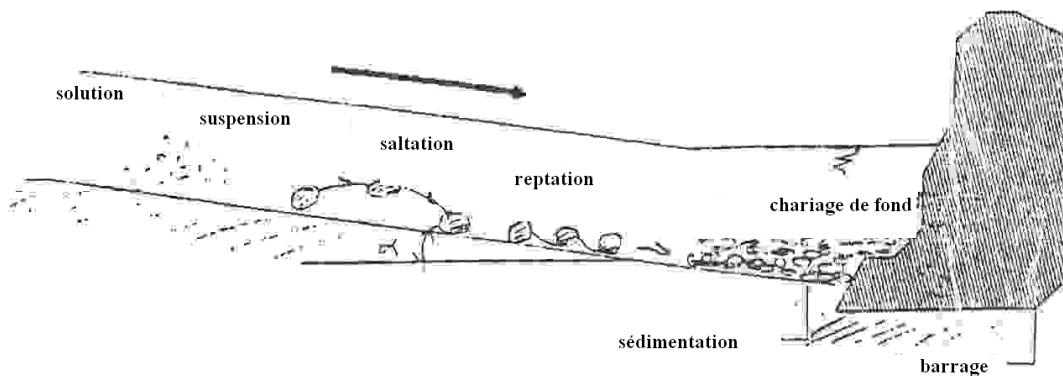
- ❖ **Par saltation** : lorsque les particules sont de grosseur moyenne, elles peuvent se déplacer par sauts successifs (saltation). Ce phénomène est surtout important avec le vent.



FigureN°1: Mode de transport des particules dans les cours d'eau (Serbah, 2011).

2-1-2-3 La sédimentation

Elle s'effectue lorsque l'énergie cinétique qui déplace les matériaux issus du détachement, diminue ou s'annule (Démangeot 2000). Les particules arrachées se déposent entre le lieu d'origine et les mers .La vitesse de l'écoulement diminue, le poids des particules devient plus important que les forces de turbulence ou de roulement et les particules se déposent. Les plus grosses se déposent en première les plus petites par la suite



FigureN°2 : Mécanismes de l'érosion hydrique (Toure et *al*, 2004)

2-1-3 Forme de l'érosion hydrique**2-1-3-1 Erosion hydrique en nappe (SHEET - EROSION)**

On parle d'érosion hydrique en nappe ou aréolaire (sheet érosion) parce que l'énergie des gouttes de pluie s'applique à toute la surface du sol et le transport des matériaux détachés s'effectue par le ruissellement en nappe. C'est le stade initial de la dégradation des sols par érosion. (ROOSE, 1994).

Elle se produit par des précipitations brutales (Vitesse de chute $V < 30$ cm/s) et elle provoque l'enlèvement plus ou moins uniforme d'une mince couche ou "nappe" de sol d'un champ lisse en pente faible non protégée. (FAO, 1983)



PHOTON°2 :Erosion en nappe de Beni Chougrane, près de Mascara (Algérie).

2-1-3-2 Erosion hydrique linéaire

Une érosion linéaire se produit quand le ruissellement en nappe se concentre et acquiert, par augmentation de la vitesse d'eau, un pouvoir érosif accru ce qui provoque des incisions linéaires dans le sol de plus en plus profondes (Foster, 1990 et Moore & Foster, 1990).

On parle de griffes lorsque les petits canaux ont quelques centimètres de profondeur, et de rigoles lorsque les canaux dépassent 10 cm de profondeur. En effet, sur un bassin versant ou une parcelle, l'érosion en rigoles succède à l'érosion en nappe par concentration du ruissellement dans les creux. A ce stade, les rigoles ne convergent pas mais forment des ruisselets parallèles.

Quand les rigoles constituent un réseau bien ramifié et atteignent une profondeur d'ordre métrique, on parle dans ce cas de l'érosion par ravinement (Gullyerosion).

Les ravins constituent la forme la plus évoluée de l'érosion linéaire, et se répartissent sur l'ensemble du terrain. Parfois, lorsque le substrat est dur, les ravins s'élargissent par sapement des berges qui constituent la principale source des sédiments transporté (Ludwing et al. 1996 ; Chmelovaetal. 2002).

A l'intérieur des ravines, on peut encore distinguer des petites ravines dont le lit est encore encombré de végétation herbacée et surtout arbustive et qu'on pourra fixer rapidement par les méthodes biologiques. Par contre, dans des grandes ravines qui peuvent s'étaler sur plusieurs kilomètres, le canal central comporte des blocs rocheux, témoins d'un charriage important et d'une certaine torrencialité (Hadir 2010)

Tableau 1 : Formes de l'érosion linéaire (Hadir, 2010)

Formes	Tracé	Longueur	Largeur	Profondeur
Griffe	Sinueux	<1 m	< 10 cm	5-6 cm
Rill	Rectiligne	Centaine de m	10-20 cm	5-10 cm
Rigole	Sinueux	Dizaine de m	5-70 cm	10-30 cm
Ravine	Peu sinueux	Centaine de m	50 cm à 1m	30-50 cm
Petit ravin	Peu sinueux	Centaine de m	50 cm à 1m	50-200 cm



PHOTON°3 : Erosion linéaire (Melalih, 2012).

(Morsli, 2006)

2-1-3-3 L'érosion en masse

L'érosion en masse déplace un volume de sol à l'intérieur de la couverture pédologique selon des formes telles que les mouvements de masse, les coulées de boue et les glissements de terrain ,c'est un phénomène qui a lieu sur les terrains en pente forte.

La cause des mouvements de masse provient du déséquilibre entre d'une part la masse sol, de l'eau stockée et des végétaux qui le couvrent et d'autre part, les forces de frottement qui permettent la stabilisation de ces matériaux sur la roche altérée, en pente. Les mouvements de masse constituent la manifestation d'un processus appelé solifluxion. (Hadir 2010).

Les phénomènes de mouvement de masse sont très nombreux mais on peut les regrouper en six groupes principaux (ROOSE, 1994):

2-1-3-3-1 Les glissements lents (Creep)

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

Dans les zones sylvopastorales, la circulation des animaux le long des versants peut également entrainer la formation d'escaliers encadrés par des réseaux de fissures (MOEYERSONS, 1989). (FigureN°3)

2-1-3-3-2 Les glissements rapides (en planche)

Ce sont des décollements d'une couche plus au moins épaisse de sols, glissant sur un horizon plus compact (souvent de la roche altérée), servant de plan de glissement. (FigureN°3)

2-1-3-3-3 Les versants moutonnés

Ce sont des formes molles qui apparaissent dans des conditions humides lorsque les horizon superficiel

s dépassent le point de plasticité et progressent lentement, comme une pâte dentifrice, entre la trame de racine qui retient l'horizon de surface est l'horizon compact imperméable que représente l'altérite des marnes ou des argiles par exemple

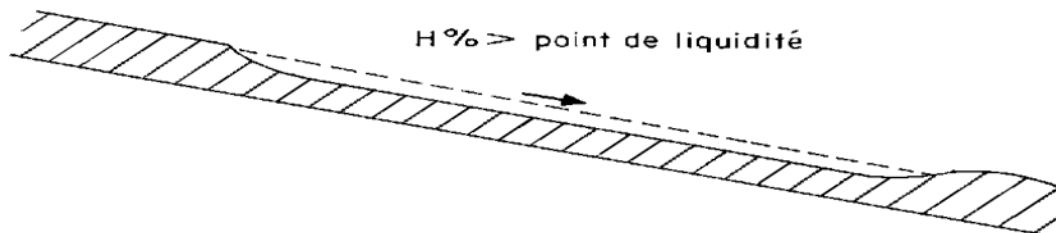
2-1-3-3-4 Coulées boueuses (lave torrentielle)

Ce sont des mélanges d'eau et de terre à haute densité ayant dépassé le point de liquidité et qui emportent à grande vitesse des masses considérables de boue et de blocs de roches de taille imposante (TEMPLE et RAPP, 1972)(FigureN°3)

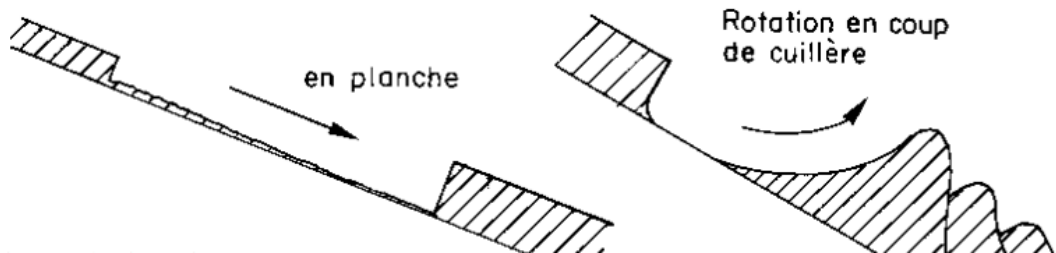
2-1-3-3-5 Les glissements rotationnels

Ce sont des glissements où la surface du sol et une partie de la masse glissent en faisant une rotation, de telle sorte qu'il apparaît une contre pente sur le versant (FigureN°3)

