



Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de
Master II en Sciences Agronomiques
Option
« Gestion Conservatoire des Eaux, des Sols et de l'Environnement »

par

OMRANE Souhila & ZEMMAME Rachida

Thème

**Aménagements anti-érosif des terres agricoles des piémonts
Nord-Ouest du Dahra (W. Mostaganem)**

Devant le jury :

Président	Pr Larid Mohamed	Université de Mostaganem
Examineur	Dr Hartani Ahmed	Université de Mostaganem
Promoteur	Pr Haddad Ahmed	Université de Mostaganem
Co-Promoteur	Dr Hamadi Amina	Université de Mostaganem

Liste des figures

- Figure 01.** Processus de l'érosion hydrique
- Figure02.** Effet des gouttes de pluies sur le sol
- Figure 03.** Les stades de dégradation de la surface du sol sous l'action des pluies.
- Figure 04.** Situation géographique de la région d'étude.
- Figure 05.** Carte de situation géographique de la zone d'étude.
- Figure 06.** Carte du réseau routier de notre zone d'étude.
- Figure 07.** Extrait de la carte géologique de la zone d'étude
- Figure 08.** Carte des pentes de la zone d'étude.
- Figure 07.** Carte d'exposition de la zone d'étude.
- Figure 08.** Carte de la lithologie de la zone d'étude
- Figure 09.** Carte d'altitude de la zone d'étude.
- Figure 10.** Carte des expositions de la zone d'étude.
- Figure 11.** Carte de la lithologie de la zone d'étude.
- Figure 12.** Carte du réseau hydrographique de la zone d'étude
- Figure 13.** Carte d'occupation du sol de la zone d'étude.
- Figure 14.** Histogramme des précipitations mensuelles (mm).
- Figure 15.** Répartition annuelle de la pluviométrie dans la région d'étude.
- Figure 16.** Températures moyennes maximales et minimales (°C)
- Figure 17.** Courbe de la vitesse moyenne mensuelle du vent
- Figure 18.** Courbe de la valeur moyenne de l'humidité relative
- Figure 19.** Histogramme de l'évaporation moyenne mensuelle.
- Figure 20.** Variation de l'insolation moyenne annuelle.
- Figure 21.** Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussens.
- Figure 22.** Présentation de la surface agricole utile de dans la zone d'étude.
- Figure 23.** Répartition de la surface agricole utile de la zone d'étude.
- Figure 24.** Carte des risques d'érosion
- Figure 25.** Organigramme de la méthodologie suivie pour le plan d'aménagement.
- Figure 26:** la carte des zones prioritaire d'interventions

Liste des photos

Photo 1. L'accumulation de sol et de débris de culture à l'extrémité basse

Photo 2. Erosion en rigoles sur des terres agricoles de notre zone d'étude

Photo 3. Erosion en ravinement dans les terres agricoles.

Photo 4. Pratiques agricoles en Algérie culture intercalaire fèves plantation fruitière.

Photo 05. Montagne aménagée en terrasse au Maroc.

Photo 06. Les banquettes

Photo 07. Murettes en pierres sèches en Tunisie.

Photo 08. Cordons de pierres sèches.

Photo 09. Correction torrentielle.

Photo 10. Drains

Photo 11. Haies vives.

Photo 12. Plantation d'opuntia

Photo 13. Revégétalisation *Atriplex* spp.

Photo 14. Terrain nu, terres agricole de douar Djillali Bén Arbi, Sidi Lakhdar 2015.

Photo 15. Parcelle a une seule culture, terres agricole de douar Dillali Ben Arbi -Sidi Lakhdar 2015.

Photo 16. (A) parcelle de céréale, dans les terres agricole de douar Djilali Ben Arbi, (B) Résidus de chicorée

Photo 17. Correction des ravins par des pierres sèches.

Photo 18. Cultures intercalaires de fèves sous abricotiers (Algérie)

Photo 19. Murette en pierres sèches ghzaylia

Photo 20. Bandes enherbées en bord de culture.

Photo 21. Exemples de bandes de parcelles aménagées (MAE9b)

Liste des tableaux

Tableau 01. Appellation des lignes d'écoulement.

Tableau 02. les coordonnées géographique

Tableau 03. Précipitations moyennes mensuelles (2000 – 2015)

Tableau 04. Régime saisonnier des précipitations 2000-2015.

Tableau 05. Les données thermiques de la région d'étude (2000 – 2015).

Tableau 06. Variations de l'évolution de la vitesse moyenne mensuelle du vent (2000 – 2015)

Tableau 07. Humidités relatives mensuelles

Tableau 08. Les données d'évaporation (2000 -2015).

Tableau 09. Variation de l'insolation moyenne annuelle en heure.

Tableau 10. Classification du climat selon l'indice de continentalité (Debrach, 1953)

Tableau 11. Indice de continentalité de la région d'étude

Tableau 12. Ambiance bioclimatique de Sidi Ali.

Tableau 13. Indice d'aridité de Demartonne.

Tableau14. Classification des climats en fonction de la valeur de l'indice de De Martonne.

Tableau15. Caractéristiques démographiques de la région de Sidi Ali

Tableau 16. Situation de l'emploi global de la commune de Sidi Ali.

Tableau 17. Répartition de la SAU en ha dans notre zone d'étude.

Tableau 18. Distribution du cheptel

Résumé

Le problème d'érosion hydrique est mondial, l'Algérie est touchée par ce phénomène qui reste dangereux car il accélère la dégradation du sol soumis à l'énergie cumulée des gouttes de pluies. On a choisis 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 réaliser une carte de zone prioritaires d'intervention pour essayer de proposer un plan d'aménagement anti-érosif pour les trois zones avec un ordre de priorité pour chacune, pour éviter le développement de risque d'érosion sur les terres agricoles. Pour chaque zone une combinaison de mesures d'aménagement à la fois préventives (biologique) et curatives (mécanique) ont été proposé, mais leurs durabilité est conditionnée par la participation de la population locale.

Mots clés :

Erosion hydrique, terres agricoles, plan d'aménagement, zone prioritaire.

Abstract

The problem of water erosion is global; Algeria is affected by this phenomenon, which remains dangerous as it accelerates the degradation of soil subjected to the combined energy of raindrops.

We chose the farmland of Douar Naimia, southern Sidi Ali (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 identify sensitive areas and high erosion risk in order to achieve a priority area of intervention for card tried to proposed anti-erosion management plan for the three zones with a priority for each, for take on developed the developed of risk on this farmland.

For each zone a combination of management measures both preventive (biological) and curative (mechanical) have been proposed but their sustainability is conditioned by the participation of the local population.

Key words:

Hydrous erosion, farmland, plan management, priority area.

ملخص

مشكلة انجراف التربة بواسطة المياه هي عالمية، تتأثر الجزائر من هذه الظاهرة، التي لا تزال خطيرة حيث يسارع في تدهور التربة التي تتعرض الى الطاقة المجمعة لقطرات المطر، اخترنا الاراض الفلاحية لدوار الجلاي بن عربي الذي يقع في الجزء الجنوبي لجبال الظهرة حيث ان ظاهرة الانجراف المائي أصبحت متخطرا علنا لاراضي الزراعة و على المحاصيل الزراعية. الهدف من هذا الدراسة هو استخراج وتعيين المناطق الحساسة لهذه الظاهرة في المنطقة وذلك لاستخراج خريطة المناطق الأولية للتهيئة لاقتراح مخطط التصريف وهذا سيمكننا بتميز ثلاثة مناطق مع إعطاء الأولوية لكل منها. لكل منطقة تمدم مجموعة من اجراءات التهيئة الوقائية (البيولوجية) والعلاجية (الميكانيكية) ولكن استدمت هذه التهيئة تعتمد بالدرجة الأولى على مشاركة السكان المحليين.

الكلمات المفتاحية

الانجراف المائي، الأراضي الفلاحية، منطقة ذو أولوية، مخطط التهيئة.

Problématique
Introduction générale

Synthèse bibliographique

Chapitre 1 : généralité sur l'érosion hydrique

Introduction	01
1. Définition de l'érosion	02
2. Définition de l'érosion hydrique	02
3. Les processus de l'érosion hydrique	03
3.1 Détachement des particules de sol	04
3.2 Transport	05
3.3 La sédimentation	05
4. Les différents types d'érosion hydrique	05
4.1. L'érosion en nappe	06
4.2. L'érosion linéaire	06
4.3. L'érosion en masse	07
5. Facteurs de l'érosion hydrique	08
5.1 Le climat	08
5.2 La végétation	08
5.3 L'utilisation des terres	08
5.4 La topographie	09
5.4.1 La forme	09
5.4.2 La longueur	09
5.4.3 L'inclinaison	10
5.5 Les sols	10
5.5.1 La texture	10
5.5.2 La stabilité structurale	10
5.5.3 La matière organique	11
5.6 La lithologie	11
6. Les facteurs conditionnant l'érosion hydrique	12
6.1 La perte en sol	12
7. Conséquences de l'érosion hydrique	13
7.1 Les conséquences dans la zone de départ des sédiments (on- site effects)	13
7.2 Les conséquences sur les lieux de dépôt (off-site effects)	14

Chapitre 2 : Chapitre 2 : Méthode d'aménagement anti-érosif des terres agricoles

Introduction	15
1. Méthodes culturales antiérosifs	16
1.1. Pratiques agricoles	16
1.2. Les bandes alternées	16
1.3. La double dérayure	17
2. Méthodes et techniques de protection antiérosive	17
2.1. Méthodes et techniques mécaniques	17
2.1.1. Les terrasses	17
2.1.2. Les banquettes	18
2.1.3. Les murettes	18
2.1.4. Les cordons de pierres:	18
2.1.5. Correction torrentielle	19
2.1.6. Drains et exutoires	20
2.2. Méthodes et techniques biologiques	21
2.2.1. Haies vives ou Brise vent	21
2.2.2. plantation d'opuntia	21
2.2.3. Revégétalisation	22
2.2.4. Le reboisement	22
2.2.5. Plantation fruitière rustique	23
Expérimentation	
Chapitre 3 : Présentation de la zone d'étude	
1. Cadre physique	24
1.1 Présentation de la région d'étude	24
1.2 Situation géographique de la zone d'étude	24
1.3 Situation juridique et administrative	25
1.4 Infrastructure routière	25
1.5 La géologie	26
1.6 Géomorphologie	27
1.6.1 Relief et pente	27
1.6.2 Altitude et exposition	28
1.7 Sols	29

1.8	Réseaux d'écoulement pluvial	30
1.9	Occupation végétale	31
2	Aperçu climatique	32
2.1	Les facteurs climatiques	32
2.1.1	Les précipitations	32
2.1.1.1	. Répartition mensuelle moyenne des précipitations	32
2.1.1.2	Répartition annuelle de la précipitation	34
2.1.1.3	Le régime saisonnier	35
2.1.2	Les températures	35
2.1.3	Les vents	36
2.1.4	Humidité relative	37
2.1.5	Evaporation	38
2.1.6	Insolation	39
2.2	Synthèse bioclimatique	40
2.2.1	Indice de continentalité ou indice de Debrach	40
2.2.2	Quotient pluviométrique et climagramme d'Emberger	41
2.2.3	Indice d'aridité de Demartonne	41
2.2.4	Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен	42
3	Cadre socio-économique	43
3.1	Population et Activité	43
3.2	Régime foncier ou nature juridique du terrain	44
3.3	Milieu économique	44
3.3.1	L'agriculture	44
3.3.2	L'élevage	45
Chapitre4 : Approche méthodologique		
Introduction		47
1.	Diagnostic et identification des problèmes majeurs	47
2.	Critères retenus pour le choix des zones prioritaires	49
3.	Mécanisme d'action pour l'application de la méthodologie	49
4.	Matériel utilisés pour la carte d'aménagement	49
4.1.	Cartes utilisées	49
4.2.	Logiciel utilisé	50
5.	Approche méthodologique adoptée	5

Chapitre5 : Résultats et discussions	
1. Détermination de l'ordre des zones prioritaires	52
2. Les mesures recommandées pour chaque zone	52
2.1. Zone de première priorité	52
2.1.1. Installation d'une bande protectrice sur la bordure du ravin et ravine	52
2.1.2. Reboisement des terrains nus	53
2.1.3. La reconversion des systèmes de production	54
2.1.4. Le paillage	55
2.2. Zone de deuxième priorité	56
2.2.1. Correction torrentielle	56
2.2.2. Cas des petites ravines	56
2.3. Zone de troisième priorité	57
2.3.1. Les techniques à l'échelle parcellaire	57
2.3.1.1. Assolement et rotation des cultures	57
2.3.1.2. Le labour conservatoire	57
2.3.1.3. Cultures intercalaires	57
2.3.1.4. Apport de fertilisants	58
2.3.2. Mesures inter-parcellaires	58
2.3.2.1. Les clôtures en haies vives	58
2.3.2.2. Les cordons en pierres sèches	59
2.3.2.3. Les bandes enherbées	60
Conclusion générale	
Références bibliographiques	
Résumé	

Introduction générale

La corrosion résulte de la détérioration des couches superficielles du sol et du mouvement de la couverture de l'élément matériel (Anthony et al.2006). En raison de la séparation, l'énergie cinétique résultant de la pluie tombe, le transfert des particules de sol de leur emplacement initial avec de l'eau. Ce phénomène dégrade la qualité de l'eau, la fertilité du sol et réduit la capacité des réservoirs (Tome, 2013) .Lorsque la quantité de perte de sol est considérée dans le monde entier, nous voyons que de nombreux pays ont souffert de l'érosion des sols. Environ 90% des terres cultivées aux États-Unis souffrent de pertes de sol. Cette perte est estimée entre 5 et 12 tonnes / ha / an (Pimentel et al.1995) dans la région méditerranéenne. Et avoir la réputation d'être très corrosif à risque (Jose et al., 2012).

En Algérie, environ 6 millions d'hectares sont exposés à l'érosion active. La corrosion spécifique varie de 20 à 40 tonnes / ha par an (Morsli et al 2012). L'Algérie est l'un des pays du bassin méditerranéen qui souffre d'un énorme déficit hydrique. Pour pallier ce problème, l'État a suivi la politique des grandes entreprises hydrauliques consistant à construire des infrastructures telles que des barrages. Cependant, les structures hydrauliques du nord de l'Algérie augmentent rapidement (Ministère des ressources en eau, 2015). L'effort hydraulique perd 30 millions de mètres cubes par an. La quantité de sédiments déposée dans les barrages 110 détenus par l'Algérie est estimée à 650,106 m³, soit un taux de mobilisation de 14,5% en 2000 (Curie et Gomer, 2010).

Dans la partie nord-ouest du pays, en particulier dans les régions de Tal et d'Oran (Kouri et Gomer, 2010), nous notons que le taux de sédimentation s'est développé ces dernières années. Cela est dû à l'érosion des bassins versants à l'échelle du bassin versant, où l'érosion touche environ 47% de la superficie totale. Dans ces zones montagneuses, l'érosion hydrique est un problème majeur, allant d'une région à l'autre (Penchto et al.), Et nuit en fait à la fertilité agricole et au potentiel au-delà du seuil autorisé (Toumi, 2013).

Afin de proposer une approche systématique de la cartographie des zones sensibles à l'érosion eau, nous prendrons à travers cette étude à l'avance un endroit précis, ces terres agricoles situées dans le piémont nord-ouest de la commune Sidi Ali (Mostaganem Province) sur les pentes ouest Eldahrh. La zone d'étude est située sur la couche climatique de type semi-aride des facteurs de risque arides de la Méditerranée pour l'érosion en raison de la nature du sol contiennent, un terrain relativement accidenté, et des pratiques inappropriées pour l'agriculture, une faible couverture végétale. Pour atteindre notre objectif, ce qui nous permet

Introduction Générale

d'utiliser les données sur le terrain et SIG identifiés et la modernisation de l'érosion de l'eau sur les données de terres agricoles dans la zone d'étude. .

Le premier chapitre de cette thèse est consacré à une synthèse bibliographique sur les processus de l'érosion hydrique, ses différents types, et ses conséquences, et le deuxième chapitre sur les techniques d'aménagement anti-érosifs d'érosion hydrique.

