

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'enseignement Supérieur et de la recherche Scientifique

Université Djillali Liabes Sidi Bel-Abbes



Faculté des Sciences de la nature et de La vie

Département des sciences de l'Environnement

Mémoire

De fin d'étude pour l'obtention du diplôme de **Master**

Domaine : Sciences de la terre et l'univers (S.T.U)

Filière : Géologie

Spécialité : Hydrogéologie

Intitulé du thème :

Conception d'un système d'information géographique traitant le phénomène de l'érosion hydrique dans les monts de Beni chougrane (Wilaya mascara) (Algérie occidentale)

Présenté Par : Mr **Bahlouli Mohamed Ala Eddine**

Mémoire soutenu devant honorable jury composé de :

Présidente de jury : Melle Ayache Abbasia (MC-A- / UDL Sidi Bel Abbés)

Examineur : Mr Mhamdia Chafik (MC-B- / UDL Sidi Bel Abbés)

Promoteur : Mr Bachir Bouiadjra Salah Eddine (MC-A- / UDL Sidi Bel Abbés)

Année universitaire: 2019 – 2020

((Session : Septembre))

Remerciements

Je remercie Dieu Tout-Puissant de nous avoir donné la santé et le courage d'accomplir cette humble œuvre.

À la fin de ce travail, je suis reconnaissant à mon encadreur

Monsieur «Bachir Bouiadjra Salah Eddine» et je lui exprime mon grand respect et ma gratitude, et je tiens à le remercier pour son aide et sa présence à tout moment pour ses conseils. Et ses précieux conseils qu'il m'a fournis tout au long de nos travaux de recherche.

J'adresse également mes prochains remerciements

aux membres du jury :

Madame la Présidente «Ayache Abbasia » qui nous a fait l'honneur de présider notre jury de thèse, Monsieur « Mhamdia Chafik » pour nous avoir fait l'honneur de prendre part de notre jury de thèse.

En fin de compte, j'exprime mes remerciements à tous ceux qui ont rendu cette étude possible et contribué de quelque manière que ce soit à son développement.

Dédicace

JE dédie ce modeste travail à : Ma très chère et douce mère, Mon très
cher père à qui m'adresse au dieu les voeux les plus ardents pour la
conservation de leur santé et de leur vie.

Pour mes chers oncles, mes chères tantes, mes chers frères,
ma chère sœur, ma chère fiancée et pour tout ma famille.

Pour mes très chers amis a toutes

Membres D'association Chackl Network

Et

La promotion de La 2 ème année master Hydrogéologie

2019-2020

Table Des Matières

Résumé

Sammury

ملخص

Liste des figuers

Liste des tableaux

Introduction 1

Partie 1 : partie bibliographique

Chapitre I : aperçus sur l'érosion hydrique

I.1. Généralités sur l'érosion	3
I.2. L'impact De L'érosion Dans Différentes Régions	3
I.3. facteurs de l'érosion hydrique	5
I.3.1. Le climat	5
I.3.2. Le sol	5
I.3.3. Couvert végétal	6
I.3.4. Facteur topographique	6
I.3.5. Facteur humain	7
I.4. Différentes formes d'érosion	9
I.4.1. L'érosion en nappe	9
I.4.2. Erosion linéaire	9
I.4.2.1. Formes liés à l'érosion linéaire	10
A. Les griffes	10
B. Les sillons	11
C. Les rigoles	11
D. Les ravins	12
I.4.3. Erosion en masse	13
I.4.3.1. Les formes d'érosion en masse	14
A. Les glissements lents	14

Table Des Matières

B. Les glissements rapides	14
C. Les versants moutonnés	14
D. Les coulées boueuses	14
E. Les glissements rotationnels en coups de cuillère	15
I.4.4. Erosion de berger	15
I.5. Mécanisme de l'érosion hydrique	16
I.5.1. Détachement	16
I.5.2. Transport	17
I.5.3. Dépôt	18
I.6. conséquence de l'érosion hydrique	18
I.6.1. L'envasement des barrages	18
I.6.2. La pertes des terres arables et la diminution de la fertilité des sols	19
I.6.3. La dégradation des infrastructures	19
I.6.4. Les conséquences sur l'agriculture	19
<u>Chapitre II : généralités sur les systèmes d'information géographique</u>	
II.1. Système d'information géographique (SIG)	20
II.1.1. Définition d'un SIG	20
A. Objet géographique ou données spatiales	20
B. Données attributaires	21
II.1.2. Composantes d'un SIG	21
II.1.3. Les fonctionnalités d'un SIG	22
II.1.4. Utilisations des SIG pour la cartographie du risque d'érosion	22
<u>Chapitre III : présentation de la zone d'étude</u>	
III.1. Localisation géographique de la région	24
III.1.1. Cadre générale	24
III.1.2. Présentation de la zone d'étude	25
III.2. Etude climatique	26
III.2.1 Le vent	27
III.2.2. Les gelées	27
III.2.3. Etude précipitaion	28
III.2.3.1. Précipitation annuelles	29
III.2.3.2. Précipitaion mensuelles	29

Table Des Matières

III.2.3.3. Les précipitations saisonnières	29
III.2.3.4. Les précipitations torrentielles intenses et fréquentes	30
III.2.4. Etude des températures	31
III.3. Hydrographie	32
III.3.1. Le réseau hydrographique	32
III.3.2. L'écoulement des eaux	33
III.4. La géomorphologie	33
III.5. La lithologie	34
a - La série du quaternaire	34
b - Le pliocène	35
c - Le miocène	35
d - L'Oligocène	36
e – Eocène	36
f – Crétacé	36
g – Secondaire	37
III.6. La topographie	38

Partie 2: partie expérimentale

Chapitre I : matériel et méthode

I.1. Matériel	39
1. Carte de pente	39
2. Carte lithologique	40
3. carte d'occupation de sols	40
I.2. Méthodes	41

Chapitre II : résultats et discussion

II.1. Carte des pentes	43
II.2. lithologie des Béni Chougrane	44
II.3. Occupation des sols	45

Table Des Matières

II.4. La réalisation de la carte de la résistance des sols de Beni Chougrane à l'érosion hydrique	47
II.5. Elaboration de la carte de vulnérabilité (sensibilité) multifactorielle à l'érosion hydrique	48
II.6. Conception d'un système d'information géographique traitant le phénomène de l'érosion hydrique dans les monts de Beni chougrane (Algérie occidentale)	50
II.6.1 Comment calculer la superficie de carte traitée par SIG	52
II.6.2 Comment déterminer les coordonnées de carte traitée par SIG	65
Conclusion	69
Référence Bibliographique	
Référence Webographique	

Résumé

En Algérie, la généralisation et l'accélération de l'érosion hydrique révèlent des aspects de plus en plus inquiétants, voire catastrophiques. Les zones de montagnes restent les plus touchées par ce phénomène. Les monts de béni chougrane représentent un bon exemple du tell occidental pour l'analyse des problèmes d'érosion hydrique. Pour suivre la progression de ce phénomène, les outils spatiaux, tels que la télédétection et les systèmes d'information géographique (SIG), semblent être privilégiés, ils permettent d'élaborer des cartes précises sur la progression de la dégradation à partir des indicateurs écologiques qui mettent en évidence les transformations du milieu. A travers la combinaison de la pente, la lithologie et l'occupation des sols par le module Overlay, nous avons réaliser après traitement de trois cartes par (SIG) une carte de résistance des sols et une carte de vulnérabilité des monts de béni chougrane à l'érosion hydrique , nous avons pu faire les constatations suivantes :

Carte de résistance des sols :

Une résistance forte, moins représentée dans les monts de Beni chougrane, elle est localisée surtout au niveau d'AIN RAHMA, et EL GGADA.

Une résistance moyenne environ 38 % des sols de Beni chougrane présentent une résistance moyenne, localisée dans la partie ouest de notre zone d'étude

Une résistance faible, elle prédomine dans notre zone d'étude à plus de 60 %, elle est localisée dans toute la chaine montagneuse de Beni Chougrane.

Carte de vulnérabilité :

- les zones de sensibilité faible à l'érosion hydrique concernent 15% de la zone étudiée
- les zones de sensibilité moyenne a l'érosion hydrique couvrent 20% de la région
- les zones de sensibilité forte a l'érosion hydrique représentent 55% de l'espace étudié
- les zones de sensibilité très forte a l'érosion hydrique représentent 10% de l'espace étudié

Toutes les données ont été introduite dans un système d'information géographique spécialisé dans le traitement numérique de l'érosion hydrique.

Mots clés : érosion hydrique, monts de béni chougrane, systèmes d'information géographique (SIG), Algérie.

Summary

In Algeria, the generalization and acceleration of water erosion reveal increasingly worrying, even catastrophic aspects. Mountain areas remain the most affected by this phenomenon. The mountains of Beni chougane represent a good example of the Western tell for the analysis of water erosion problems. To follow the progression of this phenomenon, spatial tools, such as remote sensing and geographic information systems (GIS), seem to be favored, they allow to develop precise maps on the progression of degradation from ecological indicators. Which highlight the transformations of the middle. Through the combination of slope, lithology and land use by the Overlay module, after processing three maps by (GIS) we were able to produce a soil resistance map and a vulnerability map of the mountains of blessed chougane has water erosion and that awakens the following finding:

Soil resistance map:

A strong resistance, less represented in the mountains of Beni Chougane, it is localized especially at the level of AIN RAHMA, and EL GGADA.

Average resistance about 38% of the soils of Beni chougane show average resistance, located in the western part of our study area

Weak resistance, it predominates in our study area at more than 60%, it is localized throughout the mountain range of Beni Chougane.

Vulnerability map:

- Areas of low sensitivity to water erosion concern 15% of the area studied
- Areas of medium sensitivity to water erosion cover 20% of the region
- Areas of high sensitivity to water erosion represent 55% of the space studied
- Areas of very high sensitivity to water erosion represent 10% of the space studied

Keywords: water erosion, Beni Chougane Mountains, geographic information systems (GIS), Algeria.

