

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Sciences Agronomiques



Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de

Master II en Sciences Agronomiques

Option

« Gestion Durable de l'Environnement »

Par

HARRATH Asma

Thème

Approche cartographique sur l'érosion hydrique des sols agricoles en zone de piémont de Dahra Mostaganem (Zone de Sidi Lakhdar-Sud, W. Mostaganem)

Devant le jury :

Président	BENKHALIFA Mohamed	Université de Mostaganem
Promoteur	LARID Mohamed	Université de Mostaganem
Examineur		Université de Mostaganem

Année universitaire : 2015 / 2016

REMERCIEMENTS

Avec l'aide de dieu, j'ai pu réaliser ce modeste travail.

Mes remerciements très spéciaux vont à **Mr LARID Mohamed** qui a bien voulu m'honorer en acceptant d'être le promoteur de ce travail.

Mes remerciements s'arrentent à **Mr** pour l'honneur qu'il m'a fait examinant le travail.

Mes remerciements à tous les enseignants de notre parcours, à notre chef parcours Mr BEN KHELIFA et chef département Mr ZALMAT.

J'adresse mes sincères remerciements à M^{elle} Yamina.

Asma.

I



Dédicace

Avec l'aide de Dieu tout puissant, on a pu réaliser ce modeste travail.

Que je dédie.

A vous :

Mes chers parents pour son sacrifice et qui m'a toujours encouragé à aller de l'avant, et à ma 2^{ème} mère DJEMAA.

Mes frères et sœurs: Mohamed, Ali, Abdeldjabbar, Abdelhak, Dhaouia, Naima, Wahiba, Amina, Saida, Nawal, Fahima et Salma.

Sans oublier mes neveux Mohamed Islam, Abdallah, sohaibe, torkia, Nour el yakine, haitham, niema, sidra, et Tasnime.

Toutes mes chers amies : Saadia, Khadîdja, Soumia, Mimi, Chafika, Atika, Kanza, Hafsa, Batoul, et sans oublie mon ami Mounir.

Sans oublier M^{elle} Fatiha DAINASSE, Mr BOUNIF, Mr ROUISSATE.

Je n'omettrai pas de présentes mes meilleurs sentiments à l'ensemble des membres de ma famille surtout la famille ABDALLI, SALHI, KADRI.

Asma.

II



Remerciements	I
Dédicace	II
Liste des tableaux	III
Liste des figures	IV
Liste des photos	VI
Liste d'abréviation	VII
Résumé	VIII
Introduction	X
Partie I : Synthèse bibliographique	
Chapitre 1 : généralité sur l'érosion hydrique	
1. Définition de l'érosion hydrique	01
2. Les différents types de l'érosion hydrique	01
2.1. L'érosion géologique	01
2.2. L'érosion accélérée	01
3. Processus de base et typologie de l'érosion hydrique	02
3.1. Le détachement et le transport	02
3.2. La sédimentation	04
4. Forme de manifestation	04
4.1. Erosion laminaire	05
4.2. Erosion en rigole	05
4.3. Erosion en ravines	06
4.4. Les ravines	07
4.5. Les mouvements de masses	08
4.6. Le sapement des berges	08
5. Les causes de l'érosion hydrique	09
5.1. Facteurs naturels	09
5.2. Facteurs anthropique	12
5.3. Les facteurs liés aux activités agricoles	13
6. Conséquence de l'érosion hydrique	15
Chapitre 2 : Les apports des Système d'Information Géographique (SIG)	
1. Définition d'un SIG	16
2. Notion de la carte dans les SIG	16
3. Types des cartes	16
4. Les données liées au SIG	17
5. Objet géographique ou données spatiales	17
6. Les différentes composantes d'un SIG	18
7. Les fonctionnalités d'un SIG	19
8. Avantage de l'utilisation du SIG	19
9. Utilisations des SIG pour la cartographie du risque d'érosion	19
10. Intérêts de la cartographie et des SIG pour l'étude de l'érosion	20

Chapitre 3 : Les techniques d'aménagements antiérosifs d'érosion hydrique	
Introduction	24
1. Méthodes culturales antiérosifs	25
2. Méthodes et techniques de protection antiérosive	26
2.1. Méthodes et techniques mécaniques	26
2.2. Méthodes et techniques biologiques	30
Partie II : Expérimentation	
Chapitre 4 : Présentation de la zone d'étude	
Introduction	33
1. Cadre physique	34
1.1. Présentation de la région d'étude	34
1.2. Situation géographique de la zone d'étude	35
1.3. Situation juridique et administrative	36
1.4. Infrastructure routière	36
1.5. Géologie	37
1.6. La géomorphologie	38
1.6.1. Relief et pente	38
1.6.2. Altitude et exposition	39
1.7. Sols	40
1.8. Réseau hydrographique	41
1.9. Occupation végétale	42
1.10. Aperçu climatique	44
1.10.1. Les facteurs climatiques	44
1.10.1.1. Les précipitations	44
1.10.1.2. Les températures	47
1.10.1.3. Evaporation	48
1.10.1.4. Les vents	49
1.10.1.5. Humidité relative	50
1.10.1.6. L'insolation	50
1.10.2. Synthèse climatique	51
1.10.2.1. Indice de continentalité ou indice de Debrach	51
1.10.2.2. Quotient pluviométrique et climagramme d'Emberger	53
1.10.2.3. Indice d'aridité de De Martonne :	54
1.10.3. Relation climat- érosion dans notre zone d'étude	55
2. Cadre socio-économique	55
2.1. Population et activités	56
2.1.1. Population	56
2.1.2. Activités	56
2.2. Régime foncier ou nature juridique du terrain	57
2.3. Milieu économique	57

2.3.1. L'agriculture	58
2.3.2. L'élevage	59
Conclusion	60
Chapitre 5 : Approche méthodologique	
1. Approche cartographique	61
1.1. Matériels et données utilisées	61
1.2. Logiciels et matériels informatique	61
1.2.1. Données sources	61
1.2.2. Logiciel ArcGis 10.0	62
1.3. Méthodologie	62
1.4. Paramètres du modèle qualitatif employé (Bachaoui, 2007)	65
1.4.1. Le facteur pente	65
1.4.2. Le facteur lithologique	66
1.4.3. Le facteur couvert végétal	66
1.5. Croisement des cartes thématiques	67
1.5.1. Carte du potentiel d'érosion	67
1.5.2. Carte du risque d'érosion	68
2. La méthodologie suivie pour le plan d'aménagement	68
2.1. Carte des zones prioritaires d'interventions	68
2.2. Carte d'aménagement	72
Partie III : Résultats et discussion	
1. Résultat	73
1.1. Les formes d'érosion observées dans la zone d'étude.	73
1.2. Cartographie du risque d'érosion	75
1.2.1. Évaluation qualitatif de l'érosion hydrique	75
1.2.1.1. Carte de sensibilité selon la pente	75
1.2.1.2. Carte de sensibilité selon le couvert végétal	76
1.2.1.3. Carte de friabilité	78
1.2.1.4. Carte du potentiel d'érosion	79
1.2.1.5. Carte du risque d'érosion	81
1.3. La méthodologie suivie pour le plan d'aménagement	82
1.3.1. Carte des zones prioritaires d'intervention	83
1.3.2. Carte d'aménagement	84
2. Discussion	85

Conclusion	87
Références bibliographiques	88
Annexes	

Liste des tableaux

Tableau 01.	Précipitations moyennes mensuelles (2000 – 2014)	44
Tableau 02.	Régime saisonnier des précipitations	46
Tableau 03.	Les données thermiques de la station de référence.	47
Tableau 04.	Les données d'évaporation (2000 -2014)	48
Tableau 05.	Variations de l'évolution de la vitesse moyenne mensuelle du vent (2000 – 2014)	49
Tableau 06.	Humidités relatives mensuelles (2000 - 2014).	50
Tableau 07.	Variation de l'insolation moyenne annuelle en heure de la station de Mostaganem	50
Tableau 08.	Classification du climat selon l'indice de continentalité de Debrach,	52
Tableau 09.	Indice de continentalité de la zone d'étude	52
Tableau 10.	Ambiance bioclimatique de Sidi Lakhdar.	54
Tableau 11.	Classification des climats en fonction de la valeur de l'indice de De Martonne.	54
Tableau 12.	Caractéristiques démographiques de la région de Sidi Lakhdar	56
Tableau 13.	Situation de l'emploi global de la commune de Sidi Lakhdar.	57
Tableau 14.	Utilisation de la surface agricole dans la commune de Sidi Lakhdar.	57
Tableau 15.	Répartition de la SAU en ha dans notre zone d'étude.	58
Tableau 16.	Distribution du cheptel	59
Tableau 17.	Données source utilisées pour les méthodes d'estimation de la sensibilité des terres agricoles du Douar Djillali Ben Arbi à l'érosion hydrique.	62
Tableau 18.	Classes de sensibilité de la pente à l'érosion.	65
Tableau 19.	Classes de la friabilité à l'érosion.	66
Tableau 20.	Classes de sensibilité du couvert végétal à l'érosion	67
Tableau 21.	Règle de décision du potentiel d'érosion.	67
Tableau 22.	Règle de décision du risque d'érosion.	68
Tableau 23.	Sensibilité à l'érosion selon les classes des pentes.	75
Tableau 24.	Sensibilité à l'érosion selon l'occupation et indice attribués	77
Tableau 25.	Sensibilité à l'érosion selon la lithologie	78
Tableau 26.	Classes de sensibilité selon le potentiel d'érosion.	80
Tableau 27.	Classes de sensibilité selon le risque d'érosion	81

Listes des figures

Figure 01. Processus de l'érosion hydrique.	02
Figure 02. Les stades de dégradation de la surface du sol sous l'action des pluies.	03
Figure 03. Principaux types de l'érosion hydrique.	04
Figure 04. Situation géographique de la région d'étude.	34
Figure 05. Situation géographique de la zone d'étude.	35
Figure 06. Situation géographique de la zone d'étude. (extrait de l'image Google earth)	36
Figure 07. Carte des réseaux routiers de la zone d'étude.	37
Figure 08. Carte géologique de la zone d'étude.	37
Figure 09. Carte des pentes de la zone d'étude.	38
Figure 10. Carte des expositions de la zone d'étude.	39
Figure 11. Carte lithologique de la zone d'étude.	40
Figure 12. Carte altimétrique et des réseaux hydrographiques de la zone d'étude.	41
Figure 13. Carte d'occupation végétale de la zone d'étude.	43
Figure 14. Histogramme des précipitations mensuelles.	45
Figure 15. Répartition annuelle de la pluviométrie.	46
Figure 16. Variations mensuelles des températures moyennes, maximales et minimales.	48
Figure 17. Histogramme de l'évaporation moyenne mensuelle.	49
Figure 18. Courbe de la vitesse moyenne mensuelle du vent.	49
Figure 19. Courbe de la valeur moyen de l'humidité relative.	50
Figure 20. Variation de l'insolation moyenne annuelle en heure.	51
Figure 21. Diagrammes ombrothermique de Bagnouls et Gausсен.	53
Figure 22. Présentation de la surface agricole utile de dans la zone d'étude.	58
Figure 23. Répartition de la surface agricole utile de la zone d'étude.	59
Figure 24. Organigramme de la méthodologie suivi.	63
Figure 25. Elaboration des cartes thématiques.	64
Figure 26. les formes d'érosion hydrique observées dans la zone d'étude « Image satellitaire de google earth pro ».	74
Figure 27. Carte de sensibilité selon le degré de la pente.	76
Figure 28. Carte de sensibilité selon la végétation.	77
Figure 29. Carte de sensibilité selon la friabilité.	79
Figure 30. Carte du potentiel d'érosion.	80
Figure 31. Carte du risque d'érosion.	82

Figure 32. Organigramme de la méthodologie suivie pour le plan d'aménagement.	82
Figure 33. Carte des classes de priorité d'intervention.	83
Figure 34. Cartes d'aménagement.	84

Listes de photos

Photo 1.	Erosion diffuse.	05
Photo 2.	Erosion en griffes, 'A' terres agricoles à Tissemsilet 2005, 'B' terres agricole de douar Djilali Ben Arbi - Sidi Lakhdar 2015.	06
Photo 3.	Erosion en ravine, terres agricole de douar Djilali Ben Arbi - Sidi Lakhdar 2016.	07
Photo4.	Erosion en ravin, terres agricole de douar Djilali Ben Arbi - Sidi Lakhdar 2016.	07
Photo 5.	Pratiques agricoles : culture intercalaire fèves et plantation fruitière.	25
Photo 6.	Montagne aménagée en terrasse au Maroc.	26
Photo 7.	Les banquettes	27
Photo 08.	Murettes en pierres sèches en Tunisie.	27
Photo 09.	Cordons de pierres sèches.	28
Photo 10.	Correction torrentielle.	29
Photo 11.	Drains	30
Photo 12.	Haies vives	30
Photo 13.	Plantation d'opuntia	31
Photo 14.	Revégétalisation Atriplex spp.	32

Liste des abréviations

SIG	systèmes d'information géographique
FAO	Food and Agriculture Organisation
SAU	Surface Agricole Utile
SGBD	Système de Gestion de Bases de Données
USLE	Universel Soil Loss Equation
RUSLE	Revised Universal Soil Loss Equation
WEPP	Water Erosion Prediction Project
GEMSE	Geospatial Modelling of Soil Erosion
REP	Relative Erosion Prediction
WDI	Watershed Development Index
CTI	Composite Threat Index
CW	chemin de wilaya
RN	Route national
MNT	Modèle numérique de terrain
ONM	Office National de la Météorologie
UTM	Universel Traverse Mercator
MO	Matière Organique
HA	Hectare
M	température moyenne Maximale
M	température moyenne minimale
EAI	Exploitations agricoles individuelles
EAC	Exploitations agricoles collectives

ملخص:

تمت هذه الدراسة على مستوى الأراضي الفلاحية لدوار جلالى بن عربى، الواقعة بالجهة الجنوبية لبلدية سيدى لخضر، حيث أن ظاهرة الانجراف المائى أصبحت تمثل انجراف الأراضي الزراعية الخصبة، و بذلك المحاصيل الزراعية.

الهدف من هذه الدراسة هو وضع منهجية باستخدام النموذج الجغرافى الرقمى SIG والمتمثل فى (2007) Bachaoui لتحديد خطر الانجراف المائى. تحديد مواقع الخطورة على الأراضي يساعد على انجاز مخطط التهيئة و بدوره يساهم فى الحد من ظاهرة الانجراف. التربة هو شىء لا يجدد لذلك يجب الاحتفاظ به.

الكلمات المفتاحية:

الإنجراف المائى، التربة الزراعية، النموذج الجغرافى الرقمى، منطقة جبلية.

Résumé :

La présente étude a été menée dans les terres agricoles du douar Djilali Ben Arbi, partie Sud de Sidi Lakhdar (Mostaganem), où l'érosion hydrique s'est avérée importante. Elle représente une grave menace pour les sols agricoles et des dommages pour la productivité par la suite.

L'objectif de cette étude est de développer une méthodologie utilisant les systèmes d'information géographique (SIG) pour modéliser de façon qualitative, en utilisant le modèle Bachoui (2007). La détermination des risques d'érosion hydrique et les zones sensibles à haut risque dans la zone d'étude servira à l'établissement d'une carte des risques permettant aux autorités par un plan d'aménagement d'intervenir rapidement avant que la situation se détériore. Car le sol est un patrimoine non renouvelable qu'il faut absolument protéger afin de le conserver en état de produire assez et sainement pour les générations futures.

Mots clés :

Sols agricoles, érosion hydrique, SIG, zone de piémont.

Abstract:

The present study was conducted in the farmland of Douar Djilali Ben Arbi, southern Sidi Lakhdar (Mostaganem), where water erosion is becoming important. It is a serious threat for agricultural soils, which can influence, badly, the productivity.

The objective of this study is to develop a methodology using geographic information systems (GIS) to model qualitatively, by using the model Bachoui (2007). The determination of the risks of hydric erosion and zones sensitive to high risk in the zone of study will be of use to the establishment of a card of the risks allowing the authorities by a development plan to intervene quickly before the situation deteriorates. Because the ground is a not renewable heritage which it is absolutely necessary to protect to keep it in state to produce enough and healthily for the future generations.

Key words:

Farmland, hydrous erosion, GIS, piedmont area.

Introduction :

À cause de son ubiquité dans le temps et dans l'espace, l'érosion est considérée comme l'un des plus importants fléaux environnementaux à l'échelle mondiale (Terrence et al, 2002).

Depuis des siècles, les géographes ont considéré la zone du bassin méditerranéen comme très sensible à l'érosion sous toutes ses formes (Okoth, 2003), celle causée par la pluie et le ruissellement, en particulier, est largement répandue dans les différents pays méditerranéens (Bou kheir et al, 2001). À cause de la nature torrentielle des pluies, de la forte vulnérabilité des terrains (roches tendres, sols fragiles, pentes fortes et dégradation du couvert végétal) et de l'impact défavorable des activités humaines (déforestation, incendies, mauvaise conduite des travaux agricoles, urbanisme chaotique, surexploitation des carrières, etc.), l'érosion continue à prendre des proportions considérables de sols, en particulier sur les pentes. L'Algérie se classe parmi les pays les plus affectés de la région méditerranéenne et dans le monde avec une érosion spécifique moyenne annuelle affectant de 2000 à 4000 km² (Touaibia et al, 1999). L'intensité de l'érosion hydrique varie d'une zone à l'autre, la partie Ouest, où l'érosion touche 47 % de l'ensemble des terres, est la région la plus érodée du pays ; viennent ensuite les régions du Centre (27%) et de l'Est (26%) (Ministère de l'environnement et l'aménagement du territoire, 2000).

Vu les répercussions qu'a l'érosion sur la fertilité des sols; prévenir ce phénomène et le cerner est devenu un souci majeur pour les décideurs et les scientifiques. Ces derniers analysent les facteurs pouvant causer une érosion sur un terrain déterminé et cartographient les risques à l'aide de la modélisation et des nouvelles techniques de spatialisation comme la télédétection et les systèmes d'information géographique (SIG) qui sont devenus, actuellement, des outils nécessaires pour cibler les zones à risques et chercher les solutions adéquates ce qui rend l'intervention ciblée, rapide et moins coûteuse.

Dans le but de proposer une approche méthodologique de la cartographie de zones vulnérables à l'érosion hydrique, on va, à travers la présente étude, prendre un site prédéfini, il s'agit de terres agricoles situées dans la partie sud de la commune de Sidi Lakhdar (W. Mostaganem) sur les piémonts du Dahra Ouest. Notre zone d'étude situé sur un étage bioclimatique semi-aride de type méditerranéen présente des facteurs de risque d'érosion vu

la nature du sol, le relief relativement accidenté, les pratiques culturales inappropriées ainsi que la faible couverture végétale.

Afin d'atteindre notre objectif, l'utilisation des données de terrain et l'outil SIG nous a permis d'établir des cartes thématiques et d'actualiser les données relatives à l'érosion hydrique sur les terres agricoles de la zone d'étude.

Pour bien appréhender nos objectifs à travers cette étude, nous avons adopté les parties suivantes :

- Une première partie contenant trois chapitres :
 - Le premier chapitre est consacré à une généralité sur l'érosion hydrique, son processus, les différents types, les formes de manifestation, ses causes et ses conséquences.
 - Le deuxième chapitre est consacré pour les SIG ainsi que les différentes stratégies adoptées pour étudier le phénomène de l'érosion hydrique.
 - Le troisième chapitre est consacré les technique d'aménagement anti-érosifs d'érosion hydrique.
- Une deuxième partie contenant trois chapitres :
 - Le premier chapitre est consacré à la présentation du contexte géographique, géomorphologique, climatologique, et socio-économique de la zone d'étude.
 - Le deuxième chapitre est consacré la démarche méthodologique adoptée pour la création de la base de donnée afin d'élaborer la carte de risque d'érosion et le plan d'aménagement.
 - Dans le troisième chapitre sont exposés les résultats des différentes cartes obtenues de notre zone d'étude, une partie du chapitre est consacrée à la discussion des résultats des recherches effectuées.
- Enfin une conclusion générale avec des perspectives à cette étude.

PARTIE I :
LA PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE 1:

Généralité sur l'érosion hydrique

1. Définition de l'érosion

C'est un phénomène de déplacement des matériaux à la surface du sol sous l'action de l'eau, du vent, de l'homme ou simplement de la gravité. Elle contribue aussi à la perte de la couche arable, la plus fertile du sol, diminuant sa productivité et dégradant la qualité des eaux de surface. Par ailleurs, les particules de sol qui rejoignent les oueds et les barrages contribuent, d'une part, à rehausser le lit des cours d'eau entraînant un risque plus élevé d'inondation et, d'autre part, à diminuer la qualité des eaux (Arabi M., 1991).

Définition de l'érosion hydrique

L'érosion hydrique des terres est un processus impliquant le détachement de particules de sol puis leur transport sous l'action de l'eau.

2. Les différents types de l'érosion hydrique

L'érosion hydrique peut se diviser en deux types, l'érosion géologique et l'érosion accélérée.

2.1. L'érosion géologique

Est un processus naturel d'équilibrage du relief qui aplanit inexorablement les collines et les montagnes et remplit les vallées et les lacs. Le taux d'érosion géologique dépend principalement du climat et de la lithologie et est généralement élevé dans les pays semi-arides comme l'Algérie car les précipitations y sont assez fortes pour endommager la surface des sols, mais pas assez pour permettre le développement d'un couvert végétal jouant un rôle protecteur (Chevallier JJ., 2002).

2.2. L'érosion accélérée

Elle survient lorsque les populations perturbent le couvert végétal par le surpâturage, les défrichements, les feux de forêts, l'agriculture et les travaux de construction (Chevallier JJ., 2002).

3. Les processus de base et typologie de l'érosion hydrique

En relation avec les précipitations et le ruissellement sur les terres, l'érosion hydrique des sols se définit au sens strict comme un transport de matière solide entre des zones de départ de terre et des zones de dépôt bien distinctes dans l'espace, il s'agit donc à proprement parler d'une modification de la structure du sol dans le sens d'une désagrégation.

En pratique, le terme inclut le processus de transport des particules de sol par l'eau (transport solide de sédiments) vers un lieu de dépôt (sédimentation) (cf. Fig. 1).

On envisage que l'érosion hydrique se produit en trois phases, soit :

- D'arrachement et le détachement des particules de la surface du sol ;
- De transport ;
- De dépôt ultérieur (sédimentation).

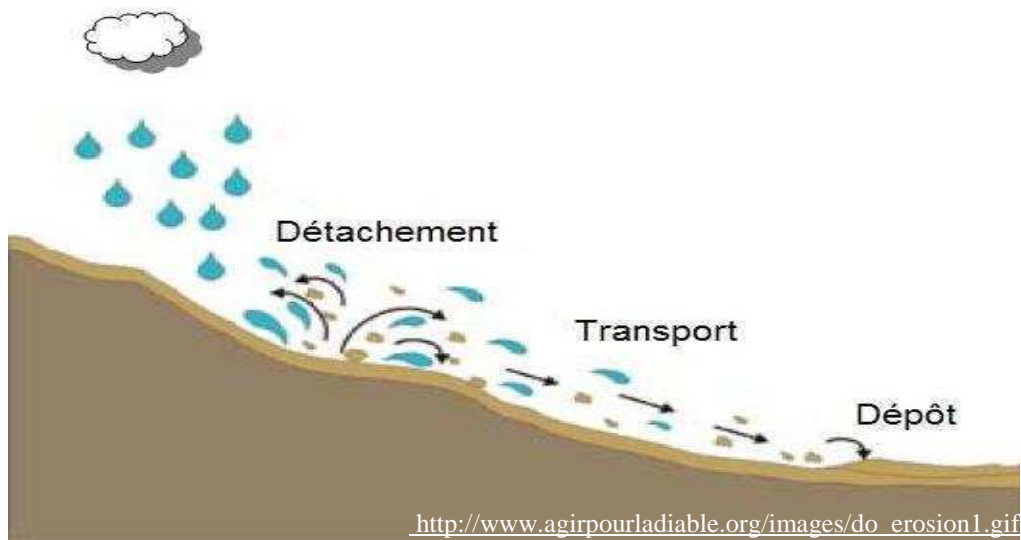


Figure 1. Processus de l'érosion hydrique

3.1. Le détachement et le transport

Le détachement et le transport des petites particules du sol, peuvent être assurés soit par :

3.1.1. L'impact des gouttes de pluies (splash)

Le choc des gouttes sur le sol provoque le détachement et la projection de particules dans toutes les directions, à des distances comprises entre quelques millimètres et plusieurs dizaines de centimètres (De Ploey, Savat, 1968. in Neboit Rene, 1983). C'est l'effet de rejaillissement, ou splash. La direction des trajectoires est aléatoire, mais lorsque ces déplacements surviennent sur une pente, fut-elle faible, l'allongement de celles qui sont orientées vers le bas se traduit par un transfert de matière dans le sens de la pente, donc par une ablation. L'efficacité de cet effet de rejaillissement dépend de deux séries de facteurs :

3.1.1.1. Caractéristiques de la pluie

La pluie doit atteindre ou dépasser l'intensité critique pendant un certain temps.

En effet, le détachement et la saltation des particules supposent une dégradation préalable de la structure du sol par l'eau, à laquelle concourt le gonflement inégal des divers minéraux argileux, l'humectation différentielle des agrégats, la compression de l'air chassé des pores du sol par l'eau, etc. (cf. fig. 2).

3.1.1.2. Caractéristiques du sol

Un sol qui résiste bien au choc des gouttes est un sol dont la stabilité structurale est bonne, c'est-à-dire dont les agrégats ne se dissocient pas en présence d'eau. Cette capacité de résistance augmente avec la teneur en argile, et plus encore avec la teneur en matière organique humifiée. L'humus constitue le ciment le plus solide des agrégats.

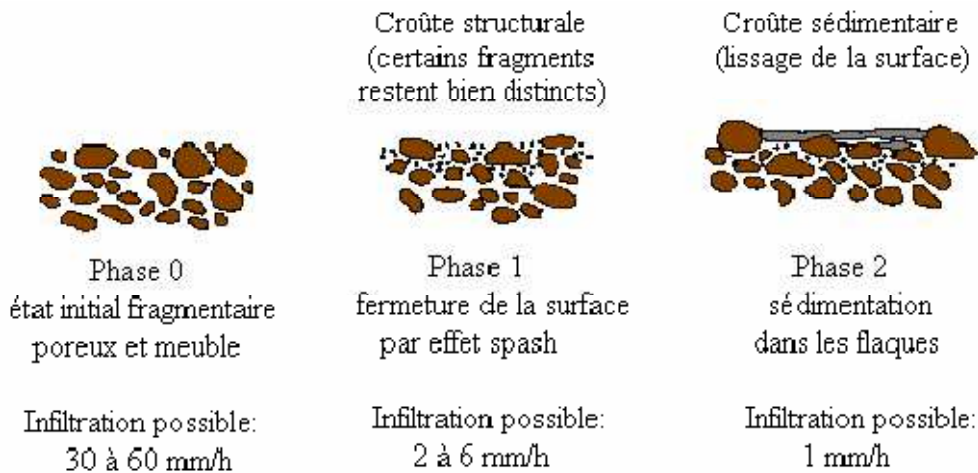


Figure : Boiffin, 1984

Figure 2. Les stades de dégradation de la surface du sol sous l'action des pluies.

3.1.2. La force tractrice des écoulements (ruissellement)

Dans ce cas, les formes caractéristiques sont des incisions d'allure linéaire, plus ou moins espacées, que l'on appelle selon leurs dimensions griffes, rigoles ou ravines. L'érosion des sols se développe lorsque les eaux de pluie ne pouvant plus s'infiltrer dans le sol. Ce refus du sol d'absorber les eaux en excédent apparaît soit lorsque l'intensité des pluies est supérieure à l'infiltrabilité de la surface du sol (ruissellement), soit lorsque la pluie arrive sur une surface partiellement ou totalement saturée par une nappe (ruissellement par saturation) (Morsli et *al.*, 2004).

3.2. La sédimentation

Il s'effectue lorsque l'énergie cinétique qui déplace les matériaux issus du détachement, diminue ou s'annule (Demangeot, 2000). Les particules arrachées se déposent entre le lieu d'origine et les mers. Elles se déposent en général dans l'ordre suivant : Sable, sable fin, limon.