La troisième chapitre sera consacrée à la présentation du contexte géographique, géologique, La géomorphologie, et hydrographique de la région d'étude puis en entamant le 4^{ème} chapitre qui sera consacrée à la méthodologie de travail où on va traiter comment on a choisis les zones à prioritaire de risque d'érosion. Le cinquième chapitre, sera consacré aux propositions d'aménagement pouvant réduire les dégâts.

En fin une conclusion générale à cette étude.

Introduction

Les études récentes sur la vulnérabilité au changement climatique dans la région méditerranéenne indiquent une tendance à un accroissement à l'aridité qui accélère l'érosion hydrique (Shaaban *et al*, 1998).

L'érosion des sols par la pluie et le ruissellement est un phénomène largement répandu dans les différents pays de la Méditerranée. Il continue à prendre des proportions considérables en particulier sur les pentes à cause de la torrencialité des pluies, de la forte vulnérabilité des terrains (roches tendre ; sols fragiles ; pentes raides et couvert végétal souvent dégradé) et de l'impact défavorable des activités agricoles, selon la FAO (1990). La situation continue à se dégrader ; en Tunisie 45% de la superficie totale est menacée par l'érosion hydrique (Chevalier, 1995 ; Boussama, 1996), au Maroc 40% (Celik, 1996) et en Algérie 45% des zones telliennes sont touchées, soit 12 millions d'hectares (Chebbani, 1999).

1. 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 arabe, 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).

L'érosion est aussi définie comme étant un processus physique, chimique, naturel par lequel le sol et les roches de la croûte terrestre sont continuellement soumis à une abrasion et à une corrosion (Georges, 2008).

En réalité, c'est un processus naturel qui certes, abaisse toutes les montagnes, et en même temps fait engraisser les vallées, en forment des plaines riches qui nourrissent une bonne partie de l'humanité (Roose, 1994).

2. 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.

3. Processus d'érosion

L'érosion hydrique est un phénomène complexe qui résulte de la conjugaison de trois mécanismes : le détachement des particules de sol, leur transport et leur dépôt (sédimentation), causés par l'action en général combinée de la pluie et du ruissellement, et dont l'expression varie en fonction de la résistance du milieu (sol, couvert végétal, techniques culturales) et de la topographie. Quelle que soit l'échelle d'étude, du mètre carré au bassin versant de centaines de km², on retrouve partout ces trois mécanismes de l'érosion mais avec des intensités différentes. D'où la diversité des facteurs de l'érosion en fonction des mécanismes dominantes. (Cf.fig.01)

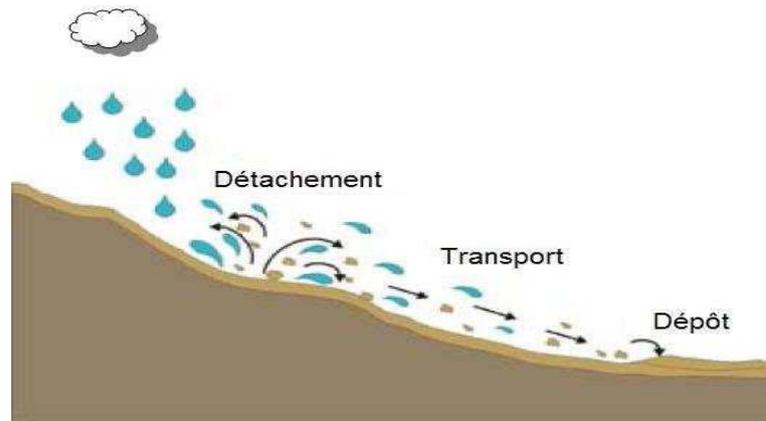


Figure 1. Processus de l'érosion hydrique

3.1 Détachement des particules de sol

Le détachement des particules de sol se fait sous l'impact de deux agents érosifs :

La pluie, qui est reconnue depuis longtemps comme un agent essentiel de l'érosion des sols (Ellison, 1944 ;Ekern, 1950).

L'impact des gouttes de pluies sur la surface de sol provoque le détachement des particules de sol.

Plusieurs mécanismes, qui diffèrent par la nature des forces qu'ils mettent en jeu, sont à l'origine de la désagrégation par l'action de l'eau. Quatre principaux mécanismes ont été identifiés (Emerson & Greenland, 1990 ; Le Bissonnais & Le Souder, 1995 ; Le Bissonnais, 1996) :

L'éclatement, lié à la compression de l'air piégé lors de l'humectation. Les sols argileux sont moins affectés par l'éclatement que les sols limoneux ou sableux, à cause de leur porosité réduite et de leur importante capacité de rétention de l'eau(Le Bissonnais, 1990). La désagrégation mécanique due à l'énergie dissipée lors de l'impact des gouttes de pluie. Cette énergie se transforme en force de cisaillement qui provoque le détachement des particules de sol et l'effet "splash". (Cf.fig.02)

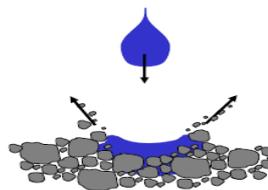


Figure 2. Effet des gouttes de pluies sur le sol

La microfissuration produite par le gonflement différentiel des argiles. Le gonflement et le retrait de ces argiles provoquent des microfissures des agrégats.

La dispersion physico- chimique résulte de la réduction des forces d'attraction entre les particules colloïdales composant le sol. Elle dépend de la taille et de la valence des cations présents qui peuvent former des ponts entre les particules chargées négativement.

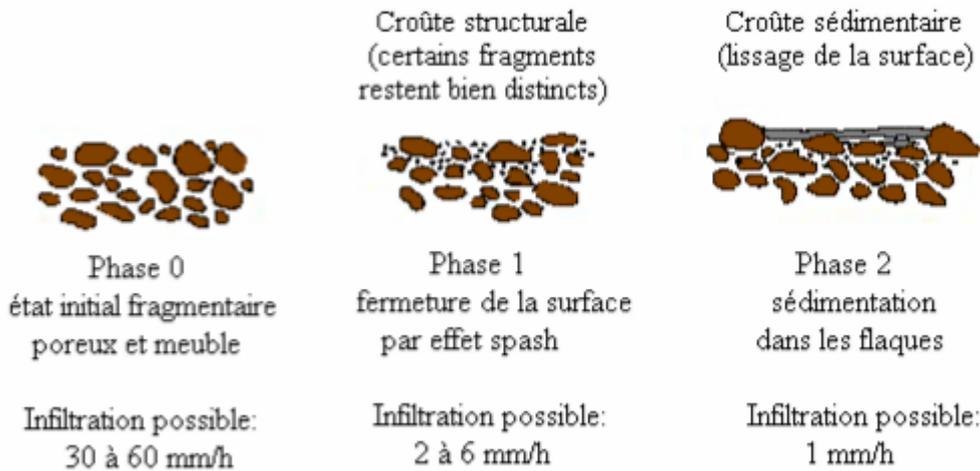


Figure : Boiffin, 1984

Figure 3 : Les stades de dégradation de la surface du sol sous l'action des pluies.

3.2. Le transport

Une fois que les particules de sol sont détachées, elles sont transportées sur des distances plus ou moins importantes.

En plus de son action sur la désagrégation et le détachement, l'impact des gouttes de pluie peut être à l'origine d'un déplacement des particules et fragments issus de la désagrégation à la surface du sol " le splash" (Cerdan, 2001). Ce dernier constitue le principal moteur de l'évolution structurale et du déplacement latéral des particules de sol avant le démarrage du ruissellement.

Le ruissellement est l'agent principal du transport des fragments de sol mis en mouvement sur une surface. Dans la lame d'eau peu épaisse qui s'écoule à la surface lors d'un événement érosif, les fragments de sol sont transportés par suspension, saltation et traction (Moss et al. 1980).

3.3. La sédimentation

La sédimentation est le mécanisme qui contrôle et peut limiter la quantité de sédiments exportés. Elle se produit quand la capacité de transport de l'écoulement est dépassée. Cette troisième phase du processus d'érosion hydrique apparaît donc par exemple lors du ralentissement du ruissellement. Les particules les plus grossières sont les premières à sédimenter, les plus fines étant transportées plus loin. On parle de tri granulométrique (KaurakLeite 1990).

4. Les formes de l'érosion hydrique

4.1 Erosion en nappe

L'érosion en nappe est le stade initial de la dégradation des sols par l'érosion hydrique. Il s'agit en réalité d'une fonte de l'horizon humifère superficiel combiné à la remontée en surface des cailloux par un travail profond du sol (Roose, 1973).

L'érosion en nappe s'entend du déplacement des particules de sol provoqué par le choc des gouttes de pluie et les eaux de ruissellement. Le sol fertile détaché par l'érosion se retrouve au bas de la pente (photo. 1) où dans des terres basses. On reconnaît aussi ce type d'érosion à la couleur claire du sol sur les buttes, aux changements dans l'épaisseur des couches de sol et aux faibles rendements sur les épaulements et les buttes (Ritter, 2012).

L'érosion en nappe déplace les particules du sol à courte distance par effet "splash" (Roose, 1994).



Photo 1. L'accumulation de sol et de débris de culture à l'extrémité basse

4.2 L'érosion linéaire

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

On parle de griffes lorsque les petits canaux ont quelques centimètres de profondeur, de rigoles lorsque les canaux dépassent 10 cm de profondeur, En effet, sur un bassin versant ou une parcelle, l'érosion en rigoles succède à l'érosion en nappe par concentration du ruissellement dans les creux.

A ce stade, les rigoles ne convergent pas mais forment des ruisselets parallèles.

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

Les causes principales de ces érosions sont :

- Le sur pâturage,
- La mauvaise exploitation des sols dans le temps et dans l'espace,
- Les mauvais travaux culturaux.



Photos S. Abboub, 2011

Photo2.Erosion en rigoles sur des terres agricoles de notre zone d'étude.

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

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

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).



Photos 3.Erosion en ravinement dans les terres agricoles

Le tableau suivant présente les différentes formes de l'érosion hydrique selon leurs profondeurs (Roose et al, 1994).

Tableau 1. Appellation des lignes d'écoulement.

Profondeur	Appellation
Quelques centimètres	Griffes
>10 cm	Rigoles
10 à 20 cm	Nappe ravinant
>50 cm	Ravines

4.3 L'érosion en masse

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

La cause des mouvements de masse provient du déséquilibre entre d'une part la masse sol, de l'eau stockée et des végétaux qui le couvrent et d'autre part des forces de frottement qui permettent la stabilisation de ces matériaux sur la roche altérée, en pente. Les

mouvements de masse constituent la manifestation d'un processus appelé solifluxion. (Hadir 2010).

5. Facteurs de l'érosion hydrique :

L'érosion hydrique qui affecte les sols méditerranéens est fonction de multiples facteurs qui selon Morgan(1986), semblent être les mêmes partout dans le monde.

5.1 Le climat :

En zone méditerranéenne, plus les précipitations sont faibles, plus elles sont variables (Le Houérou, 1986 cité par FAO, 1990). Elles tombent entre Novembre et Mars, période durant laquelle les sols cultivés sont nus. En Algérie, sur des parcelles peu couvertes, pendant les orages d'automne, le ruissellement journalier maximal a dépassé 19 à 32% et jusqu'à 70-85% pendant des averses importantes en hiver sur des sols détrempées (Arabi et Roose, 1989).

5.2 La végétation :

L'érosion des sols est fortement contrôlée par la couverture végétale qui dépend de la production de la biomasse. La production de la matière organique est limitée dans les milieux méditerranéens arides, ce qui rend les terres très susceptibles à l'érosion hydrique (Thornes, 1995). Sous un couvert végétal naturel dépassant 40% et sur fortes pentes, les pertes de terres peuvent être très réduites (Garcia Ruiz et al. 1996), car la litière et les végétations basses favorisent l'infiltration (Roose, 1994).

On effet la végétation présente un intérêt majeur dans la lutte antiérosive en agissant de plusieurs façons avec son rôle protecteur pour les impacts des pluies.

- Diminution du ruissellement.
- Accumulation des débris et enrichissement en matières organiques.

5.3 L'utilisation des terres :

L'intensité de l'érosion hydrique des sols est affectée significativement par les activités humaines qui augmentent ou diminuent les pertes en terres. Les incendies répétés et le déboisement illégal détériorent les forêts existantes. Ceci favorise fortement le ruissellement et aboutit à une forte érosion par la suite (Benchaabane, 1997). Mais après

les incendies, la colonisation par les plantes réduit l'érosion des sols qui devient inférieure à celle existant avant le feu (Garcia Ruiz et al. 1996).

La croissance démographique a entraîné la dégradation des ressources naturelles par :

- ❖ La mise en culture,
- ❖ La pression pastorale,
- ❖ Les incendies,
- ❖ L'écoulement hydrique.

Chaque civilisation a créé des conditions favorables au développement de l'érosion et la dégradation de la fertilité des sols, les villes, les routes, les zones de pâture sont des milieux peu perméables qui accumulent les volumes ruisselés et provoquent des inondations et des dépôts de boue.

5.4 La topographie :

Sur les pentes fortes, l'eau ruisselle vite et cause une érosion grave. 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 Parson, 1991). Les ruissellements moyen et maximal diminuent lorsque la pente augmente (Mazour, 1992). L'exposition des pentes peut avoir une importance, car sur celles exposées au sud qui ont une faible couverture végétale, l'érosion est très élevée (Poesen et al. 1998).

5.4.1 La forme

Les pentes convexes apportent plus de sédiments à la rivière que les pentes concaves où l'on observe des piégeages de sédiments détachés : d'où les sols colluviaux.

5.4.2 La longueur

La longueur des pentes a en général peu d'effet sur le ruissellement et l'érosion en nappe car les frottements sur les rugosités du sol empêchent l'accélération des nappes ruisselantes. Par contre, la masse du ruissellement concentré en rigole peut s'accumuler le long d'une pente et ouvrir un impact exponentiel sur l'érosion linéaire.

5.4.3 L'inclinaison

L'inclinaison du versant n'augmente pas toujours le ruissellement, lequel peut être très forte sur des pentes faibles. Par contre la charge solide et l'érosion augmentent de façon

exponentielle et l'exposant peut varier de 1.2 à plus de 2 si le sol est mal couvert (Roose, 1980) in (Roose, 1990).

5.5 Les sols

Les principales caractéristiques des sols qui permettent de déterminer le degré de sensibilité à l'érosion hydrique sont les suivantes : la profondeur, la porosité, la granulométrie, la teneur en matière organique (FAO, 1996), la nature minéralogique des argiles (Auzet, 1987), l'infiltrabilité et la cohésion (Mériaux, 1961). La matière organique réduit les risques d'érosion à court terme : la matière organique maintenue en surface protège le sol de l'énergie de pluies et du ruissellement (Barthes et al. 1998). En région méditerranéenne, les sols riches en argile saturés en calcium sont résistants à la battance mais sensibles au ravinement (Morsli, 1996).

5.5.1 La texture

La texture d'un sol est la proportion des éléments du sol classés par catégorie de grosseur après destruction des agrégats.

Les sols à proportion forte de limons, de sable fins et peu de matières organiques sont les plus érodibles ; tandis que les sols argileux le sont moins.

La teneur en agrégats stables tend à baisser quand la proportion de limons augmente (Meriau, 1962) in (Morsli, 1996).

5.5.2 La stabilité structurale

La baisse du taux de matière organique entraîne, sous l'influence de la forte énergie cinétique des pluies et du développement réduit de la végétation une formation de croûte qui limite l'infiltration (Casenave et Valentin, 1989) in (Adama M.TOE, 2008).

La préservation d'un état favorable dépendra étroitement de la stabilité structurale du sol, des espaces cultivées et de la croissance de la culture fournissant un fort taux de couverture. Ceci nous conduit à prendre en compte l'itinéraire technique dans son ensemble et plus largement le système de culture (Ruelle, 1990).