ملخص

في الجزائر، يكشف تعميم وتسارع تآكل تربة بفعل مياه عن جوانب مقلقة بشكل متزايد، بل وكارثية. وتبقى المناطق الجبلية الأكثر تضرراً من هذه الظاهرة. تمثل جبال الشقران مثلاً جيداً في منطقة التل الغربي لدراسة مشاكل تآكل تربة بفعل مياه. لمتابعة تطور هذه الظاهرة، يبدو أن الأدوات المكانية، مثل الاستشعار عن بعد وأنظمة المعلومات الجغرافية (SIG)، هي مفضلة، فهي تجعل من الممكن رسم خرائط دقيقة حول تطور التدهور من المؤشرات البيئية. التي تسلط الضوء على تحولات البيئية. من خلال الجمع بين المنحدر وعلم الصخور واستخدام الأراضي بواسطة وحدة التراكم، بعد معالجة الخرائط الثلاثة عبر نظام معلومات الجغرافية (SIG) تمكنا من إنتاج خريطة مقاومة التربة وخريطة حساسية تعرض جبال بني شقران لتآكل تربة بفعل مياه، والتي كشفت عنها النتائج التالية:

خريطة مقاومة التربة:

مقاومة قوية، أقل تمثيلاً في جبال بني شقران، موضعية خاصة على مستوى عين رحمة والجادة.
متوسط المقاومة حوالي 38% من تربة بني شقران تظهر مقاومة متوسطة وتقع في الجزء الغربي من منطقة دراستنا
مقاومة ضعيفة، تسود في منطقة دراستنا بأكثر من 60%، وهي مترجمة في جميع أنحاء سلسلة جبال بني شقران.

خريطة حساسية:

- المناطق ذات الحساسية المنخفضة للتعرية المائية تخص 15% من مساحة الدراسة
- المناطق ذات الحساسية المتوسطة للتعرية المائية تغطي 20% من المنطقة
- تمثل المناطق ذات الحساسية العالية للتعرية المائية 55% من المساحة المدروسة
- تمثل المناطق شديدة الحساسية للتعرية المائية 10% من المساحة المدروسة

الكلمات المفتاحية: تآكل تربة بفعل مياه، جبال بني شقران، نظم المعلومات الجغرافية (SIG)، الجزائر.

Liste Des Figuers

Partie 1 : partie bibliographique

Chapitre I : aperçus sur l'érosion hydrique

N°	Titre	Page
1	photo représente certain pratique agricole qui favorise l'érosion hydrique (REMMAS ET LATRECH, 2014)	8
2	photo représente l'action de l'homme par le défrichement du foret (REMMAS ET LATRECH, 2014)	9
3	photo représente l'érosion en griffes (Djbele sidi ahmad zagai wilaya de saida)	11
4	photo représentative des petits sillons parallèles d'environ 10 cm de profondeur (REMMAS ET LATRECH, 2014)	11
5	Photo représentative de rigol (Ain Tebouda wilaya de Saida)	12
6	Photo érosion par ravinement (REMMAS ET LATRECHE 2014)	12
7	image représente les différents types de l'érosion (1)	15
8	érosion du berger oued Saida (2013)	16
9	Mécanisme de l'érosion hydrique (1)	16
10	Effet « splash » (rajaillissement) des gouttes tombant au sol (2)	17

Chapitre III : Présentation de la zone d'étude

N°	Titre	Page
1	Représentation les Monts de Beni chougrane en 3D	25
2	localisation de la zone d'étude (UTM zone,30)	26
3	Fréquence des vents de chaque direction des monts de Beni chougrane L'analyse des données	27
4	Variation de nombre de gelée pour la station de Mascara (1938-1946) SELTZER	28
5	Précipitations moyennes saisonnières des trois station (Matmore 2004)	30
6	Température Max, Min et Moy (Station Matmore, 1986-2004)	31
7	Réseau hydrographique des Monts de Beni Chougrane (Belhocine, 2016)	33

Liste Des Figuers

Partie 2 : partie expérimentale

Chapitre I : matériel et méthode

N°	Titre	Page
1	Distribution spatiale de la variation des pourcentages de pentes dans les monts de béni chougrane - échelle 1/350000 m- (laboratoire des systèmes biologiques et géométrique – université de Mascara – 2010).	39
2	carte lithologique de la région de béni chougrane échelle 1/350000 m- (laboratoire des systèmes biologique et géométrique – université de Mascara – 2010).	40
3	carte d'occupation de sols de béni chougrane (Benguerai, 2015)	40

Chapitre II : résultats et discussion

N°	Titre	Page
1	carte des classes de pente de monts de Béni Chougrane	43
2	carte de lithologie de monts de Béni Chougrane	44
3	carte d'occupation des sols des monts de Béni Chougrane	46
4	Carte de résistance des sols de Beni Chougrane à l'érosion hydrique	47
5	carte de sensibilité des monts de Beni Chougrane à l'érosion hydrique	49
6	carte de pente de monts de Béni Chougrane traité par SIG (Mapinfo Professional)	50
7	carte de lithologie de monts de Béni Chougrane traité par SIG (Mapinfo Professional)	50
8	carte d'occupation des sols de monts de Béni Chougrane traité par SIG (Mapinfo Professional)	51
9	Carte de résistance des sols de monts de Béni Chougrane traité par SIG (Mapinfo Professional)	51
10	Carte de sensibilité des monts de Béni Chougrane traité par SIG (Mapinfo Professional)	52
11	étape 1 pour calculer la superficie de carte de pente	53

Liste Des Figurs

12	étape 2 pour calculer la superficie de carte de pente	53
13	étape 3 pour calculer la superficie de carte de pente	54
14	étape 4 pour calculer la superficie de carte de pente	54
15	le résultat final du calcul de superficie de carte de pente	55
16	étape 1 pour calculer la superficie de carte de lithologie	55
17	étape 2 pour calculer la superficie de carte de lithologie	56
18	étape 3 pour calculer la superficie de carte de lithologie	56
19	étape 4 pour calculer la superficie de carte de lithologie	57
20	le résultat final du calcul de superficie de carte de lithologie	57
21	étape 1 pour calculer la superficie de carte d'occupation des sols	58
22	étape 2 pour calculer la superficie de carte d'occupation des sols	58
23	étape 3 pour calculer la superficie de carte d'occupation des sols	59
24	étape 4 pour calculer la superficie de carte d'occupation des sols	59
25	le résultat final du calcul de superficie de carte d'occupation	60
26	étape 1 pour calculer la superficie de carte de résistance des sols	60
27	étape 2 pour calculer la superficie de carte de résistance des sols	61
28	étape 3 pour calculer la superficie de carte de résistance des sols	61
29	étape 4 pour calculer la superficie de carte de résistance des sols	62
30	le résultat final du calcul de superficie de carte de résistance des sols	62
31	étape 1 pour calculer la superficie de carte de sensibilité	63
32	étape 2 pour calculer la superficie de carte de sensibilité	63
33	étape 3 pour calculer la superficie de carte de sensibilité	64
34	étape 4 pour calculer la superficie de carte de sensibilité	64
35	le résultat final du calcul de superficie de carte de sensibilité	65
36	Déterminer les coordonnées de carte de pente	66
37	Déterminer les coordonnées de carte de lithologie	66
38	Déterminer les coordonnées de carte d'occupation des sols	67
39	Déterminer les coordonnées de carte de résistance des sols	67
40	Déterminer les coordonnées de carte de sensibilité	68

Liste Des Tableaux

Partie 1 : partie bibliographique

Chapitre I : aperçus sur l'érosion hydrique

N°	Titre	Page
1	les formes d'incision dues à l'érosion chronique (Boiffin et al, 1986 ; in yousef 2011)	13
2	Etat des barrages à travers la Wilaya de Mascara	18

Chapitre III : Présentation de la zone d'étude

N°	Titre	Page
1	Nombre de jour de gelées pour la station de Mascara (1938-1946) SELTZER	28
2	Caractéristiques des stations pluviométriques (O. N. M d'Oran)	29
3	Compétence des natures lithologiques	37
4	Répartition des classes de pente dans la zone d'étude	38

Partie 2 : partie expérimentale

Chapitre I : matériel et méthode

N°	Titre	Page
1	La pente	41
2	La lithologie	41
3	L'occupation des sols	42

Chapitre II : résultats et discussion

N°	Titre	Page
1	Vulnérabilité à l'érosion hydrique en fonction des différentes classes d'occupation de sols et de sa résistance	49

Introduction

Le problème de la dégradation du sol qu'aucun pays ne semble y échapper, affecte dangereusement la production agricole.

La zone méditerranéenne a la réputation d'être sujet à des risques érosifs très élevés (Hudson, 1987). La partie sud de la méditerranée et plus particulièrement de l'Algérie septentrionale, voit ses terres se dégrader et leur potentiel productif s'abaisser chaque année. Au Maghreb, les potentialités en eau et en sol sont sérieusement menacées (I-Ieush, 1971)

Les zones méditerranéennes sont en général fragiles pour plusieurs raisons : les précipitations irrégulières et souvent violentes favorisent l'érosion ; l'importance des pentes dans les nombreux secteurs de collines et de montagnes aggrave le phénomène ; les températures élevées accélèrent la minéralisation de la matière organique ; le couvert végétal est souvent réduit à cause de la dureté du climat et des actions anthropiques, et de ce fait, protège mal le sol. Les dégâts sont d'autant plus importants que les sols sont minces et pauvres en matière organique (Mankouri, 2009).

L'Algérie se classe parmi les pays les plus affectés dans le monde avec une érosion spécifique moyenne annuelle variant entre 2000 et 4000 km² (Touaibia et al, 1999).

L'Algérie du nord reste soumise à des fortes pressions humaines qui ont engendré une sévère dégradation du couvert végétal et des sols. On estime à plus de 20 millions d'hectares de terres touchées par l'érosion particulièrement dans les zones où sont implantés plus de 90% des ouvrages hydrauliques ou vivent environ 20 millions d'habitants (Mazour, 1992). Les zones de montagne restent les plus touchées par l'érosion.