Les argiles et l'humus colloïdal sont généralement transportés jusqu'à l'embouchure du cours d'eau où ils se déposent soit après évaporation de l'eau, soit après floculation.

4. Forme de manifestation

Les spécialistes classifient les principaux types d'érosion hydrique selon le déplacement des particules érodées sur les surfaces sous cinq formes : l'érosion laminaire, l'érosion en rigole, l'érosion en ravines, le sapement des berges et les mouvements de masse (cf. fig. 3).

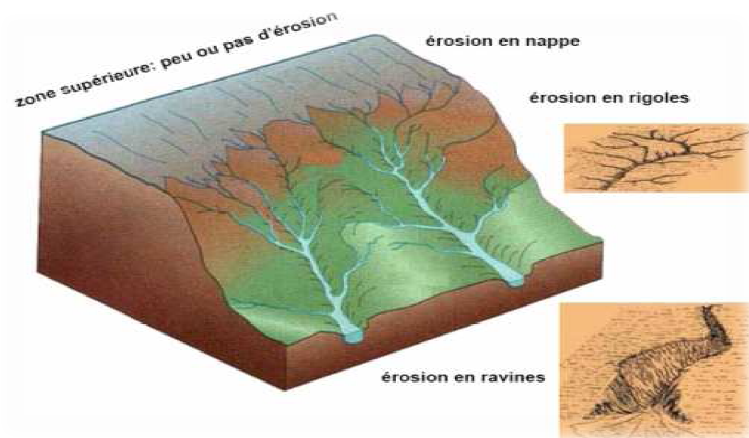


Figure 3. Principaux types de l'érosion hydrique.

4.1. Erosion laminaire (ou érosion en nappe (diffuse))

Concerne l'ensemble de la parcelle de façon plus ou moins uniforme et se produit sur des terres planes sans relief marqué quand le ruissellement est modéré (cf. Photo 1).

Dès que le sol cesse d'absorber la totalité de la pluie, l'eau en excès ne peut s'infiltrer et ruisselle sur la surface du sol en déplaçant les particules arrachées de la surface par la battance de la pluie. Lors de leur écoulement sur les surfaces, ces particules conjointement avec l'accélération de la vitesse de l'eau de ruissellement exercent un effet mécanique capable d'entraîner le détachement d'autres particules (Roose, 1994). L'érosion laminaire est difficile à détecter sur le terrain car les sols perdent une mince couche de façon



Photo 1. Erosion diffuse

plus ou moins uniforme. Par ailleurs, l'érosion laminaire est un processus idéalisé qui est rarement présent dans les champs car en raison du micro-relief du terrain, l'eau de ruissellement tend à se concentrer et à creuser les surfaces sous forme de rigoles.

4.2. L'érosion en rigoles

Au Maroc, Kalman (1976) a observé que l'érosion en rigoles (griffes) est actif au début du ruissellement, mais diminue au cours de l'événement jusqu'à devenir minime. Cette étude a également démontré que la présence d'une rigole préexistante au début d'une averse ne provoquera pas une érosion supérieure. Ainsi, Kalman (1976) a conclu que les rigoles ne sont pas un facteur provoquant l'érosion mais plutôt un symptôme. Puisqu'elles sont initialement petites et peu profondes, ces rigoles sont facilement effacées par les pratiques agricoles. Toutefois, si ce processus s'intensifie lors d'événements pluviaux successifs, les rigoles deviennent de plus en plus profondes et créent des ravines (cf. photo 2).



Photo : A. Harrath, 2016

Photo 2. Erosion en griffes, 'A' terres agricoles à Tissemsilet 2005, 'B' terres agricole de douar Djilali Ben Arbi - Sidi Lakhdar 2016

4.3. Erosion en ravines

Lorsque le ruissellement est intense, il prend de la vitesse et son énergie devient capable d'arracher les particules du sol. Les rigoles touchent non seulement l'horizon de surface mais aussi les horizons sous-jacents, d'où ces rigoles deviennent des ravins à un point tel que les pratiques agricoles n'effacent pas leurs traces. Plus la pente du terrain est forte, plus rapidement se développent de telles ravines (cf. Photo 3).

Cette érosion est considérée comme la phase la plus destructive de l'érosion hydrique, car elle intéresse les couches profondes du sol, allant jusqu'à la roche mère, elle s'accroît en largeur, en profondeur et en longueur.

L'érosion en ravine est influencée par, type des marnes, la pente, l'exposition des versant, l'utilisation des sols, et certainement par l'intensité des pluies, la perméabilité des sols, et le couvert végétal (Chebbani et *al.*, 1997).

Nous avons plusieurs types de ravines :

a) Les ravines en « V »

Qui prennent naissance sur des matériaux homogènes et tendres comme les verti sols, les argilites, les marnes et les schistes (Rosse et *al.*, 2000).

b) Les ravines en « U »

Se développent sur les matériaux hétérogènes comme les couvertures pédologiques (formes juvéniles) et les croûtes calcaires (Chebbani et Belaidi S., 1997).

c) Les ravines en tunnel

Se forment dans des matériaux riches en argiles gonflante ou en sel soluble (le cas des marnes gypseuses), (Chebbani et Belaidi S., 1997).

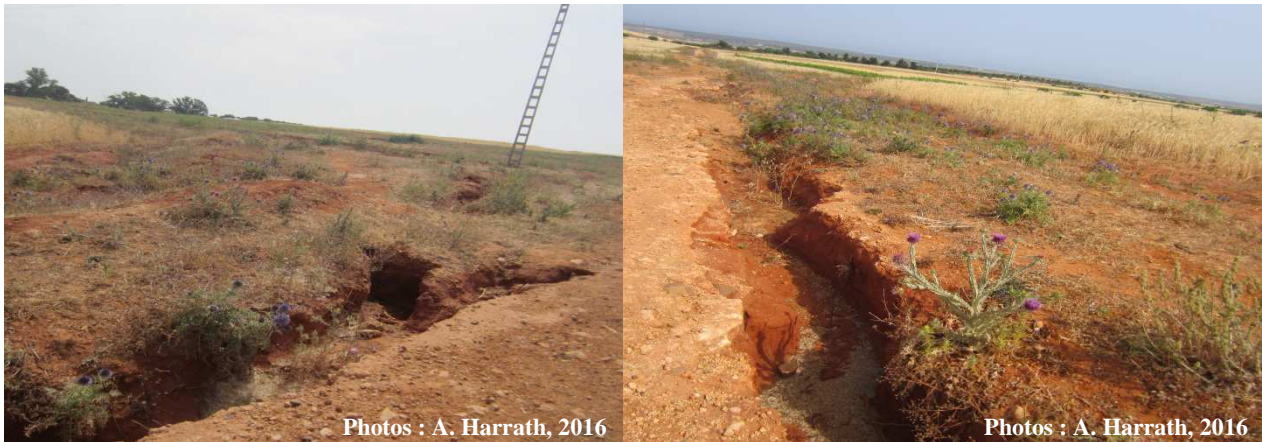


Photo 3. Erosion en ravine, terres agricole de douar Djilali Ben Arbi - Sidi Lakhdar 2016.

4.4. Les ravins

Dont la profondeur peut atteindre deux mètres. Ces deux dernières formes ne sont pas toujours comblées par le travail du sol effectué par l'agriculteur alors que les griffures peuvent être effacées par une simple pluie. Cette érosion par ruissellement concentré ou érosion de talweg peut se produire même dans des régions à faible pente (de l'ordre de 1% dans les talwegs et 2% sur les versants qui les alimentent) et pour des épisodes pluvieux de faible intensité (Souchere, 1995) (cf. Photo 4).



Photo 4. Erosion en ravin, terres agricole de douar Djilali Ben Arbi - Sidi Lakhdar 2016

4.5. Les mouvements de masses

L'eau joue toujours un rôle prépondérant dans ce processus, mais le mouvement du sol se produit non par le mouvement de l'eau, mais plutôt suite à un stress gravitationnel.

En effet, lorsque les sols constitués de limons et d'argiles sont gorgés d'eau, les colloïdes responsables de la cohésion du sol prennent une consistance liquide. Si ces sols « liquéfiés » sont situés sur de fortes pentes avec un sous-sol imperméable, ils peuvent glisser spontanément dans un mouvement d'ensemble (glissement de terrain) ou encore sous forme de coulée de boue si les matériaux sont à peu près complètement fluidifiés. Suite à l'analyse de 32 mouvements de terrain dans le bassin versant du Rhumel constantinois, Rullan Perchirin (1989) a noté que la majorité des mouvements se développent soit sur des terres non cultivées à fortes pentes (> 25 %) ou bien sur des terres ensemencées mais avec un couvert végétal peu protecteur. Il a également été noté que près d'un quart des mouvements de masse résultent de matériaux argileux gorgés d'eau. Travaillant dans la même région, Benaïssa (1998) et Benaïssa et Bellouche (1999) ont également noté cette influence des formations géologiques sur les mouvements de masse. Les mouvements de masse et les trois premiers types d'érosion contribuent en partie à la charge sédimentaire des cours d'eau, le reste provenant de l'érosion des berges.

4.6. Le sapement des berges

La force cinétique reliée à l'écoulement de l'eau peut exercer un stress sur les berges et y éroder les matériaux les plus fragiles. Le sapement des berges provoque l'éboulement de masses importantes de sols dans les cours d'eau dans lesquels ces masses se fragmentent et s'incorporent à la charge du cours d'eau. Ramdane (1985) a démontré par photo-interprétation que ce phénomène est présent dans le bassin versant de l'Oued Isser.

Rullan-Perchirin (1989) a noté que le sapement des berges contribuait aux mouvements de masses surtout dans la zone aval des bassins versants. Quel que soit son type, l'importance de l'érosion ne dépend pas que d'un seul et unique facteur mais résulte plutôt d'une interaction entre plusieurs facteurs. L'érosion intensive observée dans le Nord de l'Algérie est le fruit de l'action de plusieurs facteurs qui sont d'une part climatologiques et lithologiques (Mazour, 1992). À l'aide de la superposition de cartes des formes d'érosion et des facteurs

théoriques d'érosion, Brahmia (1993) a observé que l'apparition des formes d'érosion est reliée à un couvert végétal faible et inadéquat, à une lithologie friable et à une exposition des versants favorisant la dessiccation des sols.

5. Les causes de l'érosion hydrique

Les caractéristiques intrinsèques du sol (composition physico-chimique....) et des facteurs extérieurs (pratiques culturales, pentes, conditions climatiques ...) jouent un rôle important dans la résistance de celui-ci à la désagrégation et dans sa capacité à absorber l'eau (Auzet et *al.*, 1998 ; King et Le Bissonnais, 1992).

5.1. Facteurs naturels

5.1.1. Climat

Les précipitations atmosphériques sont la principale cause de l'érosion hydrique, elles sont caractérisées par la hauteur des averses, l'intensité et la fréquence.

La pluie désagrège les agrégats et mottes en éléments fins susceptibles d'être entraînés par le ruissellement favorisant le colmatage et limitant l'infiltration.

L'action de la pluie dépend davantage de son intensité que de sa hauteur, ce qui semble évident : une pluie d'orage de 10mm peut faire plus de dégâts qu'une pluie fine 40mm (Soltner, 1999), cela est favorisé par un milieu fragile.

Ainsi le vent peut être déplacé par roulement des particules de 1 à 2mm de \varnothing et par saltation de 0.1 à 1mm ou en suspension dans l'atmosphère (inférieures à 0.1mm).

En effet lorsque le sol est dépourvu de végétation, le climat prend un caractère agressif et provoque une dégradation rapide des horizons superficiels et de forts ruissellements.

D'après (Mazour, 2004) cette agressivité du climat se traduit par deux types d'averse : les orages d'automne peu fréquents de courte durées, mais caractérisées par des intensités élevées (soit un maximum annuel en 10mm atteignant 100mm/heure). Ils peuvent provoquer du ruissellement sur des sols non saturés.

5.1.2. Couvert végétal

La végétation diminue la capacité érosive de la pluie et permet l'infiltration de l'eau en diminuant le volume d'eau sur la surface du sol.

D'après (Thomas, 1995 in Boukheir et *al.*, 2001), l'érosion des sols est contrôlée par la couverture végétale où elle dépend de son type, sa hauteur et son architecture.

5.1.3. Lithologie

Les divers types de roches et leurs structures donnent une indication précieuse sur la capacité d'infiltration des zones occupées par les roches et par les sols et en conséquence sur la qualité de sol susceptible d'être érodée (Demmak, 1982).

D'après (Chebbani et *al.*, 1996) Les sols marneux lorsqu'ils sont secs, restent non érodables mais, dès qu'ils atteignent une certaine humidité, leurs sensibilité au détachement et au ruissellement augmente.

5.1.4. Topographie

Dans les milieux semi-arides et arides, le gradient de la pente est corrélé positivement avec le recouvrement de la surface du sol par des fragments de roches qui agissent en diminuant le ruissellement et la perte des sols (Abrahamas et Parsons, 1991 in Boukheir et *al.*, 2001).

Sur les pentes convexes, la perte en terre est plus grande, tandis que les pentes concaves, l'érosion est moins intense (FAO, 1976).

La topographie du terrain intervient également dans les phénomènes d'érosion : Le gradient de pente et la surface d'alimentation contrôlent en partie les flux et la vitesse de ces derniers. Toutefois, lorsque la pente est faible, le sens du travail du sol peut également déterminer la direction des flux de ruissellement et favoriser des lieux de concentration des flux d'eau atteignant une énergie suffisante pour déclencher une érosion (Ludwig et *al.*, 1996 ; Souchère et *al.*, 1998).

La pente intervient par son inclinaison, sa forme et sa longueur.

- **Influence de l'inclinaison de la pente :**

Tous les auteurs s'accordent sur le rôle essentiel de l'inclinaison de la pente sur l'érosion, les pertes en terre croissent de façon exponentielle avec l'inclinaison (S%), suivant l'équation de la forme (Roose, 1977).

$$E = K.S^n$$

n : varie selon le type d'érosion

E : perte de terre (érosion)

K : coefficient variable

S : pente %

- **Longueur de la pente :**

Plus la pente est long, plus le ruissellement s'accumule et prend de la vitesse et de l'énergie qui se traduit par une érosion importante.

$$LS = \frac{\sqrt{L}}{100} (0,76 + 0,53S + 0,075S^2), \text{ (Roose, 1977)}$$

Dont :

LS: c'est un indice qui prend en compte l'inclinaison et la longueur de pente.

L : longueur de la pente (en pied)

S : inclinaison (%)

- **La forme de la pente :**

Les pentes par leur forme agissent favorablement pour l'installation des processus érosifs. D'après Wischmeier (1976), une pente concave diminue les transports solides par sédimentation locales tandis qu'une pente convexe l'augmente en fonction de l'inclinaison du segment en pente forte.

5.1.5. Composition Intrinsèques du sol

La structure et la texture déterminent en partie la capacité d'infiltration du sol (un horizon très riche en argile pourra limiter l'infiltration, par exemple) et, de même que pour le tassement, la sensibilité de celui-ci à l'érosion dépend aussi de sa stabilité structurale, principalement assurée par la matière organiques et l'argile.

La granulométrie : les sols limoneux sont les plus à risque ;

La structure : les sols structurés en agrégats stables et compacts seront les moins à risque ;

L'humidité : plus le sol est humide plus il y a propension au détachement et au risque de transport des particules détachées (Dautrebande S., Cordonnier H., Thirion M. et Biolders C., 2006).

Dans une moindre mesure, un taux élevé de matière organique limite le risque d'érosion.

5.2. Facteurs anthropique

L'érosion est devenue essentiellement une conséquence directe de l'activité humaine qui représente maintenant le principal facteur de la dégradation des sols. L'homme peut être à l'origine du déclenchement et de l'accélération de l'érosion par ses actions de défrichage des forêts, incendies et surpâturages et pratiques culturales. De plus, les aménagements routiers et urbains, en augmentant les surfaces imperméables, exacerbent les inondations, favorisent le ruissellement et donc constituent un facteur d'entraînement du sol.

Parmi les facteurs anthropiques responsables de l'érosion on retrouve :

5.2.1. L'action de l'homme

L'action de l'homme peut contribuer à déstabiliser la structure des sols, ainsi, le labour favorise la minéralisation des matières organiques, conduisant à sa diminution. Par ailleurs, la suppression par l'homme des haies et talus pour élargir les parcelles agricoles favorise le ruissellement, et en conséquence l'érosion des sols sur ces parcelles. En revanche, la présence de résidus de culture et de la végétation peut contribuer à protéger le sol de l'impact des gouttes de pluie et à ralentir la vitesse de l'eau de ruissellement, ce qui permet une meilleure infiltration de l'eau dans le sol. Par conséquent, lorsque la couverture végétale est faible ou nulle, le risque d'érosion hydrique est important, en particulier si, en contexte de terres cultivées, le sol est nu pendant les périodes de précipitations très érosives, comme au printemps (Martin, 1997 ; Ouvry, 1992).

5.2.2. L'avancée urbaine

La priorité accordée à l'urbanisme au détriment de la reforestation

5.2.3. La prédominance de la céréaliculture sur forte pente

La quasi-totalité de la SAU est exploités par la culture céréalière associée à la jachère. L'état de la surface du sol joue un rôle important pour réduire le volume ruisselé ainsi que les pertes en terre.

5.2.4. Le surpâturage

Le surpâturage représente une cause d'érosion majeure. Il conduit à un appauvrissement du couvert végétal au détriment de la stabilité des terres la pression exercée par le surplus des animaux domestiques ne donne plus le temps aux plantes herbacées de croître. L'élimination du couvert végétale par le surpâturage, permet l'installation du processus de l'érosion qui conduit à la dégradation des écosystèmes.

5.2.5. La régression de l'arboriculture fruitière depuis l'indépendance

5.2.6. La nature juridique du foncier et le morcellement des terres

La propriété privé et arche représente un handicap majeur à l'application des plans d'aménagement pour la restauration du milieu.

5.2.7. Les insuffisances institutionnelles

Ce n'est qu'à partir des années 90 que l'Algérie a adopter une législation qui traite les aspects de protection de l'environnement.

5.3. Les facteurs liés aux activités agricoles

Plusieurs facteurs liés aux activités agricoles peuvent influencer l'érosion hydrique.

5.3.1. Les cultures

Si on garde à l'esprit qu'il est important de maintenir le sol couvert le mieux et le plus longtemps possible, il devient aisé en principe de classer les types de cultures et les rotations culturales en catégories favorables ou défavorables.

On pourra apprécier aussi l'intérêt de mesures agissant dans le sens d'une couverture maximale des sols fragiles ou fragilisés (Dautrebande S., Cordonnier H., Thirion M. et Biielders C., 2006).

5.3.2. Le travail du sol

Plusieurs facteurs peuvent entrer en considération dans le cadre de l'évaluation de l'impact du travail du sol sur l'érosion hydrique des sols :

- Un travail du sol qui affine trop le sol en surface (préparation du semis, etc.) est à proscrire car il favorise la mise en boue lors de précipitations subséquentes. Le sol de surface « pulvérisé » a perdu sa cohésion. Il se sature rapidement : flux boueux, croûtes de battance, imperméabilisation de surface en sont les conséquences ;

- Les sols labourés de manière appropriée (sol ressuyé, époque et modalités adéquates) voient en général leur capacité d'infiltration améliorée.

Cependant le labour peut les rendre plus sensibles à l'érosion, surtout sur les terrains en pente ;

- Certains sols ont une meilleure capacité d'infiltration pour un travail du sol limité, d'autres pas, dans le second cas, restant plus compacts et plus cohésifs en surface, les sols pourront être moins fragiles (érodibilité moindre) mais ils risquent cependant d'être plus fréquemment agressés suite à l'accroissement du ruissellement (érosivité globalement plus élevée) ;

- L'orientation des sillons : en sols bien infiltrants, pour des pluies pas trop excessives et des pentes ni trop fortes ni trop irrégulières, les sillons orientés perpendiculairement à la pente peuvent en principe constituer des micro-réservoirs d'infiltration (« Sillons d'infiltration »). D'une manière générale, s'ils sont installés légèrement en oblique par rapport à la courbe de niveau, ils peuvent constituer des micro-chenaux (« sillons chenaux »), les eaux étant à conduire alors vers un chenal ou fossé de récolte approprié. Dans les deux cas, existe cependant le risque d'accentuation du problème érosif lors de précipitations importantes (orages) du fait du débordement des sillons de capacité insuffisante ou profitant de malfaçons locales. Ces techniques demandent donc des conditions de milieu et de mise en oeuvre rigoureuses, surtout dans le cas du sillon d'infiltration, les rendant difficiles à appliquer la plupart du temps (Dautrebande S., Cordonnier H., Thirion M. et Biielders C., 2006).

5.3.3. Les machines agricoles

Les traces de roues inhérentes au passage des machines agricoles peuvent favoriser la concentration des rigoles d'eau de ruissellement et accentuer ainsi le problème de l'érosion et des boues.

6. Conséquence de l'érosion hydrique

Les conséquences de l'érosion ne se limitent pas à la baisse de la production agricole. L'érosion contribue aussi à la perte et le décapage de la couche arable, la plus fertile du sol, diminuant sa productivité et dégradant la qualité des eaux de surface.

Deux conséquences sur la baisse de la production végétale sont à noter :

6.1. Diminution du bilan hydrique :

- ✓ Par l'effet de battance qu'elle provoque, la pluie devient de moins en moins profitable à la plante. En effet une fraction importante de la pluie ruisselle.
- ✓ La réduction du volume de sol exploitable par les racines augmente la sensibilité de la culture aux périodes sèches.

6.2. Sol pauvre en éléments fertilisants:

- ✓ La fraction du sol emportée par l'érosion est fréquemment plus riche que le sol dans son ensemble.
- ✓ Le sol laissé sur place se désagrège et devient hostile voir inculte (pas de vie biologique, hétérogénéité de levée, baisse de la production ...)

6.3. Terre inaccessible (bad-lands) :

- ✓ A travers la formation de ravines, le terrain peut évoluer en badlands rendant impossible tout accès à la terre.

CHAPITRE II:

Les apports des systèmes d'information géographique (SIG)

1. Définition d'un SIG

Un système d'information géographique est un ensemble de logiciels intégrés, spécifiquement conçu pour être utilisé avec des données géographiques, qui comprennent à la fois les données spatiales et les données attributaires décrivant les caractéristiques géographiques, il effectue une gamme complète de fonction de base comprennent Le saisie le Stockage, l'extraction, la transformation et l'affichage , En plus d'une grande variété de procédés descriptifs et analytiques, de cela en peut dire que Le concept de base des SIG décrit à la fois l'emplacement, la distribution spatiale et la relation entre les deux (Qihaoweng, 2010).

2. Notion de la carte dans les SIG

Le terme cartographie est utilisé pour décrire le produit numérique ou analogique d'un SIG qui affiche des informations géographiques à l'aide d'un support cartographique.

La carte dans les SIG est le résultat final d'une série d'étapes de traitement de données SIG en commençant par la collecte des données, l'enregistrement, la maintenance, l'analyse et terminant avec une carte, Chacune de ces activités successives transforme une base de données d'informations géographiques jusqu'à ce qu'elle soit dans la forme appropriée à l'affichage sur une technologie donnée (Longley et *al.*, 2004).

3. Types des cartes

Il y a deux types de cartes :

3.1. Carte topographique

Ces cartes sont un outil de référence, montrant les contours d'une sélection de caractéristiques naturelles et artificielles de la Terre, agit souvent comme un cadre pour d'autres informations.

3.2. Carte thématique

Ces cartes sont un outil pour communiquer des concepts géographiques tels que la distribution des espèces forestières (Ansari et *al.*, 2008), les cartes thématique sont importantes en matière du SIG, ils nous permettent choisir les combinaisons de couches, les intervalles de classe, les couleurs, les motifs et les symboles.) (Brimicombe, 2010).

4. Les données liées au SIG

Les données géographiques possèdent quatre composantes:

- 4.1. **Les données géométriques** : renvoient à la forme et à la localisation des objets ou phénomènes;
- 4.2. **les données descriptives** : (qui font partie des données attributaires) renvoient à l'ensemble des attributs descriptifs des objets et phénomènes à l'exception de la forme et de la localisation;
- 4.3. **les données graphiques** : renvoient aux paramètres d'affichage des objets (type de trait, couleur...);
- 4.4. **Les métadonnées associées**, c'est-à-dire les données sur les données (date d'acquisition, nom du propriétaire, méthodes d'acquisition ...).

5. Objet géographique ou données spatiales

Les données spatiales sont généralement sous forme de couches d'information issues de carte thématique, qui peuvent décrire entre autres: la topographie, la disponibilité en eau, la nature du sol, le couvert végétal, le climat, la géologie, la population, etc. (FAO, 1998). Selon Habert (2000) un objet géographique peut être représenté soit en format raster (maillé en français) soit en format vectoriel.

a. Le format raster

Ici la réalité est décomposée en une grille régulière et rectangulaire, organisée en lignes et en colonnes, chaque maille (Pixel) de cette grille ayant une intensité de gris ou une couleur. La juxtaposition des points recrée l'apparence visuelle du plan et de chaque information. Une forêt sera "représentée" par un ensemble de points d'intensité identique.

b. Le format vectoriel

Les limites des objets spatiaux sont décrites à travers leurs constituants élémentaires, à savoir les points, les arcs, et les arcs des polygones. Chaque objet spatial est repéré par des coordonnées (X, Y) et doté d'un identifiant qui permet de le relier à une table attributaire.

- **Les points** : Ils définissent des localisations d'éléments séparés pour des phénomènes géographiques trop petits pour être représentés par des lignes ou des surfaces qui n'ont pas de surface réelle comme les points cotés.
- **Les lignes** : Les lignes représentent les formes des objets géographiques trop étroits pour être décrits par des surfaces (ex : rue ou rivières) ou des objets linéaires qui ont une longueur mais pas de surface comme les courbes de niveau.
- **Les polygones** : Ils représentent la forme et la localisation d'objets homogènes comme des pays, des parcelles, des types de sols...

6. Les différentes composantes d'un SIG

La FAO (1998), décompose le système d'information géographique en trois éléments essentiels

- **Le matériel informatique** (ordinateur central, disques magnétiques, et autres périphériques).
- **Les logiciels du SIG** qu'on pour fonctions principales:
 - **L'entrée des données** par la numérisation ou le scan et saisie des données attributaires à partir du clavier.
 - **La gestion des bases de données** qui comprend la structuration, la requête, l'analyse et l'enregistrement des données attributaires.
 - **L'analyse et le traitement des données** travers la préparation des données par l'élimination d'erreurs ou la mise à jour et l'analyse des données pour fournir des réponses aux questions que l'utilisateur pose au SIG.
 - **Interaction avec l'utilisateur** (correction cartographique)
 - **Sortie de données et présentation (traçage)**
- **Les ressources humaines et organisation** : la composante humaine est la seule capable de faire fonctionner et piloter le système d'information géographique de manière pertinente et efficace. Elle nécessite une expertise pointue tant dans la phase de collecte de données sur le terrain que dans l'utilisation des SIG.

7. Les fonctionnalités d'un SIG

Longley *et al.*, (2005) repris par Bon (2011) identifie 5 grandes fonctionnalités des SIG:

- **L'acquisition** pour la collecte des données grâce à des fonctions de saisie des données sous forme numérique;
- **L'archivage** grâce à un Système de Gestion de Bases de Données (SGBD);
- **L'affichage** pour la restitution des résultats par des fonctions de mise en forme et de visualisation;
- **L'analyse** par des fonctions de manipulation, croisement et transformation des données spatiales au moyen de requêtes dans le SGBD;
- **L'abstraction** par des fonctions rendant compte de la modélisation de la réalité ;
- **L'anticipation** (lorsqu' on parle de « 6A »).

8. Avantage de l'utilisation du SIG

Les données sont gardées sous forme physique (support magnétique)

- Les données peuvent être stockées et extraites à un faible coût ;
- L'accès aux données est facile ;
- Mesures sur les cartes, les superpositions, les transformations, la conception graphique ;
- Des tests analytiques de modèles à caractère géographique peuvent être réalisés et répétés facilement ;
- L'étude des changements (études diachroniques) intervenues entre plusieurs dates peuvent être facilement réalisés ;
- La conception graphique interactive et les traceurs automatisés peuvent être utilisés pour la conception et la production cartographique.