+ Coulées boueuses



+ Glissement de terrain



+ Creep

Glissement lent des particules à la surface du sol sur une pente forte

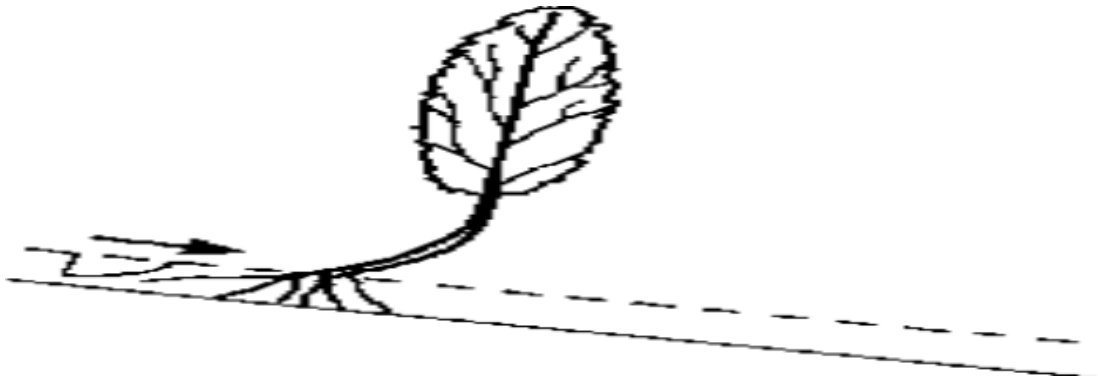


Figure N°3: Différentes formes d'érosion en masse (ROOSE, 1994)

2.2 L'érosion éolienne

2-2-1 Définition de l'érosion éolienne

L'érosion éolienne est un phénomène complexe qu'on peut définir comme étant le détachement, le transport et le dépôt des particules du sol par le vent. Le transport des particules peut prendre diverses formes en fonction de la granulométrie et de la vitesse du vent, selon la figure N°4

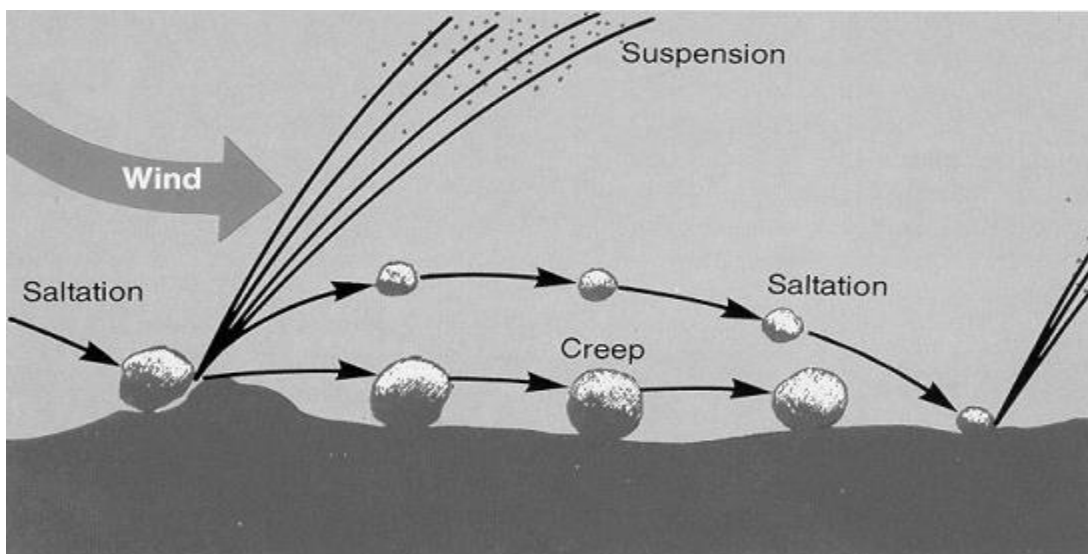


Figure N°4: Modes de transport des particules de sol par le vent Source :

<http://www.weru.ksu.edu/weps/wepshome.html>

La saltation est le mode de transport des particules ou des agrégats les particules dont le diamètre varie de 0.1 à 0.5 mm selon l'USDA-NRCS (2002) et de 0.5 à 1.1 mm selon la Food and Agriculture Organisation (FAO). La particularité de la saltation est que les particules ou

agrégats de particules se déplacent par bonds successifs. Lorsqu'ils retombent, leur impact contribue au détachement d'autres particules. Selon l'USDA-NRCS (2002), 50 à 80% des particules et/ou agrégats de particules sont transportées par saltation. La suspension est le mode de transport des particules qui ont un diamètre inférieur à 0.1 mm. Elles sont généralement mises à la disposition du vent par l'effet de la saltation. Elles peuvent rester longtemps dans l'atmosphère et voyager sur de très longues distances. Selon USDA-NRCS (2002), de 20 à plus de 60% des particules érodées sont transportées par suspension. La reptation (creep) est le mode de déplacement des particules et/ou des agrégats de particules dont la masse empêche leur soulèvement par le vent. Leur mouvement est souvent provoqué par l'effet des particules en saltation.

La proportion de particules transportées par reptation peut varier de 7 à 25% (Lyles, 1980 et USDA-NRCS, 2002).

2-2-2 Evènement et variations spatiotemporelles

L'initiation d'un "événement" d'érosion éolienne survient lorsque le vent atteint une vitesse-seuil déclenchant un mouvement de particules à la surface du sol. La durée d'un évènement dépend de la distribution spatio-temporelle de la vitesse du vent et de l'évolution des conditions de la surface après son déclenchement. En ce qui concerne l'érosivité, elle dépend aussi des caractéristiques de surface du terrain et de la vitesse du vent. Son intensité varie donc d'un lieu à un autre. La vitesse-seuil, selon Bagnold (1941), est dépassée lorsque la vitesse du vent augmente, alors que le phénomène de l'érosion est déjà installé. La force de cisaillement consécutive à la vitesse du vent est responsable de la mobilisation des particules du sol. Ainsi, le flux de poussière consécutif à un événement d'érosion éolienne est proportionnel au cube ou au carré de la vitesse de friction du vent au sol (Bagnold, 1941 ; Chepil et Woodruff, 1963; Clark et Konaré, 1997; Schulz et al., 1998; Ginoux et al., 2001; Tegen et al., 2002). Selon Clark et al. (2004), le flux de poussière est considéré comme le cube de la vitesse de friction du vent dans un contexte où les vents sont forts et comme le carré de la vitesse de friction dans les cas où les vents sont faibles. Les auteurs ne mentionnent pas à quoi font référence les termes vents forts et faibles.

3- Méthodes utilisées pour étudier l'érosion :

3-1 Indice d'érodibilité des sols (K) de Wischmeier et Smith (1978)

L'indice d'érodibilité des sols est un paramètre très important qui permet de prévoir la sensibilité des sols à l'érosion à partir des caractères intrinsèques du sol comme la texture, la matière organique, la structure et la perméabilité.

Dans le calcul du facteur K de l'équation universelle de pertes de sol, Wischmeier et Smith tiennent compte de la teneur en limon et en sable très fin (0,002 - 0,1 mm), la teneur en sable (0,1- 2 mm), en matière organique (figure 6), ainsi que de la structure de la couche de surface et de la perméabilité du profil. Cette équation est utilisée ici pour générer les cinq classes de vulnérabilité à l'érodibilité:

$$100K = 2,1.M_{1,14}. 10^{-4} (12-a) + 3,25 (b-2) + 2,5 (c-3)$$

Où:

M est calculé par la formule $M = (\% \text{ sable fin} + \text{limon}) \cdot (100 - \% \text{ argile})$, a est le pourcentage de matière organique,

b est le code de la perméabilité: 1) rapide, 2) modérée à rapide, 3) modérée, 4) modérée à lente, 5) lente et 6) très lente (figure 7).

C' est le code de la structure : 1) très structuré ou particulière, 2) assez structuré, 3) peu structuré et 4) massif (Adapté de Drolet et Gagné, 1989).

Tableau 2 : Classes d'interprétation de la perméabilité.

Code	Classe	Valeur	Texture
1	Rapide	> 60 mm/ h	Sable
2	Modérée à rapide	20 – 60 mm/ h	Sable limoneux, sableux
3	Modérée	5 – 20 mm/ h	Sablo-limoneux
4	Modérée à lente	2 - 5 mm/ h	Limon argilo-sableux, argileux
5	Lente	1 - 2 mm/ h	limono-argileux, sable
6	Très lente	< 1 mm/ h	Limono-argileux, argile

Selon la texture et la composition physico-chimique des sols, l'action de la battance peut détruire complètement la structure initiale du sol. Il peut ainsi se former des « croûtes de battance » qui rendent le sol beaucoup moins perméable, ce qui accroît le ruissellement et l'érosion.