L'amélioration du couvert végétal (diversité, fertilisation, rotation avec les légumineuses, cultures fourragères) a réduit plus ou moins fortement les risques d'érosion et de ruissellement. La production de biomasse a contribué d'une manière significative à

entretenir la fertilité des sols, la stabilité structurale, la capacité d'infiltration et la résistance à l'érosion (Mazour et *al.*, 2002).

5.5.3 La matière organique

Le terme matière organique regroupe une somme importante et hétérogène de substances et composés carbonés d'origine végétale et animale.

La nature de la matière organique du sol est très complexe principalement des composés humiques, des racines, des micro-organismes, des lombriciens, etc.

Les matières organiques jouent un rôle important dans le fonctionnement global du sol, au travers de ces composantes physiques, chimiques et biologiques, qui définissent la notion de fertilité.

Dans les sols, les matières organiques n'ont pas le même temps de résidence selon leur composition biochimique ; il peut aller de quelques mois à plusieurs années pour la fraction labile et jusqu'à des dizaines, voire des milliers d'années pour la fraction stable.

Les conditions climatiques, en particulier la température et la pluviométrie, jouent un rôle prépondérant sur le renouvellement des matières organiques des sols. L'humidité du sol favorise également la biodégradation des matières organiques, ainsi les propriétés physico-chimiques des sols telles que la texture et la minéralogie influencent également sur la dynamique des matières organiques.

5.6 La 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 quantité de sol susceptible d'être érodée (Krynine et Judd, 1957 ; Demmak, 1982). Une faible infiltration des roches affleurantes indique qu'une grande quantité d'eau ruisselle, par conséquent, une forte quantité de terre peut être emportée. Les sols marneux lorsqu'ils sont secs, restent non érodibles mais, dès qu'ils atteignent une certaine humidité, leur sensibilité à la détachabilité et au ruissellement augmente (Chebbani et al. 1999).

6. Les facteurs conditionnant l'érosion hydrique

6.1 La perte en sol

L'érosion est une fonction multiplicative de l'érosivité des pluies (le facteur R) que multiplie la résistance du milieu, laquelle comprend K (L'érodabilité du sol), LS (le facteur topographique), C (le couvert végétale et les pratiques culturales) et P (les pratiques antiérosives). sont donnés par la relation suivante :

$$E=R.K.L.S.C.P$$

Avec :

E : la perte en sol moyenne annuelle(t/ha) ;

R : le facteur d'érosivité de la pluie(MJ.mm/ha.h)

L'indice d'érosivité est égal à l'énergie cinétique des pluies, que multiplie l'intensité maximale des pluies durant 30 minutes exprimée en cm par heure (El Garouni et al, 2007)

Plusieurs paramètres interviennent dans l'érosivité des pluies :

➤ L'intensité, la durée et la fréquence des pluies

L'intensité des précipitations et le ruissellement doivent être considérés lors de l'évolution d'un problème dû à l'érosion hydrique, les particules les plus fines comme les sables fins, limons, argiles et la matière organique peuvent facilement être emportée lors de l'éclaboussement des gouttes et par le ruissellement ; des gouttes de pluie plus forte (dissipant plus d'énergie) et un plus grand ruissellement seront nécessaires pour déplacer les plus grosses particules de sable et gravier (Arnold, 1989).

Plus la durée augmente, plus l'intensité diminue, les averses les plus violentes ; au contraire les longues pluies, d'automne par exemple sont généralement assez tranquilles de faible intensité.

➤ La hauteur des pluies

La hauteur de pluie augmente avec l'altitude mais, est plus élevée sur les versants exposés aux vents humides que sur les versants sous le vent sec (Bouanani, 2009).

K : le facteur érodabilité du sol (t.h/MJ.mm)

L'érodabilité d'un sol est fonction de sels altiers organiques et de la texture des sols, de la perméabilité et de la structure du profil, il varie de 0.70 pour les sols plus fragiles à 0.01

sur les sols les plus stables, les valeurs facteur K, situées entre 0.22 et 0.46 montrent une nette fragilité des sols et leur susceptibilité à l'érosion (El Garouni et al, 2007)

LS : le facteur topographique

La détermination de la longueur (L) et du degré de pente (S) pour une utilisation dans des modèles d'érosion se fondent sur des mesures longues et difficiles sur le terrain et jugées souvent imprécises, avec le développement des SIG, la détermination du facteur(LS), nécessite d'effectuer l'analyse de la carte de pente donnant la longueur et l'inclinaison en% que les MNT permettent de générer (Hickey, 2000)

C : le paramètre du couvert végétal

Le couvert végétal est, après la topographie, le second facteur le plus important qui contrôle le risque d'érosion des sols, dans le modèle RUSLE. L'effet du couvert végétal est incorporé au facteur d'aménagement du couvert ; il est défini comme un ratio de la perte en sol sur des terrains cultivés sous des conditions spécifiques par rapport à la perte en sol correspondant sur un terrain en jachère (Wichmeier et al 1978). La valeur de C dépend principalement du pourcentage de la couverture végétal et de la phase de croissance (Kalman, 1970)

P : le facteur des pratiques antiérosives

Reflète les effets des pratiques qui réduisent la quantité d'eaux de ruissellement et la vitesse de ruissellement et qui réduisent de ce fait l'importance de l'érosion. Il représente le ratio des pertes de terre associées à une pratique de conservation aux pertes de terre associées à la culture en lignes dans le sens de la pente, toutes les autres conditions étant égales par ailleurs ; il est compris entre 0 et 1.(Cormary et Masson, 1964).

7. Conséquences de l'érosion hydrique

L'érosion des sols est à l'origine de deux familles de problèmes :

7.1 Les conséquences dans la zone de départ des sédiments (on- site effects)

- La diminution de la capacité du sol de retenir l'eau et de la mettre à la disposition des végétaux
- La diminution du drainage profond induisant une moindre réalimentation des nappes
- L'appauvrissement du sol : la teneur en humus et en éléments nutritifs du sol décroît et la stabilité structurale du sol aussi.
- La réduction de la couche arable du sol et la productivité des cultures

Sachant que la régénération d'un centimètre sol à partir d'un matériau d'origine peut prendre des milliers d'années, le processus peut être considéré comme quasi irréversible à l'échelle de générations humaines.

Cet appauvrissement est lié au double effet de décapage des horizons supérieurs, habituellement les plus fertiles, et de sélectivité de l'érosion qui entraîne les éléments les plus fertiles.

7.2 Les conséquences sur les lieux de dépôt (off-site effects)

L'érosion et les transports solides sont gênants pour une majorité d'aménagement.

Ils se traduisent par :

- La sédimentation des sols érodés dans des endroits non désirables (FAO, 1977) ;
- l'envasement accéléré des barrages, des canaux d'irrigation et des réservoirs ;
- La destruction d'infrastructures (routes, chemins et ponts) ;
- réduction de la capacité des lits de rivières et un risque d'inondation des terres voisines ;
- un transfert et répartition spatiale des polluants (pesticides, métaux lourds et nutriments en excès) dans l'environnement ;
- L'augmentation du coût de traitement des eaux de consommation (métaux lourds et pesticides) ;

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 des 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 fertiles 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 antiérosives

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 antiérosives et des pratiques culturales correspondantes (Dupriez et de Leener, 1990) (cf. photo 4).



Photos 4. Pratiques agricoles : culture intercalaire fèves et plantation fruitière.

1.2 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).

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



Photo :ANONYME, 2007.

Photos 05. Montagne aménagée en terrasse au Maroc.

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 06).



Photo 06. 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 07).



Photo : DGF 2001

Photo 07. Murettes en pierres sèches en Tunisie.

2.1.4 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 08).



Photo 08. Cordons de pierres sèches.

2.1.5 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,



Photo : Bordj El AEK,

Photos 09.Correction torrentielle.

2.1.6 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 10).



Photo 10. 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 11).



Photos 11. 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 12).



Photos 12. 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 13).

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



Photos 13. Revégétalisation Atriplex sp.

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).

1. Cadre physique

1.1. Présentation de la région d'étude : La commune de Sidi Ali est située à l'est la wilaya de Mostaganem, à une distance de 59 km du chef-lieu de la wilaya, elle est implantée en une petite partie dans les piémonts de Dahra, couvre une superficie de 217km², elle est limitée (cf. fig. 04) :

- Au Nord par Sidi Lakhdar et Hadjadj ;
- A l'Est par la commune de Tazgait et OuledMaalah ;
- Au Sud par la commune de Sidi Khettab ;
- A l'Ouest par la commune de Sidi Belattar et Sour.

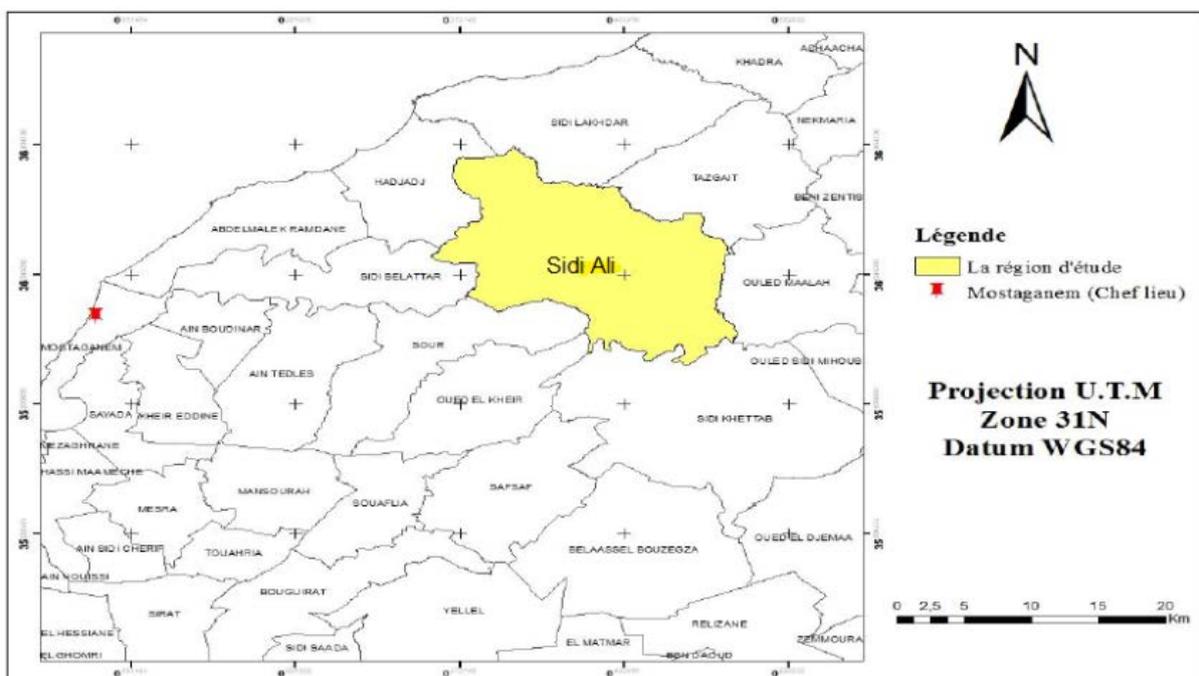


Figure 04. Situation géographique de la région d'étude.

1.2. Situation géographique de la zone d'étude

La zone concernée par cette étude se situe dans la partie Nord de Sidi Ali, elle fait partie des piémonts de Dahra. Elle est situé entre les coordonnées géographiques suivantes :

Tableau 02 : les coordonnés géographiques

Coordonnés géographiques	
longitude	latitude
X1 : 0° ,24' 33''	Y1 : 36° ,5' 50''
X2 : 0° ,25' 12''	Y2 : 36° ,7' 0''

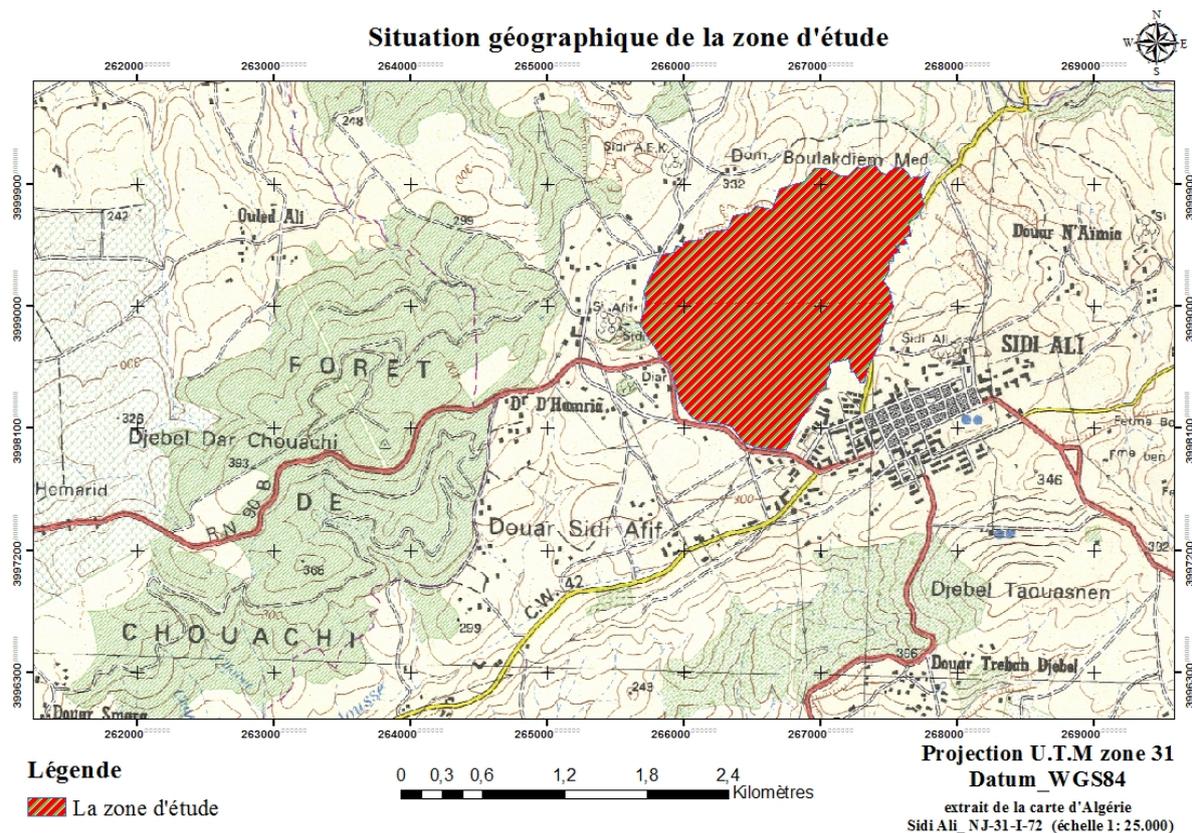


Figure 05. Situation géographique de la zone d'étude.

1.3. Situation juridique et administrative

La zone d'étude s'étend sur une superficie de 268 ha pour un périmètre de 7818 m.

Sa situation administrative est la suivante :

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

Quant à l'administration agricole, la gestion des terres agricoles de douar Ouled Naimia est assurée par la D.S.A de Mostaganem, circonscription de D.S.A de Sidi Ali.

1.4. Infrastructure routière

La zone d'étude est caractérisée par une densité routière importante, elle est traversée par la route nationale 90 B à la partie extrême Sud on passant par la commune de Sidi Ali.

Juste un seul chemin de wilaya est inclus 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. 06).

1.6. La géomorphologie

1.6.1. Relief et pentes

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 15%) et donne des formations planes (cf. fig. 08). 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'inclination :

- **1-7%** : cette classe représente la plaine
- **7-11%** : c'est la classe des pentes modérées, qui représente une zone de contact entre la plaine et les montagnes. Elle couvre une grande partie.
- **11-17%** :C'est la classe Abrupte qui occupe le milieu de notre zone d'étude
- **17-26%** : cette classe ne représente qu'une petite partie de notre zone d'étude.