9. Utilisations des SIG pour la cartographie du risque d'érosion

Les SIG sont des outils rapides d'exécution, flexibles et très puissants capables d'intégrer un grand nombre de facteurs et de les présenter sous une forme facilement interprétable (Zurayketal., 1999).

L'utilisation des techniques de télédétection associées aux SIG permet l'estimation quantitative de l'érosion ainsi que sa distribution spatiale à des moindres coûts et avec un degré de précision appréciable pour de vastes superficies ; surtout que les décideurs politiques sont beaucoup plus intéressés par la distribution du risque d'érosion que par sa valeur absolue (Lu Etal., 2004). L'estimation quantitative de l'érosion se fait en appliquant des modèles empiriques ponctuelles, qui nécessitent comme paramètres d'entrée, des données spatialisées (Pentes, texture du sol, hauteur de pluies, etc.) Caractérisant les facteurs de l'érosion hydrique (topographie, érodibilité, l'érosivité, etc.) (Le Bissonais *et al.*, 2004). Les SIG permettent d'appliquer des modèles ponctuelles cellules après cellule sur tout un espace géographiquement étendu (Lu *et al.*, 2004). Les données spatialisées de chaque paramètre sont traitées séparément sous forme de couches d'informations et intégrées (superposition des couches) dans le SIG pour en ressortir la carte de distribution du risque d'érosion (Mutuaet *al.*, 2005).

Grace aux SIG, on résout le problème d'intégration des cartes analogiques, car sa plateforme permet de superposer différentes couches d'informations caractérisant des phénomènes dépendants ou indépendants, et qui aboutit à l'élaboration des cartes relationnelles très utiles comme outil d'aide à la décision.

10. Intérêts de la cartographie et des SIG pour l'étude de l'érosion

✓ Méthode « Universal Soil Loss Equation » (Wischmeier et Smith)

Une des méthodes les plus répandues pour estimer l'érosion hydrique est l'Universal Soil Loss Equation (USLE). Cette équation, développée par Wischmeier et Smith en 1978 pour les milieux cultivés, prend en compte les paramètres suivant : l'érosion pluviale, la topographie, la couverture végétale et la protection du sol (Deumlich *et al.*, 2006). Ce modèle empirique de l'érosion du sol a été révisé (le Revised Universal Soil Loss Equation, RUSLE) (Renard *et al.*, 1997). Cette méthode se base sur les paramètres suivants : l'érosion pluviale, l'érosion du sol, la pente, la couverture du sol et les pratiques qui y sont faites ainsi que les mesures de conservations mises en place (Yue-Qing *et al.*, 2009).

✓ **Modèle d'Érosion hydrique en milieu semi-aride de Forte Énergie de Relief (Tidiane et al.)**

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 multisources (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 %. 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).

✓ **Modèle évènementiel « KINematicRunoff and EROsion » (Wahlstrom et al.)**

Lors d'une étude réalisée à l'Île de Kaho'olawe à Hawaï, Wahlstrom et *al.* ont aussi appliqué un modèle dédié à l'étude de l'érosion hydrique. Ils se sont concentrés plus spécifiquement sur le ruissellement et la quantité de sédiments transportés à l'occasion d'un épisode pluvieux. Ce modèle évènementiel se nomme KINEROS (KIN ematicRunoff and érosion). Selon celui-ci, le bassin versant est représenté par une cascade de parcelles et de canaux (Wahlstrom et *al.*, 1999).

✓ **Modèle « Water Prediction Project » (Bhuyan et al.)**

Le ruissellement et les pertes de sol peuvent aussi être évalués à partir d'un modèle nommé Water Erosion Prediction Project (WEPP) (BHUYAN et *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 Geospatial Modelling of Soil 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).

✓ **Cartographie de l'aléa « érosion des sols »**

Quant à lui, tenté de spatialiser les pluies extrêmes et de cartographier l'aléa « érosion des sols » dans les bassins versants en amont du lagon Saint-Gilles à l'île de la Réunion, le processus d'érosion est influencé par divers facteurs dont le sol, l'occupation du sol, la topographie et le climat (Batti, 2005).

✓ **Cartographie de la sensibilité des sols à l'érosion (Dumas)**

Pour évaluer la sensibilité des sols à l'érosion des communes de Bouloupari, de Dumbéa et de Paita en Nouvelle-Calédonie, Dumas a réalisé une modélisation qualitative basée sur une analyse multicritère. La pente, la nature du substrat et l'occupation du sol sont les principaux facteurs pris en compte par cet auteur. À partir de l'analyse de ces facteurs, quatre niveaux de sensibilité des terrains sont proposés : faible, moyen, fort et très fort (Dumas, 2004).

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

Dans la continuité de cette étude cartographique réalisée par Dumas (2004), Luneau définit l'aléa « érosion hydrique » comme la combinaison de la sensibilité des sols et des précipitations. L'indice de l'érodabilité 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).

✓ **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 Prediction » (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'érodabilité 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 Development 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 indice représente le risque d'érosion sur le bassin versant (Atherton et *al.*, 2005).

CHAPITRE III:

Les techniques d'aménagements antiérosifs d'érosion hydrique

Introduction

Pour lutter adéquatement contre les pertes des terres agricoles, il faut identifier et préciser les mesures à mettre en œuvre, quoique dans des proportions différentes.

L'objectif est la conception d'aménagements et d'ouvrages antiérosifs qui assureront une meilleure conservation des sols.

Le choix des différentes options techniques recommandées sont ceux qui ont été considérés utiles, nécessaires et indispensables.

Les aménagements ont pour objectifs d'empêcher le ruissellement en favorisant l'infiltration de l'eau dans les sols et leur évacuation, améliorer les propriétés physico-chimiques et biologiques des sols afin d'augmenter leur productivité, assurer une couverture végétale permanente, embellir le paysage par une plus grande diversité de cultures et respecter l'environnement. Le tout, afin de fixer les populations rurales par l'augmentation de leurs revenus. Les interventions peuvent se classer en deux grands groupes. Le premier groupe vise les pratiques agricoles et le deuxième groupe englobe les aménagements antiérosifs (Benchetrit M., 1972).

Dans les zones semi-arides voire arides, à pluviométrie faible et irrégulière, les facteurs climatiques jouent un rôle considérable sur la perte en sol. Les particules de sols détachées se trouvent par la suite transportées par ruissellement. En absence d'aménagement antiérosif, ces particules finiront, en un temps plus ou moins long par venir se déposer dans les retenues provoquant ainsi de se fait une perte des sols fertile et de leur productivité un engorgement réduisant les capacités de stockage d'eau et d'irrigation des terres agricoles (Seltzer P., 1946).

1. Méthodes culturales antiérosifs

1.1. Pratiques agricoles

Les bonnes pratiques agricoles devraient avoir comme principe commun de minimiser les superficies de sols sans couvert végétal, de gérer le couvert végétal de façon évolutive et favoriser la porosité et la structure du sol. Il est important de souligner qu'il faut adapter ces pratiques en fonction des situations locales, car une pratique intéressante pour un site précis n'est pas nécessairement adaptée pour un autre site. En effet, la profondeur du sol, le type de culture, la pluviométrie, le relief des parcelles, les techniques de production de l'exploitant, la main d'œuvre disponible et les associations entre l'agriculture et l'élevage sont autant de facteurs qui influencent le choix d'un système de lutte anti-érosives et des pratiques culturales correspondantes (Dupriez et de Leener, 1990) (cf. photo 5).



Photos 5. Pratiques agricoles : culture intercalaire fèves et plantation fruitière.

1.1. Les bandes alternées

Des bandes de cultures sont disposées parallèlement aux courbes de niveau de telle façon que, lorsqu'une bande est à nu, les deux bandes adjacentes soient couvertes de végétaux. Les bandes permanentes d'absorptions sont établies sur le même principe. Elles alternent avec les bandes cultivées et sont couvertes en permanence d'une végétation herbacée ou buissonnante. L'inconvénient de ces bandes est la réduction de la surface agricole utile (Greco J., 1978).

1.2. La double dérayure

On appelle conventionnellement dérayure le sillon même recreusée qui sépare un champ en deux parties, et double dérayure le redoublement d'une dérayure par une seconde situé à un mètre par exemple à la première.

Sur des parcelles à pente inférieure à 20% on établit de la double dérayure perpendiculairement à la ligne de plus grande pente, avec une légère pente régulière de 0,5-1% dans leur longueur, ces doubles dérayures sont établies environ tous les 35 mètres en planimètre pour les pentes inférieurs à 10%, et tous les 20 mètres pour les pentes comprises entre 10-20% (Greco J., 1978).

2. Méthodes et techniques de protection antiérosive

Les aménagements antiérosifs, se distinguent par leurs effets durables s'étalant sur de nombreuses années. Ces aménagements sont complémentaires aux pratiques agricoles et leur but est de ralentir le ruissellement de l'eau en favorisant son infiltration dans le sol.

Les aménagements préconisés sur les terres agricoles sont d'une part, des moyens mécaniques (cordons de pierres, murettes, banquettes, terrasses, correction torrentielle, drains et exutoires) et d'autre part, biologiques (haies vives ou brises vents, revégétalisation, reboisement, plantations fruitières rustiques). Ces techniques de lutte anti-érosives ont donné des résultats satisfaisants en Algérie, en raison de leur coût, de la disponibilité de la main d'œuvre et des matériaux.

2.1. Méthodes et techniques mécaniques

2.1.1. Les terrasses

Sur les montagnes, quand les pentes étaient considérées comme trop fortes pour être cultivées directement ou quand c'était la seule façon de retenir un peu de terre cultivable sur le flanc des montagnes à sol peu épais, les hommes ont établi des champs approximativement horizontaux (cf. photo 6),



Photos 06. Montagne aménagée en terrasse au Maroc.

perpendiculaires à la ligne de plus grande pente, séparés par des talus de terre ou des murs de pierre sèche (Greco J., 1978).

2.1.2. Les banquettes

Sur une pente où l'eau ruisselle, on doit, de distance en distance, couper le versant par des obstacles longitudinaux, à peu près horizontaux, des genres de fosses ou de levées de terre placés à une distance telle les uns des autres qu'entre deux de ces ouvrages, l'eau ruisselant n'arrive pas à avoir de l'énergie suffisante pour se concentrer et entamer le processus d'érosion en ravine, la seule vraiment dangereuse (Greco J., 1978) (cf. photo 07).



Photo 07. Les banquettes

2.1.3 Les murettes

C'est une technique adoptée aux fortes pentes (12,5 – 25%) en pierre sèche sous forme linéaire ; selon les courbes de niveau ; la hauteur 50 cm et la largeur 60cm. Cette méthode est proposée pour les zones à érosion forte où les sols sont squelettiques et pauvres (Soltner, 1999 *in* Rerboudj, 2005) (cf. photo 08).



Photo 08. Murettes en pierres sèches en Tunisie.

2.1.2. Les cordons de pierres

La technique des cordons de pierres n'est applicable que sur les sols établis en pentes légères. Lorsque la pente est forte (>12%), il y a lieu d'utiliser des murettes. Elle requiert également une main d'œuvre importante et la participation des riverains pour le transport et mise en place des cordons (Dahmani, 1984).

Les pierres doivent être disposées perpendiculairement au sens de la plus forte pente. La topographie impose parfois de les placer autrement pour éviter, par exemple, que l'eau ralentie sur la pente principale du terrain ne s'engouffre dans le sens d'une autre pente. La densité des cordons est proportionnelle à la pente (cf. photo 09).



Photo 09. Cordons de pierres sèches.

2.1.3. Correction torrentielle

➤ Les gabions

Les seuils sont utilisés afin de réduire la vitesse du ruissellement. Ils sont recommandés pour diminuer le ravinement ainsi que pour la correction torrentielle. Ce sont des ouvrages de petites envergures construits perpendiculairement au sens d'écoulement de l'eau dans des zones de fortes dénivelées (Sheng T.C., 1993).

Ils peuvent être faits en gabions ou en pierres sèches, en grillage métallique, en pneus usés, ou en sacs de sable (cf. photo 09).

Le seuil en gabions peut s'installer sur des pentes faibles jusqu'à des conditions sub-verticales. La hauteur des ouvrages en gabions ne doit pas dépasser 3 m en partie centrale

pour des raisons de stabilité et de coût. Les gabions sont inadaptés dans le cas de torrents soumis à des phénomènes de transports solides très violents ou trop fréquents car ils nécessiteront un entretien fréquent. Dans certaines conditions, les gabions peuvent être renforcés par des contreforts installés en aval de l'ouvrage (Sheng T.C., 1993).

Le seuil en pierres sèches dont les caractéristiques sont proches du seuil en gabions, est largement répandu en Algérie. Leur efficacité dépend avant tout de la qualité et de la taille des pierres.

Le seuil en grillage métallique est souple et résiste bien aux poussées de l'atterrissement. Son installation sur le terrain est parfois complexe surtout dans les endroits difficiles d'accès. Ce type de seuil est particulièrement recommandé dans les régions dépourvues de pierres de qualité.

Le seuil en pneus usés ayant une faible densité, il manque généralement de solidité. Il devient résistant si des ligatures sont ajoutées. Toutefois, il n'est pas toujours facile d'adapter l'ouvrage au profil de la ravine, il est parfois difficile de trouver des pneus de même dimension.

Le seuil en sacs de plastique est peu résistant et de courte longévité car le plastique des sacs de la rangée supérieure résiste mal aux rayons ultraviolets du soleil. Ce genre d'ouvrage est efficace, souple et facile à mettre en place. Pour prolonger sa durabilité, il est essentiel d'utiliser du plastique noir qui est plus résistant au soleil.

Dans certains cas, une étude d'impact environnemental peut s'avérer nécessaire.



Photo : Bordj El AEK, 2008



Photo : Bordj El AEK, 2008

Photos 10. Correction torrentielle.

2.1.4. Drains

Le drainage est une technique englobant tous les travaux pour objet l'évacuation intensive dans des délais courts de l'eau de saturation du sol. Les drains (ou fossés) recueillent les eaux excédentaires des terres et les conduisent aux exutoires. Les exutoires se déversent à leur tour dans les cours d'eau (Dahmani, 1984) (cf. photo 11).



Photo 11. Drains

2.2. Méthodes et techniques biologiques

2.2.1. Haies vives ou Brise vent

Les haies vives remplissent diverses fonctions dont celui de dissiper l'énergie cinétique du ruissellement afin de réduire l'érosion des sols. En milieu semi-aride, les haies vives protègent les cultures contre les effets de l'érosion éolienne (brise-vent) en créant des obstacles à la circulation du vent et créent un microclimat favorable au développement des cultures (Dahmani, 1984) (cf. photo 12).



Photo 12. Haies vives.

2.2.2. Plantation d'opuntia

Ou figuier de Barbarie (*Opuntia ficus-indica*), est un cactus originaire des régions arides et semi-arides du Mexique. Cette espèce est très efficace pour protéger et restaurer les sols dégradés. En effet, l'opuntia est peu exigeant en éléments nutritifs et, comme il peut être planté à de fortes densités, il freine efficacement le ruissellement de surface. Par ailleurs, l'opuntia produit des fruits qui sont prisés sur le marché, générant ainsi une source de revenus pour les agriculteurs (cf. photo 13).



Photos 13. Plantation d'opuntia

2.2.3. Revégétalisation

La revégétalisation (ou reverdissement) consiste à implanter une couverture herbacée, graminéenne, arbustive ou arborescente sur des terres dégarnies. Cette pratique est habituellement réalisée pour stabiliser les pentes et protéger les terres contre l'érosion hydrique (cf. photo 14).

Le terme revégétalisation désignera ici exclusivement l'utilisation de plantes herbacées et graminéennes.



Photo 14. Revégétalisation *Atriplex* spp.

2.2.4. Le reboisement

Le reboisement consiste à repeupler d'espèces arborées un site donné, le reboisement constitue une stratégie de lutte contre l'érosion. Il a pour rôle essentiel d'augmenter la couverture protectrice des terres et ainsi de réduire l'impact des gouttes de pluies sur le sol de même que le ruissellement de surface.

Les travaux de reboisement sont habituellement réalisés sur des superficies importantes, comparativement aux plantations fruitières, de haies vives et de brise-vent qui sont davantage de type linéaire (Said, 1991).

2.2.5. Plantation fruitière rustique

La plantation fruitière doit être envisagée à la fois pour la production agricole et la conservation du sol. Sur le plan de la production, l'arboriculture représente une source de revenus non négligeable pour le paysan. Dans le domaine de la conservation du sol, les arbres fruitiers rustiques, grâce à leurs profondes racines, fixent le sol sur les fortes pentes.

L'arboriculture permet aux agriculteurs de pratiquer également des cultures de subsistances et d'obtenir du fourrage pour le bétail (espèces fourragères telles le caroubier). L'essentiel réside dans la planification des aménagements avec une utilisation rationnelle des terres même sur de petits lopins de terre. Elle requiert la mise en œuvre d'une série de mesures concrètes auprès des paysans: la formation spécialisée en arboriculture (2 à 3 jours).

PARTIE II :
LA PARTIE EXPERIMENTALE

CHAPITRE 4:

Présentation de la zone
d'étude.

Introduction

La connaissance du site est indispensable car l'étude physique et socio-économique des populations qui occupent le milieu est très importante dans l'étude d'érosion et la réalisation du plan d'aménagement des terres agricoles.

Le milieu physique est représenté par le relief et l'occupation naturelle de la zone d'étude qui consiste essentiellement à des surfaces agricoles et à la végétation naturelle qui est reliée d'une manière directe à la nature du sol et à l'occupation anthropique qui est traduite par les cultures et les aménagements des cours d'eaux, l'urbanisation et d'autres actions réalisées par l'homme afin d'atteindre ses besoins quotidiennes.

Les activités socio-économiques consistent à tout ce qui touche les conditions de vie de la population au sein des terres agricoles d'une manière directe ou indirecte.

Dans ce chapitre, nous commencerons par présenter la localisation et les limites de la zone d'étude ainsi que son relief, sa géologie et lithologie ; ensuite nous aborderons le réseau hydrographique, les occupations des terres et un bref aperçu du climat. Nous terminerons par une présentation du cadre socio-économique de la zone d'étude.

1. Cadre physique

1.1. Présentation de la région d'étude

La commune de Sidi Lakhdar est située à l'est la wilaya de Mostaganem, à une distance de 50 km du chef-lieu de la wilaya, elle est implantée en une petite partie dans les piémonts de Dahra, ayant une façade maritime d'étendant sur 12km et couvre une superficie de 2269km², elle est limitée (cf. fig. 04) :

- Au Nord par la mer méditerranéenne ;
- A l'Est par la commune de Khadra ;
- Au Sud par la commune de Tazgait et de Sidi Ali ;
- A l'Ouest par la commune de Hadjadj.

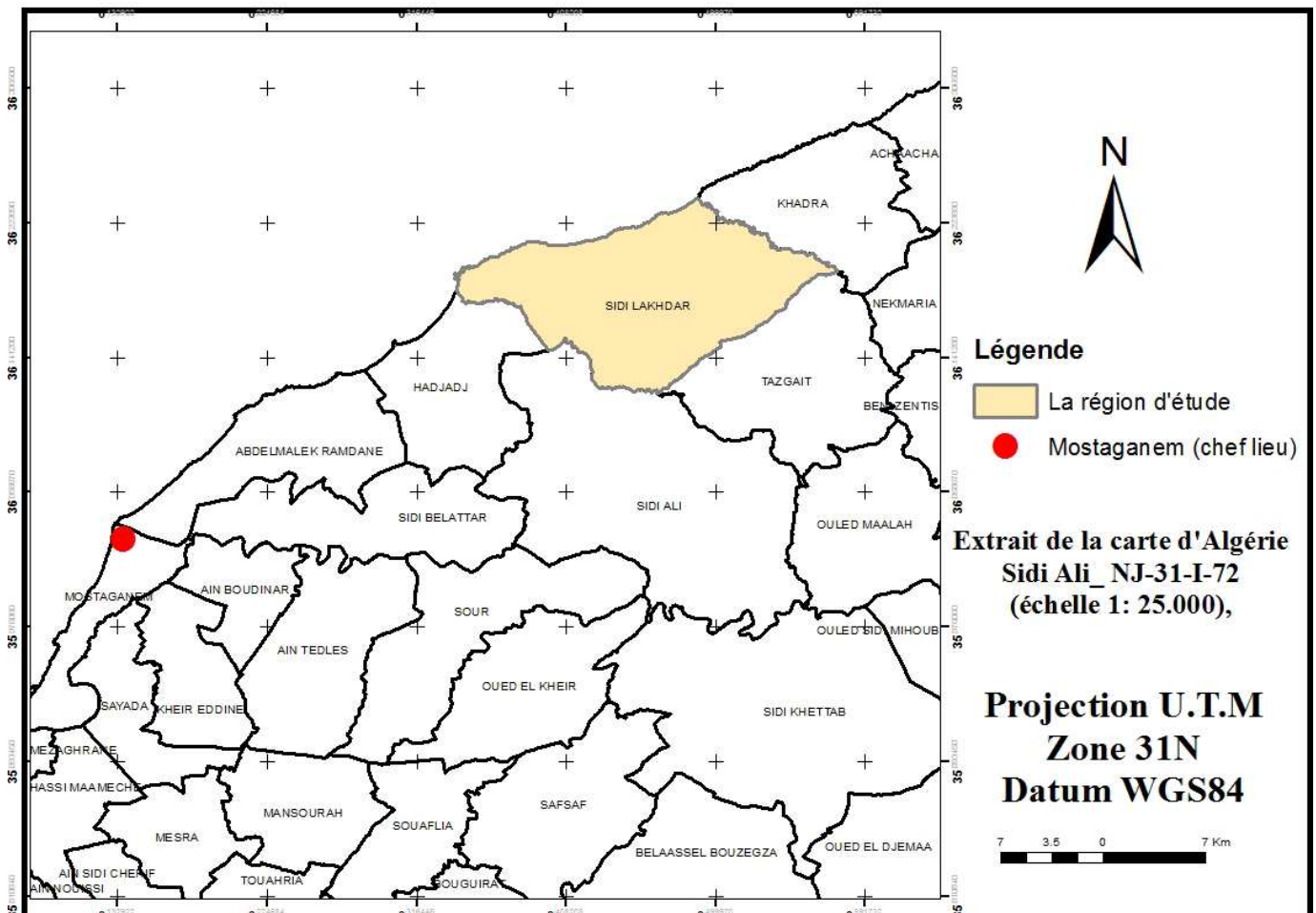


Figure 04. Situation géographique de la région d'étude.

1.2. Situation géographique de la zone d'étude

Le site concerné par cette étude se situe dans la partie Sud de Sidi Lakhdar, il fait partie des piémonts de Dahra. L'accès au site, à partir de la commune de Sidi Lakhdar, se fait en empruntant le chemin de wilaya N°42 sur 1.56 km, d'une altitude moyenne de 196 mètres. Il est situé entre les coordonnées géographiques suivantes :

Coordonnées géographiques	
Longitude	Latitude
X ₁ : 0° 25' 10''	Y ₁ : 36° 09' 10''
X ₂ : 0° 26' 34''	Y ₂ : 36° 08' 26''

Il est limité :

- Au Nord par des terres agricole;
- Au Sud par une forêt et un terrain inculte;
- A l'Ouest par le chemin de wilaya W42 et des terres agricoles ;
- A l'Est par des terres agricoles. (cf. fig. 05, 06)

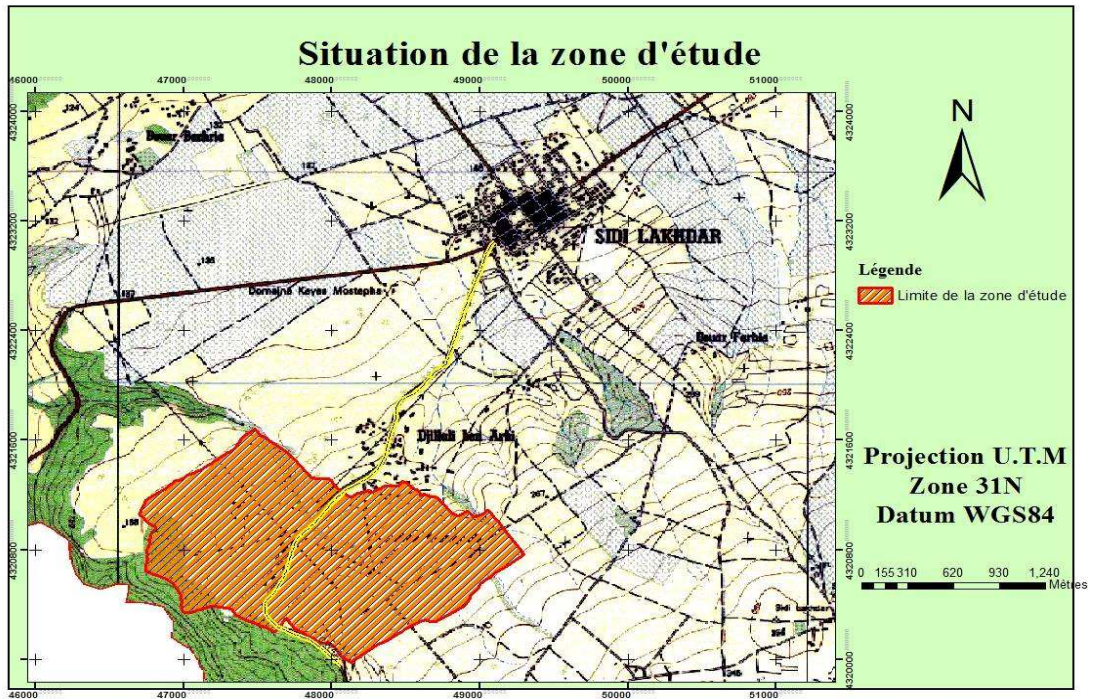


Figure 05. Situation géographique de la zone d'étude.



Figure 06. Situation géographique de la zone d'étude (extrait de l'image Google earth).

1.3. Situation juridique et administrative

Le site d'étude s'étend sur une superficie de 158 ha pour un périmètre de 5,250 m.

Sa situation administrative est la suivante :

- Commune de Sidi Lakhdar ;
- Commune de Sidi Ali ;
- Commune de Tazgait.

Quant à l'administration agricole, la gestion des terres agricoles de douar Djilali Ben Larbi est assurée par la D.S.A de Mostaganem, circonscription de D.S.A de Sidi Lakhdar, les petites superficies appartiennent aux exploitations agricoles privées. Les exploitations agricoles collectives et individuelles issues des D.S.A ont des surfaces comprises entre 5 à 15 ha (Subdivision de Sidi Lakhdar).

1.4. Infrastructure routière

La zone d'étude est caractérisée par une densité routière pas importante, elle est traversée par la RN 11 à la partie extrême Nord on passant par la commune de Sidi Lakhdar.

Juste un seul chemin de wilaya est inclut dans notre zone d'étude ; le CW42 qui relie la RN11 à la ville de Sidi Ali.

Aussi on note que notre zone d'étude est desservie par un réseau de pistes important, des pistes carrossables nécessitant des entretiens et aménagements. (cf. fig. 07).