L'impact des gouttes d'eau change suivant l'importance de la lame d'eau formée à la surface du sol. A une faible lame d'eau, les gouttes d'eau engendrent une turbulence (figure5) qui accroît

le détachement des particules, plus la hauteur de la lame d'eau augmente plus l'impact des gouttes d'eau va diminuer.

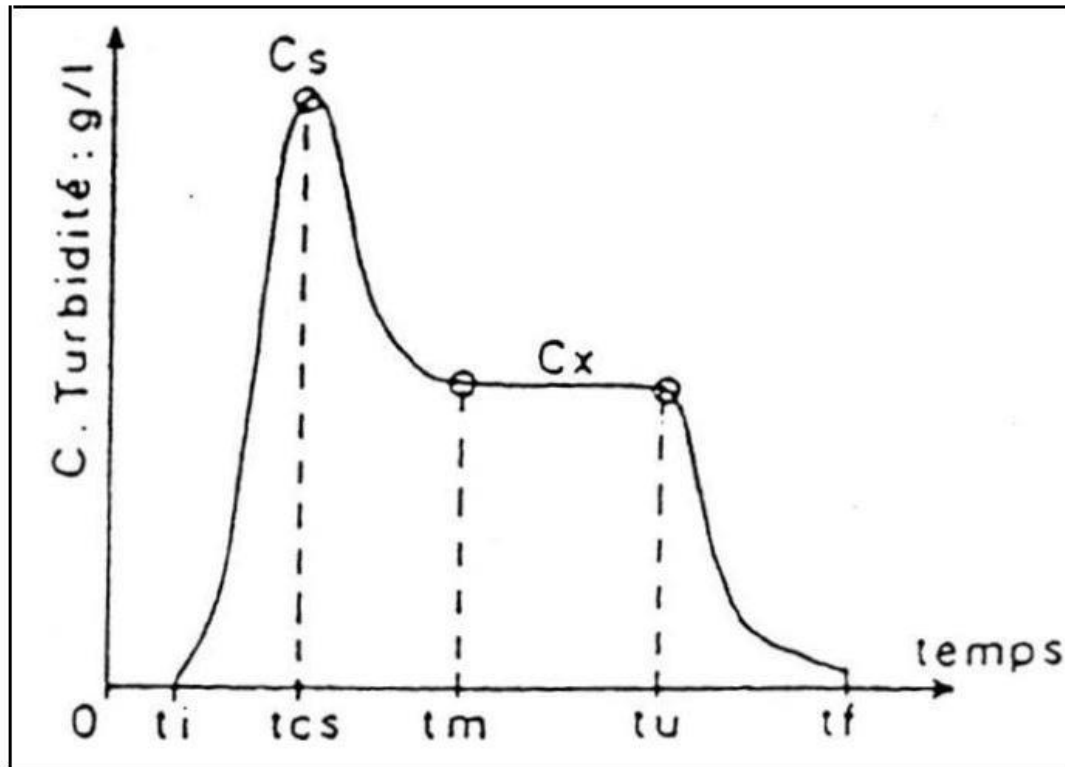


Figure N°5: Turbidigramme de Dumas (1965)

Dumas (1965) a montré que l'érodibilité des sols est fonction du taux de cailloux, du taux de matières organiques, et de l'humidité équivalente du sol, laquelle est fonction de la texture (figure 6). Sur cette figure et dans le cas des sols calcaires méditerranéens, on peut constater que l'augmentation de 1 % du taux de matière organique ne réduit l'érodibilité du sol que de 5 %. Par contre, la présence de 10 % de cailloux dans l'horizon de surface va réduire l'érodibilité du sol de plus de 15 %. Au-delà de 40 % de cailloux, la réduction de l'érodibilité du sol diminue. Dans les paysages le pourcentage de cailloux est donc un signe d'une bonne résistance à l'érosion de ces sols.

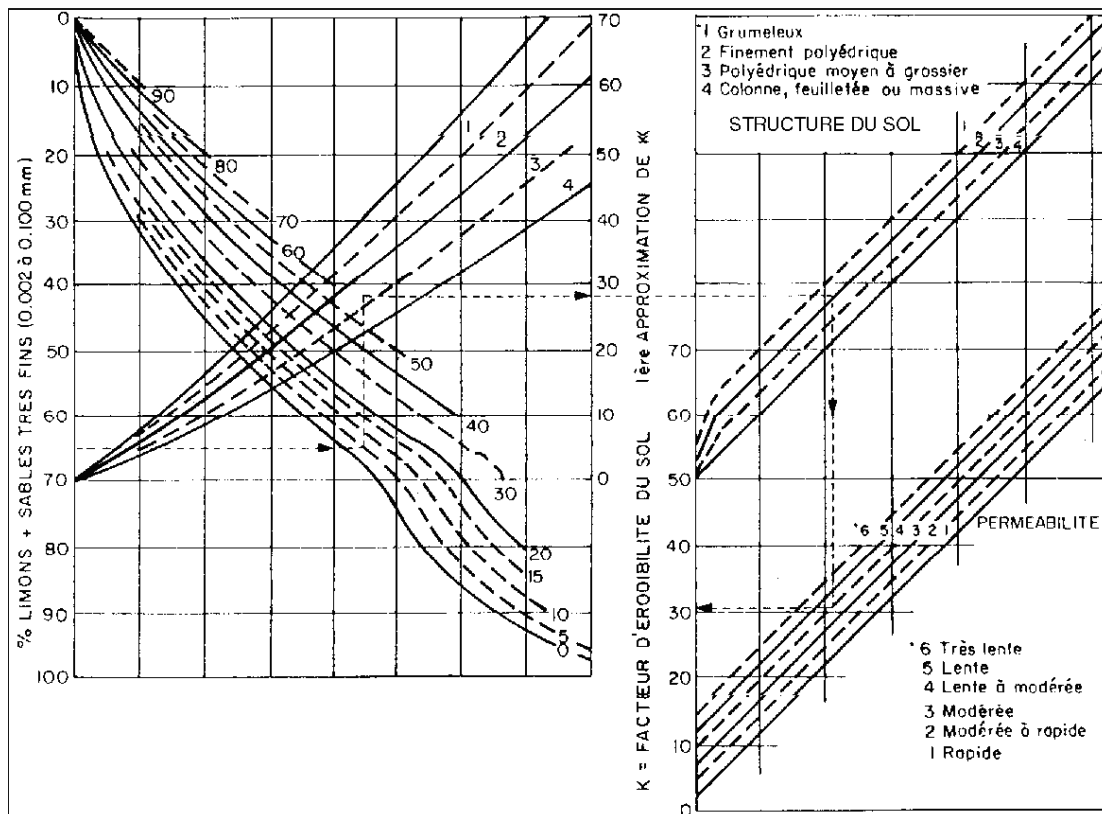


Figure N°6 : Nomogramme permettant une évaluation rapide du facteur K d'érodibilité des sols(Wischmeier et al., 1971)

Tableau 3 : Grille d'interprétation de facteur d'érodibilité (K) : Grille d'interprétation de facteur d'érodibilité (K)

Classes d'érodibilité	Sol très peu érodable	Sol faiblement érodable	Sol moyennement érodable	Sol fortement érodable	Sol très fortement érodable
Valeurs de K	$K \leq 0,05$	$0,05 < K \leq 0,1$	$0,1 < K \leq 0,2$	$0,2 < K \leq 0,4$	$K > 0,4$

La présence de fragments de roches dans l'horizon superficiel constitue un bouclier protecteur contre l'action érosive des gouttes de pluies et du ruissellement. C'est ce qui explique la modestie de l'érosion en nappe dans les paysages calcaires méditerranéens (Kouri et al., 1997). Cependant si le sol est encroûté, la couverture caillouteuse peut être à l'origine d'énormes pertes de sol par le cisaillement qu'elle crée (Roose, 1994)

3-2- La méthode PAP/CAR

Les étapes méthodologiques de la méthode PAP/CAR comporte trois approches PAP/

CAR (1998)

- ✚ L'approche prédictive qui contrôle l'érosion à partir de la cartographie thématique des facteurs (pente, lithologie, occupation des sols et degré de couvert végétal). Cette approche finie par la déduction de la carte d'état érosif qui donne une idée sur le degré d'érosion dans toute la zone.
- ✚ L'approche descriptive donne une image réelle sur les différentes formes d'érosion situées sur la zone d'étude ainsi leurs degrés d'exposition à la dégradation
- ✚ L'approche d'intégration c'est la superposition des cartes des états érosifs obtenues par la cartographie thématique et la carte des formes d'érosion obtenue par la cartographie descriptive directe des formes d'érosion sur le terrain ou par les images satellites.