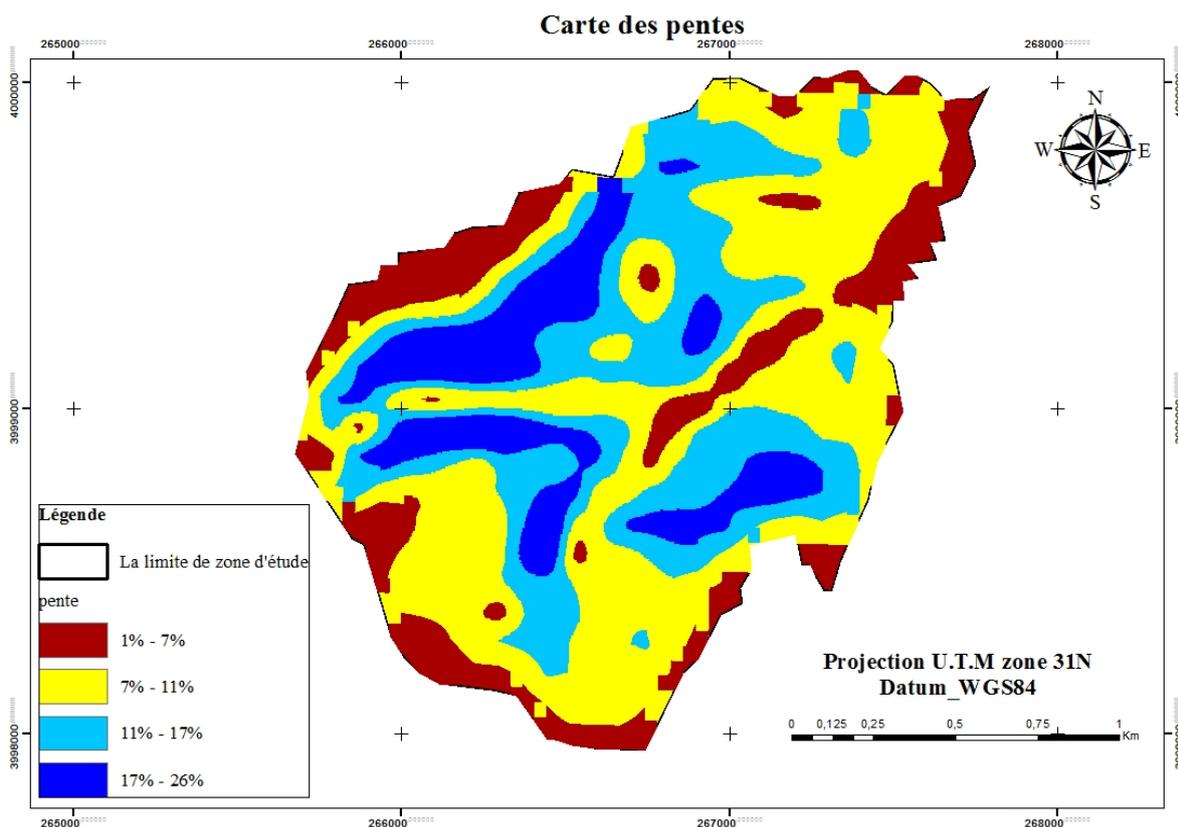


Figure 08. Carte des pentes de la zone d'étude.

1.6.2 Altitude et exposition

L'exposition est considérée comme étant un facteur important dans l'étude d'érosion, car il peut être un obstacle pour la poussée de certaines espèces protectrices du sol par leur effet sur l'ensoleillement et l'humidité, et cette dernière entrave sur le sol donc provoque l'érosion hydrique

Dans notre cas et sans prendre en considération les différents facteurs écologiques (climat, relief) favorisant l'érosion, on trouve que, l'intensité de l'érosion hydrique est très marquée dans le plus souvent au niveau des endroits dépourvus de la végétation et dont l'exposition Nord- Est la plus dominante dans la zone d'étude (cf. fig. 10)

Le point le plus haut se situe à une altitude de 336 m et le point le plus bas à 179 m.

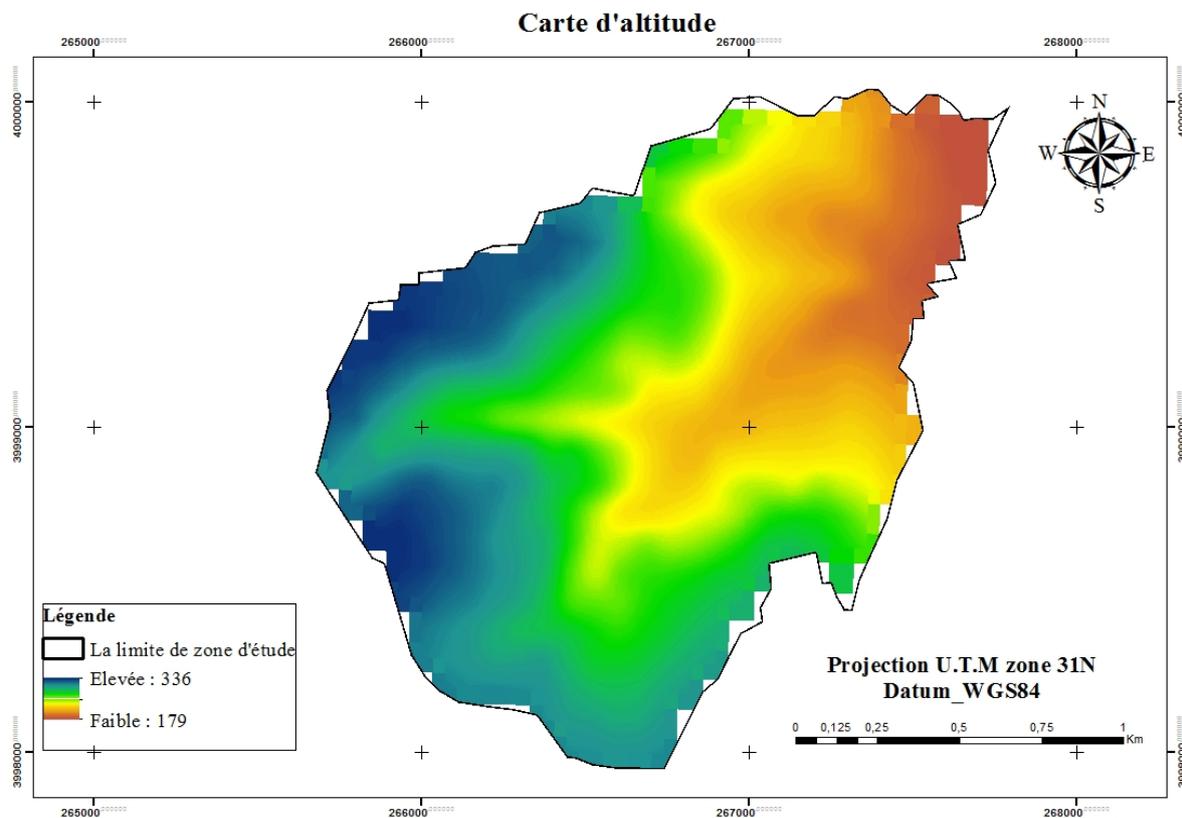


Figure 09.Carte d'altitude de la zone d'étude.

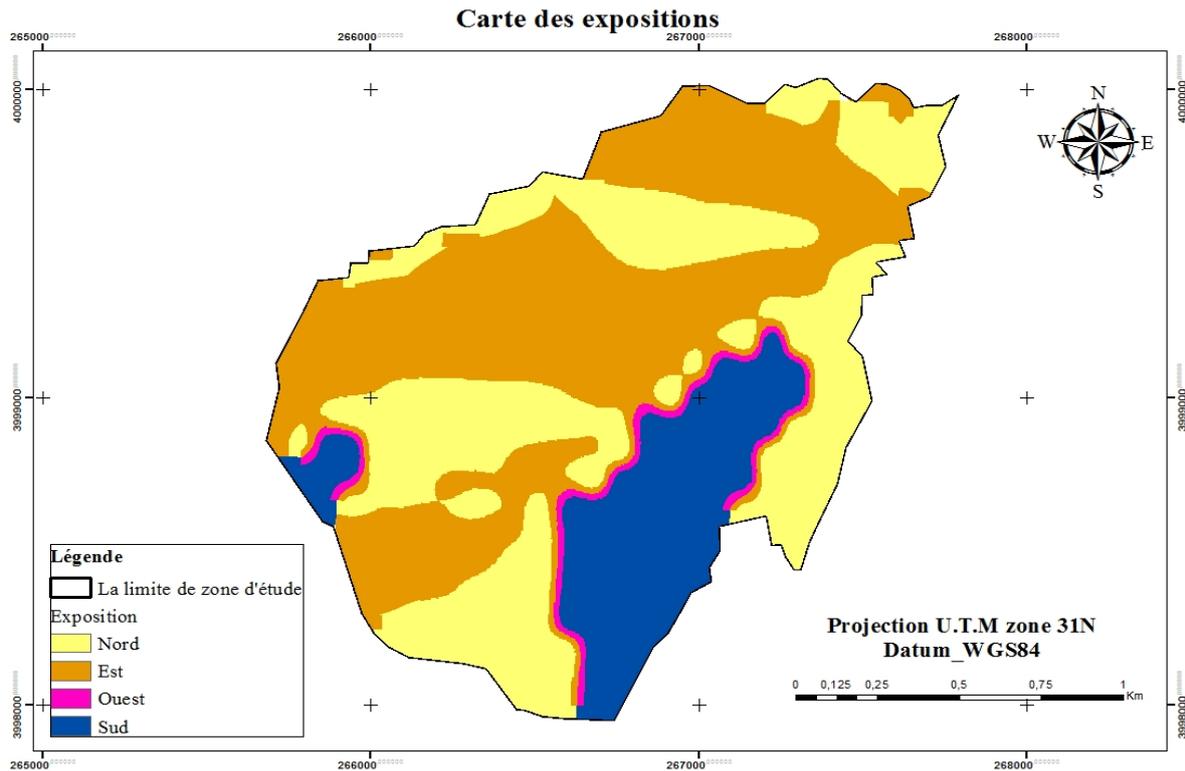


Figure 10. Carte des expositions de la zone d'étude.

1.7 Sols

D'après la carte de lithologie on a constaté la présence de fortes proportions des sols limon sablo- argileux et limon argileux et un faible taux de sols sable limoneux et sable (cf. fig. 11)

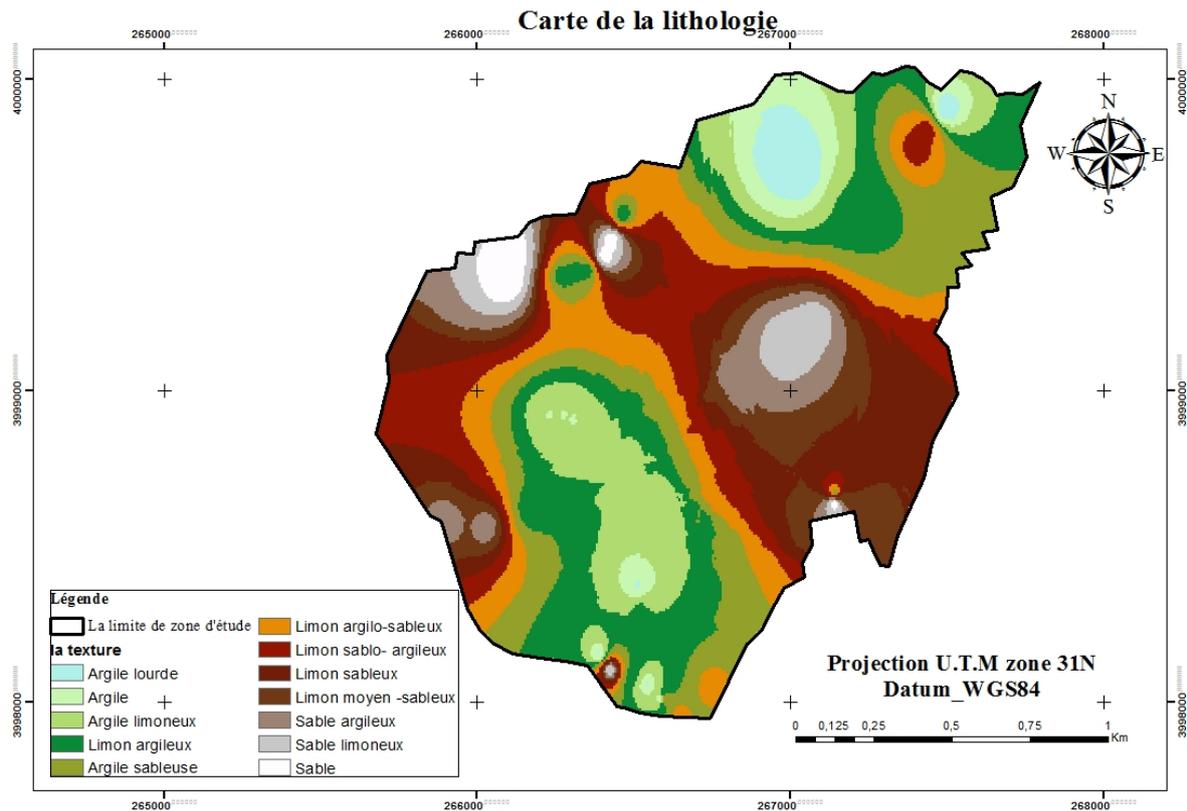


Figure 11. Carte de la lithologie de la zone d'étude.

1.8 Réseaux d'écoulement pluvial

La carte de réseaux d'écoulement pluvial montre que la zone d'étude est caractérisée par une densité du réseau hydrographique importante et il est à noter que le périmètre ne possède aucun cours d'eau permanent. Ceci explique la difficulté des riverains à irriguer leurs cultures (cf. fig. 12).

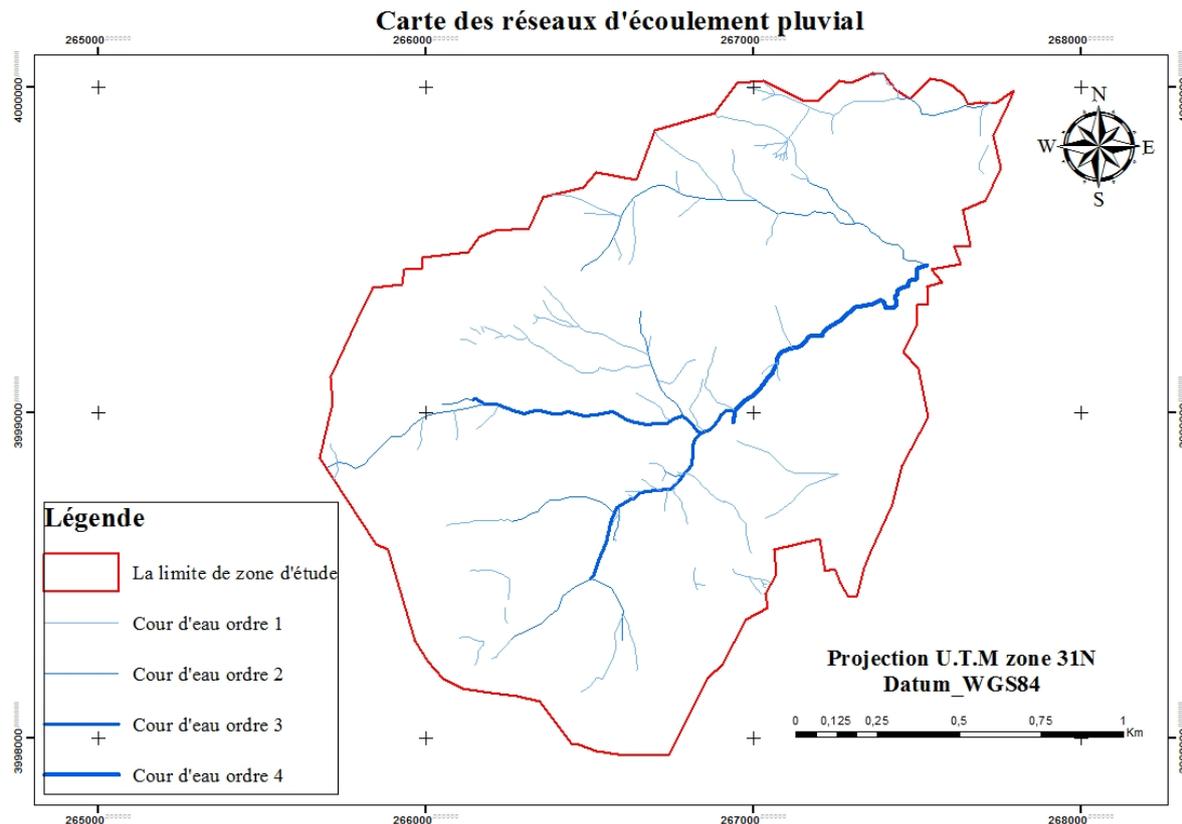


Figure 12. Carte du réseau hydrographique de la zone d'étude

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 dont l'agriculture et l'élevage occupent une surface très importante avec la prédominance de la céréaliculture, viticulture et l'arboriculture avec la présence aussi de cultures maraîchères à petite échelle (cf. fig. 13).