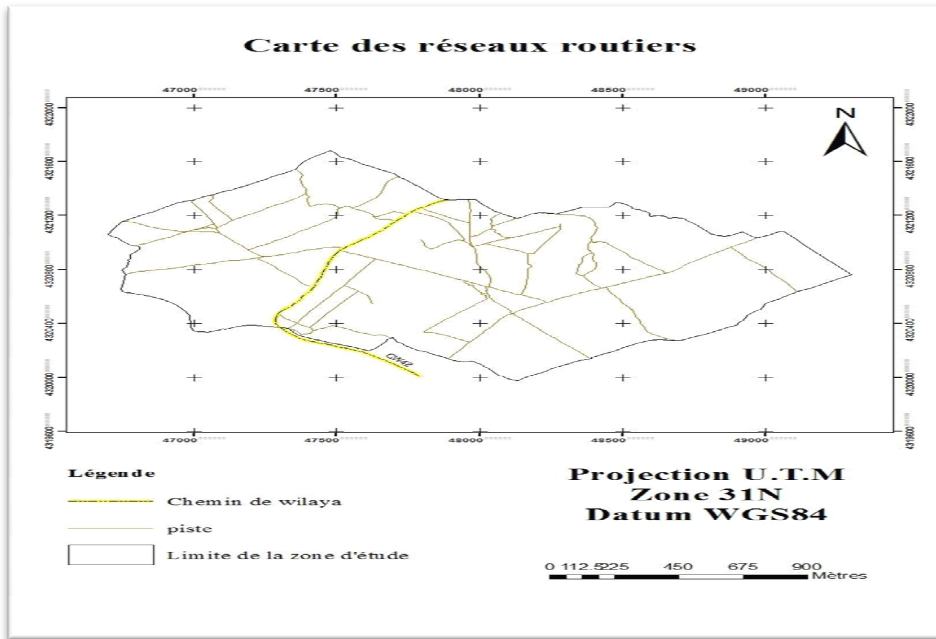


Figure 07. Carte des réseaux routiers de la zone d'étude.

1.5. Géologie

La carte géologique de belle cote –bosquet (échelle 1/200.000), nous a permis d'avoir une idée et de déterminer les formations géologiques qui composent notre zone d'étude et qui se consistent uniquement de **grès calcaire lumachellique** qui sont des roches sédimentaires mélangés avec les quartzites. (cf. fig. 08)

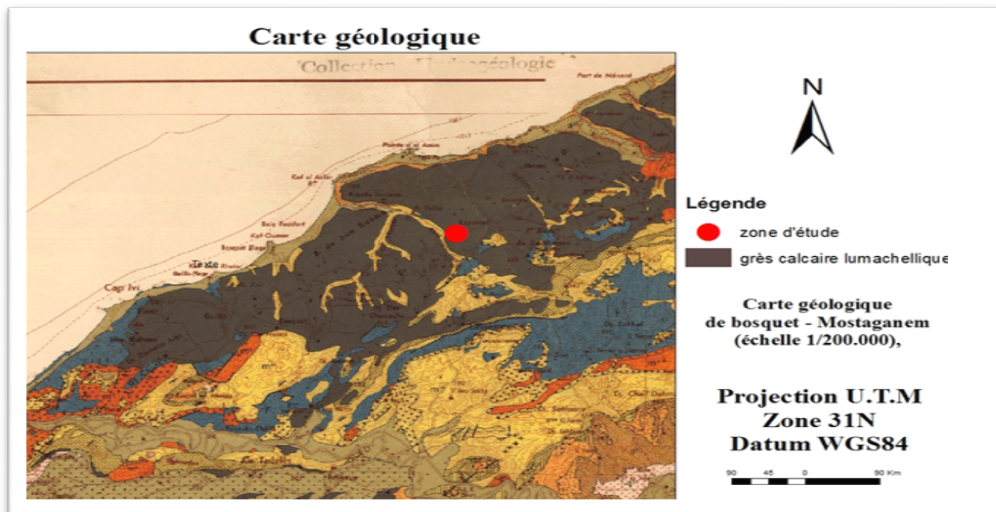


Figure 08. Carte géologique de la zone d'étude

1.6. La géomorphologie

1.6.1. Relief et pente

Le relief de la zone d'étude est moins accidenté, il est défini par un paysage largement ondulé, à pente faible à modérée (1 à 12%) et donne des formations plaines (cf. fig. 09). Une grande partie des terres fertiles est localisée sur les plaines, la majorité des précipitations y percole, le ruissellement étant faible, l'érosion y est modérée.

A 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'inclinaison :

- 1 - 6% : cette classe représente la plaine, elle couvre la partie majeure de notre site d'étude avec 67 ha, soit 42% de la surface totale.
- 7 – 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 58 ha soit 37% de la superficie totale de la zone d'étude.
- 12 – 20% : cette classe ne représente que 21% de la superficie totale de notre zone d'étude.

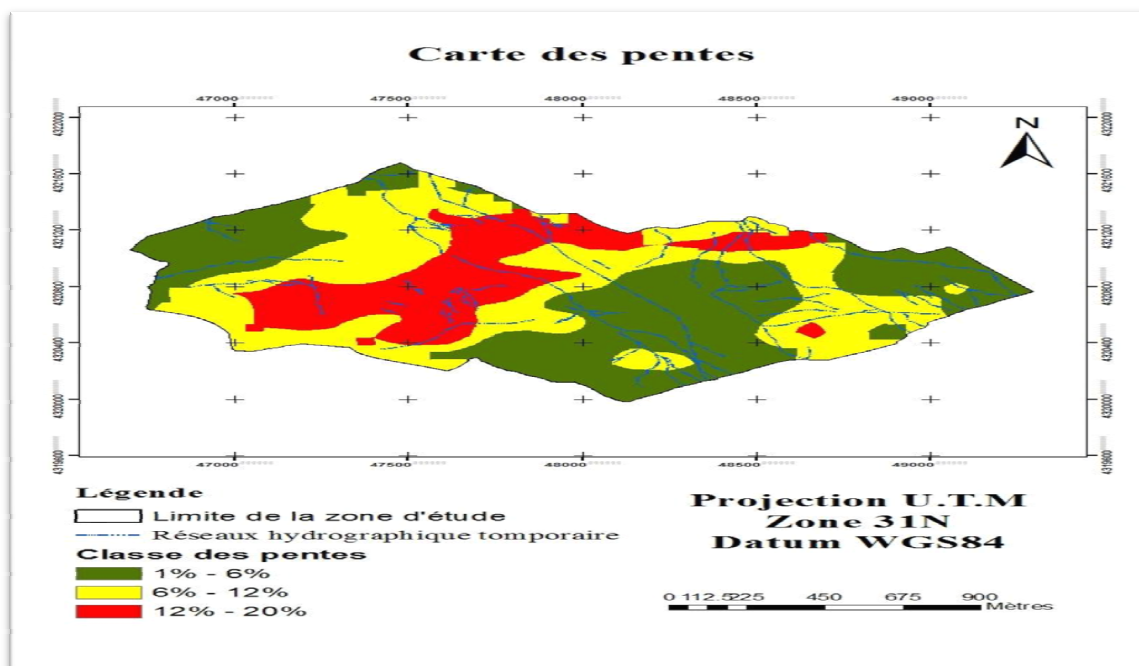


Figure 09. Carte des pentes de la zone d'étude.

1.6.2. Altitude et exposition

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 Nord-Ouest est la plus dominante dans la zone d'étude. (fig. 10)

Le point le plus haut se situe à une altitude de 317m et le point le plus bas à 206 m, le dénivelé n'excède pas les 100 m.

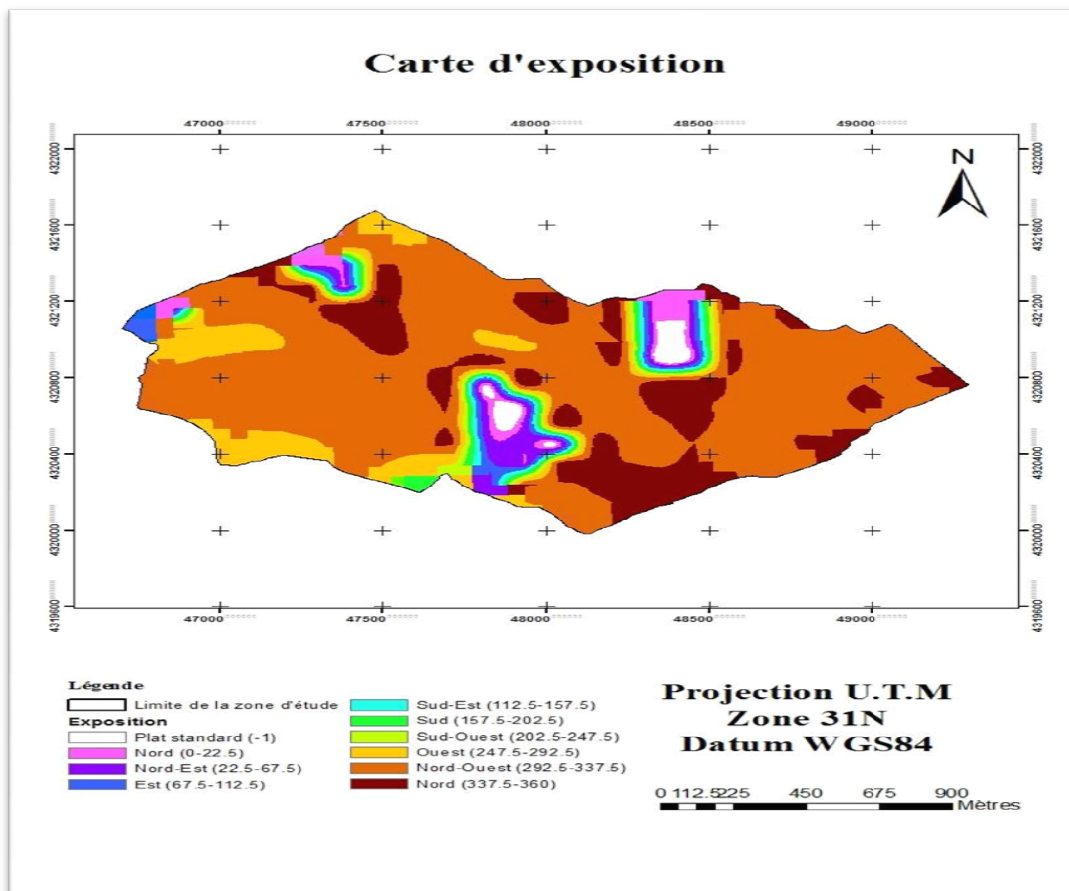


Figure 10. Carte des expositions de la zone d'étude

1.7. Sols

Il s'agit, là, juste d'un petit aperçu sur le sol, cette partie sera largement développée au niveau du chapitre consacré à l'analyse des facteurs de l'érosion hydrique.

Suivant la carte de lithologie établie à partir des analyses de la granulométrie des échantillons prélevés de la zone d'étude, on a constaté la présence de fortes proportions des sols limoneux et limono-sableux en et un faible taux de sol argilo-sableux (cf. fig. 11).

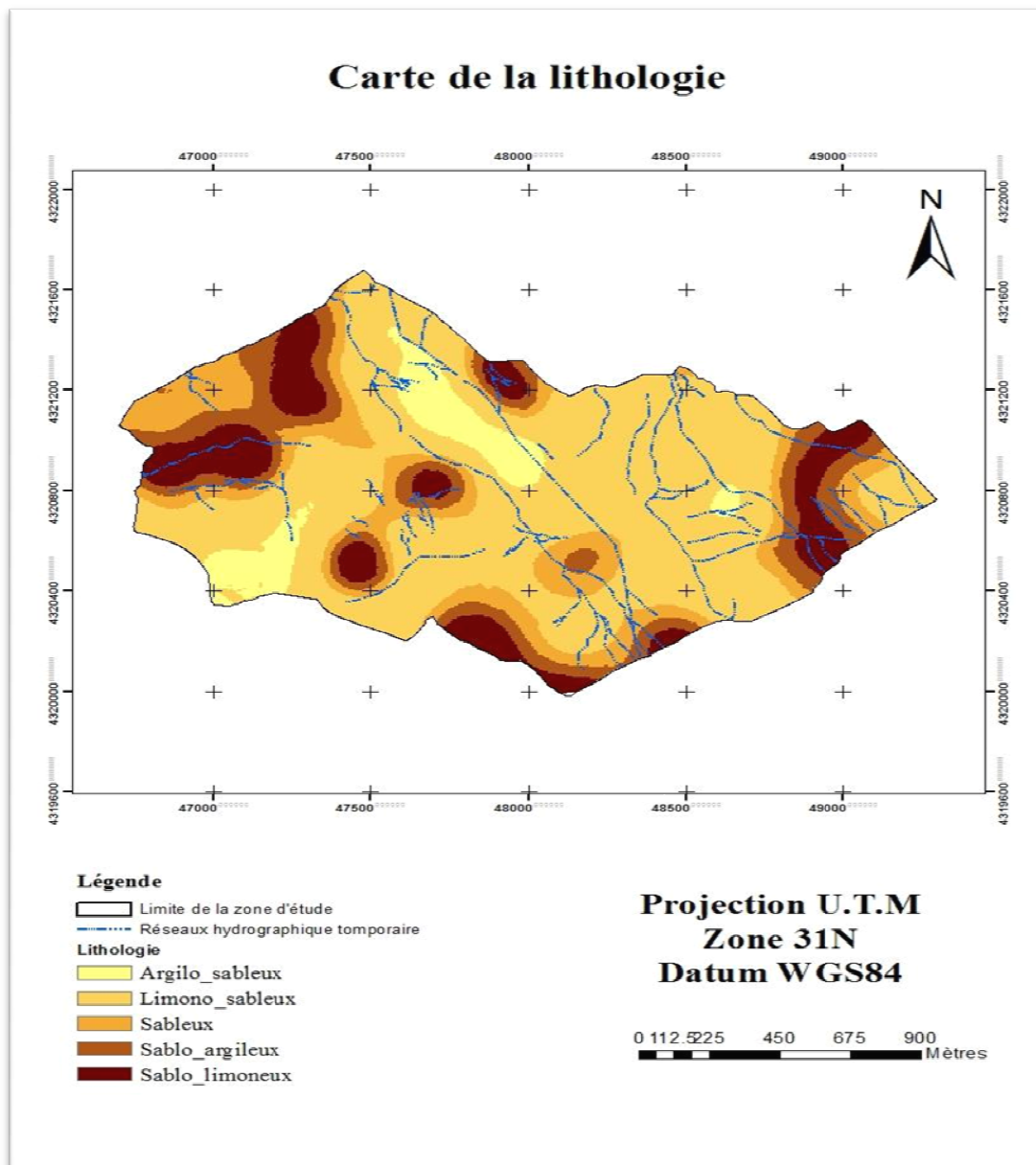


Figure 11. Carte lithologique de la zone d'étude

1.8. 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 noté 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. (cf. fig. 12).

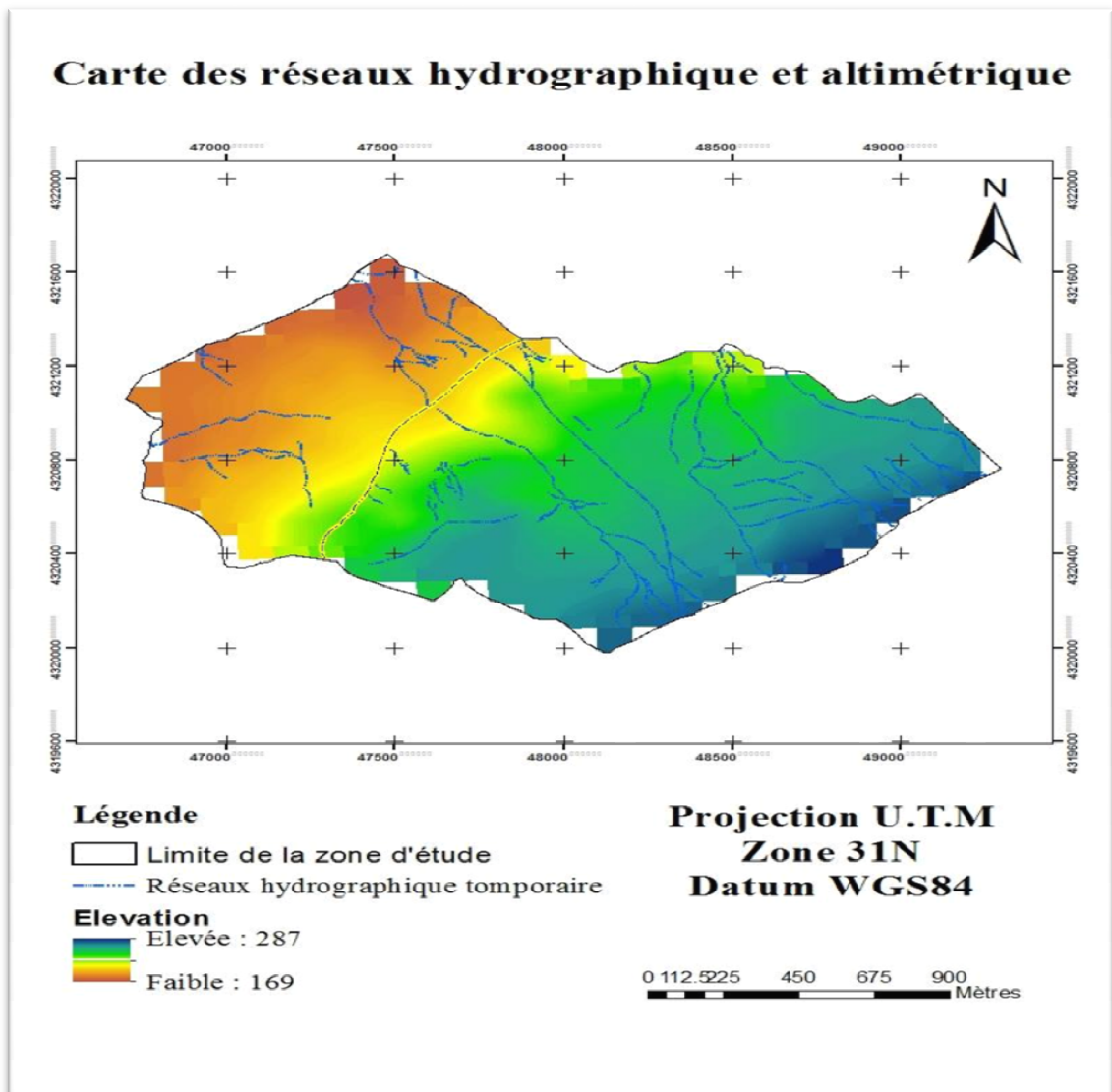


Figure 12. Carte altimétrique et des réseaux hydrographiques de la zone d'étude.

1.9. Occupation végétale

La végétation est l'un des facteurs physiques qui a une influence directe sur l'écoulement pluvial et l'érosion hydrique des sols. En effet plus le couvert végétal est dense plus la résistance au ruissellement est importante.

Les terres de notre zone d'étude sont pour la plupart à vocation agropastorale où l'agriculture et l'élevage occupent une surface très importante. On constate une prédominance de céréaliculture, de viticulture et d'arboriculture avec une présence de cultures maraîchères à petite échelle. (cf. fig. 13).

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.

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

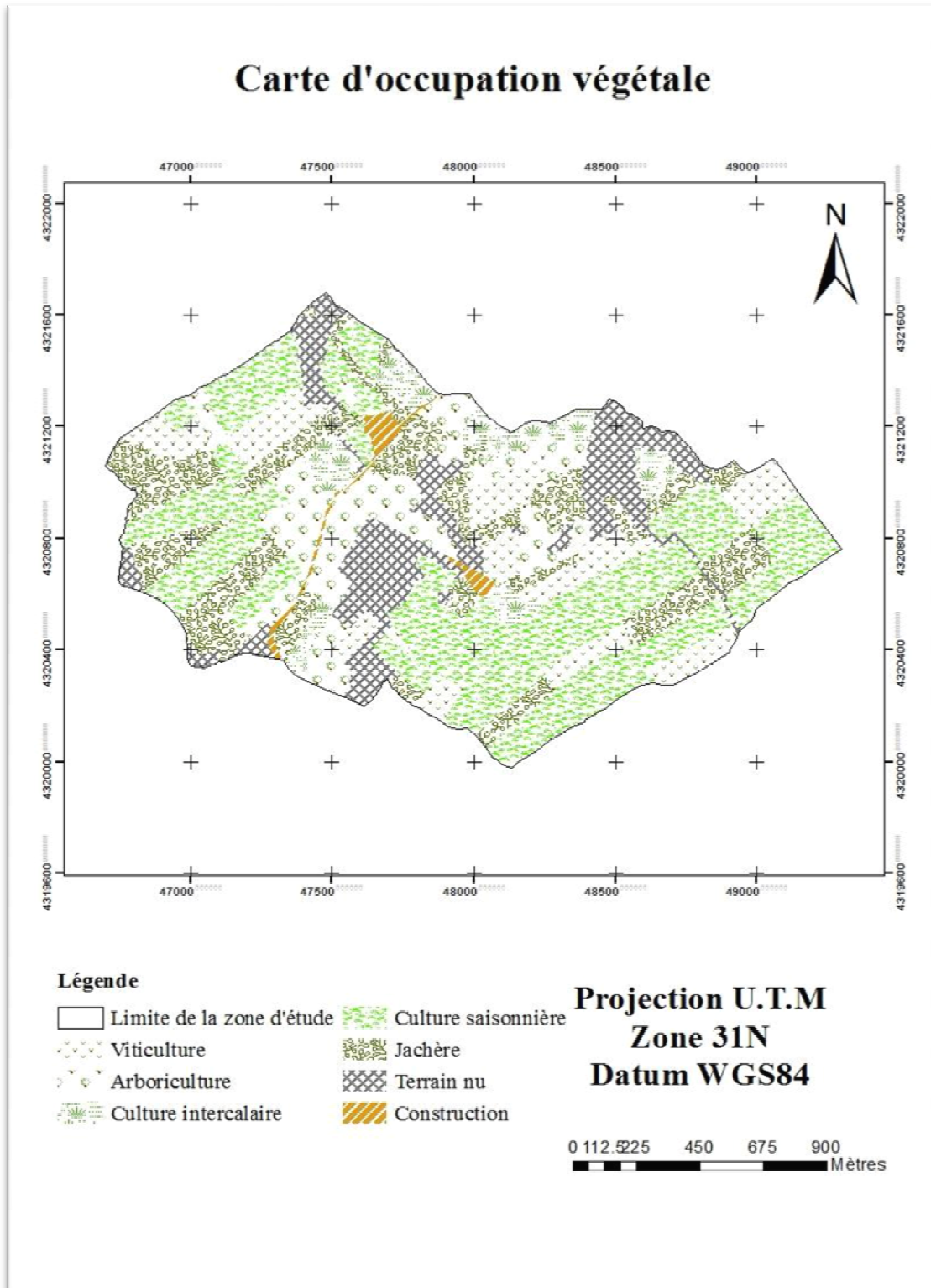


Figure 13. Carte d'occupation végétale de la zone d'étude.

1.10. Aperçu climatique

1.10.1. Les facteurs climatiques

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).

Afin de pouvoir connaître un bref aperçu climatique de notre zone d'étude, nous avons recouru aux données de l'office national de Météorologie de Mostaganem pour la période 2000- 2014.

Nous avons tenté dans le cadre de cette étude d'effectuer un aperçu climatique de la station de Sidi Lakhdar basé sur les données des précipitations et des températures, ce qui nous permet d'apercevoir leurs répartitions dans le temps et dans l'espace ainsi que leurs effets sur le phénomène de l'érosion hydrique.

1.10.1.1. Les précipitations

1.10.1.1.1. répartition mensuelle moyenne des précipitations :

La connaissance des régimes mensuels, présente un intérêt biologique certain, car la végétation se trouve directement influencée par la répartition des pluies devant la période de concentration. (Nahal, 1986).

L'un des traits originaux du climat en méditerrané s'exprime par l'irrégularité des pluies le long de l'année : abondantes en automne et en hiver et parfois en printemps et presque nulles en été (Aubert et Monjauze, 1946).

Cependant, le développement n'est pas lié uniquement à la quantité d'eau disponible mais aussi à la qualité et la fréquence de sa répartition au cours de son cycle (Ferouani, 2001). Le tableau ci-dessus nous présente les moyennes mensuelles des précipitations de la période 2000 – 2014 de la région de Sidi Lakhdar.

Tableau 01. Précipitations moyennes mensuelles (2000 – 2014).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	P. A. (mm)
P(mm)	49.75	44.08	29.95	43.39	28.18	2.83	0.85	2.74	28.70	39.55	89.95	61.09	421.06

ONM, Mostaganem (2015)

Il ressort de ce tableau que la répartition des précipitations dans notre zone d'étude est répartie en deux période, une période pluvieuse longue de neuf mois, débutant en Septembre jusqu'au mois de Mai, et autre période sèche plus courte, qui s'étale sur trois mois consécutifs Juin, Juillet, Août. Le régime pluvial est plus marqué entre les mois de Septembre et Octobre voire Avril. Les autres mois affichent des tranches pluviométriques moins accusées surtout entre Mai et Aout.

Dans ce cas-là, notre zone d'étude subit le risque d'érosion dans les mois les plus pluvieux selon la quantité d'eau qui favorise le déclenchement de ce phénomène.

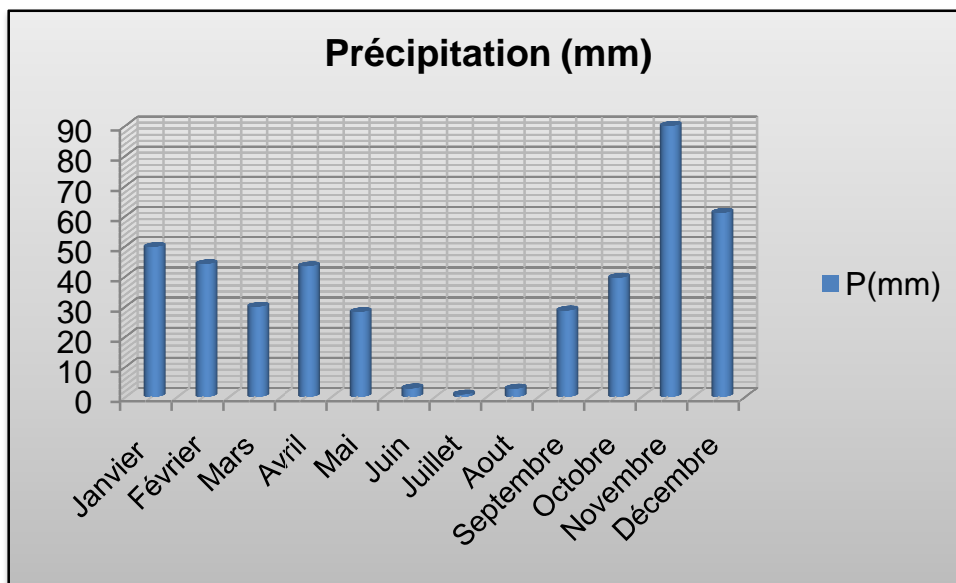


Figure 14. Histogramme des précipitations mensuelles

L'histogramme (cf. Fig.14) 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 84.33mm 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.

1.10.1.1.2. Répartition annuelle des précipitations

La répartition annuelle de la pluviométrie enregistrée dans la zone d'étude est représentée dans la figure 15.

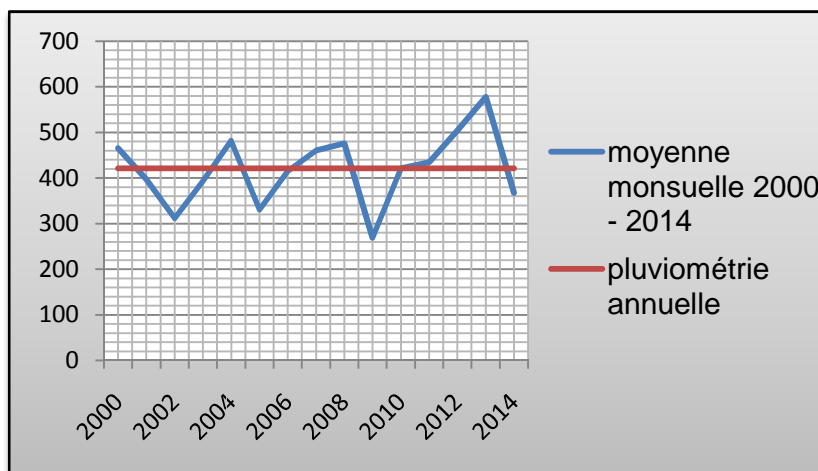


Figure 15. Répartition annuelle de la pluviométrie.

L'examen de cette courbe élucide clairement la variabilité annuelle des chutes de pluies dans la région entre 2000 à 2014.

En effet, la zone reçoit une moyenne pluviométrique de l'ordre de 434,086 mm. Les hauteurs extrêmes sont atteintes en 2013 avec 577.3 mm et 503,8 mm en 2012, les précipitations minimales sont observées en 2009 avec une tranche d'eau de 268,6 mm. L'allure de la courbe affiche cependant un fléchissement plus au moins important au-dessous de la moyenne. Celle-ci, moins arrosée, caractérise une sécheresse.