3-3 Modèle d'Érosion hydrique en milieu semi-aride de Forte Énergie de Relief

Une équipe du CARTEL propose, quant à elle, un modèle d'érosion hydrique adapté aux milieux semi-arides caractérisés par un relief escarpé. Il s'agit du Modèle d'Érosion hydrique en milieu semi-aride de Forte Énergie de Relief (MEH-SAFER) (Tidiane et al, 2003). Il se base sur une méthode d'exploitation d'images satellitaires multi sources (RSO de RADARSAT-1, ETM+ de Landsat-7 et HRV de SPOT-4) couplée à un nouveau modèle de cartographie de la vulnérabilité topographique (MNT) et à l'analyse discriminante. Selon les résultats obtenus en Bolivie, ce modèle donne une précision de 80 % (ib.). Ce modèle a été développé pour cartographier les risques d'érosion hydrique. L'approche consiste, en premier lieu, à réaliser une carte de potentiel de ruissellement en intégrant des données hydro-pluviométriques et des unités géo-écologiques et, par la suite, de combiner cette carte à l'esquisse géomorphologique. Le résultat obtenu est une carte de vulnérabilité topographique (Ouattara *et al*, 2002).

3.4 Modèle « Water Prediction Project » (Bhuyanet al.)

Le ruissellement et les pertes de sol peuvent aussi être évalués à partir d'un modèle nommé Water Erosion Prédiction Project (WEPP) (Bhuyanet al. 2002). Ce modèle, développé par Flanagan et Nearing (1995), se base sur de multiples paramètres dont les notions de base de l'infiltration, la surface de ruissellement, la croissance des plantes, les résidus de décomposition, l'hydraulique, le labourage, la consolidation du sol ainsi que les mécanismes d'érosion (Nearing et al, 1989). Afin d'intégrer ce modèle dans les SIG, un outil a été créé.

Cet outil, appelé GeospatialModelling of Soli Erosion (GEMSE), est composé de plusieurs bases de données (le climat, le sol et la topographie ainsi que l'occupation du sol) (Baigorria and Romero, 2007)

3.5 Cartographie de l'aléa « érosion hydrique » (Luneau)

Dans la continuité de cette étude cartographique réalisée par Dumas (2004), Lun eau définit l'aléa « érosion hydrique » comme la combinaison de la sensibilité des sols et des précipitations. L'indice de l'crédibilité des sols, le degré de protection de la couverture végétale, la pente, la courbure horizontale, la courbure de profil, les surfaces drainées et les données pluviométriques sont les indicateurs qui ont été extraits. Un modèle statistique par évaluation multicritère a été développé à partir de ces indicateurs qui ont été pondérés lors d'une phase de standardisation (Luneau, 2006).

3.6 Trois indices utilisés pour estimer l'érosion des sols (Atherton *et al.*)

Lors de recherches réalisées sur le phénomène d'érosion des bassins versants à Fidji, Atherton *et al.* (2005) ont élaboré un indice « Relative Erosion Prédiction » (REP). Cet indice représente une mesure relative de prédiction de l'érosion des sols. Ce modèle est basé sur cinq principaux facteurs environnementaux de l'érosion : la pente, l'occupation du sol, les précipitations absolues ou saisonnières et l'crédibilité des sols. Pour chaque bassin versant à l'étude, des indices statistiques ont été obtenus suite à la combinaison des différentes couches d'information. Un autre indice le Watershed Développement Index (WDI) a aussi été développé par ces auteurs pour représenter le degré d'impact des infrastructures sur le bassin versant.

Pour ce faire, la densité des routes, le nombre de cours d'eau traversés par les routes par kilomètre carré et le degré de déforestation sont les paramètres qui ont été pris en compte. En combinant le REP et le WDI, on obtient le Composite Threat Index (CTI). Ce nouvel indicer présente le risque d'érosion sur le bassin versant (Atherton *et al.*, 2005).

4- Les principales études de l'érosion en Algérie

Plusieurs études concernant l'érosion ont été effectuées en Algérie, mais très peu qui a associé les techniques de la géomatique. Les présentes études sont les principales études réalisées dans la cartographie de l'érosion en utilisant les SIG.

- Application des techniques nucléaires et la télédétection à l'étude de l'érosion hydrique dans le bassin versant de l'oued Mina réalisé en 2013 par Mr Meddi Mohamed comme Directeur de thèse et Mr Mahe Gil comme Co-directeur de thèse : L'objectif général de cette thèse est de développer et de présenter une méthode qui peut être utilisée pour évaluer le risque d'érosion hydrique dans les différents niveaux du système de paysage en utilisant l'équation universelle des pertes en sol USLE dans le bassin versant de l'Oued Mina
- Cartographie qualitative de la sensibilité du sol à l'érosion hydrique : Cas du bassin versant oued Boukiou (nord-ouest de l'Algérie) réalisé en 2015 par S. Bouguerra et A. Bouanani : L'étude porte sur une analyse des principaux facteurs naturels entraînant le phénomène de l'érosion hydrique des sols dans l'un des bassins-versants de l'ouest algérien.
La méthodologie se base sur la technique usuelle de cartographie numérique depuis l'acquisition et le traitement d'images satellitaires et des données de la télédétection jusqu'à leur croisement avec d'autres données géographiques dans l'outil SIG
- Cartographie des risques d'érosions 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 (Boussaada) Algérie réalisé en 2013 par T. Mostephaoui, S. Merdas, B. Sakaa, M. T. Hanafi et M.T. Benazzouz : Cette étude, cherche à mettre en relief la nature et l'ampleur des facteurs et paramètres contribuant à la dégradation du sol du fait de phénomènes naturels et anthropiques et par voie de conséquence le barrage vert dans le bassin endoréique du Hodna. L'un des objectifs de ce travail est d'offrir une méthode de cartographie des zones à risques d'érosion par SIG en servant du modèle USLE
- Contribution à l'évaluation et à la cartographie de sensibilité à l'érosion hydrique des sols du sous bassin versant de l'oued Saida (Ouest de l'Algérie) réalisé en 2014 par Ateur Djamel, La bani Abderrahmane, Khalladi Mederbal et Gliz Mohamed : Cette étude a été réalisée à l'aide d'un Système d'Information Géographique (SIG), a permis de

hiérarchiser les différentes zones du sous bassin versant, en produisant une carte synthétique de répartition des degrés de sensibilité à l'érosion

CHAPITRE II

Les raisons de l'érosion.

1- Les facteurs de l'érosion hydrique

Le sol est souvent menacé par les problèmes d'érosion. En géomorphologie, le processus de dégradation et de transformation du relief, et donc des roches, l'érosion, qui est causé par tout agent externe (donc autre que la tectonique). C'est ainsi qu'on distingue par exemple l'érosion hydrique qui est causée par l'eau et l'érosion éolienne causée par le vent.

1-2 Facteurs de l'érosion hydrique

L'érosion hydrique dépend d'une gamme complexe de facteurs qui semblent être les mêmes partout dans le monde (Morgan, 1986). Elle est fonction de :

- ✚ Facteur climatique « L'érosivité de la pluie »
- ✚ Facteur lithologique « L'érodibilité du sol »
- ✚ La topographie
- ✚ Le couvert végétal
- ✚ l'action de L'homme.

1-2-1 facteur climatique

La pluie est essentiellement à l'origine de l'érosion par son impact sur les particules des sols qu'elle détache ainsi des matériaux de surface. Quand les particules détachées, la quantité de pluie qui ruisselle détermine le mouvement de sédiments des interfluves vers le réseau de drainage. L'action causée par l'impact de la pluie commence quand la première goutte percute le sol, au travers de sa capacité à détacher des particules de la surface. Ce processus représente le premier stade de l'érosion hydrique des sols (Salles et al. 2000). L'érosion des pluies se définit comme étant la capacité potentielle de la pluie à causer l'érosion (Hudson, 1973).

Cette érosivité dépend des caractéristiques de la pluie (la taille et la vitesse des gouttes, à l'intensité de la pluie) et à l'état de surface de sol.

Les caractéristiques de la pluie, peuvent être modifiées par l'action du vent par l'augmentation de la vitesse d'impact, du couvert végétal, et des conditions hydriques du sol.

Les autres facteurs climatiques exerçant une influence sur l'érosion des sols sont, la température, les variations saisonnières des orages, leur localisation, leur fréquence et le régime de vents. L'influence du climat sur l'érosion est difficile à évaluer à cause des variations de paramètres climatiques, aussi bien que celle des autres caractéristiques du bassin versant (White, 1986).

1-2-2 Facteur lithologique (l'érodibilité du sol)

L'érodibilité d'un sol représente la sensibilité de ce dernier à l'arrachement et au transport des particules qui le composent. C'est la mesure quantitative et qualitative de la susceptibilité des sols à l'érosion par l'eau et le vent (EL SWAIFY et ROOSE, 1988).

L'érodibilité du sol est sa susceptibilité ou sa vulnérabilité à l'érosion c'est-à-dire le contraire de sa résistance à l'érosion (FAO, 1986). Elle varie surtout avec la texture du sol, sa stabilité structurale et sa capacité d'infiltration. L'érodibilité du sol peut être obtenue à partir de la granulométrie à l'aide des nomogrammes ou à l'aide des mesures sur le terrain réalisées au moyen de simulateurs de pluie (PESAN et al, 1990 cite par BONN, 1996).