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

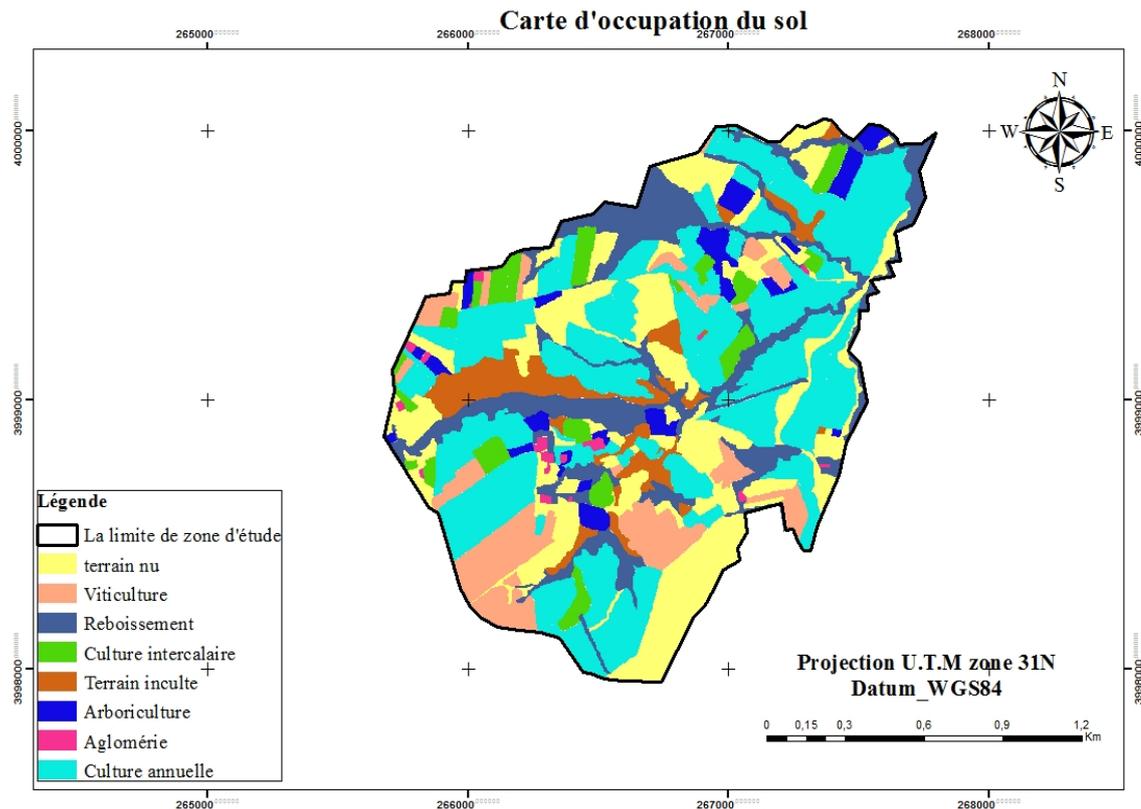


Figure 13. Carte d'occupation du sol de la zone d'étude.

2. Aperçu climatique

2.1. 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 d'étudier le volet climatique de notre zone d'étude, nous avons recouru aux données de l'office national de Météorologie de Mostaganem pour la période 2000-2015.

Nous avons tenté dans le cadre de cette étude d'effectuer un aperçu climatique de la station de Sidi Ali 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

2.1.1. Les précipitations

2.1.1.1. 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 (Aubertet 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 – 2015 de la région de Sidi Ali.

Tableau 03. Précipitations moyennes mensuelles (2000 – 2015).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	O	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 périodes, 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, 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.

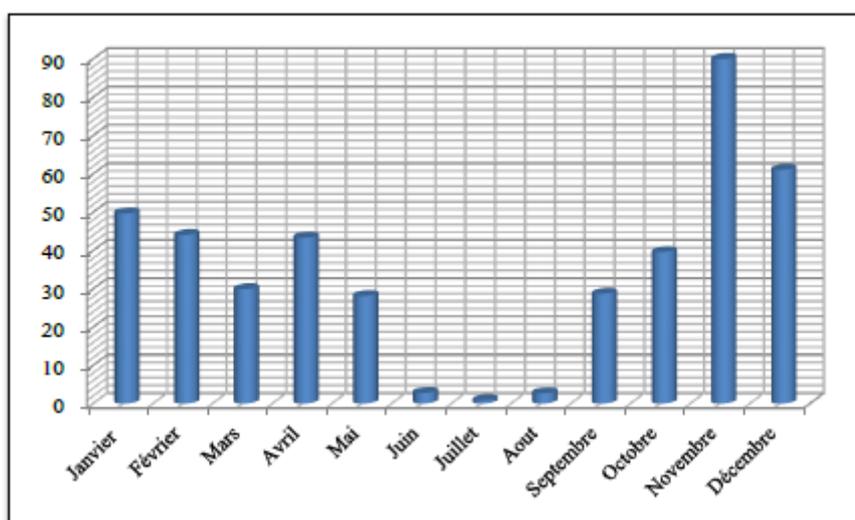


Figure 14. Histogramme des précipitations mensuelles (mm).

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 0.79mm. La moyenne annuelle est de 421.06 mm.

2.1.1.2 Répartition annuelle des précipitations

La pluviométrie est considérée comme un facteur primordial par son impact direct sur l'hydrologie de surface dont elle représente la seule source hydrique pour la végétation des milieux terrestres (Marzouk, 2010).

Depuis de nombreuses décennies, la corrélation entre les pluies torrentielles et l'intensité de l'érosion est observée (Paul-Hus, 2011).

Dès 1955, Galevski (1955) avait remarqué sur un périmètre d'étude que l'intensité des pluies exerçait un effet primaire et un effet secondaire. L'effet primaire est défini comme étant l'action mécanique des gouttes pluviales produites sur le sol, et l'effet secondaire comme étant la puissance de ruissellement sur les versants.

Les pluies agressives exceptionnelles qui s'abattent sur la région, en déclenchant le ravinement et des glissements de terrain, charrient d'énormes quantités de sédiments vers les réservoirs d'eaux (Roose, 2004).La répartition annuelle de la pluviométrie enregistrée dans la zone d'étude est représentée dans la figure 15.

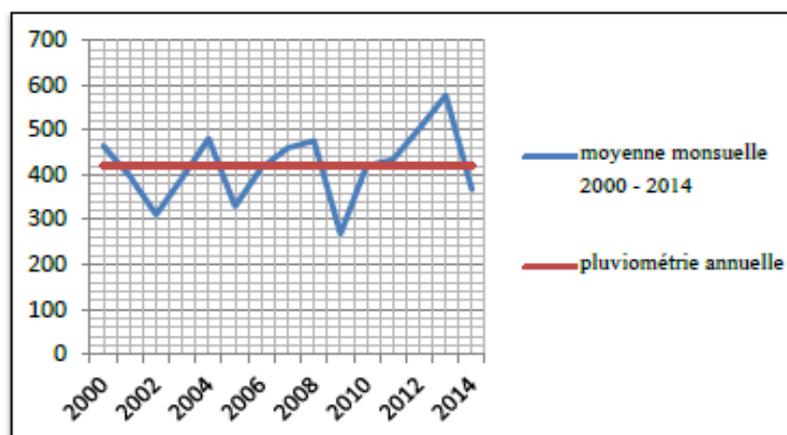


Figure 15. Répartition annuelle de la pluviométrie.

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.

2.1.1.3 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. 04).

Tableau 04. 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.

2.1.2 Températures

La température est le second facteur caractéristique du climat. Il a été défini comme une qualité de l'atmosphère et non une grandeur physique mesurable (Peguy, 1970). Il régit directement le climat en interaction avec les autres facteurs météorologiques, permettant avec les précipitations le calcul du déficit d'écoulement et les indices climatiques. Au point de vue pédologique, les écarts thermiques provoquent la désagrégation des roches ayant pour conséquence le développement des sols. Elles interviennent aussi dans le déroulement de tous les processus, la croissance, la reproduction, la survie et par conséquent la répartition géographique de la végétation générant les paysages les plus divers (Soltner, 1992).

Tableau 05. Les données thermiques de la station de référence.

Mois T (°C)	J	F	M	A	M	J	J	O	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

Les moyennes mensuelles des températures (cf. tab. 04) confirment que le mois de janvier est le mois le plus froid avec une moyenne minimale de 5,99°C, ensuite les températures augmentent d'une allure régulière jusqu'au mois d'août qui représente le mois le plus chaud avec une moyenne maximale de 32,30°C (cf. fig. 16).

Ce qui entraîne généralement d'importantes pertes en eaux des sols par l'augmentation de l'évaporation qui agit négativement sur le développement des plantes par la forte transpiration. Ces pertes en eau se traduisent par une réduction de l'humidité au niveau des sols qui s'exprime par une régression du couvert végétal et par conséquent des risques plus élevés à l'érosion hydrique (Roose et *al.*, 2008). Dans ce cas-là, le couvert des arbres peut avoir une influence considérable en modérant la température de l'air et du sol et en accroissant l'humidité relative (Lal et Cummings, 1979). Ces deux dernières sont en général bénéfiques à la croissance des cultures et sont mis à profit dans de nombreux systèmes d'agroforesterie (Weber et Hoskins, 1983 ; Vergara et Briones, 1987).

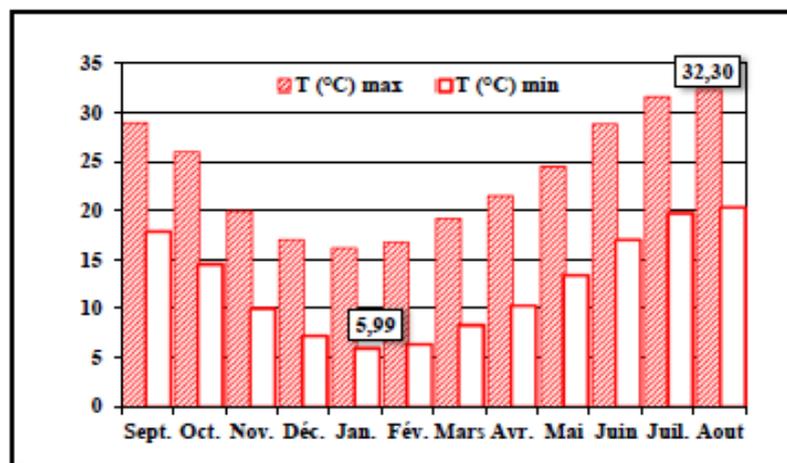


Figure 16. Températures moyennes maximales et minimales (°C)

Emberger (1955) a utilisé des significations biologiques pour connaître les variations thermiques :

- ❖ M : la moyenne des maxima du mois le plus chaud (°C),
- ❖ m : la moyenne des minima du mois le plus froid (°C),
- ❖ M-m : Amplitude thermique exprimant la continentalité.

2.1.3 Vents

Ils constituent un des facteurs reconnus dans la caractérisation du climat méditerranéen, son action est principalement néfaste pendant la saison sèche et lors des tempêtes qui précèdent la

saison des pluies, lorsque le sol est nu. Il détermine la transformation des états de surface, particulièrement en zones arides et semi-arides (Thiombiano, 2000). L'action des vents s'observe surtout à différents niveaux, mécanique par l'arrachement et la chute des feuilles et des fleurs et physiologique par une augmentation de l'évapotranspiration (Balleux et Van Leberghe, 2001). Cette situation s'accompagne également par une réduction de l'humidité des sols et une régression du couvert végétal et par conséquent des risques plus élevés par rapport à l'érosion hydrique.

Au niveau de notre zone d'étude, la direction du vent dominant selon Dembele (1994)

Tableau 06. Variations de l'évolution de la vitesse moyenne mensuelle du vent (2000 – 2015)

Mois	J	F	M	A	M	J	Juit	Oaut	S	Oc	N	D	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)

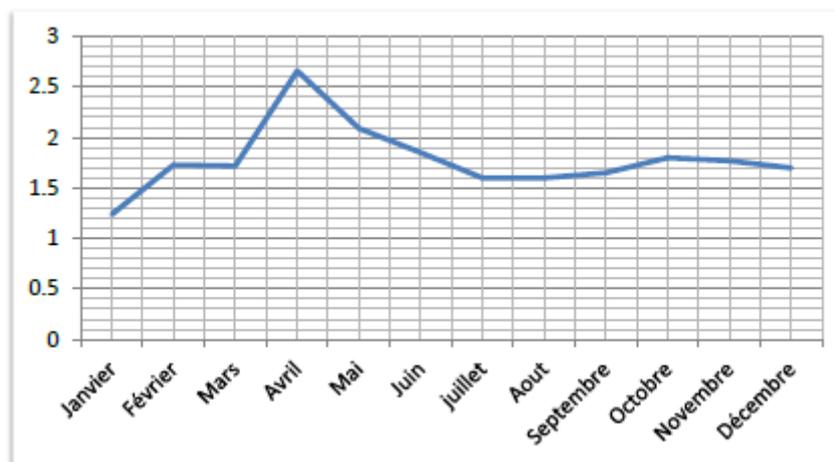


Figure 17. Courbe de la vitesse moyenne mensuelle du vent.

2.1.4 Humidité

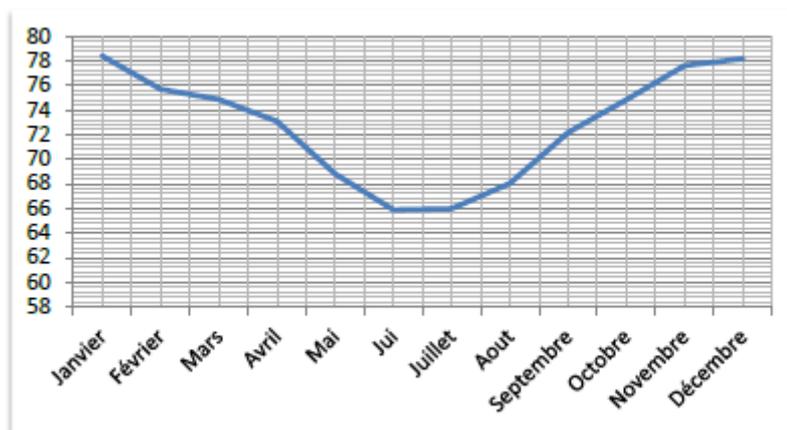
L'humidité relative est un paramètre climatologique très important qui présente le rapport entre la pression partielle de la vapeur d'eau à l'air humide et la pression de saturation à la même température. Les arbres eux-mêmes consomment de l'eau qu'ils transpirent en vue de refroidir les feuilles ; cela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

Les valeurs moyennes de l'humidité relative à la station de Sidi Ali s'étalant sur la période de (2000-2015) sont représentées dans le tableau (07).

Tableau 07. Humidités relatives mensuelles (2000-2015).

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 18.** Courbe de la valeur moyenne de l'humidité relative

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

2.1.5. 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 Par ce vaux 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 08. Les données d'évaporation (2000 -2015).

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

Dans la région d'étude l'évaporation atteint le maximum durant le mois de Juillet (cf. fig.19).