1.10.1.1.3. Le régime saisonnier

Le régime saisonnier est la somme des précipitations par saison en classant ces dernières par ordre de pluviosité croissante. La désignation de chaque saison est indiquée par sa lettre initiale: P: Printemps, H: Hiver, E: Eté, A: Automne (cf. tab. 02).

Tableau 02. Régime saisonnier des précipitations.

Période	Régime saisonnier				Type de régime
	Eté	Automne	Hiver	Printemps	
2000 – 2014	6.42	158.21	164.92	101.52	HAPE

Dans ce tableau, nous remarquons que le régime saisonnier des précipitations est de type **HAPE**. Ceci explique que le maximum des pluies est concentré en hiver et en automne et avec un degré moindre en printemps ; la saison estivale est toujours sèche.

1.10.1.2. Les 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 ».

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
T. max.	16.20	16.80	19.19	21.50	24.45	28.78	31.59	32.30	28.92	25.98	19.96	17.05
T. min.	5.99	6.38	8.34	10.30	13.37	16.94	19.62	20.22	17.79	14.50	10.01	7.23
T. Moy.	10.80	11.36	13.55	15.76	18.91	22.83	25.46	25.94	23.06	20.08	14.34	11.83

ONM, Mostaganem (2015)

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 ce tableau 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 32.30°C. (cf. fig. 16).

Les températures moyennes mensuelles présentent une valeur minimale en Janvier (10.80 °C) et une valeur maximale en juillet et Août (25°C).

Une période sèche d'une durée de trois mois cause la sécheresse du sol et par conséquence, la déshydratation du couvert végétale et sa mortalité. Cela peut engendrer une érosion hydrique dans le cas de pluies inattendues pouvant survenir en cette période de sécheresse.

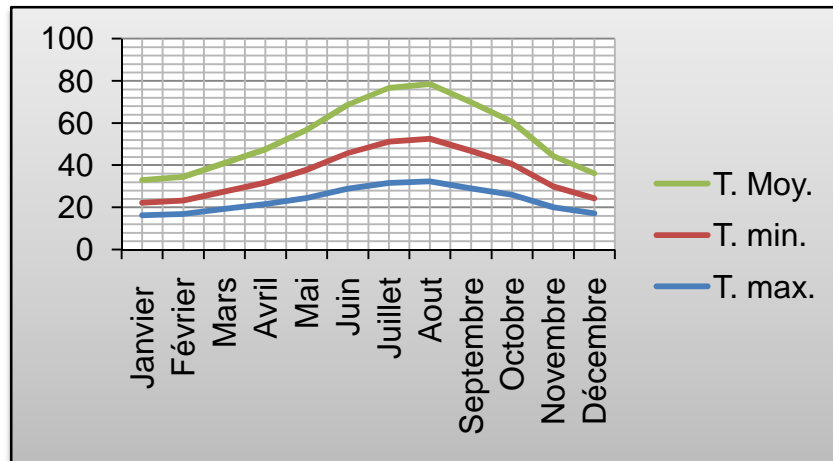


Figure 16. Variations mensuelles des températures moyennes, maximales et minimales.

1.10.1.3. Evaporation

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

Tableau 04. Les données d'évaporation (2000 -2014).

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 (2015)

Dans la région d'étude l'évaporation atteint le maximum durant le mois de Juillet (cf. fig.17).

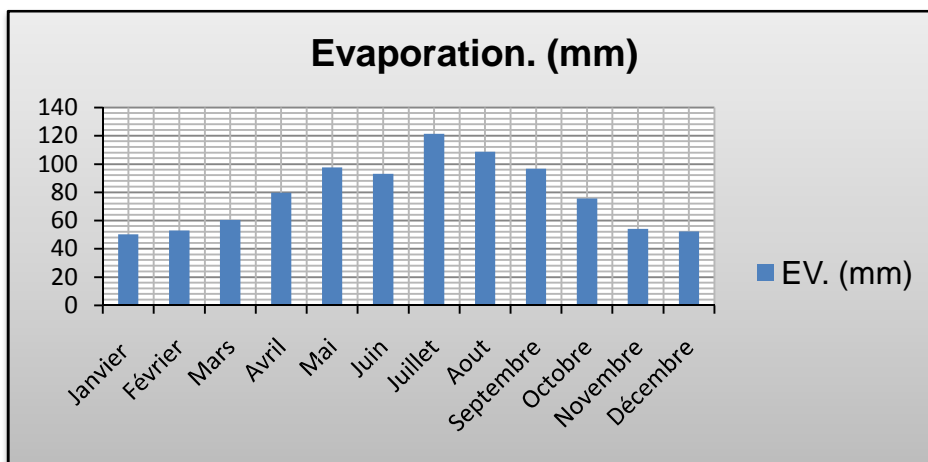


Figure 17. Histogramme de l'évaporation moyenne mensuelle.

1.10.1.4. Les vents

Les vents concernent 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 qui ramènent la pluie sont rares. (cf. fig. 18).

Tableau 05. Variations de l'évolution de la vitesse moyenne mensuelle du vent (2000 – 2014)

Mois	Jan	fév.	Mars	Avr.	Mai	juin	juil.	aout	sept	oct.	nov.	déc.	Moy
Vitesse(m/s)	1,24	1,73	1,72	2,66	2,09	1,85	1,6	1,6	1,65	1,8	1,77	1,7	1,73

ONM, Mostaganem (2015)

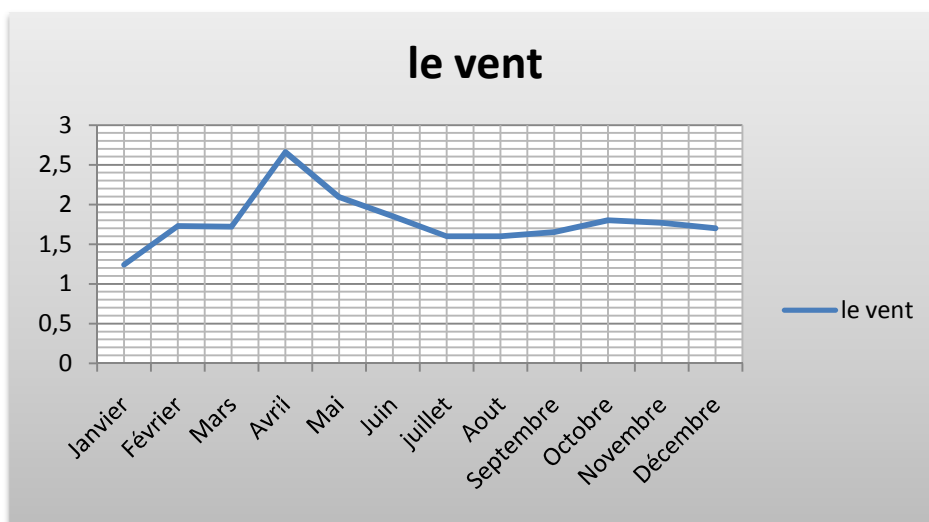


Figure 18. Courbe de la vitesse moyenne mensuelle du vent.

1.10.1.5. Humidité relative

Les valeurs moyennes de l'humidité relative à la station de Sidi lakhdar s'étalant sur la période de (2000-2014) sont représentées dans le tableau (06).

Tableau 06. Humidités relatives mensuelles (2000 - 2014).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
H. (%)	78.39	75.69	74.86	73.08	68.81	65.89	65.99	68.05	72.18	74.83	77.60	78.16

ONM, Mostaganem (2015)

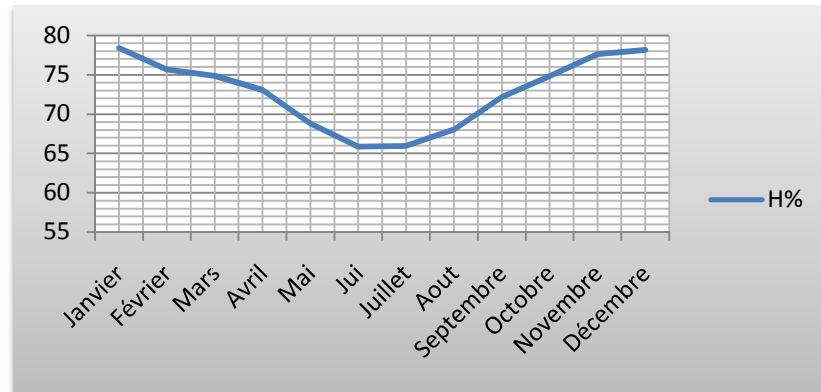


Figure 19. Courbe de la valeur moyenne de l'humidité relative

Les valeurs moyennes mensuelles calculées durant la période (2000-2014) 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 %.

1.10.1.6. L'insolation

L'insolation joue un rôle très important dans la plus part des phénomènes écologiques, elle est la source d'énergie primaire associée à deux facteurs écologiques fondamentaux qui sont l'éclairement et la température.

Tableau 07. Variation de l'insolation moyenne annuelle (2000-2014).

Mois	Jan	fév.	mars	Avril	Mai	juin	juil.	Aout	Sep	oct.	nov.	déc.
V. max de lumière	0	0	208,2	2'4,3	303	301,1	310	320,6	239'4	224	153,1	201,9

ONM, Mostaganem (2015)

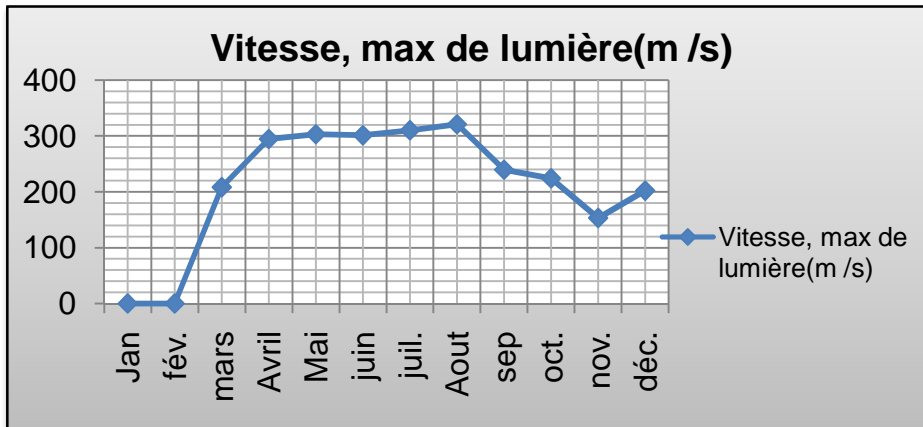


Figure 20. Variation de l'insolation moyenne annuelle.

1.10.2. 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 :

1.10.2.1. 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 08.

Tableau 08. Classification du climat selon l'indice de continentalité (Debrach, 1953).

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 09.

Tableau 09. Indice de continentalité de la zone d'étude

	M (°C)	M (°C)	M-m (°C)	Type de climat
T. °C	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.

Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen.

Selon **Bagnouls et Gaussen**, 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. (cf. fig. 21)

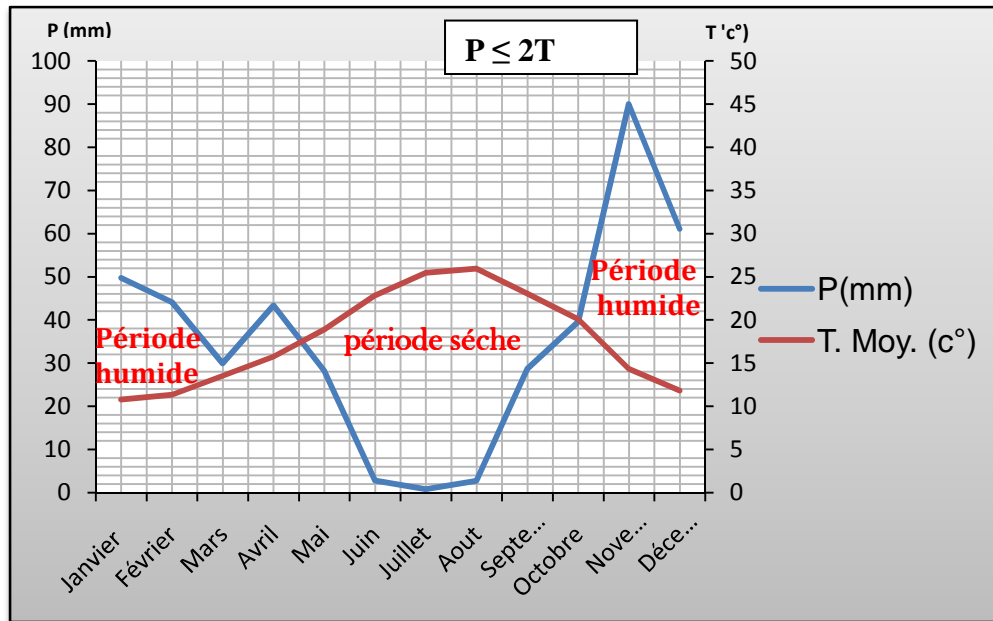


Figure 21. Diagrammes ombrothermique de Bagnouls et Gausson

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.

1.10.2.2. 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 :

$$Q_2 = \frac{1000P}{(M-m) \times (M^2 - m^2)} = \frac{2000P}{(M+m)}$$

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°K=T(°C) +273,2).

m : moyenne des minima du mois le plus froid en degré kelvin (T°K=T(°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 10.

Tableau 10. Ambiance bioclimatique de Sidi Lakhdar.

M (K)	m (K)	P (mm)	Q ₂	Ambiance bioclimatique	
				Etage	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. (cf. fig. 21)

1.10.2.3. Indice d'aridité de De Martonne :

Cet indice permet de caractériser le pouvoir évaporant de l'air à partir de la température (De Martonne, 1926) :

$$IDM = p/(T+10)$$

P : Précipitations moyennes annuelles (mm),

T : Températures moyennes annuelles (°C).

Pour notre station : P= 421.06mm T= 17.82 °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 11 (Guyot, 1999).

Tableau 11. Classification des climats en fonction de la valeur de l'indice de 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.

1.10.3. Relation climat- érosion dans notre zone d'étude

L'objectif de l'étude est de mettre en évidence les actions directes et indirectes des facteurs climatiques sur le milieu physique de la région d'étude et par conséquent sur les avantages et inconvénients qui peuvent surgir des averses et canicules du climat local.

En effet le climat constitue la cause et la source d'énergie érosive, ce sont les gouttes de pluie et les eaux de ruissellement sur les terrains en pente et les vents violents qui détachent et entraînent les particules terreuses.

L'efficacité de la pluie vis-à-vis des processus d'érosion est liée aux rôles qu'elle a dans le détachement des particules des sols, mais surtout dans la formation du ruissellement. Cette érosivité dépend essentiellement de l'intensité et du volume des précipitations.

Cette étude nous permet d'expliquer les formes d'érosion exercées dans la zone par :

- L'agressivité des précipitations (des orages à allure torrentielle).
- Une sécheresse accentuée qui joue un rôle important dans la disparition de la végétation herbacée laissant les sols nus et sans protection ce qu'expose la région à l'érosion.
- Le vent, par son souffle, peut entraîner la sécheresse du couvert végétal et son déshydratation ce qui dépouvoie le sol de toute végétation et déclenche, en conséquence, une érosion hydrique.
- La rosée causée par l'humidité peut rafraîchir le couvert végétal ce qui lui permet de survivre et par la suite de protéger le sol de l'érosion.

Dans les zones semi- arides les **3/4** des transports annuels de matériaux proviennent de quelques jours de crue en toute saison mais plutôt en automne en été ou au printemps (ruissellement d'intensité), (Laouina, 1998).

2. Cadre socio-économique

Les activités sociales et économiques de la vie de l'homme jouent un rôle dans les phénomènes d'érosion. L'homme tire ses moyens de substance du sol, il peut ainsi l'utiliser irrationnellement et intensifier l'érosion, la densité de la population, la pression démographique, les nouveaux besoins créés par le développement ont conduit à une exploitation souvent anarchique des ressources (Kadir, 1979).

2.1. Population et activités :

2.1.1. Population :

Au dernier recensement datant de l'année 2013, le volume de population dans notre région d'étude a été évalué à 36 558 (RGPH 2013), avec un additionnel de 1946 habitants par rapport au nombre recensé en 2008 et qui était de 34 612 habitants (RGPH 2008). En comparant ces deux nombres à celui du recensement de l'année 1998 et qui été inventorié à 30 950 habitants (RGPH 1998), on constate que le taux d'accroissement annuel global moyen de la population reste élevé durant la période 1998-2013. Cette croissance peut être considérée comme une transition de la population vers la ville de Sidi Lakhdar pour des meilleures conditions de vie et de travail, étant donné que cette région est considérée comme une zone agricole importante (cf. TAB. 12).

Tableau 12. Caractéristiques démographiques de la région de Sidi Lakhdar.

Unité	superficie kml ²	Pop 1998	Pop 2008	Pop 2013	part de la superficie dans la wilaya	Densité Hab/km ²	part de la population
N°. Pop.	140	30 950	34 612	36 558	6,2%	247,2	4,6%

Direction de l'environnement, 2015 W. Mostaganem

Sachant que l'augmentation de la population dans un milieu peut être une partie prenante de sa vulnérabilité, notre région étudiée n'échappe pas à la règle. L'accroissement du nombre d'habitants mène à une pression accrue sur les ressources naturelles d'un espace, ce qui à son tour, conduit à leur surexploitation et à leur dégradation.

2.1.2. Activités

La population active se définit comme l'ensemble des personnes en âge de travailler qui sont disponibles sur le marché du travail, qu'elles aient un emploi (population active occupée) ou qu'elles soient au chômage (population active inoccupée) à l'exclusion de celles ne cherchant pas d'emploi, comme les personnes au foyer, étudiants, personnes en incapacité de travailler, rentiers. Selon les définitions, l'âge est fixé entre 15 et 64 ans, ou porte sur toutes personnes de plus de 15 ans. (Wikipédia).

En raison de l'indisponibilité des données récentes et fiables de l'emploi et de secteurs d'activité dans notre région d'études, on va se contenter des données de l'année 2012 fournies par la direction d'environnement de la wilaya de Mostaganem exposées dans le tableau 13 ci-dessous.

Tableau 13. Situation de l'emploi global de la commune de Sidi Lakhdar.

Unité	Pop. totale	Pop. Active	Pop. Occupée	Pop. Au chômage	Taux de chômage	Part des occupées
N°. Pop.	36426	19595	18553	1042	5,32	4.9%

Direction de l'environnement 2015, W. Mostaganem

2.2. Régime foncier ou nature juridique du terrain

Notre région d'étude est divisée en terrains privés, petites superficies appartenant aux exploitations agricoles collectives (EAC) et en exploitations agricoles individuelles (EAI). Le secteur privé demeure le plus important avec une superficie atteignant les 30 ha par rapport aux autres secteurs dont les surfaces sont comprises entre 5 et 15ha.

Tableau 14. Utilisation de la surface agricole dans la commune de Sidi Lakhdar.

Type d'exploitation agricole	Nombre	Superficie (ha)
Exploitation agricole collectifs	51	5 à 15ha
Exploitation agricole individuelles	19	5 à 15ha
Terrain privés	//	17 à 30ha

Subdivision Sidi Lakhdar (2015)

2.3. Milieu économique

L'agriculture et l'élevage sont, en effet, deux activités qui ont toujours constitué la vocation économique de notre zone d'étude.

Etant donnée sa situation géographique notre région d'étude appartient à un environnement modéré où réside 36 558 habitants, les différentes conditions sont favorables à la production de nombreuses cultures agricoles et à l'activité d'élevage.

2.3.1. L'agriculture

En effet, la région est connue pour sa vocation essentiellement, agricole, les cultures céréalières, viticulture et l'arboriculture sont les plus répondues et elles occupent une superficie importante de notre zone d'étude.

La superficie agricole totale dans la commune est estimée à 13960 ha tandis que la superficie agricole utile (S.A.U) représente seulement 7503 ha (cf. fig. 22).

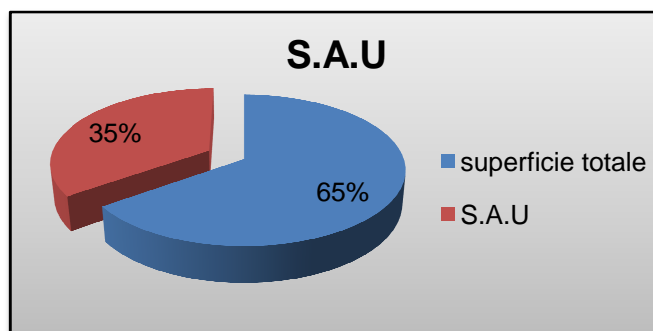


Figure 22. Présentation de la surface agricole utile de dans la zone d'étude.

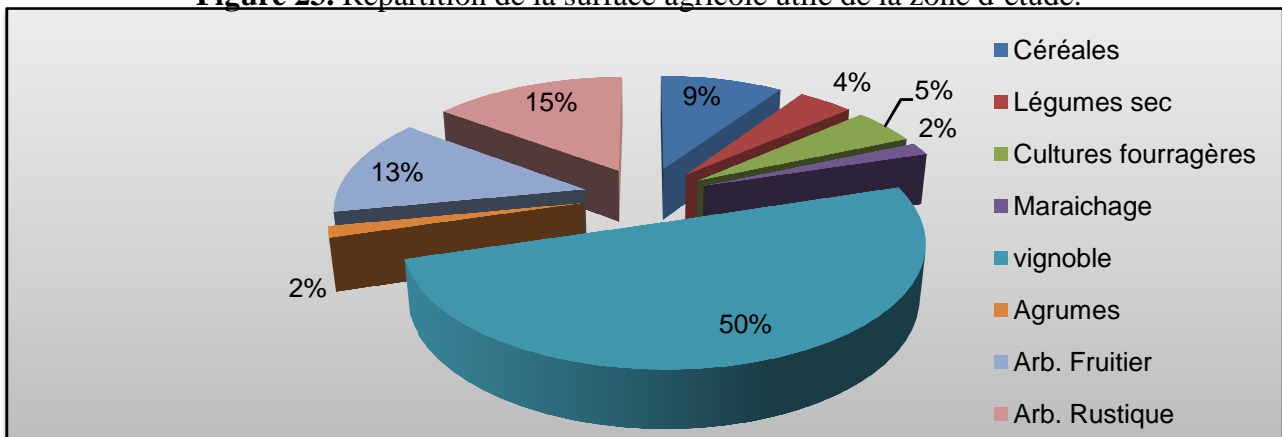
Répartition de la S.A.U

Notre zone d'étude occupe 35 % de la superficie totale. La viticulture est la plus dominante avec une superficie de 4034 ha, en 2eme position, l'arboriculture occupe une superficie de 2256.5 ha, les cultures céréalière occupe une superficie de 754 ha, 392 ha pour les cultures fourragères et une superficie de 140 ha consacrée aux cultures maraichères. (cf. tab. 15)

Tableau 15. Répartition de la SAU en ha dans notre zone d'étude.

Dispersion	Céréales	Légumes secs	Cultures fourragères	Maraichage	Vignoble	Agrumes	Arboriculture	
							Arb-fruitière	Arb-rustique
S.A.U(ha)	754	340	392	140	4037	122.5	1068.5	1188
%	9	4	5	2	50	2	13	15

Figure 23. Répartition de la surface agricole utile de la zone d'étude.



La tendance de la diversification dans la production végétale dans notre zone d'étude est vivement recherchée pour l'équilibre des revenus des ménages ruraux, cette diversification varie avec la majorité des terres conduites en mode traditionnel selon l'assolement biennal (jachère-céréales). Cela peut mener à une érosion qui peut être le résultat d'une modernisation trop hâtive de l'agriculture dans certaines régions de grandes cultures ou de vignobles.

2.3.2. L'élevage

Pour la production animale, l'élevage constitue l'activité agricole la plus répandue dans les exploitations de la commune. Au niveau des petites exploitations, l'élevage représente la caisse d'épargne des ménages. D'une manière générale, cet élevage reste encore traditionnel (extensif). Les éleveurs sont généralement des agriculteurs ne possédant que quelques ares, ce qui les pousse à pratiquer le pacage illicite. Une majorité du cheptel appartient au secteur privé.

Tableau 16. Distribution du cheptel

L'élevage	Bovins	Ovins	Caprins	Poules pondeuses	Poules de chair	Apiculture
Nombre	2184	26980	5675	34129	179100	1585

Subdivision Sidi Lakhdar 2015, W. Mostaganem

Il ressort de ce tableau que le cheptel le plus important est celui des ovins puis viendra en 2^{ème} position le cheptel caprin. Cet effectif génère la dégradation du tapis végétal, le tassement et le piétinement répétés influe sur le sol

en rendant la structure plus compacte ce qui favorise par la suite le phénomène de splash et du ruissellement.

Conclusion

La zone d'étude, d'une superficie de 158 ha, qui s'étale sur le domaine naturelle des vallées Est de la wilaya de Mostaganem En effet, la région d'étude est exposée à étage bioclimatique semi-aride frais (pluie d'hiver, sécheresse estivale).

Quand a la population elle est caractérisée par une croissance démographique moyenne au générale.

Pour assurer leurs survies, la population se base sur la pratique de l'agriculture et l'élevage comme principale activité généralise de revenue.

Tous ces activités se trouvent menacée à divers degré par la dégradation de l'environnement à travers le phénomène d'érosion qui a poussé plusieurs populations à abandonnées leurs terres en causant l'exode rurale.

Le prochain chapitre abordera la méthodologie développée pour la caractérisation de la vulnérabilité des sols.

1. Approche cartographique

Il existe plusieurs modèles pour estimer l'érosion des sols, ils se différencient en termes de complexité, d'objectif, de description des processus élémentaires et de demande en données d'entrée (Cerdan *et al.*, 2006). Généralement il n'y a pas un modèle idéal pour toutes les applications, la pertinence du modèle dépendra de l'utilisation voulue et des particularités du milieu modélisé.

Notre travail est basé sur une approche cartographique du risque d'érosion, à partir d'un modèle qualitatif qui s'appuie sur la pondération de chaque facteur avant d'effectuer leur superposition selon les facteurs disponibles.

1.1. Matériels et données utilisées

Trois moyens d'investigation ont été utilisés au cours de cette recherche :

- Analyse documentaire et préparation des données cartographiques ;
- Logiciels et matériels informatiques pour le traitement des données ;
- Et enfin, une prospection directe sur terrain en vue de répondre aux besoins de notre recherche.

1.2. Logiciels et matériels informatique

L'utilisation d'un microordinateur équipé de :

1.2.1. Données sources

Tableau 17. Données sources utilisées pour les méthodes d'estimation de la sensibilité des terres agricoles du Douar Djillali Ben Arbi à l'érosion hydrique.

Données sources	Paramètres d'entrées des modèles	Méthode d'obtention
MNT (Modèle Numérique de Terrain), format raster	Topographie (pente en degré et pourcent)	Image RASTER (résolution 30m) www.gdem.aster.ersdac.or.jp
Image satellitaire	Réseaux routiers et le réseau hydrique.	World Imagery
Image satellitaire (Imagery world)	Occupation de sol	Une prospection directe sur terrain
Echantillonnage	Carte lithologie (La friabilité)	Analyse du sol au niveau de laboratoire INSID

1.2.2. Logiciel ArcGis 10.0

C'est des logiciels servant au visionnement et à l'analyse des données géographiques sous format «shp». Ces logiciels ont été développés par la compagnie ESRI.

Ils se divisent en plusieurs sections dont voici les principales et leurs caractéristiques :

- Le "**Project**" est l'environnement de travail qui contient toutes les données, cartes, images et fichiers utilisés.
- Les "**Views**" sont des fenêtres où sont affichées les cartes, données géographiques et images.
- Les "**Tables**" sont des bases de données en format « dbf » associées aux éléments géographiques.
- La section "**Charts**" nous permet de créer des graphiques à partir des données présentes dans les tables. Les graphiques sont facilement modifiables.-
- La section "**Layout**" donne accès aux outils nécessaires pour réaliser une mise en page et un habillage de notre carte pour des fins d'impression.