Dans les zones semi-arides méditerranéennes, les sols sont très variés. Certains ont tendance à s'éroder facilement sous l'action de la pluie et du ruissellement ; d'autres résistent remarquablement bien, même à de fortes averses (FAO, 1976).

Les sols relativement pauvres en matière organique sont très sujets à l'érosion hydrique (cité par MORGAN, 1986). En effet, la matière organique contenue dans le sol peut absorber et emmagasiner beaucoup plus d'eau que ne peut le faire les fractions inorganiques. Elle fonctionne comme une éponge, prenant l'eau et la relâchant ensuite, à la demande des végétaux (FAO, 1983). De même, les sols de texture fine sont sensibles à l'érosion hydrique (OSBORN et al, 1976). En effet, l'argile tend à diminuer la perméabilité des sols en favorisant la formation des micropores (PAPY et LEBISSONNAIS, 1997).

1-2-3 La topographie

Le gradient de la pente du terrain a une influence importante sur l'intensité de l'érosion hydrique. Dès que la pente est suffisante pour permettre à l'eau de ruisseler, le terrain est sujet à l'érosion hydrique. Sur une forte pente, l'eau de pluie en excédent tend à ruisseler plus vite et à causer une érosion plus grave. Le ruissellement et l'érosion commencent sur des pentes faibles (1 à 2 %). Plus la pente est raide, plus l'eau érodera le sol. (HEUSCH, 1970).

La forme de la pente a également son importance. En principe, une pente convexe ou bossue perd davantage de sol qu'une pente droite. Une pente concave ou creuse en perd moins (FAO, 1976).

Quant à la longueur de la pente, elle est de moindre importance pour l'érosion hydrique par rapport au gradient et à la forme de la pente (FAO, 1983 ; Gay, 1996). Cependant, son action est

loin d'être négligeable puisque, à précipitation égale, il s'accumulera sur une pente plus longue un plus grand volume d'eau en excédent.

1-2-4 Le couvert végétal

Le couvert végétal agit dans le sens de retarder l'érosion du sol (Mansouri, 1991). Ce rôle peut être direct, la végétation faisant obstacle au ruissellement et protégeant les sols (Snelder et Bryan, 1995; Morgan *et al.*, 1997 ; Bochet *et al.*, 1998 ; Cerdá, 1999 ; MartinezMena *et al.*, 1999 ; Richard et Mathys, 1999 ; Descroix et Gautier, 2002). Il peut également être indirect, le couvert végétal assurant une amélioration du bilan hydrique et des propriétés physiques du sol (Dunne *et al.*, 1991 ; Bergkamp *et al.*, 1996 ; Solé Benet *et al.*, 1997 ; Cerdá, 1998). Il dépend aussi du stade de développement de la végétation (Rovéra *et al.*, 1999). Il protège le sol contre l'érosion par l'interception et le retard de la chute des gouttes des pluies sur la surface du sol permettant ainsi la dissipation de son énergie cinétique, ce qui diminue l'effet "splash". Elle favorise également l'infiltration de l'eau et le maintien du sol grâce à son système racinaire, et son développement en surface freine le ruissellement par rapport au sol nu.

La présence ou l'absence du couvert végétal à la surface du sol détermine son comportement hydrologique. En effet, la capacité d'infiltration de l'eau dans le sol, le ruissellement et le transport solide sont corrélés positivement avec le taux de recouvrement de la végétation (Giffort et Hawkins, 1978 et 1979)

Les forêts et surtout les couvertures herbacées sont plus efficaces pour fournir une protection du sol qu'une couverture de plantes cultivées ou une jachère. C'est le manque de végétation qui crée la condition permettant l'érosion. L'existence d'une litière protège également les sols de l'érosion. La dynamique de la croissance du couvert végétal est très variable en fonction du type de plante mais aussi des techniques culturales (densité et date de plantation, fertilisation) et du climat (précipitations et éclaircissement). La combinaison entre cette dynamique de croissance et la dynamique des pluies va donc déterminer l'importance des risques d'érosion. (Ben Slimane 2013).

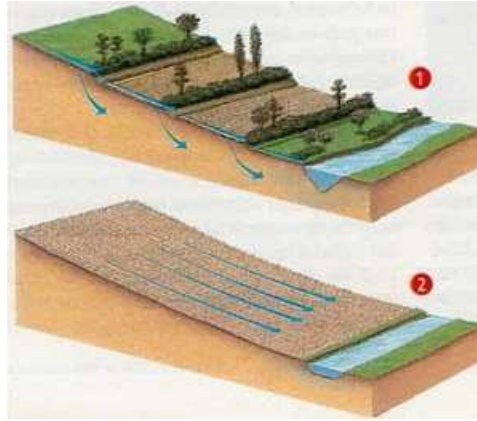


Figure N°7: Effet de la forêt (Dernancourt, 1995).

1-2-5 Facteurs anthropiques

Certaines activités humaines provoquent l'accélération de rythme naturel de l'érosion hydrique par l'action de surpâturage et la déforestation qui provoque le tassement des sols, diminue sa perméabilité et favorise le ruissellement de l'eau, L'intensification de l'agriculture et La croissance démographique et l'urbanisation

En Tunisie, les activités humaines (défrichage, surexploitation des forêts et parcours, pratiques culturales impropres) ont augmenté au cours de dernier siècle, en particulier du fait de la croissance démographique : 2 millions d'habitants et 1,2 millions d'ha cultivés en 1920 contre 9,9 millions d'habitants et 4,7 millions d'ha cultivés actuellement (CNEA, 2007).

L'homme peut être à l'origine du déclenchement et de l'accélération de l'érosion par les actions suivantes :

- Défrichage de la forêt
- Incendies et surpâturages
- Façons culturales

L'état de la surface du sol présente une importance majeure lorsque le couvert végétal n'assure plus une protection efficace du sol.

Le travail du sol a deux effets antagonistes sur sa résistance à l'érosion :

Premier effet : le travail du sol augmente sa perméabilité et améliore l'enracinement des plantes.

Deuxième effet : le travail du sol peut :

- diminuer la cohésion du sol et ainsi sa stabilité structurale.
- diluer la matière organique et accélérer sa dégradation.
- compacter le sol en profondeur et créer des semelles de labour.

L'expérience montre que le labour a un effet non négligeable sur l'infiltration des petites pluies ou dans la première phase des grosses pluies. Cet effet devient nul ou négatif en fin de grosses pluies ou après quelques événements pluvieux (HUTCHINSON ,2006).

1-3 Facteur à l'origine de l'érosion éolienne

Les actions que sont l'ablation de la partie superficielle (les cinq premiers centimètres) du sol et le transport de ses particules par le vent, ne prennent effet que si certaines conditions sont réunies. Il faut en ce sens reconnaître avec Fryrear (2000) que les facteurs qui ont un impact sur la vulnérabilité d'un sol à l'érosion éolienne sont sa rugosité, son érodabilité ou sa prédisposition à être érodé, son humidité, la quantité et l'orientation des résidus de culture mais aussi les systèmes d'exploitation de l'environnement. Le tableau I.1 résume les principaux facteurs qui modulent l'érosion éolienne en les divisant en cinq catégories : climat, sol, végétation, morphologie et activités humaines. En ce qui suit, nous discuterons avec plus de détails des facteurs indiqués dans le Tableau 4.

Tableau N°4 : Facteurs clés influençant l'érosion éolienne dans un contexte sahélien (**Shiet al.** 2004 :

Climat	Sol	Végétation	Morphologie	Activités humaines
Vitesse du vent (+)				Surexploitation agricole (+)
	Texture (±)	Type (±)	Rugosité de surface (±)	Surpâturage (+)
Turbulence (+)	Stabilité de la structure du sol (-)	Couverture dense (-)	Pente (±)	Reboisement (-)
Précipitation (-)	Matière organique (-)		Billons (±)	Résidus de culture (-)
Évaporation (+)	Calcium Carbonate (±)			
Température de l'air (+)	Densité des agrégats (±)			
Pression de l'air (+)	Agrégation du sol (-)			
	Eau contenue dans le sol (-)			

1.3.1.Climat

Les facteurs climatiques incluent le vent, sa vélocité et ses variations spatiotemporelles, ainsi que la température et les précipitations qui à leur tour définissent l'évaporation (Shi et al., 2004). L'évaporation module à son tour l'humidité des sols. Cette dernière en augmentant la cohésion de la structure du sol, notamment des sables et des limons, rend l'érosion éolienne inefficace.

1.3.2.Sols

Les facteurs pédologiques incluent la granulométrie et la composition des sols. La granulométrie aussi désignée sous le terme de texture est définie comme étant la proportion des particules minérales de différentes tailles qui composent le sol.

On considère que les sols dont le diamètre des particules est inférieur à 100 µm sont les plus exposés à l'érosion éolienne (Bagnold, 1941). La FAO apporte une information supplémentaire utile à savoir que le diamètre optimum pour qu'une particule soit disponible pour le vent est de 80µm.