Dans le mont de Béni Chograne qui fait partie du nord-ouest Algérien, l'érosion est très active. Les conditions naturelles (climat, relief, sol et couverture végétale) et la pression humaine accélèrent de plus en plus l'érosion. Dans cette région, les sols subissent une forte dégradation en particulier en zone de montagne. Cette dégradation est amplifiée encore plus au cours de ces dernières décennies.

Ces zones de montagnes constituent un enjeu socio-économique important et restent très touchées par le phénomène de dégradation. Ainsi les équilibres entre la végétation, le sol et l'eau se trouvent perturbés.

Dans notre démarche nous allons combiner trois cartes représentant les facteurs déclencheurs et favorisant le phénomène érosif au niveau des monts de Beni Chougrane à savoir la pente, la lithologie et l'occupation des sols. Dans cette étude les précipitations sont considérées comme

Introduction

étant répartie uniformément et homogène dans toute la zone d'étude. Ces cartes en question sont tous soumises à un traitement approprié par l'utilisation du logiciel **Map info 8**.

Une fois le traitement terminé, nous allons utiliser le module overlay pour procéder à la superposition par paire de ces couches d'information.

Le résultat de cette superposition est la réalisation de deux cartes. La première fait état de la résistance des sols à l'érosion hydrique tandis que la deuxième représente la sensibilité des sols de Beni Chougrane à l'érosion hydrique. Ce traitement va se solder par la conception d'un système d'information géographique SIG capable de contenir ces données et peut être actualisé selon le changement des données terrain. Ce système est un outil d'aide à la décision qui peut être mis à la disposition des exécutifs locaux pour gérer à bien et aboutir à une maîtrise spatiotemporelle du phénomène.

Partie 1 :
partie
bibliographique

I.1. Généralités sur l'érosion :

L'érosion est un phénomène naturel qui affecte l'ensemble de la couverture terrestre géopédologique et c'est l'un des facteurs importants de formation et l'évolution des milieux Naturels (Dutil, 1984).

C'est aussi l'ensemble des actions chimique et organique qui aboutit à la destruction Des roches et au nivellement progressif du terrain plus simplement ; l'érosion est l'usure de La partie superficielle de l'écorce terrestre, l'eau et le vent sont les principaux agents naturels. (Greco 1966).

Les agents de l'érosion sont l'eau et le vent, chacun provoquant une perte importante de sol chaque année. L'érosion peut être un processus lent et insoupçonné ou encore il peut prendre des proportions alarmantes, entraînant une perte énorme de sol arable. L'érosion du sol peut engendrer une réduction du potentiel de production et de la qualité de l'eau de surface.

Le climat, la lithologie, le sol, la pente, le couvert végétal et les techniques culturelles sont les facteurs qui régissent l'érosion du sol (ROOSE et SARRAILH, 1990, IN AOUADJ.S ET GASEM.A 2009). Les causes de la dégradation du milieu nature sont variées et l'importance de chaque facteur diffère d'un domaine à un autre (AMIRECHE, 1984 ; IN AOUADJ.S ET GASEM.A 2009).

I.2. L'impact De L'érosion Dans Différentes Régions :

L'érosion est un problème dont la gravité varie beaucoup d'un site à un autre. Kanwar (1982) a montré au congrès de l'Association Internationale des Sciences du Sol à New Delhi que sur 13.500 millions d'hectares de surface exondées dans le monde, 22 % sont cultivables et seulement 10 % sont actuellement cultivés (soit 1.500 millions d'ha). Ces dix dernières années, les pertes en terres cultivables ont augmenté jusqu'à atteindre 7 à 10 millions d'ha/an, suite à l'érosion, à la salinisation ou à l'urbanisation. A ce rythme, il faudrait trois siècles pour détruire toutes les terres cultivables. L'érosion est donc un problème sérieux à l'échelle mondiale mais il est bien plus préoccupant dans certaines régions du monde, comme c'est le cas au Magreb et plus particulièrement en Algérie.

Aux Etats-Unis, vers 1930, 20 % des terres cultivables ont été gravement endommagées par l'érosion suite à la mise en culture inconsidérée des prairies de la Grande Plaine par les colons européens, peu habitués à ces conditions semi-arides. C'est l'époque sombre des "dust bowl", nuages de poussières qui obscurcissaient complètement l'air dans la Grande Plaine.

Ces phénomènes, impressionnant l'opinion publique, ont poussé le Gouvernement américain à former un grand service de conservation de l'eau et des sols mettant à la disposition des agriculteurs volontaires un appui technique et financier dans chaque canton. Parallèlement, un réseau de stations de recherche a été mis en place, qui, trente ans plus tard, aboutit à la formulation de l'équation universelle de perte en terre, connue sous le nom de USLE (Wischmeier, 1978). En 1986, Lovejoy et al remarquent qu'après cinquante ans d'investissement massif en hommes et en moyens, encore 25 % des terres cultivées perdent plus de 12 t/ha/an, limite reconnue tolérable. Le problème reste donc à l'ordre du jour, même si aujourd'hui on s'intéresse plus à la pollution et à la qualité des eaux qu'à la conservation des sols.

Pour l'ensemble de la Communauté Economique Européenne (CEE), De (Ploey, 1990) estime que 25 millions d'hectares ont été gravement affectés par l'érosion. La France totaliserait 5 millions d'hectares et le coût des nuisances occasionnées par l'érosion s'élèverait 10 milliards de FF sans compter la valeur intrinsèque des sols perdus, difficilement chiffrables.

Plus sérieux que ces affirmations dramatiques, sont les résultats des mesures de pertes en terre sur parcelle (100 m²) mises en place sous l'impulsion du Professeur Frédéric Fournier depuis les années 1950, par l'ORSTOM et les Instituts du CIRAD (Roose, 1967). Ces pertes en terre varient de 1 à 200 t/ha/an (jusqu'à 700 tonnes en montagne, sur des pentes de 30 à 60 %) sous des cultures propres aux régions forestières à pentes moyennes (4 à 25%), des pertes en terre de 0,5 à 40 t/ha sous mil, sorgho, arachide, coton sur les longs glacis ferrugineux tropicaux des régions soudano-sahéliennes (Roose et al, 1984).

En Algérie, L'érosion hydrique affecte de plein fouet les ouvrages hydrauliques, conséquence d'un engorgement rapide, face à cet épineux problème l'Algérie tente bien que mal d'y remédier.

Le Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural estime que 14 millions d'hectares de zones de montagne au nord (soit 6 % du territoire national) sont touchés par l'érosion hydrique, 32 millions d'hectares en zones steppiques (soit 13 % de la surface globale du pays) sont directement affectés et/ou menacés par la désertification et 4,1 millions d'hectares de forêts soumises aux menaces des effets des changements climatiques (Mostephaoui *et al*, 2013).

I.3. facteurs de l'érosion hydrique :

I.3.1. Le climat :

Le climat est un facteur important qui conditionne d'une façon directe le mécanisme de l'érosion, en plus de l'influence du vent et de la température, la pluie représente le facteur climatique le plus déterminant de l'érosion hydrique.

L'intensité des pluies doit être considérée lors d'évaluation du problème de l'érosion hydrique, l'impact des gouttes de pluie peut briser les agrégats et disperser les particules de sol. Les particules les plus fines, limons, argiles et la matière organique peuvent facilement être emportées lors de l'éclaboussement des gouttes et par le ruissellement ; des gouttes de pluies plus fortes (dissipant plus d'énergie) et un plus grand ruissellement seront nécessaires pour déplacer les plus grosses particules de sable et de gravier.

L'éclaboussement du sol par les gouttes de pluie est habituellement le plus fort et le plus évident lors des orages de courte durée et de grande intensité, même si l'érosion causée par des pluies de faible intensité et de longue durée n'est pas aussi spectaculaire ni aussi visible que celle produite par les orages, la perte de sol occasionnée peut être significative après un certain temps.

Le ruissellement se produit lorsque l'eau sur une pente ne peut pas s'infiltrer assez vite dans le sol ou peut être interceptée par des obstacles naturels.

I.3.2. Le sol :

Les sols influent sur les processus de ruissellement et d'érosion essentiellement par leurs propriétés hydrodynamique et structurales. L'infiltrabilité d'un sol donné dépend de la succession et les caractéristiques physiques des horizons qui le constituent. D'une manière générale plus le sol présente une succession d'horizons aux caractéristiques physiques contrastées, avec de faibles conductivités hydrauliques et de faible capacité de rétention en eau, plus l'infiltration sera limitée (BENCHAOUI ET AL, 2006 ; IN AOUADJ.S ET GASEM.A 2009) L'érodabilité d'un sol est sa résistance en tant que matériaux plus ou moins cohérent à deux sources d'énergie d'une part la battance des gouttes de pluie à la surface du sol et d'autre part le cisaillement du ruissellement entre les mottes dans les griffes ou les rigoles.

Lorsque les matériaux terreux sont plus fins se développe une forte cohésion par simple frottement entre la surface des argiles. Elle devient faible lorsque les matériaux sont plus grossiers ils deviennent de plus en plus lourds et par conséquent plus difficiles à transporter.

I.3.3. Couvert végétal :

Pour arrêter l'érosion, un couvert végétal est d'autant plus efficace qu'il absorbe l'énergie cinétique des gouttes de pluie, qu'il recouvre une forte proportion du sol durant des périodes où les pluies sont les plus agressives de l'année, qu'il ralentit l'écoulement, il est difficile d'évoquer l'action protectrice d'un couvert végétal sans préciser les techniques culturales au sens le plus large.