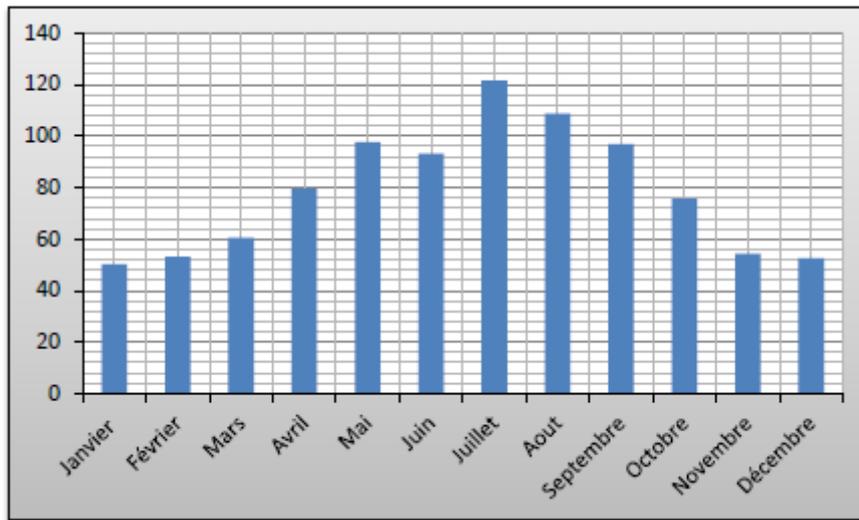


Figure 19. Histogramme de l'évaporation moyenne mensuelle.

2.1.6 Insolation

C'est le facteur climatique dont il faut tirer parti, l'insolation forte avec les températures élevées entraînant une faible humidité de l'air et donc une évaporation forte (Deygout et Treboux, 2012).

Tableau 09. Variation de l'insolation moyenne annuelle en heure.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	O	S	O	N	D
V,max de lumière	0	0	208,2	24,3	303	301,1	310	320,6	239,4	224	153,1	201,9

ONM, Mostaganem 2015

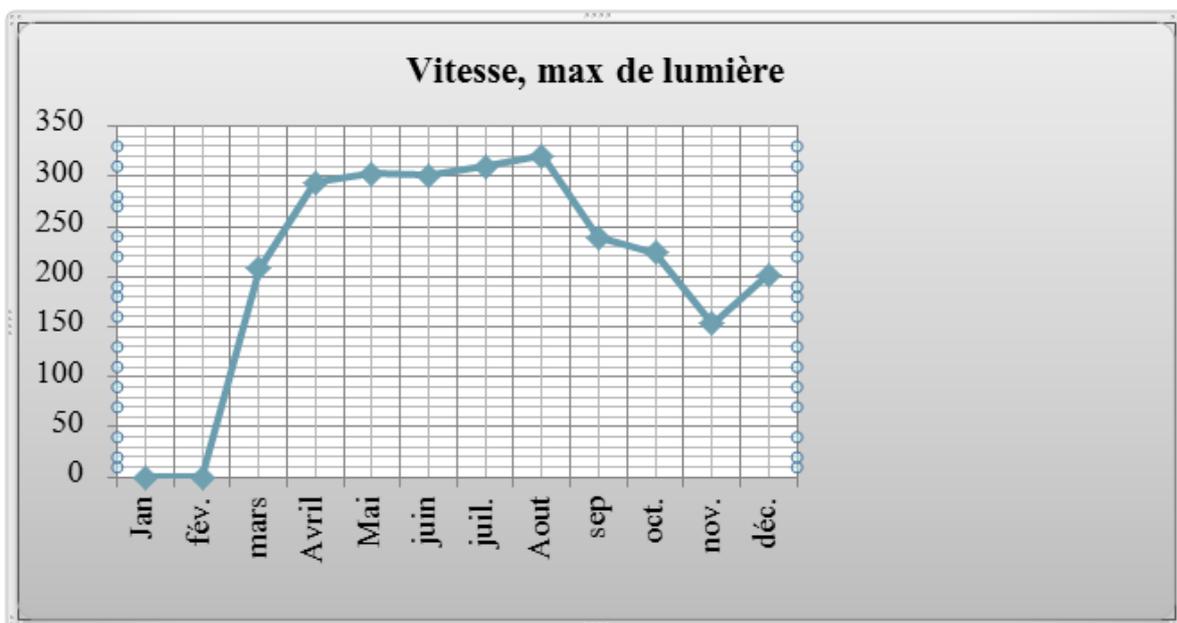


Figure 20 : Variation de l'insolation moyenne annuelle.

2.2 Synthèse bioclimatique

La synthèse climatique est basée sur la recherche des formules qui permettent de ramener à une variable unique l'action de plusieurs indices climatiques. Tenant compte des variables telles que la pluviosité et les températures.

2.2.1 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 suivant :

Tableau 10. 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 11.

Tableau 11. Indice de continentalité de la zone d'étude

	M (°C)	M (°C)	M-m (°C)	Type de climat
T. °C	30,28	5,99	24,99	Littoral

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

2.2.2 Quotient pluviométrique et climogramme d'Emberger.

Pour la détermination du type de climat qui règne ces dernières années dans notre zone d'étude, nous avons eu recours à l'utilisation du quotient pluviométrique d'Emberger. Ce quotient est généralement le plus utilisé dans les régions de l'Afrique du Nord.

$$Q2 = \frac{2000P}{M^2 - m^2}$$

P : précipitation moyenne annuelle (mm).

M : Températures moyennes des minimums des mois le plus froid (°K).

m : températures moyennes des minimums du mois le plus froid (°K).

Tableau 12. Ambiance bioclimatique de Sidi Ali

M (K)	m (K)	P (mm)	Q ₂	Ambiance bioclimatique	
				Étage	Variance
303.48	279.19	421.06	59.50	Semi-aride	tempéré

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

2.2.3 Indice d'aridité de Demartonne :

En se basant sur le régime des précipitations et des températures. La formule proposée est la suivante :

$$\text{IDM} = \frac{P}{10 + T}$$

IDM : Indice d'aridité annuel

P : précipitation moyennes annuelles (mm)

T : Températures moyennes annuelles (°C)

Tableau 13. Indice d'aridité de Demartonne.

Station	P (mm)	T (°C)	T+10	IDM
O.N.M (2000-2015)	421,06	17,82	27,82	15,13

Tableau 14. 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

L'indice de Demartonne se situe entre 10 et 20, donc le climat de la zone d'étude est semi-aride.

2.2.4 Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen.

Il permet de comparer l'évolution des valeurs des températures et des précipitations. Ils sont établis en tenant compte de la formule permettant de définir un mois sec soit : $P \leq 2T$.

P : précipitations en mm du mois ;

T : températures en °C du même mois.

La période sèche est déterminée par une représentation graphique portant en abscisse les douze mois de l'année, en ordonnée les précipitations mensuelles moyennes exprimées en (mm) et à gauche les températures moyennes exprimées en °C.

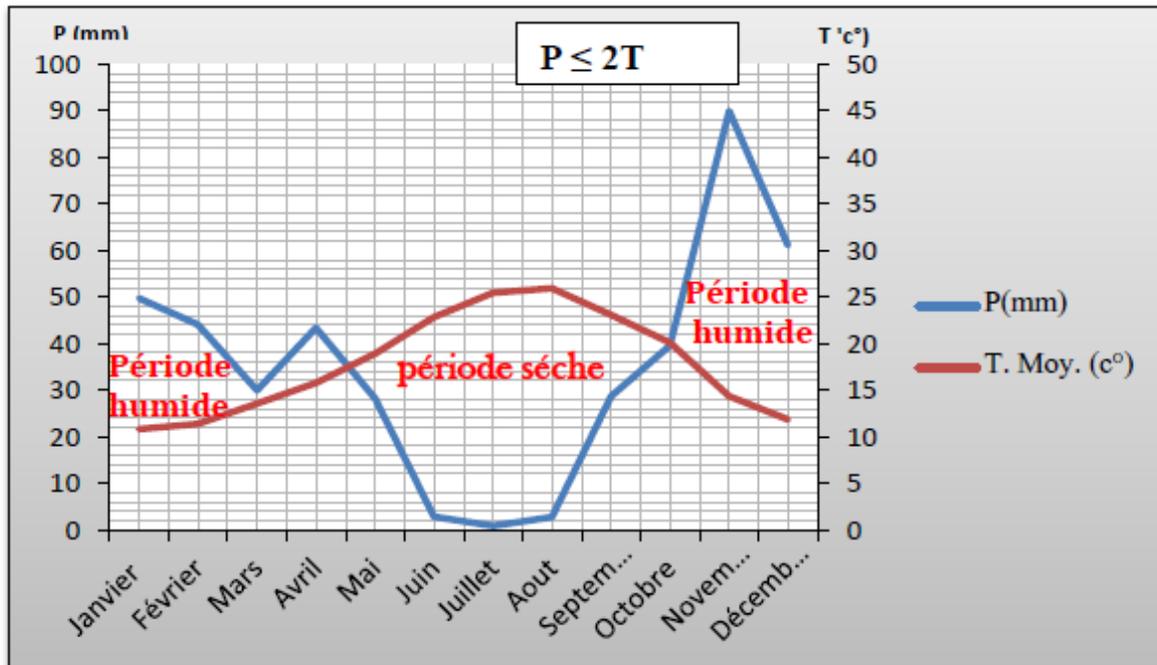


Figure 21. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson

D'après cette courbe, nous pourrions dire que la zone comprend deux périodes :

- une période sèche qui débute en fin d'avril et prend fin en début d'octobre ;
- une période humide qui commence fin octobre et se termine et début d'avril.

3. 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).

3.1. Population et Activité

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 Ali pour des meilleures conditions de vie et de travail, étant donné que cette région est considérée comme une zone agricole importante (cf. Tab. 15).

Tableau15. Caractéristiques démographiques de la région de Sidi Ali

Unité	superficie	Pop1998	Pop2008	Pop2013	Part de la pop	Densité Hab./km2	Part de la pop
N°.Pop	140	30 950	34 612	36 558	6,2%	247,2	4 ,6%

Direction de l'environnement, 2015 W. Mostaganem

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.).

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 16 ci-dessous.

Tableau 16. Situation de l'emploi global de la commune de Sidi Ali

unité	Pop. Totale	Pop. Active	Pop. occupée	Pop. Au chômage	Taux de chômage	Part des occupées
N°	36426	19595	18553	1042	5,32	4,9

Direction de l'environnement 2015, W. Mostaganem

3.2. 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).

3.3. 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.

3.3.1. L'agriculture

En effet, la région est connue pour sa vocation essentiellement, agricole, les cultures céréalières, viticulture et l'arboriculture sont les plus répandues 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

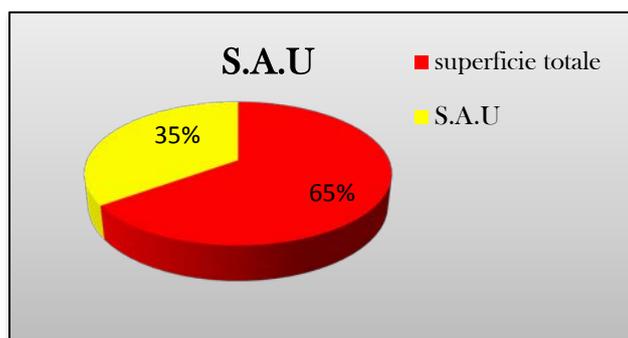


Figure 22. Présentation de la surface agricole utile de dans la zone d'étude.

- **Répartition de la S.A.U**

La SAU de la commune de Sidi Ali occupe de 35 % de la SAT où la viticulture est la plus répandue avec une superficie de 4034 ha puis vient en 2^{ème} position l'arboriculture qui occupe une superficie de 2256 ha. Les cultures céréalières occupent une superficie de 754 ha, 392 ha pour les cultures fourragères et une superficie de 140 ha consacré pour les cultures maraichères

Tableau 17. 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	1058,5	1188
%	9	4	5	2	50	2	13	15

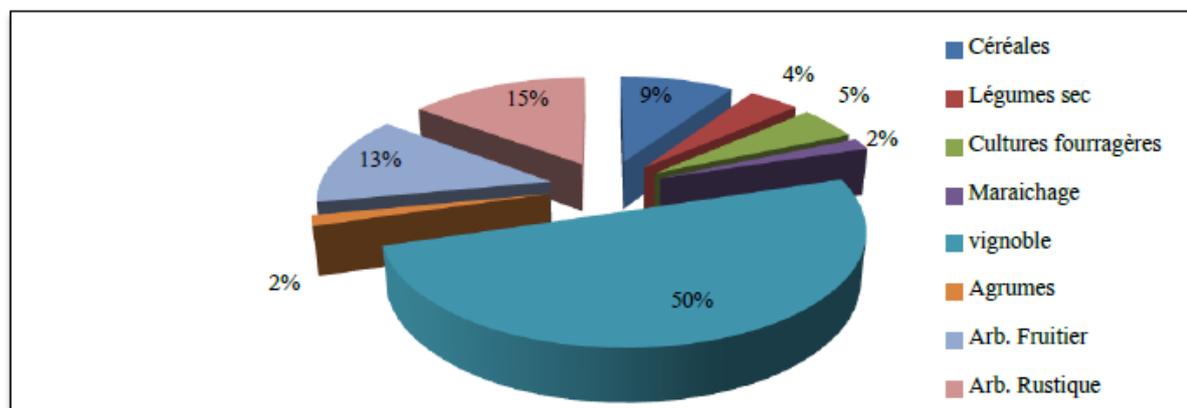


Figure 23. Répartition de la surface agricole utile de la zone d'étude.

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.

3.3.2. 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 18. Distribution du cheptel

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

Subdivision Sidi Ali 2015, W. Mostaganem

Introduction :

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 avec le modèle PAP CAR, au niveau des terres agricoles des piémonts Nord-Ouest du Dahra établi par DAOUADJI 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.

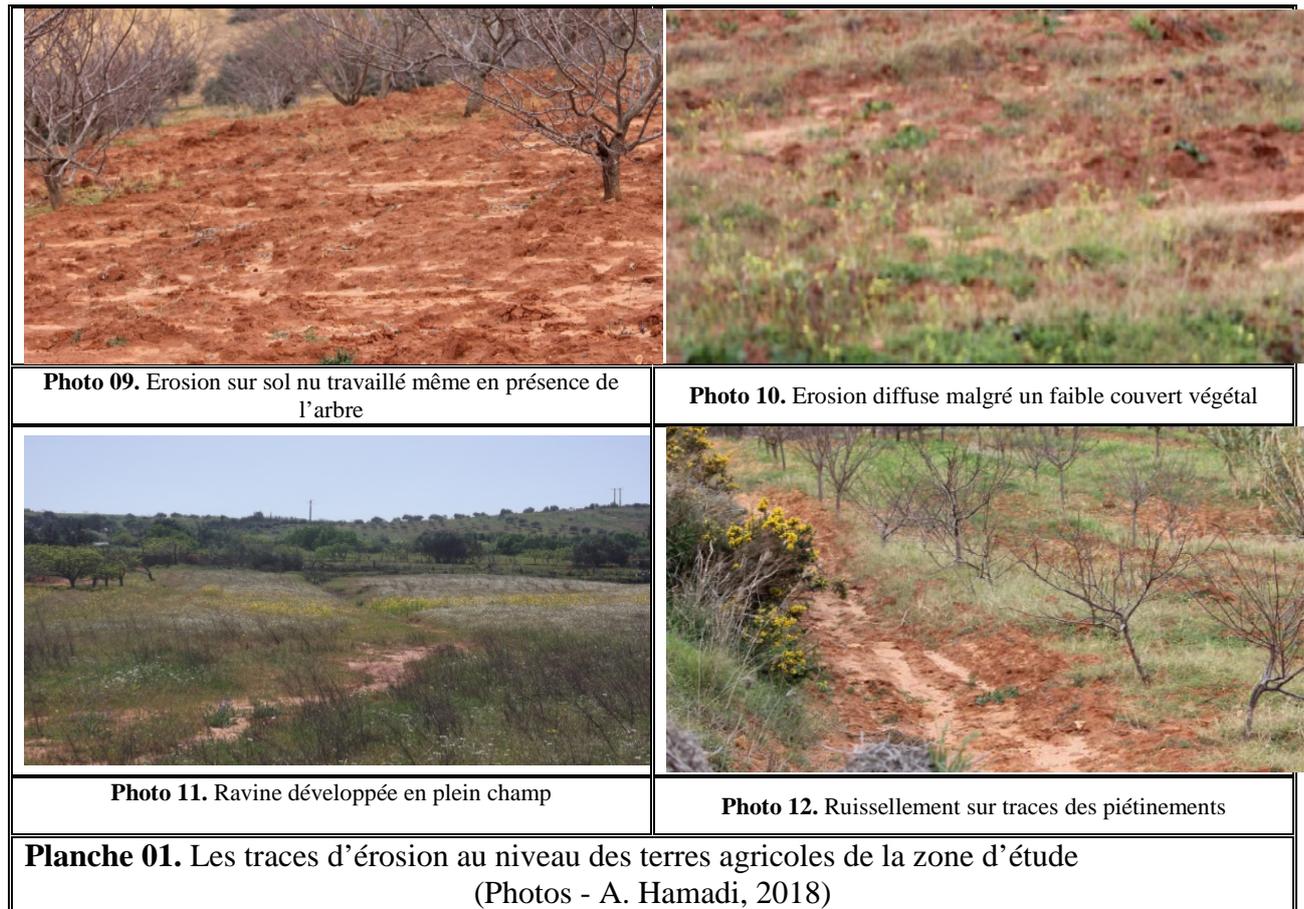
1. Diagnostic et identification des problèmes majeurs

Les informations fournies par l'étude concernant l'approche cartographique de risque d'érosion hydrique, ainsi qu'une prospection de terrain, permettent de dégager une bonne compréhension de la situation de dégradation environnementale au niveau des terres agricoles de notre zone d'étude. Quant aux terres agricoles, le risque se différencie des terrains cultivés, terrains nus, à végétation très dense, végétation éparse ou de densité moyenne. Nous pouvons observer la formation des griffes, rigoles et ravines dans presque toutes les parties de notre zone d'étude avec un ravin au nord-ouest. Nous avons aussi remarqué la division de quelques parcelles qui n'ont pas pu résister au phénomène de l'érosion de quelque années malgré les différentes techniques de lutte contre l'érosion appliquées au niveau de cette zone d'étude.