Ni Bagnold ni la FAO ne précisent cependant à quelle vitesse de vent un diamètre de 80 µm est optimal pour la déflation éolienne. Les sols argileux, plus cohérents et mieux structurés résistent plus à l'érosion éolienne tout comme les sols à graviers et à charge lourde en roches. Ces dernières ne sont en effet pas mobilisables par le vent à cause de leur masse.

L'état de la texture a par ailleurs une influence sur la structure du sol. Selon le grand dictionnaire terminologique¹, la structure définit la manière dont les particules sont assemblées entre elles à l'état d'agrégats quand le sol est ressuyé. La prise en compte de ce paramètre de l'état des sols est nécessaire en ce sens que l'intensité de l'érosion éolienne sur un sol est aussi fonction de la stabilité de sa structure. Moins la structure d'un sol est stable, plus il est érodable. Une structure stable est une structure qui est capable de maintenir l'arrangement de ses particules et de ses espaces vides même après avoir été agressée par le vent ou par l'eau. Un sol est d'autant plus stable qu'il contient de matières organiques car, comme le soulignent Lynch et Bragg (1985), l'incorporation de résidus organiques entraîne souvent la formation d'agrégats dont la stabilité n'est pas aisément compromise. En outre, le niveau d'agrégation des particules est amélioré par la présence de matières organiques (Tisdall et Oades, 1982). Cette idée est reprise par Kay et Angers (2000) pour qui, la matière organique peut contribuer à la formation, à la stabilisation et à l'accroissement de la taille des agrégats du sol. En revanche, la présence de sodium ou de sel provoque la formation d'une couche pulvérulente en surface et favorise ainsi l'érosion éolienne. Il y a aussi d'autres constituants du sol qui

influencent la stabilité de sa structure tels que l'argile, la composition du fluide des pores et des corps dissous adsorbés ou échangeables, les plantes, les organismes dans le sol et la profondeur du profil (Kay et Angers, 2000).

1.3.3.Végétation

Il va sans dire que la couverture végétale est un facteur clé dans l'étude de l'érosion. Moins la couverture végétale est présente, plus l'érosion éolienne, si les autres conditions sont réunies, peut devenir active. La végétation vivante se présente comme un obstacle qui brise la puissance du vent et réduit sa force de déflation. Ce fait est formalisé par Bielders *et al.* (2004) qui parlent des propriétés aérodynamiques de la végétation déterminées par la hauteur de la rugosité aérodynamique. Cette dernière indique la hauteur théorique à partir de laquelle une opposition est faite au vent. Le sol est donc moins soumis à l'érosion éolienne si la rugosité géométrique du terrain et/ou de la couverture végétale vivante est importante, c'est-à-dire si la hauteur de la rugosité est élevée. Au-delà du fait d'être un obstacle ayant la propriété de ralentir la force du vent, la végétation peut aussi, sous certaines conditions climatiques, permettre l'accumulation de matières organiques, le développement d'activités de la faune et de la flore, l'amélioration de la structure (agrégation et stabilisation) du sol et ainsi réduire son érodabilité. Elle contribue, à l'aide de ses racines, à la fixation des particules du sol.

1-3-4Morphologie

En plus d'être influencée par la texture et la structure du sol, l'érodabilité l'est aussi par l'état de sa surface. Sur un sol où on note la présence de pavage de pierres comme dans les regs, les possibilités d'érosion éolienne sont amoindries tout comme sur les surfaces où on a une pellicule de battance due à la compaction de la partie superficielle du sol. Il y a aussi la rugosité du sol qui peut ralentir la vitesse du vent au sol et ainsi réduire sa capacité de mobilisation. Mais si elle transforme l'écoulement laminaire du vent en écoulement turbulent, elle accentue la force d'arrachement des particules et donc l'érosivité du vent (Rognon *et al.*, 1997). Nous entendons par rugosité du sol l'expression du micro relief et des micros aspérités à la surface du sol. Par rugosité de surface, il faut donc entendre les micro-dénivellations du terrain mais aussi celles introduites par la hauteur des végétaux. D'une manière générale, la rugosité est une expression des états de surface (Rognon *et al.*, 1997). Il peut s'agir des mottes de terres ou des billons perpendiculaires aux vents dominants ou encore de la hauteur de la couverture végétale.

La pente du terrain et en général le méso et macro relief peuvent influencer la vitesse de vent. Dans un territoire agricole, l'orientation du parcellaire face aux vents dominants ainsi que la longueur des parcelles sont aussi des facteurs qui agissent sur la vulnérabilité des sols.

I.3.5. facteur anthropique

Il est évident que les activités anthropiques, par le biais des méthodes d'exploitation des ressources naturelles, sont en mesure d'accélérer l'érosion selon. Malheureusement, dans les écosystèmes sahéliens, notamment celui du bassin arachidier, les systèmes d'exploitation des ressources naturelles (sol et végétaux notamment) ne sont pas de nature à permettre l'atténuation des processus de dégradation des paysages. La surexploitation des terres agricoles, les feux de brousse, la déforestation, la salinisation et l'utilisation du fumier comme combustible domestique au lieu d'être répandu sur les champs, sont autant de facteurs qui peuvent installer et/ou accroître la dynamique de l'érosion (Middleton, 1987).

Un facteur indiqué au tableau 4 à ne pas négliger est la pratique de laisser les résidus de culture au sol. La conservation des résidus de culture sur le champ contribue à la protection du sol contre l'érosion par le vent et l'eau (Dumanski *et al.*, 1986; Chilar, 1987). En sus, les résidus de culture améliorent la structure du sol, augmentent sa teneur en matières organiques, améliorent l'infiltration de l'eau et influencent positivement l'évaporation, la température du sol et permettent de fixer le CO₂ dans le sol (Chevrier, 2002). Les résidus permettent aussi la restitution au sol des éléments minéraux (FAO, 2009). Tout comme une importante hauteur de rugosité atténue la force de déflation du vent, autant les résidus de culture fichés dans le sol et les chaumes, ralentissent la vitesse du vent, diminuant de ce fait les dynamiques de mobilisation des particules de sols. D'après Ketcheson et Stonehouse (1983), une équipe de scientifiques de l'université de Guelph au Canada ont trouvé qu'un taux de couverture du sol par des résidus de maïs de 15% peut réduire l'érosion de 75% par rapport à un sol nu. Bielderset *al.* (2000) ont mené des expériences au Niger, plus précisément à Banizoumbou, dont le contexte présente une similitude avec la région de Thiès, pour évaluer l'impact de la technique de réduction de l'érosion éolienne par des résidus de culture de mil et des billons. Sur des parcelles témoins sans résidus et sans billons, ils ont enregistré, sur une période de trois ans, des pertes de sol allant de 17 à 214 Mg par hectare, ce qui correspond à une réduction de la profondeur de la couche arable de l'ordre de 1 à 14 mm. Par contre, sur des parcelles avec billons et résidus de culture, ils ont noté une chute des pertes de sols de l'ordre de 87% par rapport aux parcelles témoins. Ils en concluent que pour contrôler efficacement l'érosion éolienne, il faut 2 Mg de résidus de mil par

hectare. Il y a un consensus sur le fait que les résidus de culture contribuent à la réduction de l'érosion mais l'ordre de grandeur des taux de couverture nécessaire pour constituer un obstacle à l'érosion est différent selon les études (Sterk, 2003). En effet, les études de Biielders et *al.* (2000), auxquelles Sterk (2003) fait référence, arrivent toutes à des recommandations différentes. Ces différences sont certainement dues à la différence des méthodes de mesures utilisées.

Mais au Sahel en général, les résidus de culture, s'ils sont laissés sur le champ, sont très inégalement répartis, ce qui laisse des zones sans aucun résidu. Elles sont alors le siège d fortes déflations. La quantité de résidus de culture y tourne souvent autour de quelques

Centaines à un millier de kg par hectare (Biielders et al. 2000). Dans ces conditions, ils sont peu efficaces pour contrer l'érosion éolienne.

3 Conséquences de l'érosion hydrique

3-1 Envasement des barrages

Le taux de sédimentation a évolué ces dernières années, du fait de la forte érosion des bassins versants. Au début des années quatre vingt, environ 120 millions de tonnes de sédiments arrachés annuellement au niveau des bassins versant du nord algérien (DEMMAK ,1982). Une partie de cette masse se dépose dans les 57 grands barrages construits en Algérie. On évalue le dépôt sédimentaire annuellement dans ces barrages à 45 millions de m³ (REMINI et HALLOUCHE, 2007).

Or du fait de l'érosion assez sensible (pluie de courte durée, de forte intensité, absence du couvert végétal et relief assez jeune), l'Algérie perd annuellement une grande capacité par le dépôt des sédiments dans les retenues. La majorité des barrages en Algérie ont une durée de vie de l'ordre d'une trentaine d'années (tableau5). Il est rare cependant, que l'on puisse admettre a l'issue d'une période aussi courte, l'abandon d'un aménagement hydraulique particulier lorsqu'il s'agit de réservoirs destinés à l'adduction en eau potable ou l'irrigation dont les intérêts socio-économiques justifient une garantie de service illimitée.