Parmi les facteurs conditionnels de l'érosion, le couvert végétal est certainement le facteur le plus important. Il faut encore ajouter le rôle frein joué par les racines et surtout par les litières sur les nappes ruisselantes. En diminuant la vitesse de ruissellement on augmente le temps d'infiltration et aussi son volume. Ce freinage par les végétaux est cependant plus efficace sur le piégeage de la charge solide que sur la réduction du volume ruisselé (BENABDELI et SITAYEB, 2007, IN AOUADJ.S ET GASEM.A 2009)

Quelle que soit la pente, les techniques culturales, la fragilité du sol et l'agressivité climatique un couvert végétal complet assure une excellente conservation de l'eau et du sol son influence prime sur celle de tous les autres facteurs. C'est donc aux méthodes biologiques favorisant ce couvert qu'il faut s'adresser en priorité pour assurer l'économie de l'eau, améliorer l'infiltration et la production et évidemment, la conservation du sol.

I.3.4. Facteur topographique :

La pente influence puissamment l'importance de l'érosion, mais l'existence d'érosion et de ruissellement intense sur des pentes douces indique par contre qu'il n'est pas besoin d'une forte pente pour déclencher ce phénomène : l'action pluviale suffit. (FAUCK, 1960 ; FOURNIER, 1967 ; in AOUADJ.S ET GASEM.A 2009).

La pente intervient dans les phénomènes d'érosion du fait de sa forme, de son inclinaison et de sa longueur. Le facteur de la forme est trop souvent négligé ce qui explique pour une large part la divergence des résultats trouvés par d'autres auteurs. En effet, à mesure que les parcelles d'érosion vieillissent et sont soumises à une forte érosion, elles deviennent de plus en plus concaves puisque la base de la parcelle reste fixe (canal de ruissellement) et que le centre s'érode plus vite que le haut. D'où la nécessité de réajuster chaque année la pente

Des parcelles pour ne pas fausser les résultats par défaut (ARABI et ROOSE, 1989 ; in AOUADJ.S ET GASEM.A 2009).

Lorsque l'inclinaison de la pente augmente, l'énergie cinétique des pluies reste constante mais le transport s'accélère vers le bas car l'énergie cinétique du ruissellement augmente et l'emporte sur l'énergie cinétique des pluies sur des pentes de 15%. (MERZOUK et al, 2000 ; in AOUADJ.S ET GASEM.A 2009) ont montré que les pentes en terre croissent de façon exponentielle avec l'inclinaison de la pente.

En théorie, plus la pente est longue, plus le ruissellement s'accumule prend de la vitesse et acquiert une énergie propre qui se traduit par une érosion en rigoles puis en ravines plus importantes (NAHAL et TOUHRI, 2001, in DAHMANI 2012).

I.3.5. Facteur humain :

L'érosion est devenue essentiellement une conséquence directe de l'activité humaine qui représente maintenant le principal facteur de la dégradation des sols (Fig.I.1). L'homme peut être à l'origine du déclenchement et de l'accélération de l'érosion par ses actions de défrichage des forêts (Fig.I.2), incendies et surpâturages et pratiques culturales. De plus, les aménagements routiers et urbains, en augmentant les surfaces imperméables, exacerbent les inondations, favorisent le ruissellement et donc constituent un facteur d'entraînement du sol (YVIO, 2010, in YOUSSEF 2011).

L'explication anthropique est souvent invoquée pour interpréter l'état dégradé du milieu et l'exagération actuelle des phénomènes érosifs des postulats sont avancés faisant état d'un rythme d'évolution rapide, ou catastrophique.

En milieu méditerranéen l'espace subit de fortes pressions de la part de l'homme notamment dans les zones montagneuse (PRASUHN et GRUENIG, 2001, in AOUADJ.S ET GASEM.A 2009).

Les aspects socio-économiques et l'effet des pratiques culturales ont un grand impact sur l'érosion et la conservation des sols. Les enquêtes ont révélé que la densité de certain bassins versants est trop élevés pour un système de production très extensif (100 habitants/ha de SAU) (PRASUHN et MOHNI, 2003 ; in AOUADJ.S ET GASEM.A 2009) ces fortes densité localisées s'explique par les relatives richesses des potentialités de ses bassins. La densité joue un rôle non négligeable sur l'érosion par la masse humaine qui doit tirer sa subsistance d'un terroir dont l'exigüité et les lacunes sont évidentes.

A ce sujet BENABDELI (1998) note que la mauvaise occupation du sol et le choix des cultures se traduit par une érosion des terrains en pente évaluée entre 10 et 16 m /ha/an soit l'équivalent de 30 à 65000 ha de terres arables plus de 13 million d'hectares (soit 45 pourcent de la zone tellienne) de terre agricoles sont menacées par l'érosion de notre pays. Quatre millions sont déjà à un stade assez avancés seuls 1 millions d'hectare a été traité depuis l'indépendance.

La nécessité de produire plus sans intensifier a poussé les paysans à cultiver de grandes surfaces dans des zones de plus en plus fragiles. Le paysan a une stratégie basée sur le cout terme qui se conçoit aisément lorsque l'on considère ses conditions de vie. Le souci d'en tirer le plus vite possible de revenus sans investissement contraste avec le souci de la préservation et de l'adaptation des modes d'exploitation des ressources plus adéquats (CALVET, 2003,). Les sols labourés son mis à nus au début de la saison pluvieuse et sont livrés à l'agressivité des pluies, surtout ceux des pentes qui sont continuellement érodées par les eaux de ruissellement. Le travail du sol ressenti parfois comme un moyen efficace contre l'érosion La vigne et l'arboriculture sont des cultures influant positivement sur la préservation et la valorisation des terres, non seulement par les profits attendus et la couverture qu'elles procurent au sol, mais aussi par les soins dont les parcelles plantées font l'objet et aussi par les cultures intercalaires qui améliorent beaucoup le recouvrement du sol surtout pendant lequel le couvert des arbres est quasi-nul (CALVET, 2003).



Figure I-1 : photo représente certain pratique agricole qui favorise l'érosion hydrique (REMMAS ET LATRECH, 2014)



Figure I-2 : photo représente l'action de l'homme par le défrichement du forêt (REMMAS ET LATRECH, 2014)

I.4. Différentes formes d'érosion :

I.4.1. L'érosion en nappe :

Elle se traduit par un appauvrissement de l'horizon humifère (blanchissement du sol).

L'écoulement et le transport des particules s'effectuent sur toute la surface. Son action reste néanmoins faible et ne fait que décaper le sol de façon sensiblement uniforme. Les horizons supérieurs qui sont en général de couleur foncée sont érodés les premiers, les horizons inférieurs plus clairs, apparaissent en surface.

I.4.2. Erosion linéaire :

Lorsque l'intensité des pluies dépasse la capacité d'infiltration de la surface du sol, il se forme d'abord des flaques ; ensuite ces flaques communiquent par des filets d'eau et lorsque ces filets d'eau vont atteindre une certaine vitesse de 25 cm par seconde d'après Hjulström (1935), ils acquièrent une énergie propre qui va créer une érosion limitée dans l'espace par des lignes d'écoulement. Cette énergie n'est plus dispersée sur l'ensemble de la surface du sol, mais elle se concentre sur des lignes de plus forte pente. L'érosion linéaire est donc un indice que le ruissellement s'est organisé, qu'il a pris de la vitesse et acquis une énergie cinétique capable d'entailler le sol et d'emporter des particules de plus en plus grosses : non seulement des argiles et des limons comme l'érosion en nappe sélective, mais des graviers ou des cailloux et des blocs lorsqu'il sera organisé en ravines.

Le traitement de l'érosion linéaire fait l'objet de manuels très documentés (HUDSON, 1973; GRAY ET LEISER, 1982; CEMAGREF, 1982,1988; GEYIK, 1986; HEUSCH, 1988) et de très nombreux articles spécialisés (BOIFFIN ET AL., 1986; WATSON ET AL., 1986; GOVERS ET AL., 1987; LAFLÉN, 1987; MEUNIER, 1989; POESEN, 1989; DEYMIER ET COMBES, 1992).

I.4.2.1. Formes liés à l'érosion linéaire :

Plusieurs systèmes érosifs se manifestent selon l'état de surface, la morphologie des sols et l'intensité des pluies. Un sol ameubli soumis à une pluie intense donne de l'érosion diffuse (Le Bissonnais, 1996) Un sol déjà battu émet un ruissellement peu chargé qui produit de l'érosion linéaire. Sur les parcelles cultivées, le ruissellement concentré donne naissance à des formes de taille modeste qui se creusent généralement lorsque le sol est dépourvu de végétation. La terminologie est basée soit sur la profondeur des chenaux, soit sur la comparaison des profils des chenaux avec le terrain avoisinant. On distingue ainsi les griffes, rigoles et les ravineaux qui ne sont pas comblés par les agriculteurs avant la récolte.

A. Les griffes :

Sont des micros formes éphémères qui entaillent les microreliefs formés par les lignes de semis (Fig. I-3) : leur profondeur est inférieure au lit de semence, leur largeur n'excède guère 10 cm (Tab.I.1) et leur longueur ne dépasse le mètre que lorsqu'elles s'allongent parallèlement aux rangs et aux inters rangs. Elles correspondent le plus souvent à des bandes en dépression plus ou moins marquée, créées par les empreintes de roues ou le modelé de surface laissée par les outils de travail. Elles ont donc toujours un caractère périodique. En fait, elles ne représentent vraisemblablement, et malgré leur caractère diffus qu'une part modeste de l'ensemble des pertes en terre globales (BOIFFIN ET AL., 1986, in YOUSSEF 2011) même si leur évaluation est négligée car difficilement quantifiable.



Figure I-3 : photo représente l'érosion en griffes (Djbele sidi ahmad zagai wilaya de saida)

B. Les sillons :

Sont des formes stables, rectilignes parallèles les unes aux autres dans le sens de la pente et qui présentent des profils en long identiques à celui du versant (figI-4). Ces incisions ont une profondeur qui s'adapte au volume d'eau à écouler, sans toutefois excéder une profondeur de 10 cm. Toujours plus larges (de 5 à 70 cm) que profondes (3 à 10 cm) (Tab.I.1), (HEUSCH, 1988, IN YOUSSEF 2011).