Dans notre travail, avec «**ArcGIS 10.0** » on a suivi la logique des différentes sections avec les opérations nécessaires comme la digitalisation, stockage de Base de données, modification, conversion en GRI etc...

1.3. Méthodologie

L'approche utilisée pour aborder l'étude de risque d'érosion hydrique s'intéresse plutôt à l'aspect qualitatif du phénomène dans la zone d'intérêt, c'est une évaluation qui s'appuie sur la pondération de chaque facteur avant d'effectuer leur superposition. La différence globale entre tous les modèles qualitatifs utilisant l'approche SIG est dans la pondération des différents facteurs.

Les facteurs et leurs pondérations sont choisis à partir de plusieurs expériences effectuées dans la région d'étude, permettant ainsi d'établir une méthode commune.

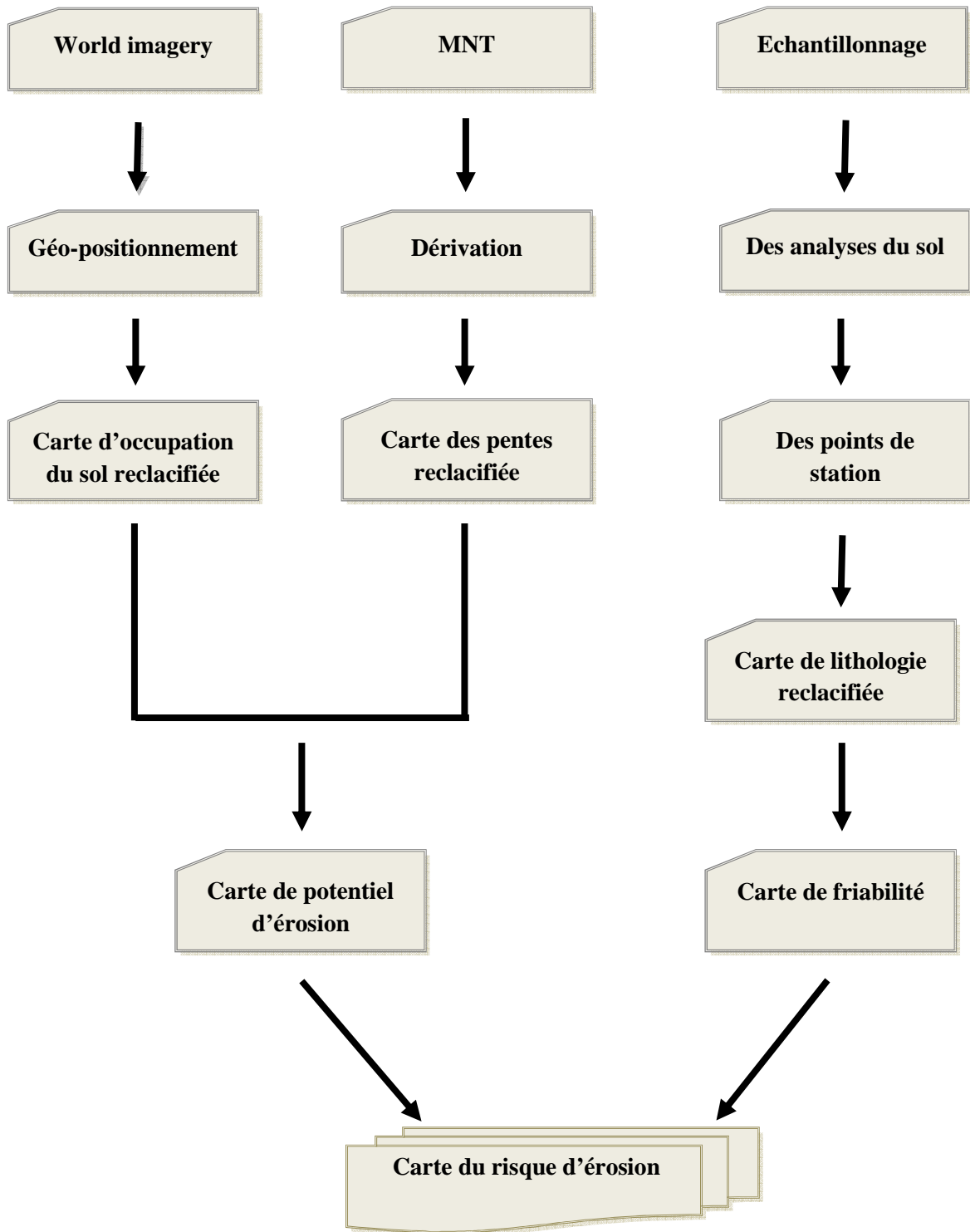


Figure 24. Organigramme de la méthodologie suivi

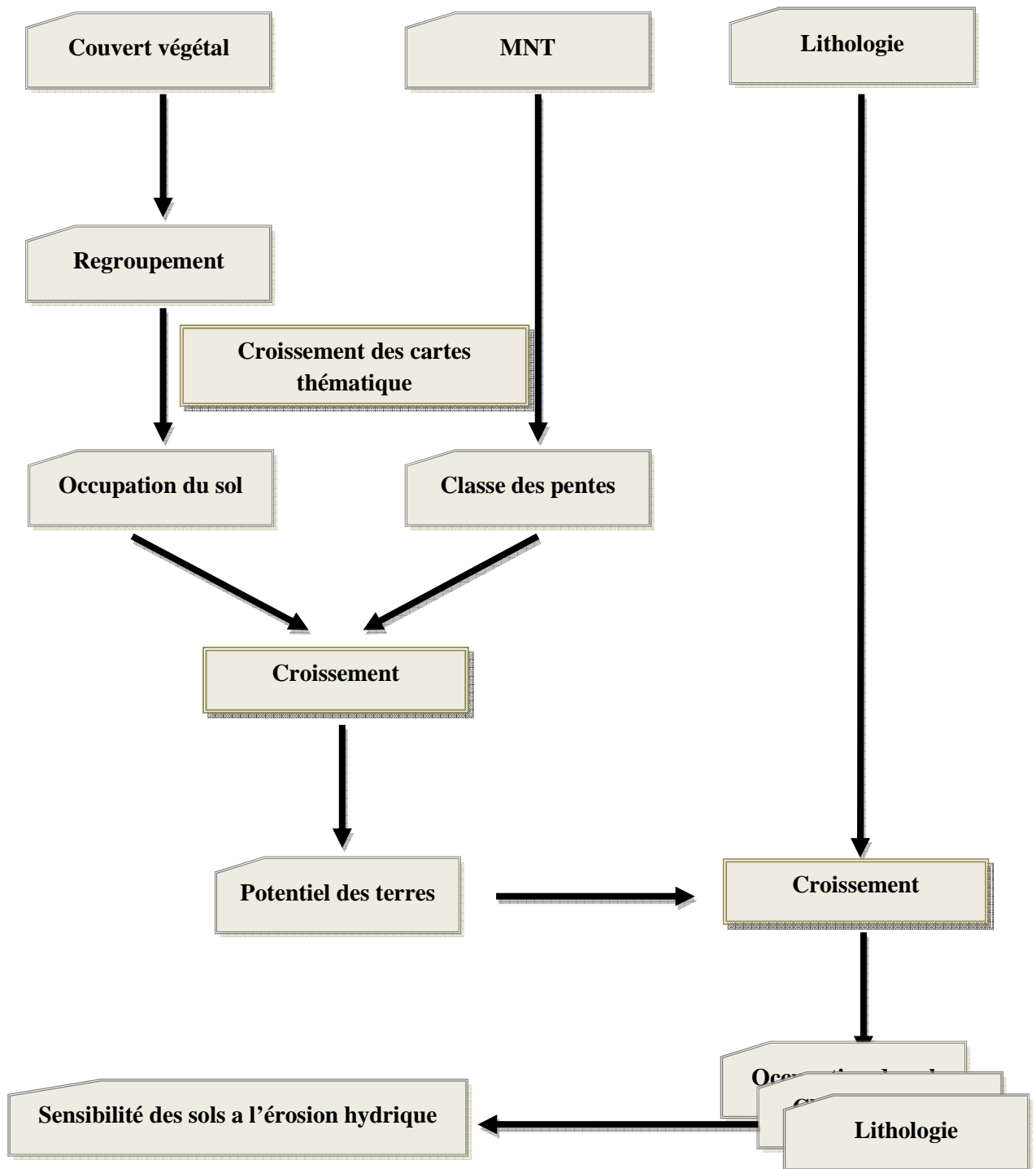


Figure 25. Elaboration des cartes thématiques

1.4. Paramètres du modèle qualitatif employé (Bachaoui, 2007)

Afin de mieux comprendre l'impact de l'érosion hydrique nous avons choisis de faire une approche descriptive qui consiste à décrire et faire une évaluation qualitative des processus d'érosion.

Les cartes thématiques sont réalisées à partir des attributions de valeurs SIG appelées géocodage, tenant compte des caractéristiques et la sensibilité de chaque classe au phénomène érosif.

1.4.1. Le facteur pente

La carte des pentes a été générée à partir du modèle numérique d'altitude MNT (résolution de 30 mètres) grâce au logiciel Arcgis 10. Pour classer les valeurs de ce paramètre, les mêmes classes que celles utilisées par Bachaoui ont été appliquées à la zone d'étude.

Pour évaluer la sensibilité à l'érosion selon la pente, les auteurs ont établi quatre classes où chacune porte une valeur SIG ; pour chaque classe de pente est assigné un indice variant entre 1 et 3 (cf. tab. 18), 1 étant affecté aux pentes faibles ($< 5^\circ$) et 4 aux pentes fortes ($> 15^\circ$).
Première classe de 1-6% correspond à un relief de plaines, aux terrasses alluviales et aux replats structuraux que l'on trouve dans la zone montagneuse ;
Deuxième classe de 6-12% représente la zone de piémont, relief de glacis, collines ;
Troisième classe de 12-20% correspond à une zone mixte qui regroupe le haut de piémont et les montagnes ;

Tableau 18. Classes de sensibilité de la pente à l'érosion.

Classe pente	Degré de risque
1% - 6%	1
6% - 12%	2
12% - 20%	3

1.4.2. Le facteur lithologique

La carte lithologique de notre site d'étude laisse apparaître une grande diversité des formations superficielles avec prédominance des sols limono-sableux issus des formations grès calcaire lumachelliques.

Selon les limites de notre zone, les classes de sensibilité pour chaque type de sol sont attribuées à partir des caractéristiques des sols et de leur sensibilité à la battance (cf. tab. 19).

La classification de sensibilité comprend, par ordre décroissant, quatre classes avec les pourcentages des surfaces du terrain.

- 1 : très fortement sensible
- 2 : fortement sensible
- 3 : moyennement sensible
- 4 : faiblement sensible

Tableau 19. Classes de la friabilité à l'érosion.

Texture de sol	Caractéristiques	Sensibilité à la battance	Sensibilité à la fissuration	Classe sensibilité
Argilo-sableux Limono-sableux		Risque élevé - limité	Aptitude nulle	1
Sablo-argileux Sablo-Argileux		Risque limité	Aptitude nulle	2
Sableux		Risque moyenne	Aptitude moyenne	3

1.4.3. Le facteur couvert végétal

À partir des images satellitaires ainsi que des mesures et des observations directes effectuées sur le terrain, une carte d'occupation du couvert végétal a été élaborée. Cinq classes ont été déterminées : les terrains cultivés, terrains nus, végétation très dense, végétation éparses ou de densité moyenne et périmètre urbain. Chaque classe est assignée à une valeur entre 1 et 4, 1 étant affecté à la classe la moins vulnérable et 4 à la classe la plus vulnérable.

Tableau 20. Classes de sensibilité du couvert végétal à l'érosion.

Couvert végétal.	Degré de risque
Agroforesterie, construction, Vigne, Arboriculture.	1
Cultures annuelles : Céréales, Agriculture extensive ou semi intensive, Terres labourables.	2
Jachère (terrain dégradé).	3
Terrain inculte et terrain nue.	4

1.5. Croisement des cartes thématiques

1.5.1. Carte du potentiel d'érosion

Pour élaborer cette carte, nous avons superposé la carte des pentes d'où ressortent trois classes avec la carte d'occupation des sols où se distinguent quatre classes en se basant sur le tableau décisionnel (cf. tab. 21). Ainsi nous avons obtenu notre carte du potentiel d'érosion qui sont quatre classes allant de la plus faible avec un indice 1 jusqu'à la plus forte avec un indice 4.

Tableau 21. Règle de décision du potentiel d'érosion.

		Classe des pentes		
		1	2	3
Classe du couvert végétal	1	1	2	3
	2	1	2	3
	3	2	3	3
	4	2	4	4

Carte de potentiel d'érosion

1.5.2. Carte du risque d'érosion

La carte de risque d'érosion s'obtient en superposant la carte du potentiel d'érosion qui comprend quatre classes et celle de la friabilité suivant la logique présentée dans le tableau décisionnel (cf. tab. 22). La carte finale de cette approche interprète quatre classes de sensibilité à l'érosion.

Tableau 22. Règle de décision du risque d'érosion.

		Classe de friabilité		
		1	2	3
Classe de potentiel d'érosion	1	1	1	1
	2	1	1	2
	3	2	2	4
	4	3	4	4

Carte de risque d'érosion

2. La méthodologie suivie pour le plan d'aménagement

2.1. Carte des zones prioritaires d'interventions

A partir de la carte de sensibilité à l'érosion, nous avons digitalisé grâce au logiciel ArcGIS10 trois classes. Tenant compte de certains critères de sélection, un indice de priorisation a été attribué à chacune d'elles selon son degré de sensibilité et à l'intérieur de chaque classe le degré de sensibilité à l'érosion n'est pas le même.

2.1.1. Zone de première priorité

➤ Installation d'une bande protectrice sur la bordure du ravin et ravine

Protection immédiate de ravin avec une plantation d'une bande sur sa longueur toute au long de la bordure. Cette bande peut servir au piégeage de l'excédent d'engrais issus des parcelles agricoles avoisinantes et pour contrer le transport des particules solides entraînées par le ruissellement. De plus elle assurera la stabilisation de la bordure du ravin grâce au système racinaire des arbres et arbustes.

➤ **Reboisement des terrains nus**

Le reboisement des sols nus qui sont fortement exposés à l'érosion et la restauration du couvert végétal dégradé par des espèces adaptées peut contribuer sensiblement à la minimisation du risque. Il permet également de diminuer l'effet du vent sur la mobilisation des sédiments transportés (MORGAN, 1990).

➤ **Choix des terrains à reboiser**

Ce sont des reboisements de protection prévus :

- Sur les terrains où aucune pratique culturale ne peut s'adapter (relief accidenté).
- En bordures des parcelles agricoles (brise vent).
- Regarni au niveau des reboisements de faible densité

➤ **La reconversion des systèmes de production**

La population locale maintient toujours la culture des céréales, donc il ne semble pas qu'il soit facile de faire une reconversion brutale à l'arboriculture fruitière. La mise en place de parcelles expérimentales et l'encouragement de ce secteur par des aides étatiques peuvent changer le comportement des agriculteurs.

L'arboriculture contrairement à la céréaliculture, sont des cultures influant positivement sur la stabilisation des sols, elle permet aussi de pratiquer des cultures intercalaires entre les arbres qui améliorent le couvert végétal du champ pendant la période des pluies. De ce fait on constate que les pratiques culturales contribuent à limiter l'érosion plus que la nature du couvert végétal.

➤ **Le paillage**

Cette technique est destinée aux parcelles de céréales où les chaumes sont épandus sur le champ après la récolte. Cette action joue un rôle primordial dans la protection contre l'érosion en évitant la destruction de la structure de l'horizon superficiel du sol, la formation de croûte de battance et le démarrage du ruissellement (GRECO, 1966).

2.1.2. Zone de deuxième priorité

➤ **Correction torrentielle**

Elle s'applique au ravinement et aux torrents, notre région d'étude est caractérisé par des terres limono-sableux et argilo-sableux, qui suite à leur dégradation ont donné des Bad-lands qui ont permis la formation de ravins profonds dont le traitement nécessite l'application des techniques culturales qui sont :

Fixer le fond et les bords du ravin par des seuils à pierre sèches (à éviter les seuils en gabion), en maille plastique, ou à l'aide d'un pneu usagé. Cette technique est efficace du fait qu'elle contribue à casser l'énergie du ruissellement et à limiter sa capacité au creusement. Elle est de plus en plus abandonnée en raison du coût élevé d'entretien.

Ensuite, dès que les sédiments atteignent 90 % du niveau définitif, il faut les fixer rapidement par des herbes basses au centre, et des espèces résistantes sur les côtés.

➤ **Cas des petites ravines**

Si la ravine n'est pas encore très développée (environ 0.50 m de profondeur sur 1m de large et où les alluvions sont faibles) et si sa pente est inférieure à 20 %, une simple correction biologique suffit ; par exemple, on peut l'effacer par le travail du sol ou la fixer par végétalisation à fort enracinement et plantation d'arbres.

2.1.3. Zone de troisième priorité

2.1.3.1. Les techniques à l'échelle parcellaire

➤ **Assolement et rotation des cultures**

Il faut choisir la culture à mettre en place selon la sensibilité des terres à l'érosion. Les cultures dont le développement est lent et qui ne couvrent le sol que partiellement sont à bannir sur les sols les plus érodables,

L'objectif de la rotation sera d'obtenir la meilleure couverture du sol pendant la période la plus longue possible et d'alterner des cultures conduisant souvent à une dégradation de la structure du sol avec des cultures structurantes.

L'objectif de l'assolement est d'alterner dans l'espace les cultures susceptibles d'érosion à l'aide de cultures assurant une bonne protection contre l'érosion afin de favoriser la ré-infiltration, de freiner les écoulements et de réduire les longueurs de pente.

L'assolement adéquat pour notre région est : blé / légumineuses.

➤ **Le labour conservatoire**

Le labour conservatoire est de plus en plus utilisé dans des systèmes d'agriculture très divers; cette technique peut s'appliquer de différentes manières, soit comme labour minimum, soit semis direct.

Le labour conservatoire contribue à augmenter, à la fois le contenu du sol en matière organique et son taux d'infiltration, réduisant ainsi les pertes d'eau par évaporation qui, à leur tour, augmentent le contenu en eau du sol et atténuent son érosion mécanique.

➤ **Demi-lunes**

La demi-lune est un ouvrage en terre compactée ou en pierres en forme de demi-cercle avec des ouvertures perpendiculaires au sens d'écoulement des eaux et une disposition en quinconce. La technique des demi-lunes vise à récupérer des terres dégradées, dénudées et encroûtées à des fins agricoles, pastorales ou forestières.

Les demi-lunes réduisent la vitesse de ruissellement des eaux et contribuent à une meilleure valorisation de ces dernières. Par contre, en cas de fortes pluies, les demi-lunes en terre ne sont pas appropriées.

➤ **Cultures intercalaires**

Les systèmes de cultures intercalaires (SCI) sont des techniques qui consistent en la plantation de rangées d'arbres largement espacées les unes des autres de façon à pouvoir allouer les bandes intercalaires à des plantes cultivées.

La strate herbacée permet de diminuer le ruissellement et de piéger les sédiments, les systèmes racinaires des arbres ont un rôle de premier plan dans la lutte contre l'érosion

hydrique des sols (KOHLI et al., 2008, in SIMARD., 2011). Elle assure une augmentation des rendements agricoles et la diversification de la production dans le temps et l'espace.

➤ **Apport de fertilisants**

L'apport de matières organiques aux champs a trois effets majeurs :

La restauration de l'activité biologique,

L'amélioration de la fertilité par l'apport d'éléments nutritifs,

Une meilleure structure du sol grâce à l'augmentation de la matière organique,

Ces effets facilitent la croissance des cultures et augmentent les rendements.

L'application régulière de fumier et/ou de compost en quantité suffisante contribue à l'intensification de l'agriculture et réduit ainsi le besoin d'agrandissement des surfaces cultivées.

2.1.3.2. Mesures inter-parcellaires

➤ **Les clôtures en haies vives**

Ce sont des plantations serrées réalisées en courbe de niveau, composées d'arbres et d'arbustes, avec une bonne implantation et des ramifications importantes dès la base (haies fermées), leurs dimension est de 50 cm de dénivelée sur une bande de 1 mètre de largeur.

Elles jouent un rôle antiérosif important bien qu'elles soient destinées prioritairement à délimiter les parcelles, piégeage des sédiments, à protéger les vergers contre les animaux et à produire du fourrage ou des fruits. (Oputinia, Aleo vira,..)

➤ **Les cordons en pierres sèches**

Ce sont des obstacles inter parcellaire constitués d'accumulation des pierres sèches (sans ciment ni enduit) déposées en lignes selon les courbes de niveau. Leur dimension est modeste (entre 20 à 50 cm de haut et de 40 à 80 cm de large). Progressivement ces cordons se colmatent jusqu'à leur sommet, formant ainsi des terrasses qui favorisent le développement du couvert végétal.

2.1.3.3. Les bandes enherbées

En augmentant la rugosité de surface, ces dispositifs facilitent la micro-rétention locale, l'infiltration et la sédimentation. Les bandes enherbées (largeur minimum de 5 mètres) sont très développées en bordures de cours d'eau et entre les parcelles. Elles sont aussi efficaces lorsqu'ils sont positionnés à la perpendiculaire des écoulements (frein hydraulique), ou encore sur les chemins préférentiels de l'eau (évite l'incision et ralentit les écoulements). Ce sont des bandes de cultures pérennes (espèces fourragères, etc.) plantées en courbes de niveau afin de fractionner la longueur de la pente et diminuer ainsi l'énergie générée par les ruissellements qui arrachent les particules des sols (STITI, 2009).

2.2. Carte d'aménagement

L'aménagement antiérosif comporte à la fois des mesures de conservation des sols sur le plan préventif et des procédés de lutte contre l'érosion de manière curative. Les mesures de conservations des sols visent à atténuer l'ablation des horizons pédologique afin d'assurer une production agricole rentable et pérenne. Alors que les procédés de lutte contre l'érosion ont pour objet essentiel la perte des terres agricoles par la suite la diminution de la productivité.

Après la réalisation de la première phase de l'étude concernant la cartographie de l'érosion et l'élaboration des différentes classes de sensibilité, au niveau des terres agricoles du Douar Djilali Ben Larbi, nous entamons la seconde phase qui consiste à élaborer un plan d'aménagement relatif au contrôle des processus d'érosion dans cette zone, en s'appuyant sur la formulation des stratégies et politiques de lutte antiérosifs qui permettent d'atténuer et mieux contrôler les processus d'érosion afin d'améliorer l'utilisation des terres, rationaliser l'exploitation des ressources en terres et améliorer les conditions de vie des populations locales.

CHAPITRE V:

Approche méthodologique.

CHAPITRE 06 :
Résultats et discussion.

1. Résultats

1.1. Les formes d'érosion observées dans la zone d'étude.

Les différents signes visibles de l'érosion hydrique au niveau de notre zone d'étude, montrent l'intensité de cette érosion due à la conjugaison de nombreux facteurs:

Lithologiques : un substratum tendre facilement érodable (grés) ;

Climatologiques : la violence des orages de fréquence décennale et l'irrégularité des précipitations ;

Topographiques /pente modelé.

Écologiques : la dégradation de la couverture végétale (surpâturage) puis des sols provoque une intensification du ruissellement et du ravinement.

L'importance de cette érosion se traduit par ses divers signes visibles :

Erosion diffuse

Existe partout dans notre zone d'étude, elle est manifestement présente par le blanchissement du sol, En effet, sur les terrains seul la couche superficielle est érodée.

Erosion en rigole

Elle touche des terrains très vastes éparpillés sur toute la zone, l'érosion en rigole montre sur les terrains des petits ruissellements marquant par leur présence une richesse en gros cailloux, les zones attaquées par cette forme d'érosion sont facilement distinguées, localisées sur des pentes peu accentuées avec une végétation peu dégradée.

Erosion en ravine

Dans notre zone, le creusement de la surface topographique par de nombreux thalwegs à flancs raides en taillant des matériaux meubles définit l'érosion en ravines

La zone présente des différences de teinte, ceci est dû à la diversification des formations lithologiques.

En effet, cette forme d'érosion répartit juste dans des coins de notre zone d'étude, elle est présentée sur des terres nues et des pentes prononcées.

Les ravins

Les ravins sont plus profonds que les ravines, presque 2m de profondeur.

Ces observations ont été faites tant sur des parcelles à couvert nu ou bien faible que sur des parcelles à couvert dense. Les cultures en sec sont plus vulnérables à l'érosion mais sont peu représentées en surface. Les cultures situées sur substrats calcaires ou limoneux génèrent localement des ravines produisant beaucoup d'érosion (cf. fig. 26).

Tous ces processus sont très discontinus dans le temps et dans l'espace. Pour avoir une vue correcte et globale des risques d'érosion et évaluer l'origine des différents sédiments érodés, il faut étudier ce phénomène à différentes échelles spatiales des terres agricoles.

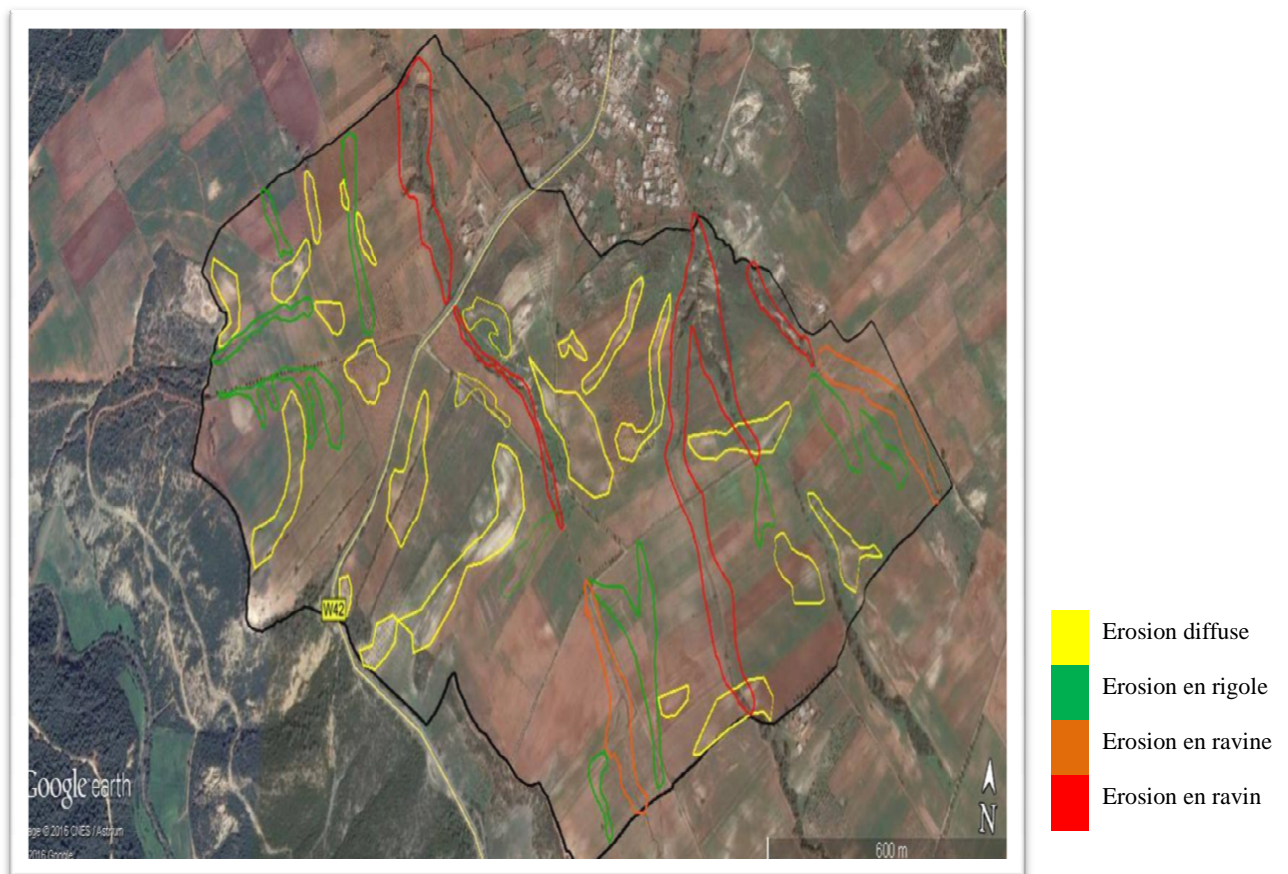


Figure 26. les formes d'érosion hydrique observées dans notre zone d'étude.