A cela s'ajoutent les contraintes d'ordre social. En effet, les agriculteurs de la zone préfèrent le gain rapide sans trop se soucier de la durabilité. Les efforts de diversification des sources de production agricoles et non agricoles sont limités. Les agriculteurs se contentent des revenus procurés par la céréaliculture et l'élevage.

D'autre part, le labour souvent suivant le sens de la pente, l'absence d'assolement et de la rotation rendent les parcelles agricoles moins rentables, ainsi que le surpâturage, ce qui expose les sols de plus en plus au phénomène de l'érosion (cf. planche 1).

	
<p>Photo 01. Erosion en nappe (Cailloux dénudés)</p>	<p>Photo 02. Trace d'outil (Tassement)</p>
	
<p>Photo 03. Erosion en nappe (croûte de battance avec fente de retrait)</p>	<p>Photo 04. Rigoles avec dépôts d'éléments grossiers (sable)</p>
	
<p>Photo 05. Ruissellement sur traces des pneus</p>	<p>Photo 06. Talweg avec début des Badlands</p>
	
<p>Photo 07. Talweg avec début des Badlands (exposition Sud)</p>	<p>Photo 08. Erosion même en présence de l'arbre</p>



2. Critères retenus pour le choix des zones prioritaires

- Certains critères physiques tels que le nature sol, le couvert végétal et la pente,
- La gravité de l'érosion
- L'environnement et l'infrastructure

3. Mécanisme d'action pour l'application de la méthodologie

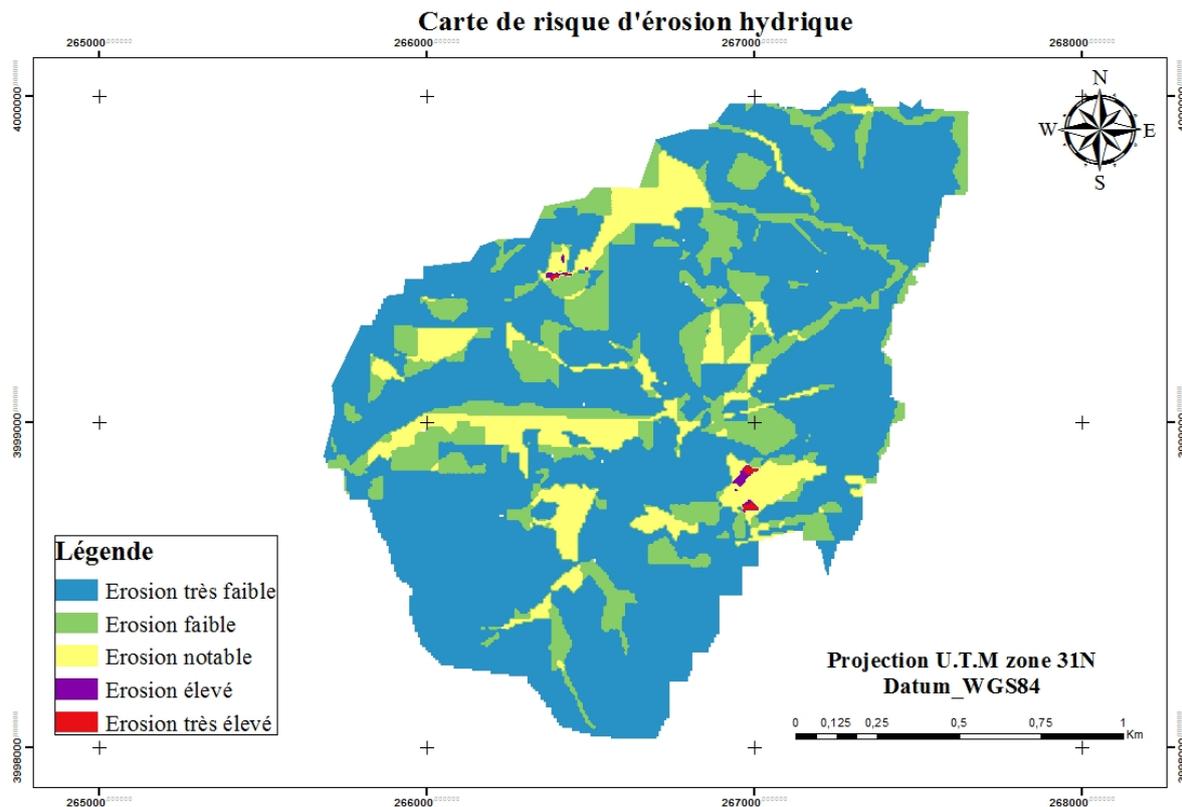
D'après la carte de localisation des zones à risque (cf. fig24), L'ordre d'intervention prioritaire y apparaît. Les zones très sensibles correspondent aux zones de ravinement.

4. Matériel utilisés pour la carte d'aménagement

4.1. Cartes utilisées

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 1/200.000, projection UTM zone 31.
- Cartes de risque d'érosion de la région d'étude, dressée à l'échelle 1/200.000, projection UTM zone 31.



Réalisée par Y.ZEBOUDJA, 2018

Figure 24. Carte des risques d'érosion

4.2. Logiciel utilisé

Pour la réalisation de la carte, nous avons utilisé le logiciel Arcgis 10. C'est un outil servant au visionnement et à l'analyse des données géographiques sous format «shp». Ce type de logiciels a été développé par la compagnie ESRI. Il se divise 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 « pdf » 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», on a suivi la logique des différentes sections avec les opérations nécessaires comme la digitalisation, stockage de base de données, modification, etc.

5. Approche méthodologique adoptée

A partir de la carte de sensibilité à l'érosion établie par DAOUADJI(2018) dans le cadre d'impact de système de culture sur l'érosion hydrique sur la même zone d'étude, 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 (cf. fig.25).

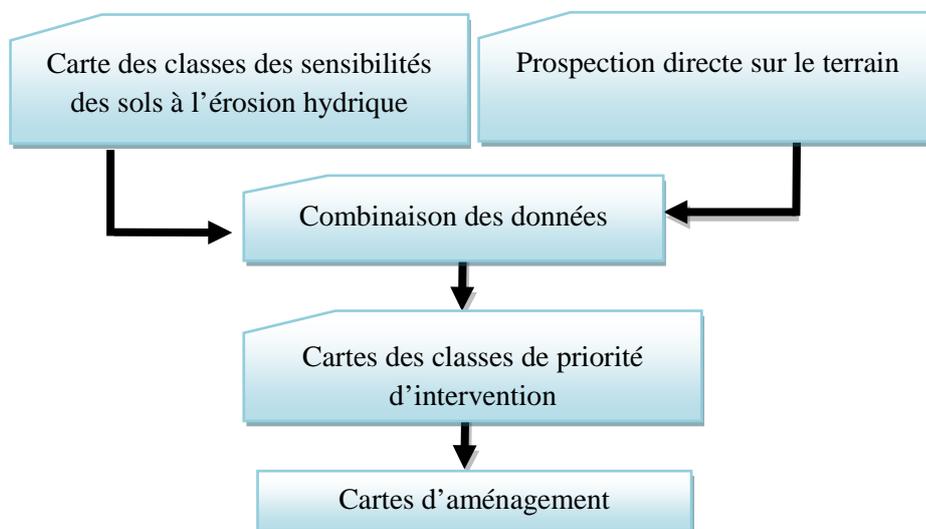


Figure 25. Organigramme de la méthodologie suivie pour le plan d'aménagement.

1. Détermination de l'ordre des zones prioritaires

Par le biais de l'approche cartographique trois zones prioritaires ont été distinguées suivant le degré de sensibilité à l'érosion dans la zone.

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

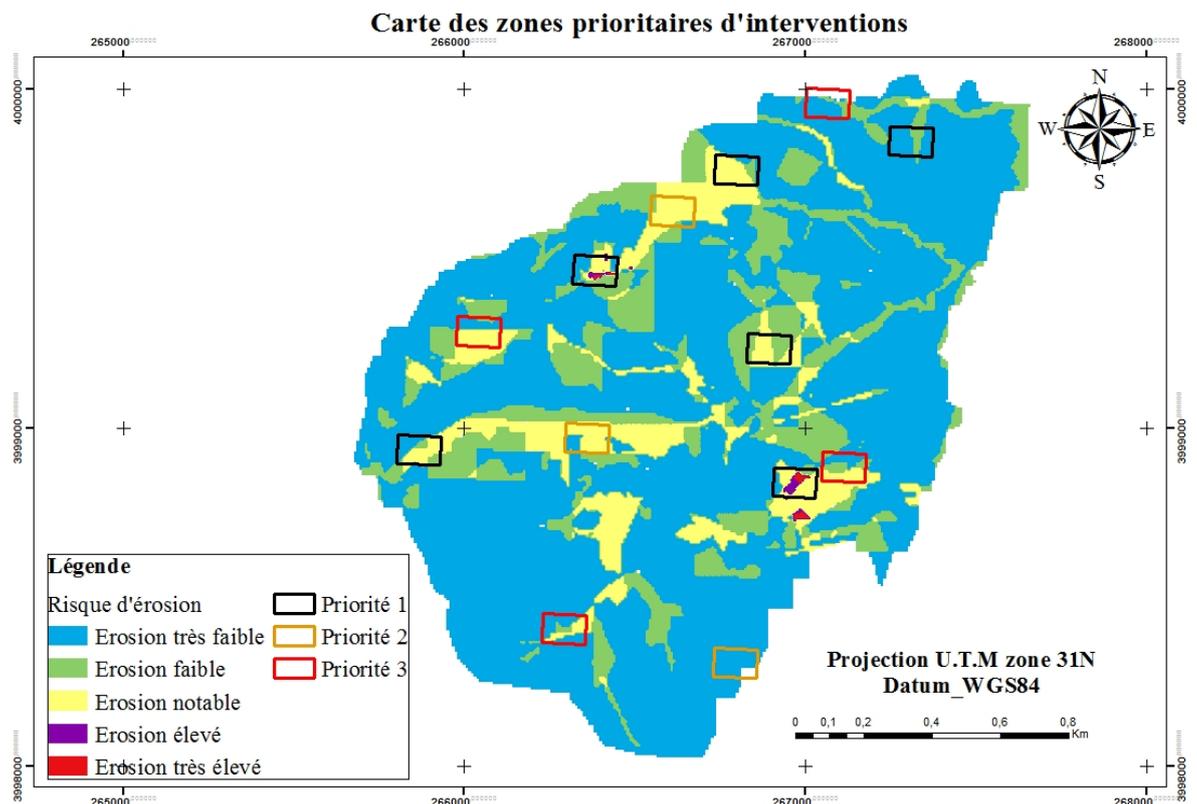


Figure 26: la carte des zones prioritaire d'interventions

2. Les mesures recommandées pour chaque zone

Après avoir détaillé les facteurs favorisant l'érosion hydrique, ses conséquences ainsi que les contraintes limitant la mise en valeur, nous recommandons une série de mesures qui doit impérativement être mise en place afin d'augmenter la couverture végétale, de conserver les sols car la situation est préoccupante.

2.1. Zone de première priorité

2.1.1. Installation d'une bande protectrice sur la bordure du ravin et ravin

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 entrainées

par le ruissellement. De plus elle assurera la stabilisation de la bordure du ravin grâce au système racinaire des arbres et arbustes.

Les espèces recommandées pour la bande autour de thalwegs sont :

- Caroubier (*Ceratonia siliqua L.*)
- Cyprés (*Cupressus*)
- Lentisque pistachier (*Pistacia lentiscus L.*)
- Thuya (*Tetraclinis articulata*)

2.1.2. 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). (cf photo 14)

Il empêche la concentration du ruissellement et diminue son énergie et favorise l'installation du sous-bois.

✓ 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

Pour ce qui est du choix des essences à utiliser, nous avons songé aux essences autochtones et peut exigeantes comme *Cupressus sempervirens*, *Tetraclinis articulata*, *pistacia lentiscus*, *acacias*.

Pour assurer la réussite des plantations, on doit éviter la monoculture et opter de préférence à un mélange et tenir compte de l'avis des riverains.

Enfin sa durabilité dépend aussi d'un entretien cohérent comme les regarnie pour remplacer les plants manquants qui n'ont pas réussis, l'arrosage : quatre arrosages, un après la mise en terre et les trois autres tous les deux mois après la plantation.



Source : ABBOUB Sarah

Photos 14 : terrain nu, terres agricole de douar Djillali Bén Arbi, Sidi Lakhdar 2015.)

2.1.3 La reconversion des systèmes de production

La population locale maintient toujours la culture des céréales (**photo 15**), 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 choix des essences fruitières doit se faire en fonction des exigences agro-climatiques des espèces et selon les vœux des riverains. Les espèces proposées en priorité sont : Amandier (*Prunus amygdalus*), le Figuier (*Ficus Carica*), l'olivier (*Olea europaea L*), le Grenadier (*Punica granatum*), pêchier (*Prunus persica L*) ainsi que le cactus ,La vigne (*Vitis vinifera*).



Source : ABBOUB Sarah

Photos 15 : parcelle à une seule culture, *terres agricole de douar Dillali Ben Arbi, Sidi Lakhdar 2015.*

2.1.4 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). (cf photo 16).



Source : HAMADIA



Source : Caussin, FSAGx

Photos 16 : (A) parcelle de céréale, dans les terres agricole Dans la zone d'étude (Sidi Ali, (B) Résidus de chicorée.

2.2 Zone de deuxième priorité

2.2.1 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 donnée des Bad- lands qui ont permis la formation de ravins profond dont le traitement nécessite l'application des technique culturale qui sont :

Fixer le fond et les bords du ravin par des seuils a pierre sèches (à éviter les seuils en gabion), en maille plastique, où à l'aide d'un pneu usage. 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.

2.2.2 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. (cf photo 17).



Source : MADI, 2014

Photos 17 : Correction des ravins par des pierres sèches.