Figure I-4 photo représentative des petits sillons parallèles d'environ 10 cm de profondeur (REMMAS ET LATRECH, 2014)

C. Les rigoles :

Sont prolongées à l'aval par les ravines dont la profondeur atteint la semelle de labour et qui sont trouvées dans les régions de grande culture, en général localisées dans les zones de

Concentration du ruissellement, c'est à dire dans des dépressions ou des talwegs, même faiblement marqués. Leur tracé s'adapte à la topographie et le profil transversal présente la forme d'un U dans les sables. Fig I-5 (LE BISSONNAIS, 1996).



Figure I-5 : Photo représentative de rigol (Ain Tebouda wilaya de Saida)

D. Les ravins :

Dont la profondeur peut atteindre deux mètres. Ces deux dernières formes ne sont pas toujours comblées par le travail du sol effectué par l'agriculteur alors que les griffures peuvent être effacées par une simple pluie. Cette érosion par ruissellement concentré ou érosion de talweg peut se produire même dans des régions à faible pente (de l'ordre de 1% dans les talwegs et 2% sur les versants qui les alimentent) et pour des épisodes pluvieux de faible intensité (Souchère, 1995 ; in Dahmani.A 2012). Fig I-6



Figure I-6 : Photo érosion par ravinement (REMMAS ET LATRECHE 2014)

Tableau I-1 : les formes d'incision dues à l'érosion chronique (Boiffin et al, 1986 ; in yousef 2011)

Forme	Tracé	Langueur	Largeur	Profondeur
Griffe	Sinueux	< 1m	<10cm	5-6 cm
Rill	Rectiligne	Centaine de m	10–20 cm	5-10 cm
Rigole	Sinueux	Dizaine de m	5-70 cm	3-10 cm
Ravine	Peu sinueux	Centaine de m	50 cm a 1 m	30-50 cm
Petit ravin	Peu sinueux	Centaine de m	50 cm a 1 m	50-200c m

A l'échelle d'un bassin-versant, toutes les formes d'érosion peuvent se combiner. Le ruissellement, à l'origine d'une érosion diffuse peut provoquer quelques mètres plus loin une érosion de type rigole inter-rigole puis, après concentration entraîner l'érosion du talweg.

En outre, il existe des synergies entre les différents systèmes érosifs. Ainsi, un réseau de rigoles initialement constitué dans le paysage par l'érosion concentrée facilite l'exportation ultérieure des eaux chargées issues de l'érosion diffuse. PAPY (1992) émet l'hypothèse qu'un réseau de rigole, même partiellement effacé par les façons culturales, continue de faciliter les exportations d'eau boueuse hors du territoire agricole. La localisation des formes d'érosion et d'accumulation ne se fait jamais de façon aléatoire. On ne rencontre jamais de ravineaux sur les prairies, par contre, les atterrissements débordent fréquemment sur ces dernières. Les dommages importants ne concernent que les secteurs pentus mais c'est plus la microtopographie que les fortes pentes qui conditionne les dégâts.

I.4.3. Erosion en masse :

Alors que l'érosion en nappe s'attaque à la surface du sol, le ravinement aux lignes de drainage du versant, les mouvements de masse concernent un volume à l'intérieur de la couverture pédologique. Nous ne présenterons ici que les principes généraux de prévention et de lutte contre les mouvements de masse à portée des paysans. Nous pensons que seul l'état dispose des moyens techniques, financiers et légaux, pour maîtriser les problèmes de glissement de terrain, souvent catastrophiques, et pour imposer des restrictions d'usage aux terres soumises à des risques majeurs de mouvement de masse.

I.4.3.1. Les formes d'érosion en masse :

Les phénomènes de mouvement de masse sont très nombreux mais on peut les regrouper en six groupes principaux :

A. Les glissements lents :

C'est un glissement plus ou moins lent des couches superficielles de la couverture pédologique, généralement sans décollement, qui s'observe assez généralement sur les pentes fortes grâce à la forme couchée des jeunes plants forestiers et à la forme en croise de la base des arbres adultes. Dans les zones sylvopastorales ; la circulation des animaux le long des versants peut également entraîner la formation d'escaliers encadrés par des réseaux de fissures (MOEYERSONS, 1989, in 2011 YOUSSEF).

B. Les glissements rapides :

Les glissements de terrain en planches sont des décollements d'une couche plus ou moins épaisse de sol, glissant sur un horizon plus compact (souvent de la roche altérée), servant de plan de glissement. Ce phénomène est très courant sur les schistes dont le pendage est parallèle à la topographie (pendage conforme) sur les gneiss et sur les marnes en voie d'altération.

C. Les versants moutonnés :

Formes molles apparaissant dans des conditions humides lorsque les horizons superficiels dépassent le point de plasticité et progressent lentement, comme une pâte dentifrice, entre la trame de racines qui retient l'horizon de surface et l'horizon compact imperméable que représente l'altérité des marnes ou des argilites par exemple.

D. Les coulées boueuses :

Ce sont des mélanges d'eau et de terre à haute densité ayant dépassé le point de liquidité et qui emportent à grande vitesse des masses considérables de boue et de blocs de roches de taille imposante. Lorsqu'elles viennent de se produire, elles se présentent sous forme d'un canal terminé par une langue de matériaux de texture très hétérogène (cône de déjection). Les matériaux fins sont repris ultérieurement par l'érosion hydrique en nappe ou en rigole, laissant en place une masse de cailloux et de blocs de taille très hétérogène. Elles apparaissent souvent à la suite d'un glissement en planche ou dans une ravine lors d'une averse exceptionnelle nettoyant les altérites accumulées depuis quelques années (RAPP, 1972, in Dahmani 2012).

E. Les glissements rotationnels en coups de cuillère :

Ce sont des glissements où la surface du sol et une partie de la masse glissent en faisant une rotation, de telle sorte qu'il apparaît une contrepente sur le versant. Il s'agit souvent de toute une série de coups de cuillère, laissant au paysage un aspect moutonné. Au creux du coup de cuillère, on observe généralement une zone humide où croît une végétation adaptée à l'hydromorphie. Il arrive couramment qu'après des périodes très humides, il s'installe un ruissellement sur les bords de la contrepente et ce ravinement fait progressivement disparaître la contrepente, ne laissant qu'un creux dans le versant qu'il est difficile de dissocier d'un ravinement ordinaire.

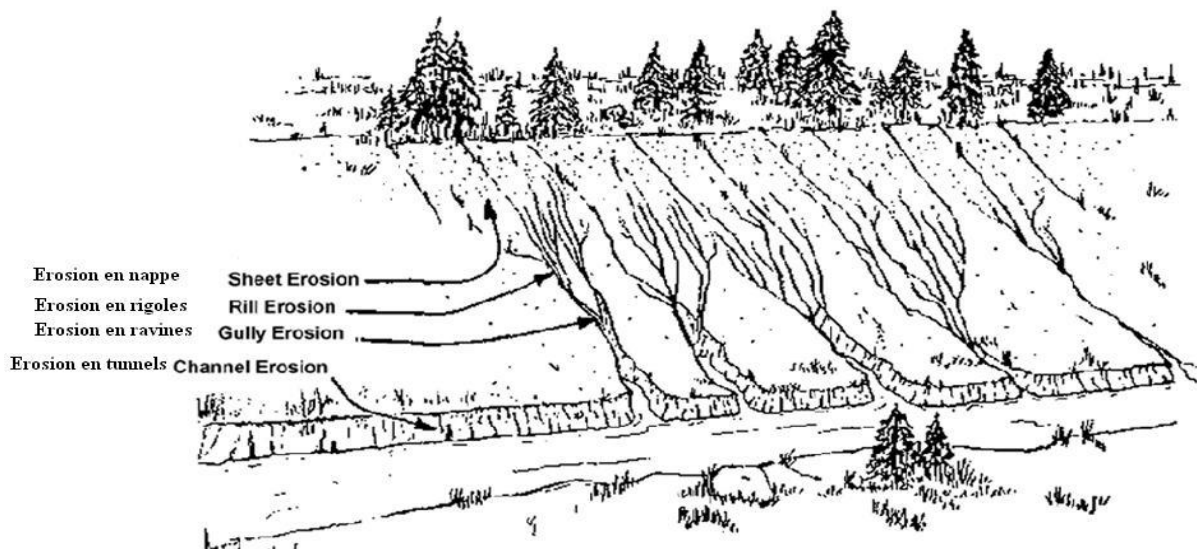


Figure I-7 : image représente les différents types de l'érosion (1)

I.4.4. Erosion de berger :

Phénomène naturel, généralement provoqué par le courant, participant au transport de la charge solide et à la recharge sédimentaire du cours d'eau. Les érosions de berges sont à l'origine des migrations de méandres, et garantissent le fonctionnement dynamique du cours d'eau (Fig I-7). Il existe cependant des érosions de berge d'origine non naturelle : piétinement de la rive par le bétail (affaiblie la berge et supprime la végétation), plantation non adaptée en rive (résineux et peupliers), terriers de ragondins et écrevisses exotiques. Ces érosions de berges d'origine non naturelles ont un impact grave sur le fonctionnement du cours d'eau quand il s'agit de linéaires importants. (2)



Figure I -8 : érosion du berger oued Saida (2013)

I.5. Mécanisme de l'érosion hydrique :

L'érosion hydrique résulte de divers processus que sont le détachement, le transport et le dépôt ou la sédimentation. (Fig.I.9)

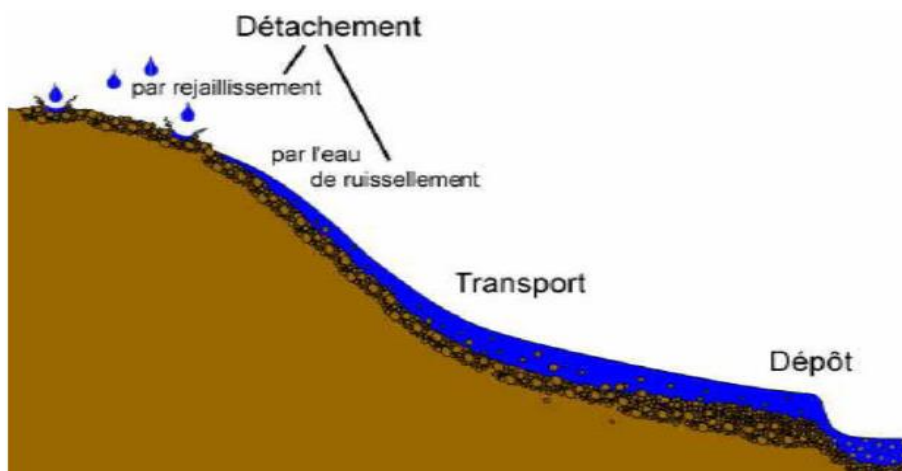


Figure I-9 : Mécanisme de l'érosion hydrique (1)

I.5.1. Détachement :

Le détachement des particules se produit à la surface du sol lorsque, sous l'action des gouttes de pluie, des agrégats s'éclaboussent ou lorsque la force de cisaillement du ruissellement devient supérieure à la résistance au détachement du sol (LTHE, 2007 in (1)).