Extrait d'image satellitaire de Google earth pro.

1.2. Cartographie du risque d'érosion

Plusieurs auteurs affirment que les différents facteurs qui conditionnent l'érosion n'ont pas le même effet sur la quantité de terre érodée. Wischmeier et Smith (1978) ont attribué une plus grande importance au facteur topographique LS relativement aux autres facteurs (K : érodibilité des sols, C : occupation et utilisation des terres et P : pratiques de conservation), par contre selon Roose et *al.* (1993), la pente n'a pas une aussi grande importance sur les sols de la région méditerranéenne, c'est la lithologie et le type du sol qui joue un rôle déterminant dans le phénomène d'érosion.

1.2.1. Évaluation qualitatif de l'érosion hydrique

L'approche utilisée pour l'application du modèle qualitatif sur l'ensemble de notre secteur d'étude est une évaluation qui s'appuie sur la pondération de chaque facteur avant d'effectuer leur superposition. On tenant compte du modèle Bachaoui *et al* (2007), nous avons classé les différents facteurs en fonction des données disponibles à notre niveau.

1.2.1.1. Carte de sensibilité selon la pente

Tableau 23. Sensibilité à l'érosion selon les classes des pentes.

			Surface occupée	
Degré de pente (°)	indice attribué	Sensibilité	Ha	%
0 – 5	1	Faible	67	42
5_15	2	Moyenne	58	37
15-35	3	Elevée	33	21

D'après le tableau ci-dessus on constate que 42% de la surface totale notre zone d'étude ont une sensibilité faible à moyenne soit une superficie de 67Ha. Les deux classes sont réparties d'une façon presque homogène (cf. fig. 27). La classe moyenne occupe 37% soit une superficie de 58Ha, se localise dans la partie nord, ouest et sud- Est mélangé avec la classe élevé (21%). Presque la moitié de notre zone d'étude à la sensibilité faible soit une superficie de 67Ha et se concentre essentiellement dans le sud de notre zone d'étude.

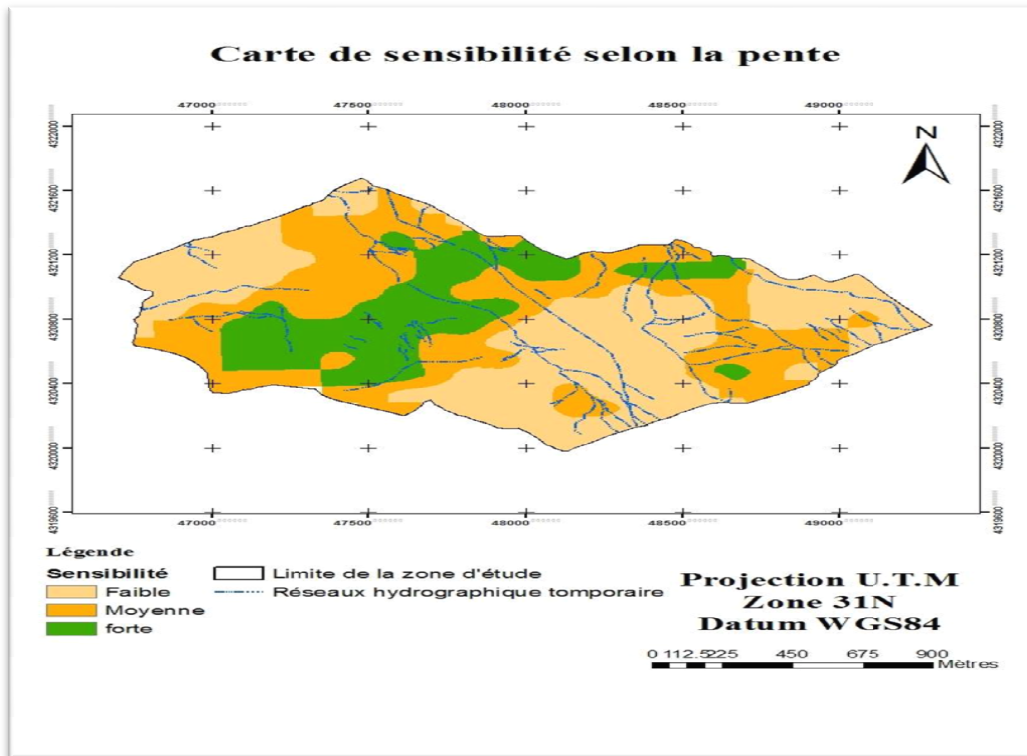


Figure 27. Carte de sensibilité selon le degré de la pente.

1.2.1.2. Carte de sensibilité selon le couvert végétal

La couverture végétale contrôle fortement l'érosion. Elle joue généralement un rôle protecteur (Soutter, 2007). Sur fortes pentes, une couverture végétale naturelle d'une densité supérieure ou égale à 40% peut considérablement réduire les pertes de sol (Roose et al., 1993 ; Roose et Arabi, 1994 ; Garcia-Ruiz et al., 1996).

Par ailleurs, dans de nombreux pays, le défrichement au profit de l'agriculture a transformé le débit des rivières en torrent en saison pluvieuse et l'a réduit à un filet d'eau en saison sèche. (FAO 1977).

Tableau 24. Sensibilité à l'érosion selon l'occupation et indice attribués

Occupation	indice attribué	Sensibilité	Surface occupée	
			Ha	%
Culture intercale, viticulture, construction.	1	Faible	47	29
Céréales, culture cultivé	2	Moyenne	54	34
Jachères	3	Elevée	31	20
Terrain inculte, terrain nue	4	T. élevée	26	17

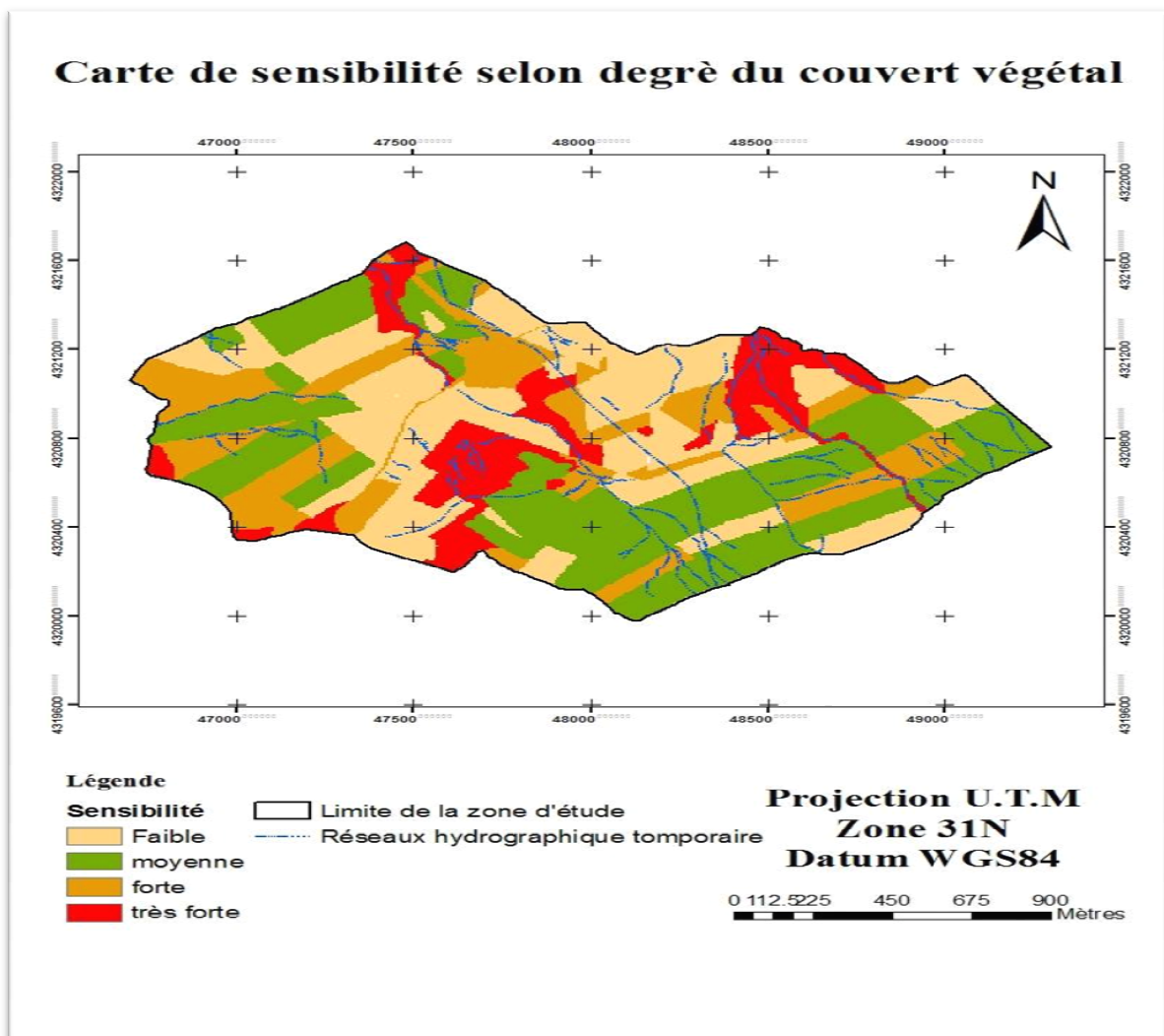


Figure 28. Carte de sensibilité selon la végétation.

D'après le modèle utilisé, il se dégage quatre classes de sensibilité :

Faible (29%), Moyenne (34%), Elevée (20%), Très élevée (17%).

Les deux première classes se répartie presque dans toute la zone d'étude, alors que la troisième classe occupe juste des petites parties tout au long de notre site, a l'exception d'une superficie de la quatrième classe qui se localise au nord. (cf. fig. 28)

1.2.1.3. Carte de friabilité

Demmak (1984), a montré qu'au niveau des sols algérien il existe une étroite relation entre le type de roche, les formes d'érosion, et le transport de sédiment. Là où il y a présence des roches marneuse et argileuse on peut trouver des pentes relativement modéré, des activités humaine intense, une végétation peut dense et des transports abondant du sédiment. (Heusch, 1970).

Tableau 25. Sensibilité à l'érosion selon la lithologie

Texture	indice attribué	Friabilité	Surface occupée	
			Ha	%
Sableux	1	Matériaux moyennement Résistants	25	16
Sablo-limoneux, Sablo-argileux	2	Matériaux vulnérables	119	75
Argile, limon léger	3	Matériaux très vulnérables	14	9

Trois classes lithologiques sont représentées sur la zone d'étude (cf. tab. 25), chacune d'elle est classée selon un indice d'érodibilité s'appuyant sur les valeurs de référence établie par Bachaoui et *al* (2007).

Les résultats obtenus montrent que la classe à sensibilité très élevée occupe 9 % de la superficie totale, elle se localise dans la partie nord-est et sud-ouest du notre zone d'étude.

Selon Chebbani et al (1999) les sols argileux lorsqu'ils sont secs, restent non érodibles mais, dès qu'ils atteignent une certaine humidité, leur sensibilité au détachement et au ruissellement augmente (cf. fig. 29).

La classe à sensibilité faible occupe 16% de la superficie totale.

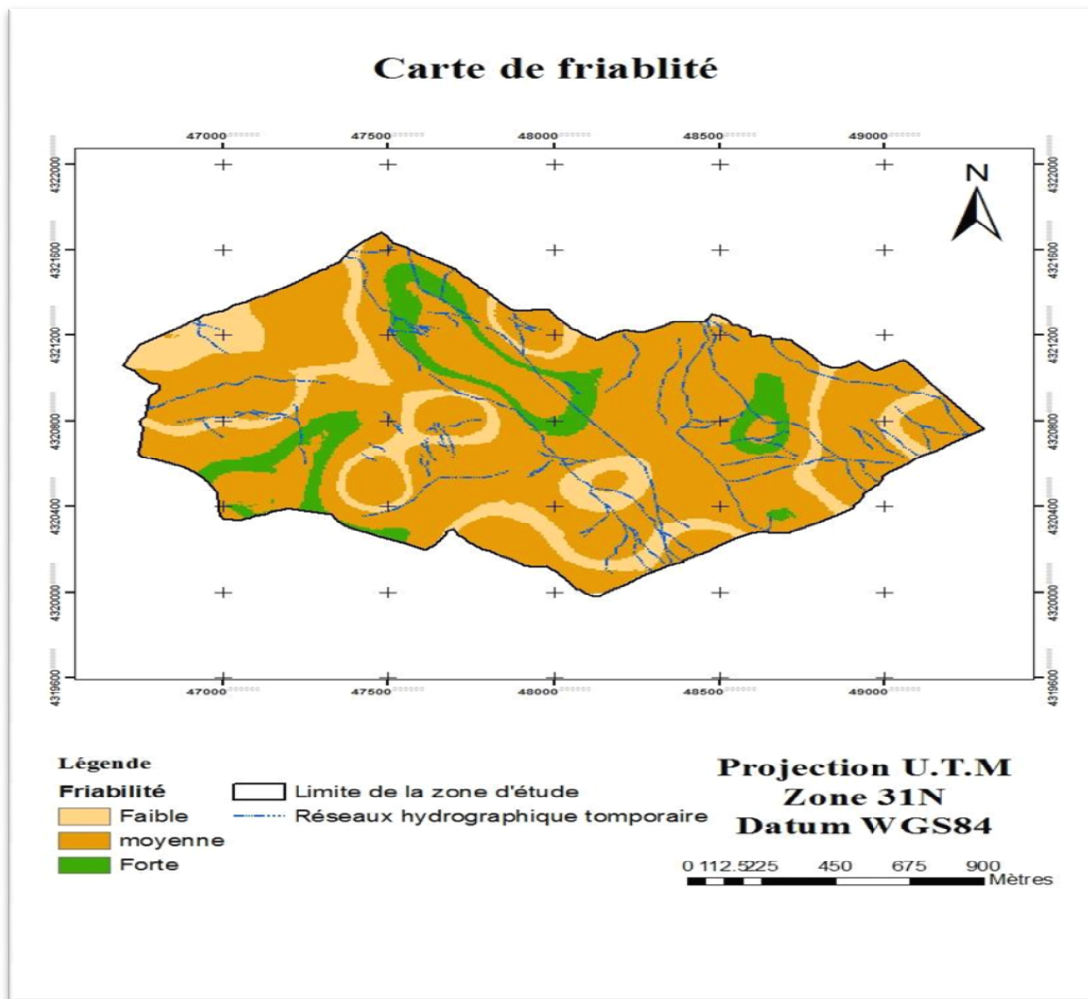


Figure 29. Carte de sensibilité selon la friabilité

1.2.1.4. Carte du potentiel d'érosion

Elle a été réalisée à l'aide de la règle de décision pour le potentiel d'érosion, comme on l'a déjà expliqué dans le chapitre matériel et méthode. Le résultat donne quatre classes de sensibilité qui sont les suivantes (cf. tab. 26):

Faible (43%), Moyenne (33%), Elevée (13%), Très élevée (11%). la première et la deuxième classe sont réparties uniformément sur toute la zone, avec une pente générale faible à moyenne accompagnée d'activité agricole très importante qui est d'une sensibilité moyenne au phénomène d'érosion. Concernant la troisième classe, elle est localisée nord et sud-ouest de la zone. Quant à la dernière classe, elle n'est pas très significative avec 11% elle est localisée à côté de grand ravin de notre zone d'étude (cf. fig 30).

Tableau 26. Classes de sensibilité selon le potentiel d'érosion.

Indice attribué	Sensibilité	Surface occupée	
		Ha	%
1	Faible	67	43
2	Moyenne	52	33
3	Elevée	21	13
4	T. élevée	18	11

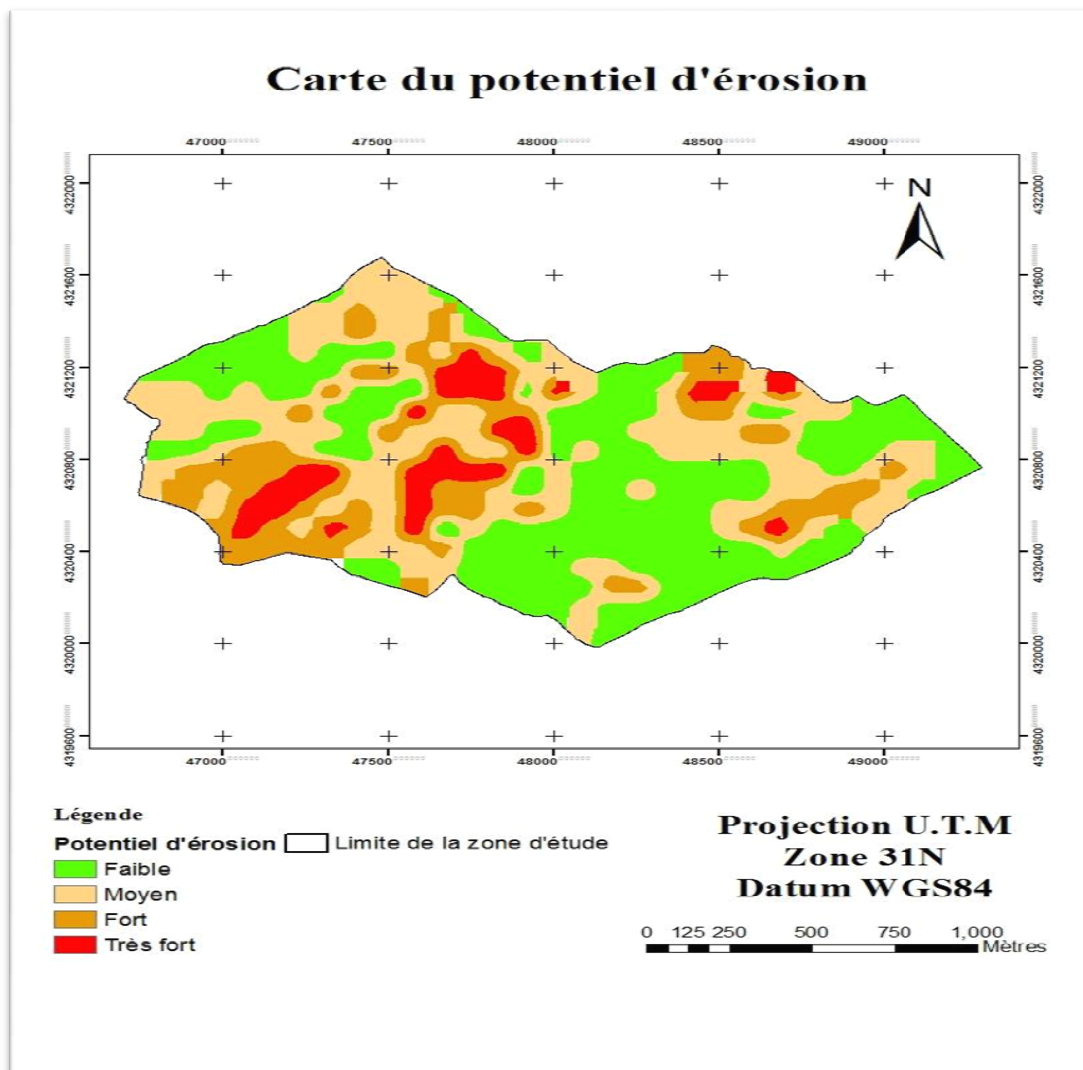


Figure 30. Carte du potentiel d'érosion.

1.2.1.5. Carte des risques d'érosion

On utilisant la règle de décision pour le risque d'érosion, comme nous l'avons déjà expliqué dans le chapitre matériels et méthode, nous avons réalisé la carte du risque d'érosion, avec quatre classes de sensibilité qui sont les suivantes :

Faible (39%), Moyenne (31%), Elevée (17%), Très élevée (13%) (cf. TAB. 27).

Ces résultats montrent que la vulnérabilité de notre zone d'étude à l'érosion est principalement influencée par la nature du sol qu'est principalement présenté par les limons et par le couvert végétal peu dense, nous remarquons donc que la majorité de notre zone d'étude est confronté au problème de l'érosion avec un degré faible à moyenne. Nous remarquons aussi au niveau de la partie nord-ouest et sud est de notre zone qu'est constitué de sol à texture limono léger-sableux est d'une pente moyenne à l'extrême sud-est est d'une sensibilité fort à cause du couvert végétale à faible densité qui rend les sols plus vulnérable à ce phénomène. Quant à la classe à sensibilité très élevé on la rencontre spécialement sur les sol à forte pente et terrain nue, ainsi elle se localise d'une manière hiérarchique là où le couvert végétal est faible (cf. fig. 31).

Tableau 27. Classes de sensibilité selon le risque d'érosion

Indice attribué	Sensibilité	Surface occupée	
		Ha	%
1	Faible	62	39
2	Moyenne	49	31
3	Elevée	26	17
4	T. élevée	21	13

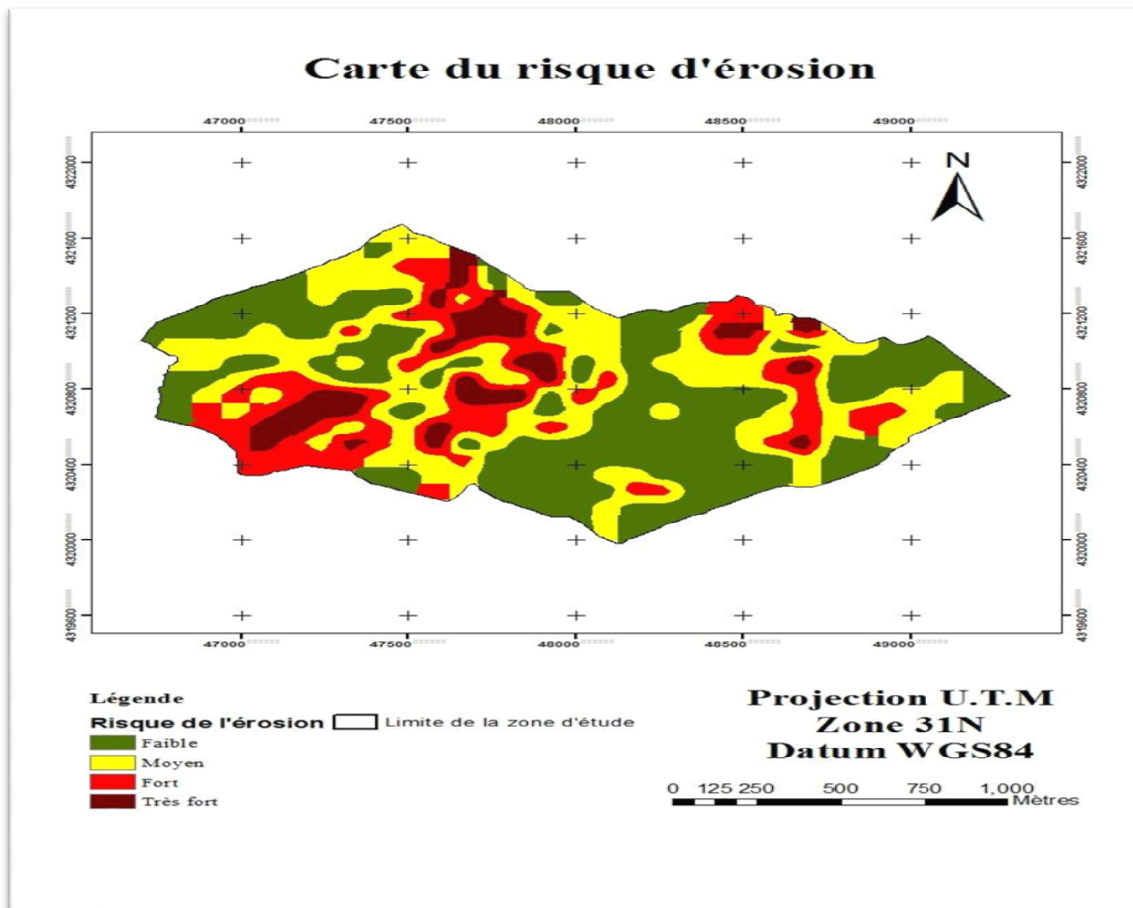


Figure 31. Carte du risque d'érosion

1.3.La méthodologie suivie pour le plan d'aménagement

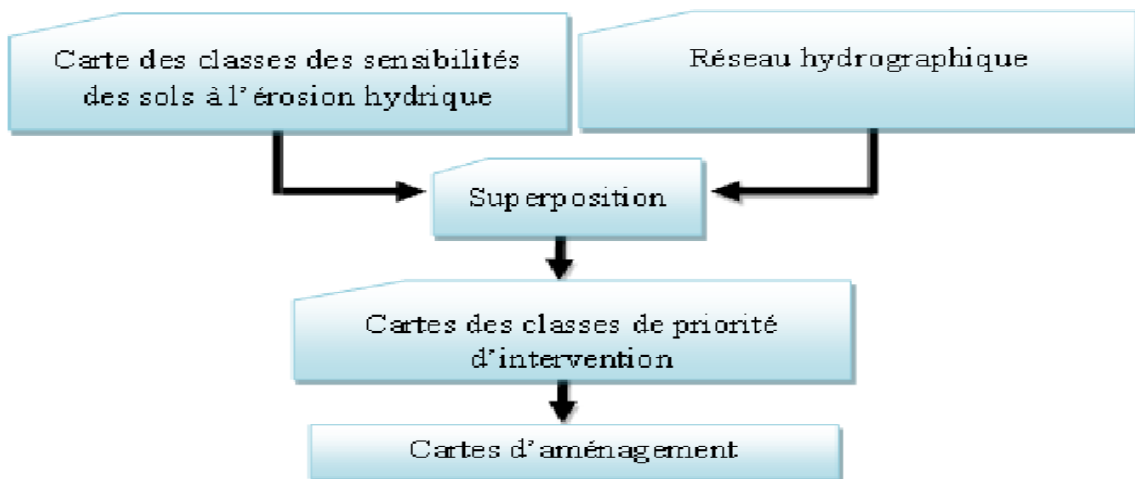


Figure 32. Organigramme de la méthodologie suivie pour le plan d'aménagement.