2.3 Zone de troisième priorité

2.3.1 Les techniques à l'échelle parcellaire

2.3.1.1 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.

2.3.1.2 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.

Cependant, le principal désavantage de cette pratique culturale est son exigence en fertilisants azotés, l'augmentation de ravageurs du fait de la grande quantité de résidus végétaux laissés sur place, le besoin d'un contrôle renforcé des mauvaises herbes, et le temps pour la formation des fermiers.

2.3.1.3 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.(cf **Photo 18**).

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.

Afin de réaliser ces systèmes, une attention rigoureuse doit être portée envers la sélection des espèces associées pour optimiser les bénéfices (DUPRAZ et LIAGRE, 2011).



Source : ANONYME, 2007

Photo 18 : Cultures intercalaires de fèves sous abricotiers (Algérie)

2.3.1.4 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.

2.3.2 Mesures inter-parcellaires

2.3.2.1 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,..)

2.3.2.2 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. Les principaux critères du choix de technique d'implantation de ces ouvrages sont:

La disponibilité des pierres,

La présence d'une semelle peu profonde, sous forme d'une croûte

Encroûtement calcaire,

D'une pente modérée et homogène du terrain (6 à 8 %).

Les effets de ce type d'aménagement sont multiples. Elles permettent à la fois de débarrasser les parcelles des pierres qui handicapent leur valorisation, de réduire la vitesse ruissellement et de piéger les sédiments transportés.

L'efficacité des cordons est excellente aussi dans les travaux d'amélioration des parcours suite à une opération de défonçage. Ces cordons doivent être consolidés par des espèces végétales à usage multiple (Acacia, Cactus, Oputinia etc.), selon l'aptitude du terrain. (cf **photo 19**).



Source : OLDACHE, 2014

Photo 19 : Murette en pierres sèches ghzaylia

2.3.2.3 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). (cf photo 20 et 21)



Source :asblGreenot

Photo 20 : Bandes enherbées en bord de culture



Source : J. Guyon

Photo 21 : Exemples de bandes de parcelles aménagées (MAE9b)

Conclusion

Située sur un étage bioclimatique semi-aride frais avec deux saisons bien distinctes l'une pluvieuse et l'autre chaude et sèche, la zone d'étude, avec une superficie de 268 ha se trouve sur les piémonts limoneux au Nord-Ouest du Dahra dans la région de Mostaganem. Menacés par toutes formes de dégradation, les sols agricoles nécessitent des aménagements appropriés selon les situations.

Quant à la démographie, elle est caractérisée par une croissance démographique moyenne en générale dont la population active est absorbée en majorité par le secteur de l'agriculture. La pratique de la polyculture et l'élevage comme principale activité est presque généralisée dans la zone d'étude.

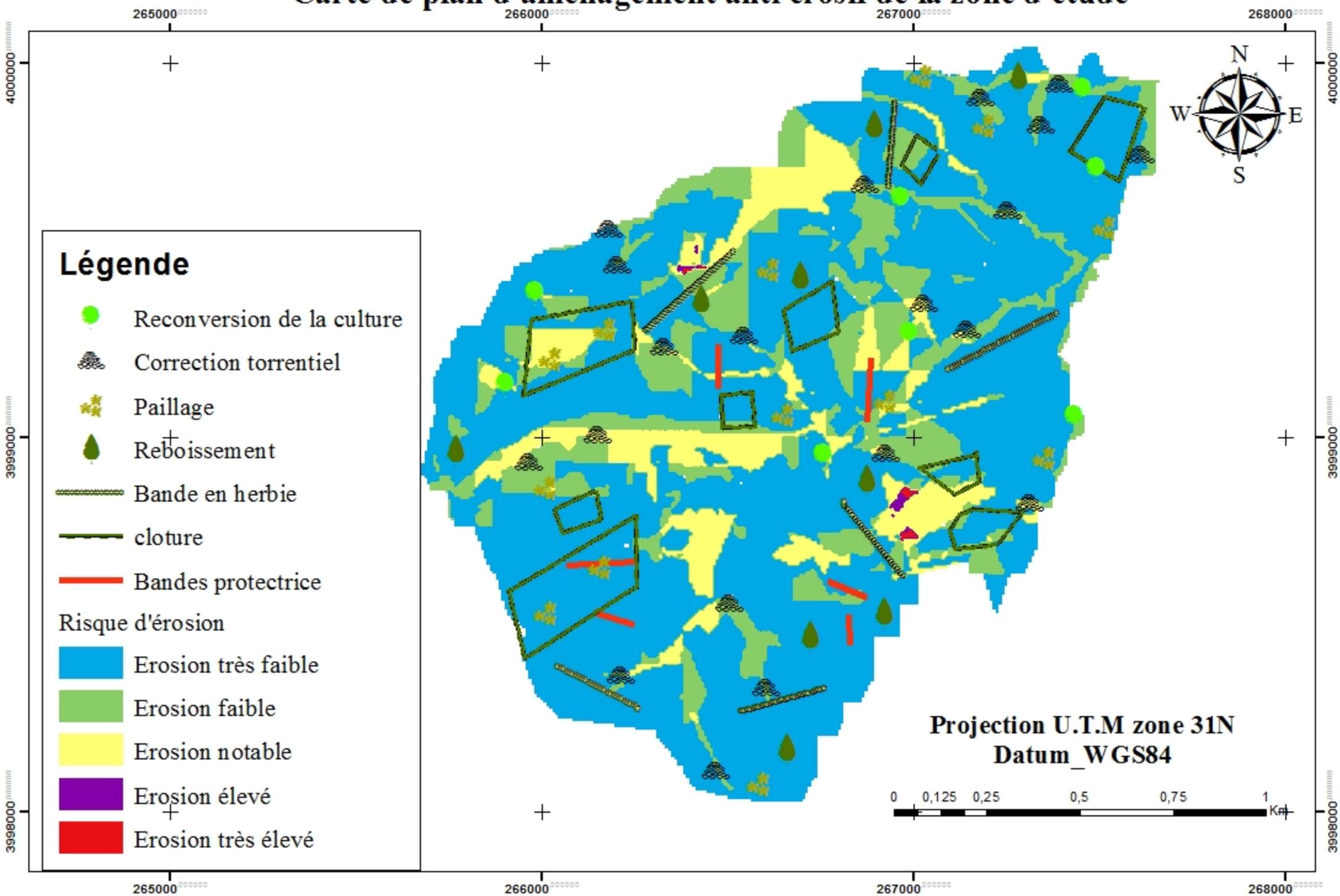
Avec des pratiques agricoles inappropriées sur des terres agricoles pauvres et sensibles à toute forme de dégradation et plus particulièrement physique due à l'érosion hydrique, ces activités se trouvent menacées à divers degrés poussant les populations à abandonner leurs terres et à rejoindre d'autres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

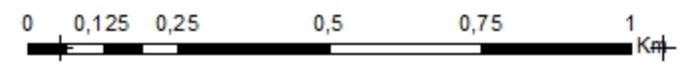
Carte de plan d'aménagement anti érosif de la zone d'étude



Légende

- Reconversion de la culture
 - ▨ Correction torrentiel
 - ★ Paillage
 - 🌲 Reboisement
 - ▨ Bande en herbie
 - ▨ cloture
 - Bandes protectrice
- Risque d'érosion
- Erosion très faible
 - Erosion faible
 - Erosion notable
 - Erosion élevé
 - Erosion très élevé

Projection U.T.M zone 31N
Datum_WGS84



Reference

ABDELOUAHAB SALIHA ET AL 2012 : vulnérabilité des sols forestiers aux incendies. etude des caracteres physico-chimique des sols de la foret (djaafra cheraga) commune d'Ain el hadjar de la wilaya de Saïda (Algérie) thèse d'ingénieur en biologie université de Saida. P 66, 171P. Alger

ARNOLD J.B.1989 : Ministère de l'agriculture de l'alimentation et des affaires rurales. L'érosion du sol. Causes et effets. ONTARIO Agdex 572. GESSOL 2. Paris

BENCHETRIT M., 1972 :l'érosion actuelle et ses conséquences sur l'aménagement en Algérie, Presses universitaires de France, Paris.

BOUANANI A.2009 : Hydrologie, transport solide et modélisation. Etude de quelques sous bassins de la Tafna. (NW.Algerie). Thèse. Doc.Hyd.Univ.Tlemcen. 250P.

CELIK.I, AYDINE.M, YAZICLI.U, 1996: A review of the erosion control studies during the republic in Turkey. In Kapur.S,Akça.E,Eswaran.H,Kelling.G,Vita-Finzi,Mermut A6R,Ocal A-D,editor 1st international conference on land degradation, Adan. Turkey.10-14 june 1996, 175-18P.

CHEBBANI. R, DJELIL.K, ROSSE.E, 1999: Etude des risques d'érosion dans le bassin versant Isser, Algérie. Bulletin Réseau Erosion 19 : 85-95P.

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.

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, 4-12P.

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

DAHMANI, M. (1984). Contribution à l'étude des groupements à chêne vert des monts de Tlemcen. Thèse 3 ème cycle : Univ. Sc. Tech. Alger.

- DAJOZ R .1985** : Précis d'écologie Paris. Dunad.5eme edition. In8 ; 24. 505P.
- DEBRACH J. ,1953** : Note sur les climats du Maroc Occidental, Maroc Méridional. 11-34 P.
- Demmak A., 1982.** Contribution à l'étude de l'érosion et des transports solides en Algérie Septentrionale. Thèse docteur ingénieur, paris, p323. Annexe(s).
- DUPRIEZ H. ET DE LEENER PH. 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. Recueil
- FAO (1977)** : Assessing soil degradation. Soils Bulletin, vol.34, 83P
- FAO (1980)** :Conservation des ressources naturelles en zones arides et semi-arides. Cahiers
- FAO** : conservation des sols, vol.3, 135P
- FAO (1983)** : Garder la terre en vie : L'érosion des sols, ses causes et ses remèdes. Bulletin pédologique, vol. 50, 62P.
- FOA,1990** : Conservation des sols et des eaux dans les zones semi-arides. Bulletin.
- GRECO G., 1966** : L'érosion, la défense et la restauration des sols, le reboisement en Algérie, 146-292P.
- HJULSTRÖM F. (1935):** Studies of the morphological activity of rivers as illustrated by the river Fyris. Bulletin of the Geological Institute, University of Uppsala, 25: 221-527P.
- HUDSON N.W., 1987:** Soil and water conservation in semi-arid areas. FAO Soils Bull.57, 172P.
- Ludwig 1996 ; Souchère 1998** - Gestion durable des sols par laétitiaciteau, p 31.
- MANKOURI M ,2009** : contribution a l'étude de l'érosion en nappe, du ruissellement et de la fertilité des sols dans le B.V de l'Isser (sous bassin de Gourari et Madjoudj) Tlemcen Algérie, 2P.
- MAZOUR M. ROOSE É.2002** : Influence de la couverture végétale sur le ruissellement et l'érosion des sols sur les parcelles d'érosion dans des bassins versants du Nord- Ouest de l'Algerie. Labo. CES. Dép. Fores. Fac. Scien. Univ de Tlemcen. Algerie. 320-330P.
- Mazour M, 1992** - Analyse des facteurs de risques de l'érosion en nappe dans le bassin versant d'Isser. Tlemcen. ORSTROM. Bull. Ress. Eros. 12. Montpellier, p 300-313
- MAZOUR M.2004** : Etude des facteurs de risque du ruissellement et de l'érosion en nappe et conservation de l'eau et du sol dans le bassin versant de l'Isser-Tlemcen-Algerie. Thèse. Doc d'état. Fores.Univ.Tlemcen.165P.

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

MORSLI B. MAZOUR M. MEDEJEL N. HAMOUDI A. ROOSE É.2004 : Influence de l'utilisation des terres sur les risques de ruissellement et d'érosion sur les versants semi-arides du Nord de l'Algérie. *Sécheresse* 15(1)-96-104P.

MORSLI B.1996 : Contribution à l'étude des sols de montagne : caractérisation, distribution, et susceptibilité à l'érosion, thèse. Magis. INA. Alger. 154P.

ROOSE É.1990 : Gestion conservatoire des eaux et de la fertilité des sols dans les paysages soudano-sahéliens de l'Afrique occidentale. ORSTOM. Fonds Documentaire N°27.542.ex1. Montpellier. France.55-72P.

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. (1994) : Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES). *Bulletin Pédologique FAO 70 (Rome)* : 420 P.

RUELLE P.SENE M.1990 : Défense et restauration des sols

SAID A., 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

SHABAN A ., KHAWLI M., 1998 : Geo environmental assessment of riparian zone under extreme climatic events :a case study of representative rivers in Lebanon. Mediterranean rivers and riparian zones process and management symposium,Zaragosa,Spain,21 september-2 October 1998,25P.

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.

SOLTNER D.1999 : Les bases de la production végétale tome 2. Edit. Scien.et Tech. Agricole. Paris.183P.

TRAORE K. ADAMA M.TOE.2008 : Capitalisation des initiatives sur les bonnes pratiques agricoles au BURKINA FASO. version finale.

THOMAS, 1995 in BOUKHEIR 2001- Cartographie numérique et proposition d'aménagement anti-érosif au sous bassin versant de Mina-Haddad dans la wilaya de Relizanemém. Master science Forestière, Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie ElHarrach, Alger, p.11

WISCHMEIER W.H., et D.D. SMITH, 1978 - Predicting Rainfall Erosion Losses - A Guide to Conservation Planning. Édité par le US Department of Agriculture, Washington, vol. 537, 58 p.

Annexe

Tableau 1. Appellation des lignes d'écoulement.

Profondeur	Appellation
Quelques centimètres	Griffes
>10 cm	Rigoles
10 à 20 cm	Nappe ravinant
>50 cm	Ravines

Tableau 02 : les coordonnées géographiques

Coordonnées géographiques	
longitude	latitude
X1 : 0° ,24' 33''	Y1 : 36° ,5' 50''
X2 : 0° ,25' 12''	Y2 : 36° ,7' 0''

Tableau 03. Précipitations moyennes mensuelles (2000 – 2015).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	O	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

Tableau 04. 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

Tableau 05. Les données thermiques de la station de référence.

Mois T (°C)	J	F	M	A	M	J	J	O	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

Tableau 06. Variations de l'évolution de la vitesse moyenne mensuelle du vent (2000 – 2015)

Mois	J	F	M	A	M	J	Juit	Oaut	S	Oc	N	D	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

Tableau 07. Humidités relatives mensuelles (2000-2015).

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

Tableau 08. Les données d'évaporation (2000 -2015).

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

Tableau 09. Variation de l'insolation moyenne annuelle en heure.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	O	S	O	N	D
V,max de la lumière	0	0	208,2	24,3	303	301,1	310	320,6	239,4	224	153,1	201,9

Tableau 10. 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

Tableau 11. Indice de continentalité de la zone d'étude

	M (°C)	m (°C)	M-m (°C)	Type de climat
T. °C	30,28	5,99	24,99	Littoral

Tableau 12. Ambiance bioclimatique de Sidi Ali

M (K)	m (K)	P (mm)	Q ₂	Ambiance bioclimatique	
				Etage	Variance
303.48	279.19	421.06	59.50	Semi-aride	tempéré

Tableau 13. Indice d'aridité de Demartonne.

Station	P (mm)	T (°C)	T+10	IDM
O.N.M (2000-2015)	421,06	17,82	27,82	15,13

Tableau 14. 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

Tableau 15. Caractéristiques démographiques de la région de Sidi Ali

Unité	superficie	Pop1998	Pop2008	Pop2013	Part de la pop	Densité Hab./km ²	Part de la pop
N°.Pop	140	30 950	34 612	36 558	6,2%	247,2	4,6%

Tableau 16. Situation de l'emploi global de la commune de Sidi Ali

unité	Pop. Totale	Pop. Active	Pop. occupée	Pop. Au chômage	Taux de chômage	Part des occupées
N°	36426	19595	18553	1042	5,32	4,9

Tableau 17. 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	1058,5	1188
%	9	4	5	2	50	2	13	15

Tableau 18. Distribution du cheptel

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