Impact de gouttes de pluies sur le sol :

Les sols subissent un martèlement considérable causé par les gouttes de pluie. Les premières gouttes s'infiltrent dans le sol d'autant plus aisément qu'il est meuble et que sa porosité est

élevée. Cette première phase s'accompagne d'un déplacement des particules et d'un tassement du sol (**Figure I-10**). Lorsque la couche superficielle s'humidifie, trois processus se développent simultanément :

La dégradation de la structure, la formation d'une pellicule de battance, l'érosion par splash ou érosion par rejaillissement

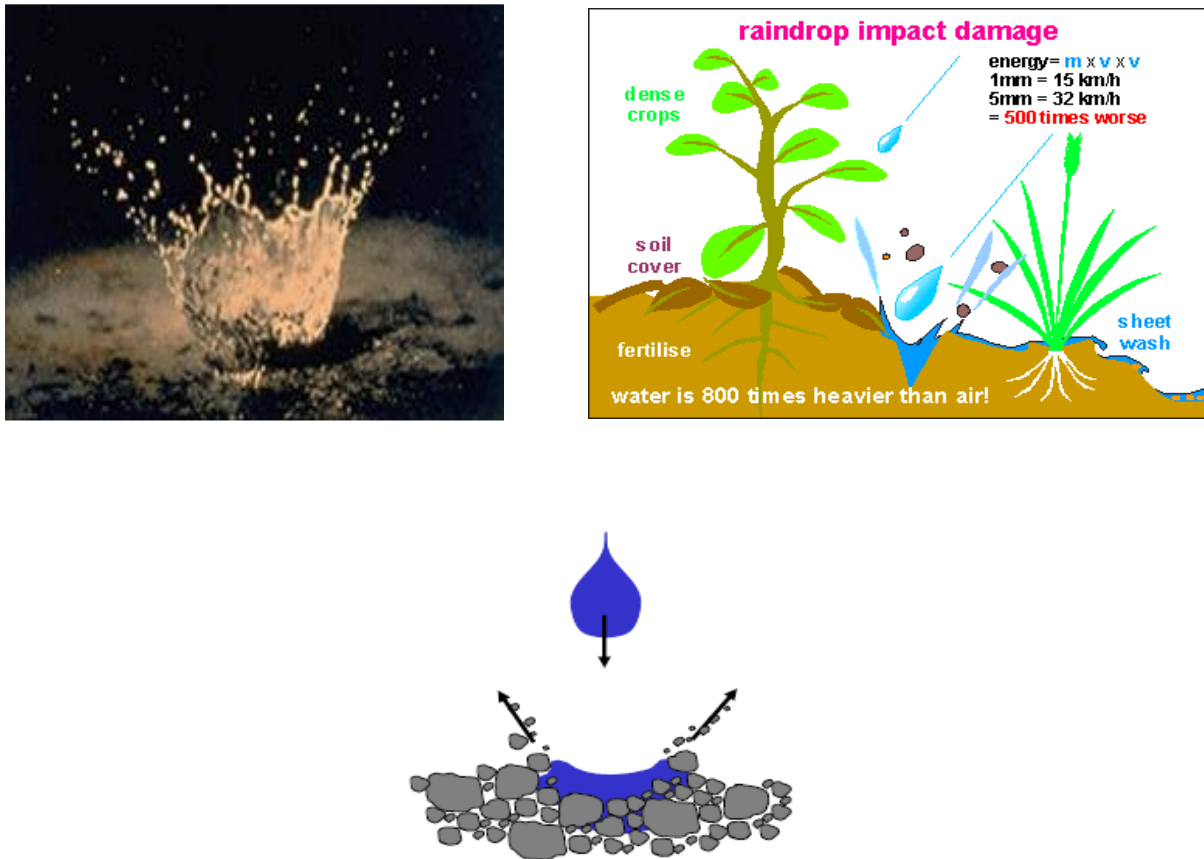


Figure I-10 : Effet « splash » (rejaillissement) des gouttes tombant au sol (2)

I.5.2. Transport :

Les particules issues de la dissociation, grossières ou fines, sont ultérieurement déplacées vers l'aval sous l'action de la gravité. Certains, comme les cailloux d'éboulis et les blocs d'éboulement, tombent directement. D'autres, les plus fins, sont véhiculés par un agent de transport, généralement l'eau. La force du véhicule règle naturellement la taille des sédiments ; (DEMANGEOT, 2000 ; in (3)).

I.5.3. Dépôt :

Il s'effectue lorsque l'énergie cinétique qui déplace les matériaux issus du détachement, diminue ou s'annule (DEMANGEOT, 2000in (3)). Les particules arrachées se déposent entre le lieu d'origine et les mers. Elles se déposent en général dans l'ordre suivant : Sable, sable fin, limon.

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

I.6. conséquence de l'érosion hydrique :

I.6.1. L'envasement des barrages :

Le taux de sédimentation a évolué ces dernières années, du fait de la forte érosion des bassins versants. Au début des années quatre-vingt, environ 120 millions de tonnes de sédiments arrachés annuellement au niveau des bassins versant du nord algérien (DEMMAK ,1982). Une partie de cette masse se dépose dans les 57 grands barrages construits en Algérie. On évalue le dépôt sédimentaire annuellement dans ces barrages à 45 millions de m³ (REMINI et HALLOUCHE, 2007). Or du fait de l'érosion assez sensible (pluie de courte durée, de forte intensité, absence du couvert végétal et relief assez jeune ...), l'Algérie perd annuellement une grande capacité par le dépôt des sédiments dans les retenues. La majorité des barrages en Algérie ont une durée de vie de l'ordre d'une trentaine d'années (Tableau I-2). Il est rare cependant, que l'on puisse admettre a l'issue d'une période aussi courte, l'abandon d'un aménagement hydraulique particulier lorsqu'il s'agit de réservoirs destinés à l'adduction en eau potable ou l'irrigation dont les intérêts socio-économiques justifient une garantie de service illimitée.

Tableau I-2 : Etat des barrages à travers la Wilaya de Mascara

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

Source : DPAT de Mascara, 2010

I.6.2. La pertes des terres arables et la diminution de la fertilité des sols :

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

I.6.3. La dégradation des infrastructures :

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

I.6.4. Les conséquences sur l'agriculture :

En effet, l'érosion hydrique diminue la capacité du sol à retenir l'eau et à la mettre à la disposition des végétaux. Les cultures sont alors soumises à des déficits hydriques plus fréquents et plus graves. Au point de vue physique, la perméabilité des sols décroît, la structure devient compacte, asphyxiante en saison humide. L'eau ne pénètre pas en profondeur, aucune réserve ne se constitue dans le sol pour la saison sèche. Au point de vue chimique et biologique, la faune et la microflore disparaissent et la réserve d'humus est dilapidée, ce qui a pour effet de rendre la nutrition azotée déficiente. Les éléments fins qui constituent la majeure partie du complexe absorbant disparaissent en ne laissant sur place que la trame stérile d'éléments grossiers. Le sol perd rapidement sa fertilité initiale, (GRECO, 1966).

II.1. Système d'information géographique (SIG) :

II.1.1. Définition d'un SIG :

La Société française de photogrammétrie et télédétection (1989), définit le système d'information géographique comme étant un Système informatique permettant, à partir de diverses sources, de rassembler et d'organiser, de gérer, d'analyser et de combiner, d'élaborer et de présenter des informations localisées géographiquement, contribuant notamment à la gestion de l'espace. YEMEFACK (2005) ; in BICO.M 2012 va dans le même sens en assimilant le SIG à un système informatique capable de collecter, conserver, manipuler et visualiser les données spatiales du monde réel afin de satisfaire un ensemble particulier d'objectifs.

L'information géographique étant l'ensemble de la description d'un objet et de sa position géographique à la surface de la Terre.

Les données d'un système d'information géographique :

Les données géographiques possèdent quatre composantes :

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

A. Objet géographique ou données spatiales :

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

Le format raster :

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

Le format vectoriel :

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

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

B. Données attributaires :

Selon la FAO(1998), La donnée attributaire ou descriptive se présente sous forme de statistiques ou de données alphanumériques telles que la pente, le type de sol, le couvert végétal, etc. Cette information est structurée sous forme de table attributaire.

II.1.2. Composantes d'un SIG :

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

- Le matériel informatique** (ordinateur central, disques magnétiques, et autres périphériques),
- **Les logiciels du SIG** qui ont pour fonctions principales :
- L'entrée des données** par la numérisation ou le scan et saisie des données attributaires à partir du clavier.
- **La gestion des bases de données** qui comprend la structuration, la requête, l'analyse et l'enregistrement des données attributaires.

- **L'analyse et le traitement des données** travers la préparation des données par l'élimination d'erreurs ou la mise à jour et l'analyse des données pour fournir des réponses aux questions que l'utilisateur pose au SIG.