1.3.1. Carte des zones prioritaires d'intervention

Détermination de l'ordre des zones prioritaires

- Zone de priorité 1
- Zone de priorité 2
- Zone de priorité 3

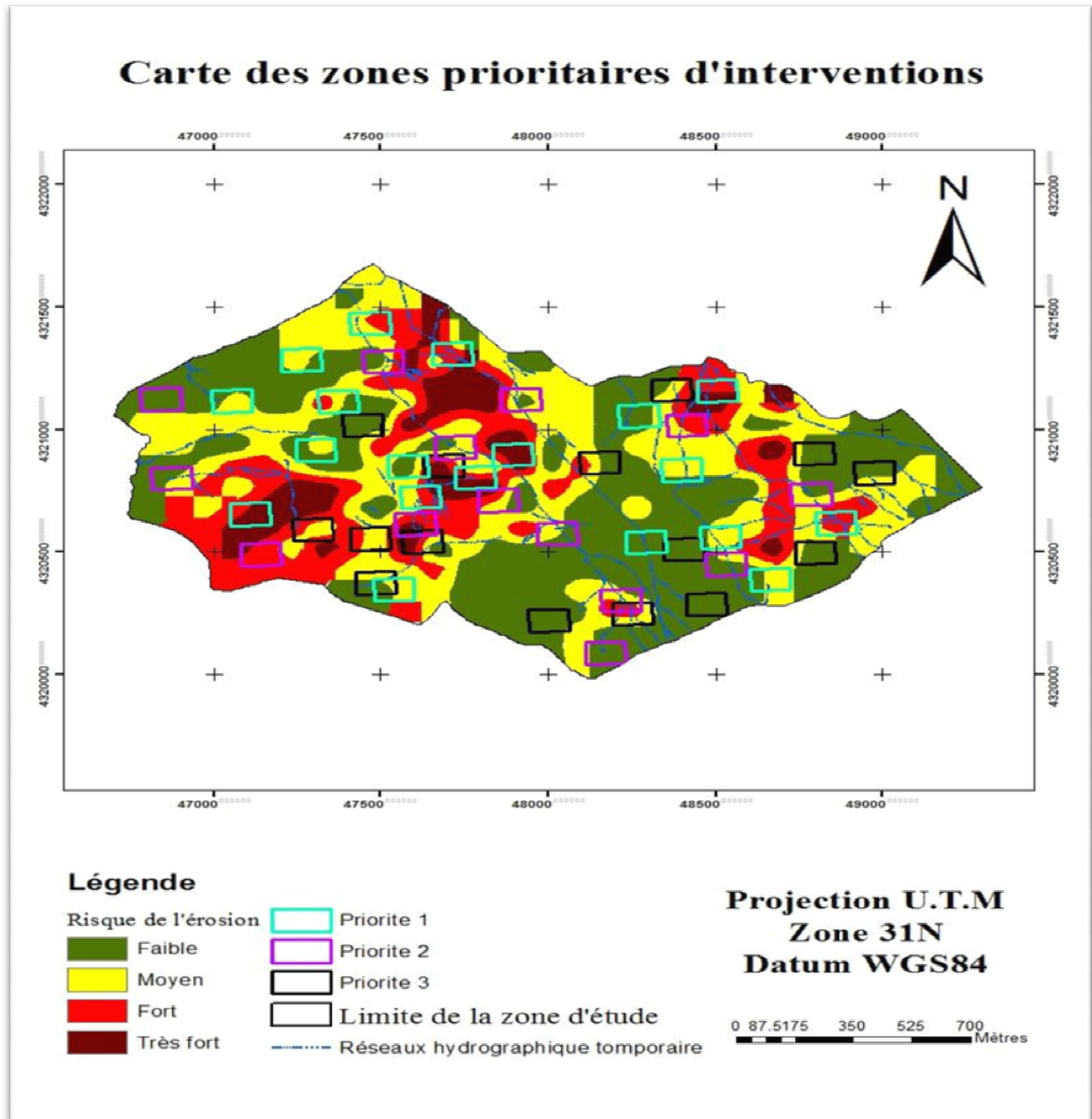


Figure 33. Carte des classes de priorité d'intervention

1.3.2. Carte d'aménagement

Afin de réaliser la carte d'aménagement, nous avons utilisé les cartes suivantes :

- Carte du réseau hydrographique de la zone d'étude dressée à l'échelle 1/100000, projection UTM zone 31.
- Cartes de risque d'érosion de la région d'étude, dressée à l'échelle 1/100000, projection UTM zone 31.

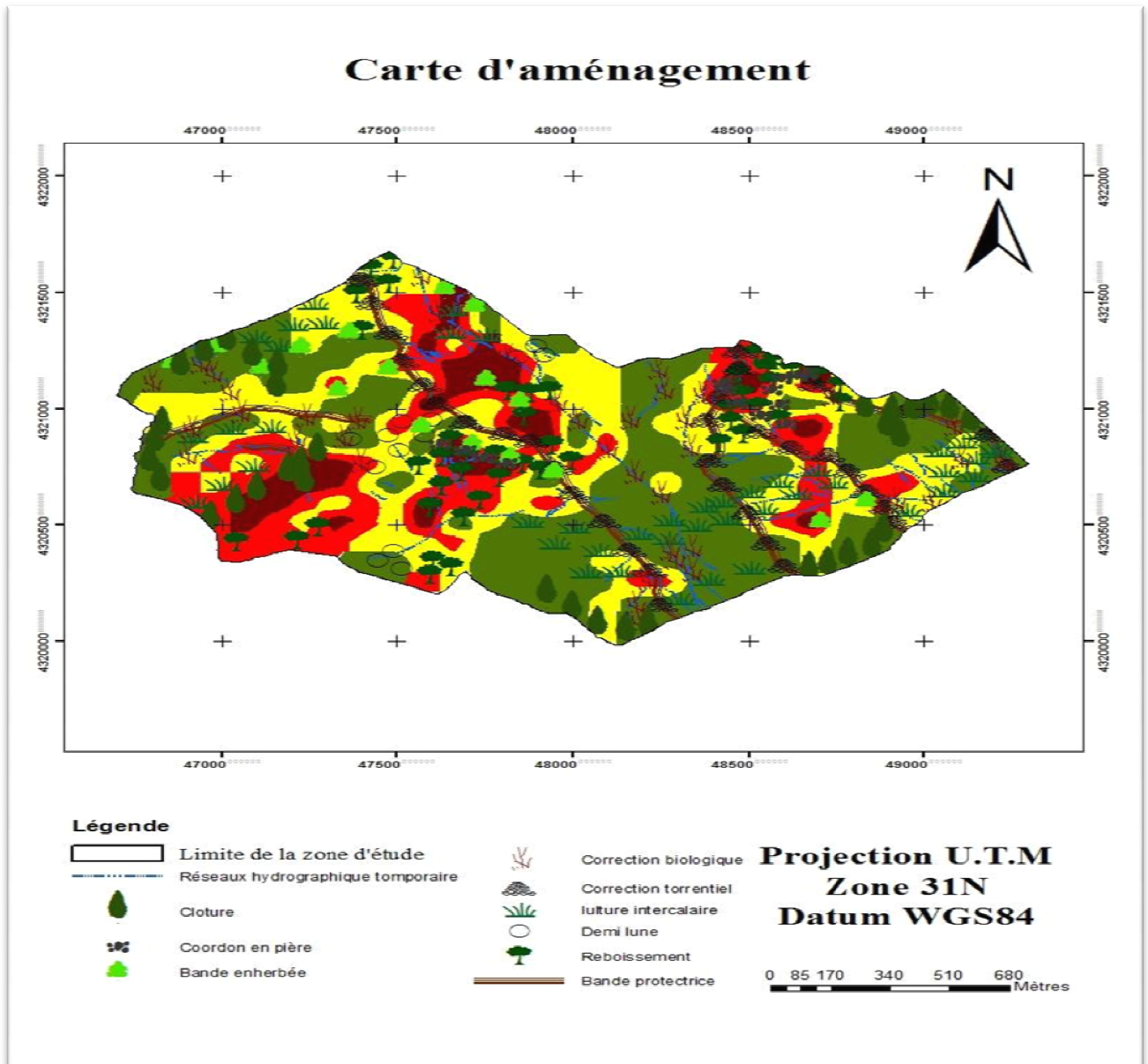


Figure 34. Cartes d'aménagement

2. Discussion

La méthode suivie mesure l'érosion d'une manière qualitative en évaluant trois paramètres qui conditionnent l'érosion, la végétation, la friabilité du sol et les classes de pente par le biais d'un SIG.

Le croisement de la pente avec celle du couvert végétal, suivant la règle de décision mentionnée dans le Tableau 24, a abouti à la carte de potentiel d'érosion. Cette dernière comprend quatre classes : Faible (43%), Moyenne (33%), Elevée (13%), Très élevée (11%). La zone à potentiel érosif faible, moyen et élevée se caractérise par des pentes correspondant aux classes faible, moyenne et élevée accompagnées d'un couvert végétal généralement de sensibilité élevée, quand à celle du potentiel très élevée elle correspond au couvert végétal nul. Cela signifie que les terrains les plus exposés à l'érosion hydrique sont ceux situés sur une pente moyenne (de 5 à 15°) et un couvert végétal de nature agricole.

Par la suite, nous avons combiné la carte du potentiel érosif avec la carte de friabilité, selon la règle de décision présenté dans le tableau 25, pour obtenir la carte du risque d'érosion. Cette dernière comprend quatre classes de risque : Faible (39%), Moyenne (31%), Elevée (17%), T. élevée (13%). Nous remarquons que la superficie occupée par les deux dernier classes sont d'une superficie très proche elles occupent 30% de la surface totale de notre zone d'étude, elle est répartie sur les matériaux fortement vulnérable sur une pente généralement forte. La classe de risque d'érosion faible occupe la plus grande superficie avec 39 %, cette répartition à une relation directe avec les matériaux parentaux qui sont moyennement vulnérables à l'érosion hydrique associés à des pentes moyenne (de 5° à 15°).

En effet le risque devient élevée sur les matériaux très érodable associés à des pentes faibles, ce qui est confirmé par une analyse de la FAO (1994), le phénomène d'érosion est aussi visible sur des pentes douces.

D'autre part, ce genre d'approche est sujet à des reproches parmi lesquelles on peut citer le caractère arbitraire des limites et du nombre de classes choisies et des combinaisons des différents facteurs (leur pondération) qui conditionnent les résultats, ainsi que l'attribution arbitraire des classes de risque. De plus, la classification des facteurs engendre une perte d'information (Morgan, 1995 in Van der Knijff et *al.*, 2000). Et enfin, l'interprétation des différentes classes qualitatives obtenues n'est pas évidente (Van der knijff et *al.*, 2000).

Conclusion

La présente étude expose les résultats d'application d'un modèle qualitatif pour l'estimation du risque potentiel de l'érosion hydrique à l'aide d'un système d'information géographique dans les terres agricoles de piémonts de Dahra, région Sidi Lakhdar.

L'approche cartographique utilisée a permis, d'une part, l'identification des facteurs qui influencent le plus l'érosion dans notre zone d'étude (topographie, lithologie, nature du couvert végétal) et d'autre part, la combinaison de ces différents facteurs pour aboutir à cartographier les niveaux de vulnérabilité du sol.

Ainsi, quatre classes de vulnérabilité ont été dégagées : très forte, forte, moyenne et faible.

La combinaison a révélé que 283670.98 m², soit 24% de la superficie totale, sont fortement affectées par l'érosion hydrique (regroupant les classes très fortes et fortes), 327312.66 m² (27%) sont moyennement affectées et 581889.19 m² (49%) faiblement affectées.

De cette évaluation, il en résulte que notre zone d'étude est moyennement exposée aux risques d'érosion ce qui peut induire une perte des terres annuelle, cela nécessite une intervention rapide avant que la situation se détériore.

Cette situation est le résultat des contraintes physiques et hydro-climatiques suivantes:

- Des précipitations agressives et des régimes hydrauliques irréguliers
- Une lithologie assez sensible à l'érosion avec une formation superficielle constituée de limons.
- Une couverture végétale clairsemée ou absente.
- Une population locale indifférente à ces formes de dégradation et qui, par endroits, a contribué, elle-même, d'une manière directe ou indirecte à son accentuation par des pratiques et des occupations inappropriés.

Avec des pratiques agricoles inappropriées sur des terres agricoles pauvres et sensibles à toute forme de dégradation et plus particulièrement physique due à l'érosion hydrique, ces activités se trouvent menacées à divers degrés poussant les populations à abandonner leurs terres et à rejoindre d'autres secteurs économiques justifiant un exode rural important.

Après avoir étudié l'état de dégradation des terres agricoles dans la zone d'étude sur presque tous les volets et afin de lutter contre le phénomène de l'érosion hydrique, des solutions ont été envisagées à travers un plan d'aménagement sur les terres agricoles avec des perspectives d'amélioration des potentialités de production.

Les propositions concernent parfois des actions mécaniques ou biologiques et/ou les deux à la fois selon les situations et des systèmes de pratiques agricoles afin d'avoir une couverture végétale permanente.

Le sol est un patrimoine non renouvelable qu'il faut absolument protéger afin de le conserver en état de produire assez et sainement pour les générations futures.

Annexe 01

Illustration de l'état de dégradation de notre zone d'étude



Photo 01.



Photo 02.



Photo 03.



Photo 04.



Photo 05. Griffe non traitée -> Rigole



Photo 06. Rigole non traitée -> Ravine



Photo 07.



Photo 08.



Photo 09.



Photo 10.

Annexe 02 Les différentes formes de l'érosion hydrique dans notre zone d'étude



Photos A. Harrath, 2016

Photo 01. Erosion diffuse



Photos A. Harrath, 2016

Photo 02. Rigole non traitée -> Ravine



Photos Y. A. Harrath, 2016

Photo 03. Croute de battance



Photos A. Harrath, 2016

Photo 04. Rigole



Photos A. Harrath, 2016

Photo 05. Un ravin



Photos A. Harrath, 2016

Photo 06. Une ravine

Planche 02.

Références bibliographiques

- Abdelouahab Saliha et al 2012** - vulnérabilité des sols forestiers aux incendies. Étude des caractères physico-chimique des sols de la forêt (djaafra cheraga) commune d'Ain e! hadjar - de la wilaya de Saïda (Algérie) thèse d'ingénieur en biologie université de Saida. P 66.
- Arabi, M. (1991)**. Intensification de l'agriculture en Algérie, contraintes et espoirs. Actes du colloque sur l'érosion des sols et l'envasement des barrages, Alger
- Aubert G & Monjauze A., 1946** – Observation sur quelques sols de l'oranie Nord-Occidentale- Influence du déboisement, de l'érosion sur leur évolution (I) Compte- rendu du sommaire des séances de la société de biogéographie, t. 23, no199. p.44 – 51.
- Auzet et al. 1998 ; king et Le Bissonnais, 1992-** livre de gestion durable des sols par laêtitiaciteau p.30.
- 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. Télédétection 7 (1-2-3-4) : 394-404.
- Baigorria, G. A. and romero, C. C. (2007)**.Assessment of erosion hotspots in a watershed : Integrating the WEPP model and GIS in a case study in the Peruvian Andes. Environnemental Modelling& Software, vol. 22, p. 1175-1183.
- Batti, A. (2005)**. Spatialisation des pluies extrêmes et cartographie de l'aléa érosion dessols dans les bassins en amont du lagon St-Gilles. Stage de master, Institut de recherche et développement, Nouméa, p.55.
- Benabdelli K., 1996** : Aspects physionomique-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.
- Benaissa (1998) et Benaissa et Bellouche (1999)** IN Aménagement des bassins versants dans la wilaya de Tissemsilt thèse Master académique Biodiversité et conservation des écosystèmes forestiers Université Ibn Khaldoun de Tiaret. P.9.
- Benchetrit M., 1972:** l'érosion actuelle et ses conséquences sur l'aménagement en Algérie, Presses universitaires de France, Paris.
- Bhuyan, S. J., Kalita, P.K., Janssen, K. A. and Barnes, P. L. (2002)**.Soil loss preditions with three erosion simulation models.EnvironmentalModelling& Software, vol. 17, p. 137-146.
- Biko Mbouma Bassoglog 2012** utilisation d'un système d'information géographique et de l'équation universelle de perte en terre pour prédire le risque d'érosion pluviale dans une monoculture de bananier (musa sapienthum) Université De Dschang - Ingénieur Agronome p122.
- Boiffin J., 1984** : La dégradation structurale des couches superficielles du sol sous l'action des pluies, Thèse pour le titre de Docteur ingénieur, Sciences Agronomiques, INA-PG, Paris Grignon, 320 p + annexes.
- 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.
- Brimicombe A., 2010**, GIS Environmental Modelling and Engineering, Taylor & Francis 11.

Références bibliographiques

- Casenave A, Valentin C. (1992)** - A runoff capability classification system based on surface features criteria in semi-arid areas of West Africa. *J Hydrol*; 130: 231-249
- Cerdan O., Le Bissonnais Y., Souchere V., King C., Antoni V., Surdyk N., Dubus I., Arrouays D., Desprats JF., 2006** - Guide méthodologique pour un zonage départemental de l'érosion des sols. *Rapport n°3 : Synthèse et recommandations générales . Rapport BRGM-RP-55104-FR, 85 pp., 24 ill.*
- Chebbani R., Belaidi S ., 1997** - Eude de la dynamique de ravinement suivi expérimental de deux couples de ravins près de Tlemcen (Algérie). *Cah. O.R.S.T.O.M, Bulletin réseau érosion* 17 pages :152-160.
- Chebbani R., Djilli D. et Roose E., 1999**- Étude a différentes échelles des risques d'érosion dans le bassin versant de L'ISSER, Alger bulletin réseau érosion 19 pages :85-95.
- Chebbani R., Mededjel N et Belaidi S.,1996** - Application de la G.C.E.S dans la région de Tlemcen. Algérie, INRF, p189-197.
- Chevalier J.J, Pouliot 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. Act du colloque scientifique international, Hammamet. Tunisie, 1-2 Novembre 1994, p4-12.
- DAHANE B., 2006** – Incidence des facteurs écologiques sur les accroissements du liège de quelques subéraies oranaises. Thèse Mag. Sci. Univ. Tlemcen, p130.
- DAHMANI ; 1984** : Contribution à l'étude des groupements à chêne vert des monts de Tlemcen. Thèse 3^{ème} cycle : Univ. Sc. Tech. Alger.
- Dautrebande S., Cordonnier H., Thirion M. & Biolders C.(2006)** - Lutter contre l'érosion des terres. Les livrets de l'agriculture, p12, 41.
- Debrach J.,1953** – Note sur les climats du Maroc Occidental, Maroc Méridional. p1134.
- Demmak A., 1982** - Contribution à l'étude de l'érosion et des transports solides en Algérie Septentrionale. Thèse docteur ingénieure, paris, p323. Annexe(s).
- Demmak A., 1984** - Recherche d'une relation empirique entre les apports solides et les paramètres physico-climatiques des bassins algériens, IAHS Publ 144 : 403-414. des sols », *Bulletin pédologique de la FAO*, p70.
- Deumlich, D., Funk, R., Kiesel, J., Thiere, J. and Reuter, H. I. (2006)**. - Application of the Site comparison Method (SICOM) to assess the potential erosion risk – a basic for the evaluation of spatial equivalence of agri-environmental measures. *Catena*, vol. 68, p141-1.
- Djebaili S., 1984** – Steppe algérienne, physiologie et écologie. O. P. U. Alger, p127.
- Dumas, P. (2004)**. - Caractérisation des littoraux insulaires : approche géographique par télédétection et S.I.G. pour une gestion intégrée, Application en Nouvelle-Calédonie. Thèse de doctorat, Université d'Orléans, Orléans, p402.
- Dupriez et de Leener ;1990** : Les chemins de l'eau: ruissellement, irrigation, drainage. *Terres et Vie* (eds.). Nivelles (Belgique). 380 P.
- Emberger L., 1955** - Une classification biogéographique des climats. *Rev. Trav. Lab. Bot. Géol. Fac. Sc. Montpellier*, 7, p1-43.
- FAO 1998** - utilisation de système d'information géographique dans le développement durable service de l'environnement et des ressource naturel devisions de recherche, de la vulgarisation et de la formation. Rome.

Références bibliographiques

- FAO, 1977** - International scheme for the coordination of dairy development. Arab Republic of Egypt, draft report. Document AGA/EG/, 1977. FAO, Rome, p33–36.
- FAO., 1976** - La conservation des sols dans les pays de développement .bulletin pédologique p. 30, 92.
- Ferouani F., (2001)** - Contribution à une étude écologique et syntaxonomique du parc de Tlemcen (Versant Nord). Mémoire d'Ing. Univ. Abou Bakr Belkaid. Tlemcen. p159.
- Gosselin B. et al., 1986** - La dégradation des sols agricoles. In Bulletin technique, N° 13 p15-18.
- Greco J., 1978** : L'érosion, la défense et la restauration des sols, le reboisement en Algérie, 146-292P.
- Guyot G. 1999** : climatologie de l'environnement. Paris 2 ème Edition, 525 p.
- Heush B., 1970**- L'érosion du Pré-Rif, Une étude quantitative de l'érosion hydraulique dans les collines marneuses Pré-Rif occidental. Thèse Doc-ing .Toulouse. In Annales de la recherche forestière au Maroc. Nuro spécial, étude sur l'érosion, Rabat, 12, p9-176.
- Jamagne M., Hardy R., King D., Bornand M., 1995.** - La base de données géographique des sols de France. *Etude et Gestion des Sols*. 2(3), p153-172.
- Kalman 1976** -Aménagement des bassins versants dans la wilaya de Tissemsilt université d'Ibn Khaldoun de Tiaret. p5.
- Laouina A., 1998** – Dégradation des terres dans la région méditerranéenne du Maghreb. Bull. Réseau – Erosion N° 18, Ed. IRD (Ex. Orstom), Montpellier, p33- 53.
- LE Bissonnais Y., Dubreuil N., Daroussin J., Gorce M., 2004** - Modélisation et cartographie de l'aléa d'érosion des sols à l'échelle régionale - Exemple du département de l'Aisne. *Étude et Gestion des Sols*, Volume 11, 3, 2004 - p307 à 321.
- Longley et al., Goodchild M., Maguire D., Rhind D., 2004**-Geographic Information Systems and Science 2nd Edition- p 65.
- Ludwig et al., 1996 ; Souchère et al., 1998** - gestion durable des sols par laétitiaciteau p31.
- Luneau, G. 2006** - La spatialisation de l'aléa EROSION DES SOLS en Nouvelle Calédonie. Stage de master 2, Université de Toulouse, Toulouse, p75.
- Martin 1997., Ouvry, 1992** - gestion durable des sols par laétitiaciteau p31.
- Mazour M., 1992** - Analyse des facteurs de risques de l'érosion en nappe dans le bassin versant d'Isser. Tlemcen. ORSTROM. Bull. RES .Eros. 12. Montpellier, p300-313
- Mazour M., 2004** -Etude des facteurs de risque du ruissellement et l'érosion en nappe et conservation de l'eau et du sol dans le bassin versant de l'Isser – Tlemcen (Algérie), Thèse. Doct. Univ. Tlemcen.
- Ministere de l'Environnement et l'Aménagement du Territoire., 2000** - Rapport sur l'état et l'avenir de l'environnement, p95.
- Monnier G., 1965** - Action des matières organiques sur la stabilité structurale des sols, Thèse de la faculté des sciences de Paris, p140.
- Morsli B., Mazour M., Mededjel N., Hamoudi A., Roose E. 2004** - Influence de l'utilisation des terres sur les risques de ruissellement et d'érosion sur les versants semi-arides du nordouestde l'Algérie. Sécheresse. Volume 15, Numéro 1, 96-104.
- Nahal I., 1986** - Taxonomie et aire géographique des pins du groupe *halepensis* Mill.: options Méd. Ser. Et. CIHEAM 86 / 1 : 1 – 9.

Références bibliographiques

- Nearing, M. A., Foster, G. R., Lane, L. J. and Finkner, S. C. 1989** - A process-based soil erosion model for USDA-Water Erosion Prediction Project technology. Transactions of the ASAE, vol. 32, p1587-1593.
- New Fetter Lane, London EC4P 4EE (ISBN-10: 0415259231), 118-186 P
- Ouattara T., Dubois J.M., Hugh J. 2003** - MEH:SAFER : un nouveau modèle d'érosion hydrique pour les milieux semi-arides de forte énergie à partir d'images multisources et de données auxiliaires. Télédétection ; vol. 3, n° 2:3:4, p151-163.
- Ouvry J-F., 1992** - L'évolution de la grande culture et l'érosion des terres dans le Pays de Caux, Bull. Assoc. Géogr. Franç., Paris, p45-51
- Renard, K. G., Foster, G. R., Weesies, G. A., Mccool, D. K. and Yoder, D. C. 1997** - Predicting soil erosion by water-a-guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). Washington, Handbook, p404.
- 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.
- Roose E., Arabi M, Brahamia K, Chebbani R, Mazour M et Morsli B, 1993** – Erosion en nappe et en ruissellement en montagne méditerranéenne algérienne. Réduction des risques érosifs et intensification sur la production agricole par la G.C.E.S : Synthèse des campagnes 1984 – 1995 sur un réseau de 50 parcelles d'érosions. Cahier ORSTOM, Série pédologique, 28(2) p289-308.
- Roose E., Chabbani R. et Bourougaa L., 2000** - ravinement en Algérie: typologie, facteurs de contrôle, quantification et réhabilitation. Sécheresse 11(4) : 317-26.
- Roose E., De Noni G., Lamachère J.M. 1998** - L'érosion à l'ORSTOM: 40 ans de recherches multidisciplinaires. Bulletin Réseau Erosion, 1998, p54.
- Roose, E., 1977** - Erosion et ruissellement en Afrique de l'Ouest, Travaux et documents de l'ORSTOM n°78, ORSTOM, Paris.
- Rullan Perchirin, 1989** - Aménagement des bassins versants dans la wilaya de Tissemsilt thèse Master académique Biodiversité et conservation des écosystèmes forestiers Université Ibn Khaldoun de Tiaret. p7.
- Said ;1991** : Erosion spécifique et prévision de l'envasement des barrages. Actes du colloque sur l'érosion des sols et l'envasement des barrages. Alger 1-3 décembre.
- Seltzer P., 1946** : le climat de l'Algérie. Travaux de l'institut de météorologie et de physique de sol université d'Alger.
- Sheng T.C., 1993** : guide pratique d'aménagement des bassins versants, étude et planification. Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, 185p.
- Singer M.J., 1991** - Physical properties of arid region soils. In: Skujins, J. Ed. Semiarid Lands and Deserts, Soil Resource and Reclamation. Marcel Dekker, New York, p81-110.
- Soltner D., 1999** - Les bases de la production végétale tome 2. Edit. Scien.et Tech. Agricole. Paris.183P0
- Souchere V., 1995** - Modélisation spatiale du ruissellement { des fins d'aménagement contre l'érosion de Talweg. Application { des petits bassins-versants en Pays de Caux (Haute Normandie), Thèse de Docteur de l'INAPG, 200 p+ annexes.

Références bibliographiques

- Souter N. J., Bull C. M., Lethbridge M. R., Hutchinson M. N., 2007-** Habitat requirements of the endangered pygmy bluetongue lizard, *Tiliqua adelaidensis*. *Biological Conservation* 135, pp.33–45.
- Terrence J. T., George R. F. et Kenneth G. R., 2002** – Soil erosion: processes, prediction, measurement, and control.
- Thomas, 1995 in Boukheir et al., 2001-** Cartographie numérique et proposition d'aménagement anti-érosif au sous bassin versant de Mina-Haddad dans la wilaya de Relizane thèse Master science Forestière, ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'AGRONOMIE EL- HARRACH, ALGER, P.11
- Tidiane O., Dubois J.-M. M. et Hugh Q., 2003** - MEH-SAFER : Un nouveau modèle d'érosion hydrique pour les milieux semi-arides de forte énergie à partir d'images multisources et de données auxiliaires. *Télétection*, vol. 3., n° 2-3-4, p. 151-163.
- Touaibia B., Dautrrbande S., Gomer D., et Aidaoui A 1999** - Approche quantitative de l'érosion hydrique à différentes échelles spatiales: bassin versant de l'Oued Mina. *Hydrological Sciences Journal des Sciences Hydrologiques* 44(6): 973-987.
- Van Der Knijff J.M., Jones R.J.A., Montanarella L., 2000** - Soil erosion risk assessment in Europe. European Soil Bureau, Joint Research Centre, Space Applications Institute.
- Wahlstrom E., Loague K., and Kyriakidis P., 1999** - Insular Scale Hydrologic Response :Kaho'olawe, Hawaii. Hydrologic response :Kaho'olawe, Hawaii. *Journal of Environmental Quality*, vol, 28, p. 481-492.
- Wischmeier W.H., et D.D. Smith, 1978** - Predicting Rainfall Erosion Losses - À Guide to Conservation Planning. Édit. US Department of Agriculture, Washington, vol. 537, 58 p.
- Wishmeier W. H., 1976** - Use and misuse of the universal soil loss equation. *Journal of soil and water conservation* 31, pp 5- 9.
- Yue-Qing, X., Jian, P. and Xiao-Mei, S. 2009** - Assessment of soil erosion using RUSLE and GIS: a case study of the Maotiao River watershed, Guizhou Province, China. *Erosion Geology*, vol. 56, p. 1643-1652.

Site internet

Lu et al., 2004 - http://www.memoireonline.com/10/13/7643/m_Utilisation-d-un-systeme-d-information-geographique-et-de-l-equation-universelle-de-perte-en-terre10.html

Mutua et al., 2005 - http://www.memoireonline.com/10/13/7643/m_Utilisation-d-un-systeme-d-information-geographique-et-de-l-equation-universelle-de-perte-en-terre10.html

Utilisation d'un système d'information géographique et de l'équation universelle de perte en terre pour prédire le risque d'érosion pluviale dans une monoculture de bananier (*musa sapientum*),
<http://books.google.fr/books?id=7YBaKZ>