Tableau N°5: Etat des barrages à travers la Wilaya de Mascara

Barrages	Capacité (Hm ³)		Volume d'eau (Hm ³) En 2009	Surface du bassin versant (Hm ³)	Taux d'envasement (%)		
	Initial	actuel			1964	1986	2009
Fergoug	17	0,3	0,3	56 000	60	85	98
Ouizert	100	95	11,35	/	/	/	22
Bouhanifia	72	38	20,14	785 000	23	27	47
Cheurfa	83	79	11,85	100 000	32	/	4,8

Source : DPAT de Mascara,2010

3-2 La perte des terres arables et la diminution de la fertilité des sols

Suite à l'extension des différentes formes d'érosion, de grandes surfaces de terres arables disparaissent d'une année à une autre. La diminution de la fertilité du sol (appauvrissement des horizons supérieurs) qui résulte de la détérioration des qualités physiques et chimiques et de l'extension des parcours, s'observe de plus en plus sur ces terres (MORSLI, 1996).

3-3 La dégradation des infrastructures

La plupart des ravines prennent naissance sur les pentes en bordure des routes. Lorsque ces routes ne sont pas protégées comme il se doit de profondes ravines se forment en bordure des routes et les ramifications qu'elles donnent rongent les champs adjacents (MORSLI, 1996).

3-4 Les conséquences sur l'agriculture

En effet, l'érosion hydrique diminue la capacité du sol à retenir l'eau et à la mettre à la disposition des végétaux. Les cultures sont alors soumises à des déficits hydriques plus fréquents et plus graves.

Au point de vue physique, la perméabilité des sols décroît, la structure devient compacte, asphyxiante en saison humide. L'eau ne pénètre pas en profondeur, aucune réserve ne se constitue dans le sol pour la saison sèche. Au point de vue chimique et biologique, la faune et la

microflore disparaissent et la réserve d'humus est dilapidée, ce qui a pour effet de rendre la nutrition azotée déficiente. Les éléments fins qui constituent la majeure partie du complexe absorbant disparaissent en ne laissant sur place que la trame stérile d'éléments grossiers. Le sol perd rapidement sa fertilité initiale (GRECO, 1966).

CHAPITRE III

Les méthodes de lutte contre l'érosion

1- Les actions pour lutter contre le ruissellement des eaux et l'érosion des sols

1-1 **La modification des pratiques culturales** permet souvent de réduire sensiblement les risques de ruissellement des eaux et d'érosion des sols. Par exemple la pratique du **des herbinage** avec implantation de ray-grass en inter-rangs offre un couvert hivernal efficace après la récolte de maïs.

1-2 **La diminution de la taille des parcelles** limite le vitesses d'écoulement de l'eau sur les versants.

1-3 **La préservation des prairies** notamment en fonds de vallée permet de favoriser le ralentissement des eaux de ruissellement et de filtrer les particules déterres.

1-4 **La restauration des fossés** en bordure des axes routiers et sur les chemins ruraux permet de drainer les eaux de ruissellement. Les fossés enherbés doivent être privilégiés afin de ralentir la vitesse d'écoulement des eaux jusqu'à l'exutoire.

1-5 **La reconquête du maillage bocager** (haies et talus) participe à la lutte contre l'érosion des sols en assurant des obstacles naturels au ruissellement des eaux et en favorisant la sédimentation des particules déterres charriées.

1-6 **La bande enherbée** en fond de talweg ou perpendiculaire la pente permet de ralentir les eaux de ruissellement et de piéger les sédiments.

1-7 **Le labour perpendiculaire à lapente** , lorsqu'il est techniquement possible, ralentit le phénomène de ruissellement en empêchant la formation de chemins préférentiels d'accumulation de l'eau.

1-8 **Les cultures intermédiaires** implantées avant une culture de printemps offrent une couverture hivernale efficace qui augmente les capacités d'infiltration du sol durant les périodes les plus pluvieuses.

1-9 **L'absence d'habitations** en zone inondable permette limiter les risques. Pour cela, le PPRI constitue l'outil privilégié.

1-10 **Les diguettes végétales** installées en travers des ravines déjà formées constituent des barrages filtrantes permettent le comblement de la ravine.

1-11 **Les plantations de berges** jouent un rôle tampon aux eaux de ruissellement provenant des versants et permettent de filtrer les sédiments avant leur arrivée la rivière. La qualité de la rivière s'en trouve ainsi

1-12 **Les mares** peuvent jouer, quand elles sont bien localisées sur le bassin versant, le rôle de bassin tampon naturel en stockant une partie des eaux de ruissellement. Elles peuvent ainsi avoir une double vocation hydraulique et d'abreuvement du bétail.

CONCLUSION

Conclusion

L'objectif de notre travail est d'étudier le phénomène de l'érosion, ses raisons et les méthodes de lutte.

Il existe 2 types d'érosion qui sont hydrique et éolienne qu'ils ont leur raisons ; climatique, lithologique, topographiques, couvert végétal et anthropiques.

Les conséquences de l'érosion hydrique sont ; envasement des barrages, la perte des terres arables, la diminution de la fertilité des sols, la dégradation des infrastructures et les conséquences sur l'agriculture par l'incapacité du sol à retenir l'eau.

Les méthodes utilisées pour étudier l'érosion ; Indice de crédibilité des sols K de Wischmeier et Smith 1978, la méthode PAC/ CAR, Modèle « Water Prediction Project », cartographie de l'aléa « érosion hydrique » et trois indices utilisés pour estimer l'érosion des sols.

Les méthodes de lutte sont ; la modification de pratiques culturales, la diminution de la taille des parcelles, la préservation des prairies, la restauration des fossés, la reconquête du maillage bocager, la bande enherbée, le labour perpendiculaire à la pente, les cultures intermédiaires, l'absence d'habitations, Les diguettes végétales et Les plantations de berges, Les mares.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- **Abir A; (2017)**,Cartographie de vulnérabilité à l'érosion hydrique du bassin versant d'Oued Zeddine (W.Ain Defla) ECOLE NATIONALE SUPERIE D'HYDRAULIQUE -ARBAOUI Abdellah-DEPARTEMENT D'HYDRAULIQUE URBAINEP62
- **Abir ,A. (2017)**.Cartographie de vulnérabilité à l'érosion hydrique du bassin versant d'Oued Zeddine (W.AinDefla). memoir master. ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HYDRAULIQUE -ARBAOUI Abdellah.62p
- **Achite, M., Touaibia, B., et Ouillon, S. (2014)**. Erosion hydrique en Algérie du Nord : Ampleur, Conséquences et Perspectives. Production scientifique-Communications,
- **Bagnold, R. A., 1941**. The Physics of blown sand and desert dunes. Methuen, London, 265p
- **Balla F , (2020)** Modélisation des flux hydro-sédimentaires et cartographie des zones à risque d'érosion hydrique par SIG (application au sous bassin du barrage oued cherf (Nord-est algerien), l'Université 08 Mai 1945 de Guelma .91p
- **Balla F , (2020)** .Modélisation des flux hydro-sédimentaires et cartographie des zones à risque d'érosion hydrique par SIG (application au sous bassin du barrage oued cherf (Nord-est algerien); l'Université 08 Mai 1945 de Guelma 91p
- **Ben Slimen Abir.2013**. *Rôle de l'érosion ravinaire dans l'envasement des retenues collinaires dans la Dorsale Tunisienne et le Cap Bon*. Thèse de doctorat, présentée au Centre International d'études supérieures en Sciences Agronomiques, Montpellier Sup Agro et à l'Institut National Agronomique deTunisie (INAT)
- **Biielders, C.L., Rajot, J.L. et Michels, K., 2004**. L'érosion éolienne dans le sahel nigérien
- **BONN F., 1996**. Précis de télédétection : Applications thématiques. Presses de l'Université du Québec, vol. 2, 633p
- **Chevrier, M., 2002**. *Potentiel de la télédétection hyperspectrale pour la cartographie des résidus de culture*. Thèse de maîtrise. Département de Géographie, Université d'Ottawa, 174p
- **D.P.A.T ., 2010**. Direction de la planification et de l'aménagement de territoire. Direction de la wilaya de Mascara