- **Interaction avec l'utilisateur** (correction cartographique)

- **Sortie de données et présentation** (traçage)

- **Les ressources humaines et organisation** : la composante humaine est la seule capable de faire fonctionner et piloter le système d'information géographique de manière pertinente et efficace. Elle nécessite une expertise pointue tant dans la phase de collecte de données sur le terrain que dans l'utilisation des SIG.

II.1.3. Les fonctionnalités d'un SIG :

LONGLEY ET AL. (2005) repris par BON (2011) identifie 5 grandes fonctionnalités des SIG :

- **L'acquisition** pour la collecte des données grâce à des fonctions de saisie des données sous forme numérique ;

- **L'archivage** grâce à un Système de Gestion de Bases de Données (SGBD) ;

- **L'affichage** pour la restitution des résultats par des fonctions de mise en forme et de visualisation ;

- **L'analyse** par des fonctions de manipulation, croisement et transformation des données spatiales au moyen de requêtes dans le SGBD ;

- **L'abstraction** par des fonctions rendant compte de la modélisation de la réalité ;

- **L'anticipation** (lorsqu' on parle de « 6A »).

II.1.4. Utilisations des SIG pour la cartographie du risque d'érosion :

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

(ZURAYK ET AL., 1999). L'utilisation des techniques de télédétection associées aux SIG permet l'estimation quantitative de l'érosion ainsi que sa distribution spatiale à des moindres

coûts et avec un degré de précision appréciable pour de vastes superficies ; surtout que les

décideurs politiques sont beaucoup plus intéressés par la distribution du risque d'érosion que par sa valeur absolue (LU ET AL., 2004). *L'estimation* quantitative de l'érosion se fait en

appliquant des modèles empiriques ponctuelles, qui nécessitent comme paramètres d'entrée, des données spatialisées (Pentes, texture du sol, hauteur de pluies, etc.) caractérisant les

facteurs de l'érosion hydrique (topographie, érodibilité, l'érosivité, etc.) (LE BISSONNAIS ET AL., 2004). Les SIG permettent d'appliquer des modèles ponctuelles cellules après cellule sur

tout un espace géographiquement étendu (LU ET AL., 2004). Les données spatialisées de chaque paramètre sont traitées séparément sous forme de couches d'informations et intégrées (superposition des couches) dans le SIG pour en ressortir la carte de distribution du risque d'érosion (MUTUAET AL., 2005).

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

ANALYSE DES FACTEURS PHYSIQUES ET BIOLOGIQUES DU MILIEU

Nous nous sommes fixé d'appliquer notre méthodologie à notre région d'études, les monts des Béni Chougrane. Mais étant donné la superficie importante des monts des Béni Chougrane une telle démarche peut-être très lourde si l'on ne se borne pas à localiser une zone pilote, par exemple une zone bien définie d'une superficie moyenne qui permettrait de bien représenter la région des terres de montagnes.

III.1. Localisation géographique de la région :

III.1.1. Cadre générale :

La région des Monts des Béni Chougrane est un des meilleurs exemples du Tell occidental pour l'analyse la végétation et valoriser les terres de montagne, c'est une unité d'aménagement particulier. En effet, la diversité de son milieu, tant physique, biotique que socio-économique et les différentes réalisations dont elle a fait l'objet font de cette région un terrain privilégié pour mener cette investigation.

Les monts des Béni Chougrane forment une unité topographique qui fait partie d'un ensemble très important : le Tell occidental, dont ils présentent les principales caractéristiques, physiques et humaines, ils sont qualifiés de moyenne montagne car l'altitude moyenne reste faible dans l'ensemble.

Au sens administratif, les Monts des Beni-Chougrane sont un ensemble défini de 330 000 ha, dont 20% dans la Wilaya de Sidi Bel Abbes, 60% dans la Wilaya de Mascara et 20% dans celle de Relizane (BENEDER, 1981).

Les Monts des Beni-Chougrane constituent un chaînon du Tell occidental, orienté sud-ouest/nord-est. A l'est, l'oued Mina les sépare des Monts de l'Ouarsenis, à l'ouest ils sont prolongés par les Monts de Tessala. Ils sont bordés au nord par la plaine d'Habra, au sud par les Monts de Ghriss. Trois oueds les traversent (ou les bordent), d'ouest en est : oued Mebtouh, oued El Hammam et oued Mina.

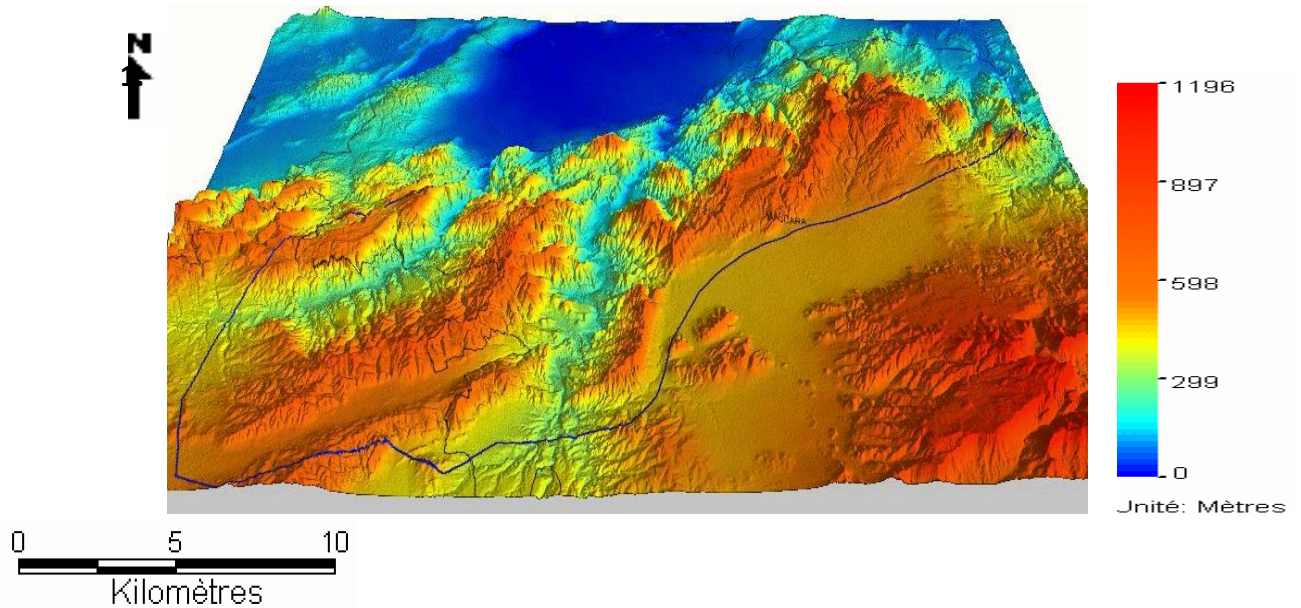


Figure III-1 : Représentation des Monts de Beni Chougrane en 3D

III.1.2. Présentation de la zone d'étude :

La zone d'étude fait partie intégrante de la chaîne montagneuse des Beni Chougrane dans la Wilaya de Mascara.

Notre choix s'est porté sur cette région, étant donné que cette zone est assez représentative des Monts Béni-Chougrane, de plus c'est une zone très sensible à l'érosion.

Elle est située à l'Ouest de la ville de Mascara, distante de 15 Km. Cette unité porte sur une superficie de 513 Km² environ et d'un périmètre total de 93 Km. Elle se trouve à l'intersection de trois communes : Bouhanifia, El- Guetna, Hacine, Tizi, EL-Chorfa, EL-Keurt. Elle est localisée aux environs de l'intersection des parallèles 35°50 et 35°25 de latitude Nord, et des méridiens 0°25 longitude Ouest et 0°70 longitude Est.

Elle se localise exactement entre quatre points, coordonnées géographiques (fuseau 30, U.T.M de l'hémisphère Nord) :

$X1 = -0,2406^\circ$; $X2 = 0,0718^\circ$; $X3 = -0,2453^\circ$; $X4 = -0,0656^\circ$ $Y1 = 35,424^\circ$; $Y2 = 35,417^\circ$; $Y3 = 35,258^\circ$; $Y4 = 35,251^\circ$

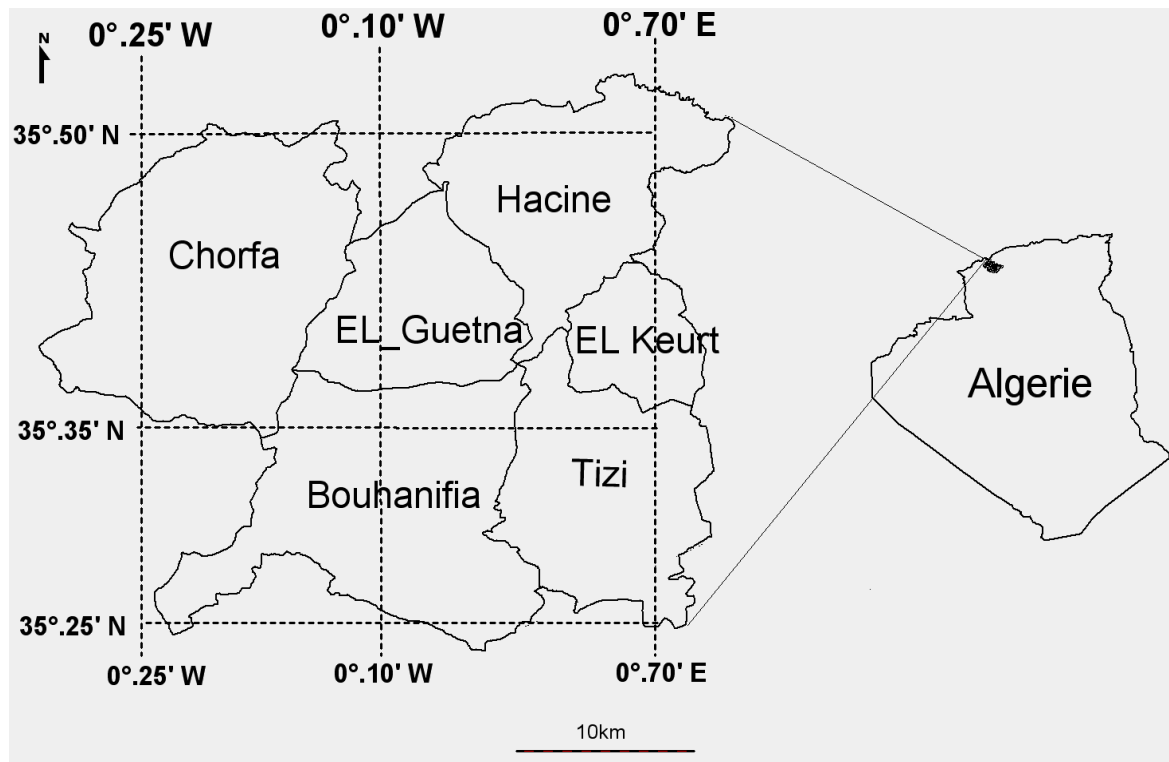


Figure III-2 : localisation de la zone d'étude (UTM zone,30)

III.2. Etude climatique :

Depuis une vingtaine d'années on remarque une diminution constante des précipitations.