- **DEMMAK A ., 1982.** Contribution a l'étude de l'érosion et des transports solide en Algérie septentrionale. Thèse Doc – Ing .Paris. p323
- **Drolet J.Y. et Gagné G., 1989-** Etude des sols défrichés du comté de Rimouski. *Direction générale du développement agricole. Agriculture Canada.* 197 p.
- **Dumanski, J., Coote, D.R., Luciuk, G. et Lok, C., 1986.** Soil conservation in Canada. *J. of Soil and Water Cons.*, 41(4): 204-210.p
- **Dumas J., 1965-** Relation entre l'érodibilité des sols et leurs caractéristiques analytiques. *Cah. Orstom Pedol.* 3(4), 307-333.
- **Dutil, P. (1984).** L'érosion en grande culture, revue technique des agriculteurs dynamique, N°169, France Influence des pratiques culturales actuelles et méthodes de lutte. *Sécheresse*, 15(1): 19-32.
- **ELSWAIFY A. et ROOSE C.W., 1988.** Analysis of erodibility of two soils tropical soils using a process model. *Soil Sci. Soc. Am. J* 52. pp 781-787.
- **FAO ., 1983 .** Garder la terre en vie : L'érosion des sols, ses causes et ses remèdes. *Bulletin pédologique*, vol. 50, 62p
- **FAO ., 1983 .** Garder la terre en vie : L'érosion des sols, ses causes et ses remèdes. *Bulletin pédologique*, vol. 50, 62p
- **FAO., 1976.** La conservation des sols dans les pays en voie de développement. *Bulletin pédologique*, vol. 30, 92p.
- **FAO., 1986 .** La conservation et l'aménagement des sols dans les pays en développement. *Bulletin pédologique*, vol. 33, 98p.
- **Foster G.R., 1990.** Process – Based modelling of soil erosion by water on agricultural land. In :*Soil erosion on agricultural land (J. Bourdman, IDL. Foster, JA. Dearing, eds). John Willey and Sons Ltd.*Chichester (UK), 229-245
- **Giffort G.F. et Hawkins R.H. 1978.** Hydrologic impact of grazing on infiltration: A critical review. *Water Resources Res.* 14: 305-313
- **GRECO J., 1966.** L'érosion la Défense et la Restauration des Sols, le Reboisement en Algérie. Publication du ministère de l'agriculture et de la réforme agraire, Alger. 393p.
- **Hadir, Sofia .2010.** *Modélisation du ruissellement et de l'érosion par le modèle STREAM dans le bassin versant de l'Oued Saboun.* Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II – B.P. 6202 –Instituts, 10101 Rabat. 7p
- **Kay, B.D., et Angers, D.A., 2000.** Soil structure. In *Handbook of soil science*, M.E.
- **Kouri L., Vogt H. et Gomer D., 1997-** Analyse des processus d'érosion hydrique linéaire en terrain marneux. Bassin versant de l'oued Mina. Tell Oranais. Algérie. *Bull. réseau érosion* (17), 64-73.

- **Ludwing B., Auzet A.V., Boiffin J., King D. and Chadoeuf J., 1996.** Etat de surface, structure hydrographique et érosion en rigole des bassins versants cultivés du Nord de la France. *Revue d'Etude et Gestion des Sols, Vol. 3, N°1* ; p. 53-70.
- **Lynch, J.M., et Bragg, E., 1985.** Microorganisms and soil aggregate stability. 133-171 in B.
- **Melalih, A .2012.** Analyse des techniques de conservation de l'eau et du sol dans la zone aride cas bassin versant d'AIN SEFRA. Mémoire de mastère, Université Aboubekr Belkaid de Tlemcen Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie Et des Sciences de la Terre et de l'Univers, Algérie. 10p
- **Michels, K., Sivakumar, M. V. K., Allison, B. E., 1995.** Wind erosion control using crop residue I. Effects on soil flux and soil properties. *Field Crops Research*, 40: 101-110.
- **Middleton, N.J., 1987.** Desertification and wind erosion in the western Sahel: the example of Mauritania. School of geography, Univ. of Oxford Res. 40 p
- **Moncef, G 2016),** MODELISATION DE L'ÉROSION HYDRIQUE PAR LE MODELE SEAGIS. CAS DU BASSIN VERSANT DU BARRAGE SILIANA; UNIVERSITE DE TUNIS EL MANAR FACULTE DES SCIENCES DE TUNIS P 94
- **MORGAN R., 1986.** Soil erosion et conservation. Ed: D.A. Davidson, John Wiley and Sons Inc., 253p.
- **MORGAN R., 1986.** Soil erosion et conservation. Ed: D.A. Davidson, John Wiley and Sons Inc., 253p.
- **MORSLI B., 1996.** Caractérisation, distribution et susceptibilité à l'érosion des sols de montagne « cas des monts de Béni-Chougrane – Mascara ». Thèse de magistère I.N.R.F EL, Harrach. p170.
- **OSBORN H., SIMANTON J. et RENARD K., 1976.** Use of the Universal Soil Loss Equation in the semi-arid Southwest. Soil erosion : prediction and control. Special publication n°21, the proceedings of a National Conference on Soil Erosion, Tuscon, May 24-26, 41-48.
- **PAPY F. et LE BISSONNAIS Y., 1997.** Les effets du ruissellement et de l'érosion sur les matières en suspension dans l'eau. L'eau dans l'espace rural : production végétale et qualité de l'eau. In : INRA, 411 p.
- **REMINE B. et HALLOUCHE W., 2007.** Studying Sediment. *Revue International*
- **Rognon, P., Arrué, J.L., et Coudé-Gausse 1997.** Paramètres pédologiques intervenant

- **ROOSE E., 1994** . Introduction a la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (CGES). Rome 1994. ORSTOM-Montpellier, France. 245 p.
- **Roose E., 1994-** Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES). *Bull. Pédol. FAO.*, 70, 420 p.
- **Rovéra G., Robert Y., Coubat M., Nedjai R. 1999.** Érosion et stades biorhexistasiques dans les ravines du Saignon (Alpes de Haute-Provence) ; essai de modélisation statistique des vitesses d'érosion sur marnes. *Études de Géographie Physique*, 28, 109–115.
- **Salles C. and Poesen J. 2000.** Rain properties controlling soil splash detachment. *Hydrological processes*, 14: 271-282.
- **Snelder D. J., Bryan R. B. 1995.** The use of rainfall simulation to assess the influence of vegetation density on soil loss on degraded rangelands in the Baringo district (Kenya). *Catena* 25, 105–116.
- **Snelder D. J., Bryan R. B. 1995.** The use of rainfall simulation to assess the influence of vegetation density on soil loss on degraded rangelands in the Baringo district (Kenya). *Catena* 25, 105–116.
- **Sterk, G., Spaan, W. P., 1997.** Wind erosion control with crop residues in the Sahel. *Soil Science Society of America Journal*, 61: 911–917.p
- **TEMPLE P. et RAPP A., 1972.** Landslides in the MGETA area, Western Uluguru mountains Tanzania. In: Studies of Soil erosion and Sedimentation in Tanzania. Rapp, Berry et Temple (eds.), *Geografiska Annales*, 54(3): 157-194.
- **TOURE M ., 2004** . Cours de CES pour les ingénieurs de l'équipement rural et de l'agronomie Ouagadougou Burkina Fasso. *Water Power et Dam construction*. October, 42-45.
- **White W.R. 1986.** Problèmes d'érosion, transport solide et sédimentation dans les bassins versants. Etudes et rapports d'hydrologie -35-, *Programme Hydrologique International. Unesco*, 161p.
- **Wischmeier W.H., Johnson C. B. and Cross B.V., 1971-** A soil erodibility monograph for farm land and construction sites. *J. of soil and water*. Vol. 2, 265 p.

Nom et prénom : BOUSTILA Abir

Nom et prénom : MEZOUAR Sihem

Nom et prénom :BOUCHEBCHEB Manel

Titre : Contribution à la citation des raisons et les méthodes de lutte, prévention contre l'érosion.

Résumé :

L'objectif de notre travail est d'étudier l'érosion, ses raisons et les méthodes de lutte .

L'érosion hydrique et éolienne ont des raisons climatiques , lithologiques, topographiques , couvert végétal et anthropiques .Les méthodes de lutte contre l'érosion sont; la modification de pratique culturales , la diminution de la taille des parcelles, la préservation des prairies ,la restauration des fossés , la reconquête du maillage bocager , les bandes enherbées, le labour perpendiculaire à la pente, les cultures intermédiaires, L'absence d'habitations, les diguettes végétales, les plantations de berges et les mares.

Mots clés : l'érosion, hydrique, éolienne, raisons et méthodes de lutte

Abstract

The objective of our work is to study erosion, its reasons and methods of struggle.

Water and wind erosion have climatic, lithological, topographical, vegetation cover and anthropogenic reasons. The methods of erosion control are; the modification of cultural practices, the reduction in the size of the plots, the preservation of the meadows, the restoration of the ditches, the reconquest of the bocage mesh, the grassy strips, the plowing perpendicular to the slope, the intermediate crops, The absence of dwellings, plant bunds, bank plantations and ponds.

Key words: érosion, water, wind, reasons and control methods

الملخص

الهدف من عملنا هو دراسة الانجراف وأسبابه وطرق مكافحته.
للتعرية المائية والرياح أسباب مناخية طوبوغرافية غطاء نباتي أسباب بشرية. تعديل الممارسات الزراعية ، وتقليل حجم قطع الأراضي ، والحفاظ على المروج ، وترميم الخنادق ، وإعادة فتح شبكة البوكاج ، والشرائط العشبية ، والحرث المتعامد على المنحدر ، والمحاصيل الوسيطة ، عدم وجود المساكن وسدود النباتات والبرك.
الكلمات المفتاحية: الانجراف ، المياه ، الرياح ، الأسباب وطرق التحكم