Alors que la moyenne au début des années 1980 était de 400 à 500 mm/an, la moyenne pour les dernières années est de seulement 300 à 400 mm/an et l'année 1992/93 aura été la campagne la plus sèche des vingt dernières années : 100 mm entre octobre et avril. On peut résumer ainsi la tendance des dernières années (FAO, 1993):

- la plus grande partie des Monts des Béni Chougrane (plus de 2/3) reçoit une précipitation comprise entre 300 et 400 mm/an.
- des précipitations inférieures peuvent se vérifier dans le piémont Nord et dans les zones de basse altitude.
- les précipitations plus élevées concernent les hautes altitudes des sommets à partir de 700 mètres.

Une étude plus détaillée du climat de la zone d'étude nous renseignera sur les différents facteurs du climat et leur influence sur la dégradation du milieu.

III.2.1 Le vent :

La connaissance de la direction du vent, de la force et de la fréquence des vents est importante. La direction des vents d'après SELTZER est comme suit :

- les vents observés à 7h sont de secteur Ouest pratiquement toute l'année,
- à 13 h, ils sont de secteur Nord de Mai jusqu'à octobre et Ouest et Nord-Ouest le reste de l'année,
- à 18 h, ils sont de secteur Nord toute l'année.

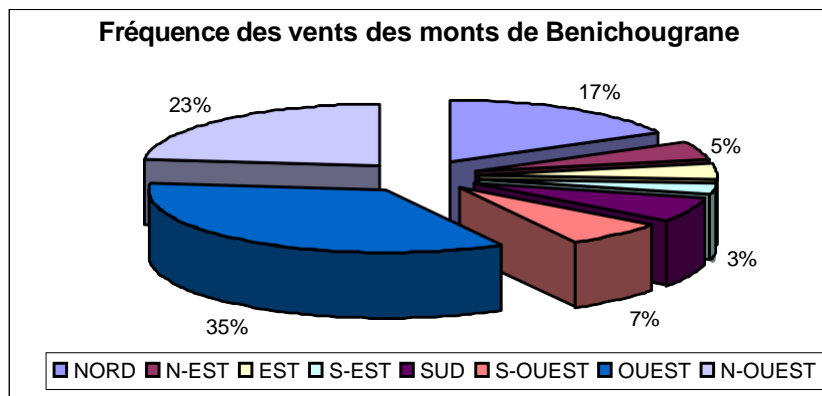


Figure III-3 : Fréquence des vents de chaque direction des monts de Beni chougrane
L'analyse des données

d'après SELTZER montre que les vents dominants dans cette région sont les vents de l'Ouest et les vents du Nord-Ouest. La force du vent est constante tout au long de l'année, relativement faible en moyenne, rarement violente.

III.2.2. Les gelées :

Des risques de gelées peuvent se produire jusqu'en mai. Un risque de gelée tardif au sol subsiste jusqu'à la fin avril mais elles sont rares (tableau III-1).

Tableau III-1 : Nombre de jour de gelées pour la station de Mascara (1938-1946) SELTZER

Mois	Jan.	Fev	Mar.	Avr.	Mai	Ju.	Jull.	At.	Sep	Oct.	Nov.	Déc	Total
Nbr. de jour	3.4	2.4	1.0	0.7	0.1	00	00	00	00	00	0.2	3.8	11.6

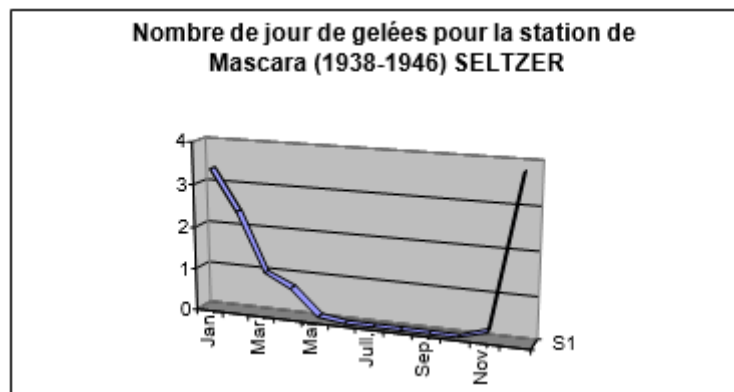


Figure III-4 : Variation de nombre de gelée pour la station de Mascara (1938-1946) SELTZER

Les gelées s'accroissent d'Est en Ouest et du Nord au Sud, suite au phénomène de continentalité. Le nombre de gel est de 11.6 j/an, il n'est pas très important.

III.2.3. Etude précipitation :

Les conditions climatiques jouent un rôle déterminant dans le régime du cours d'eau et la couverture végétale. Les précipitations agissent directement dans l'alimentation de l'écoulement des oueds.

Cependant, l'équipement climatologique est loin d'être satisfaisant, ceci peut être justifié par l'existence d'un nombre faible de station météorologique en Algérie. Un deuxième inconvénient est la rareté de longues séries d'observations, la non disponibilité des données et le problème des lacunes.

La pluviométrie en Algérie a fait l'objet d'études de nombreux auteurs (SELTZER 1913-1938, GAUSSEN 1913-1947, et PAQUIN 1971).

Tableau III-2 : Caractéristiques des stations pluviométriques (O. N. M d'Oran)

Station	Altitude	Latitude	Longitude
Mascara	474 m	35°.36' N	00°.30' E
Fergoug	511 m	35°.18' N	00°.09' E
Bouhanifia	287 m	35°.29' N	00°.07' W

III.2.3.1. Précipitation annuelles :

Les précipitations annuelles sont irrégulières et insuffisantes. On remarque que les précipitations ont tendance à baisser ces dernières années.

III.2.3.2. Précipitation mensuelles :

Les précipitation mensuelle des trois stations sont très irréguliers, l'irrégularités des chutes mensuelles exerce une influence particulière sur les principaux ressources : eau, sol, et couvert végétal (Boukhari. ; 2002).

Nous avons étudié des données des précipitations moyennes des trois stations pour la période (1982-2004), car nous pouvons constaté que le mois de novembre est le mois le plus pluvieux et le mois d'Août est le mois le plus sec pour les stations de Mascara – Bouhanifia – Fergoug pendant la période (1982-2004).

III.2.3.3. Les précipitations saisonnières :

Les trois saisons de l'année sont :

- l'hivers : décembre, janvier, février ;
- le printemps : mars, avril, mai ;
- l'été : juin, juillet, août ;
- l'automne : Septembre, Octobre, Novembre

Le figure suivant nous rend compte des précipitations moyennes saisonnières pour les différentes stations.

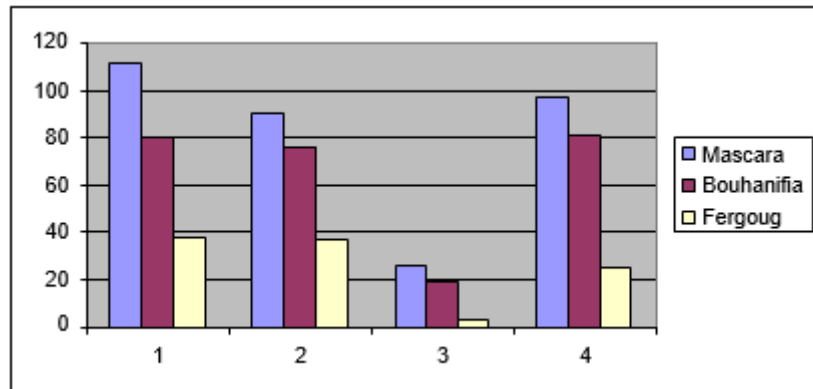


Figure III-5 : Précipitations moyennes saisonnières des trois station (Matmore 2004)

L'hiver représente la saison la plus pluvieuse et l'été correspond à la saison la plus sèche. Le régime des pluies appartient au type HPAE (Hivers – Printemps – Automne - Eté) c'est à dire que la quantité des pluies suit un cours décroissant en partant de l'hivers.

III.2.3.4. Les précipitations torrentielles intenses et fréquentes :

Pour mettre en évidence l'importance des précipitations torrentielles surtout leurs conséquences sur le principal agent de l'érosion et du ruissellement qui provoque la couverture végétale, il convient de les examiner en détail, en appréciant à la fois l'intensité et la fréquence de ces précipitations torrentielles.

Comme le laissaient prévoir les oscillations mensuelles, les chutes torrentielles surviennent pendant les mois de forte pluviosité de la fin du mois de novembre à février, mais elles peuvent survenir également pendant d'autres mois, notamment en octobre voir même septembre, et surtout en avril et mai. Ainsi les précipitations les plus redoutables pour la conservation des sols et le maintien de l'équilibre des versants et des pentes, surtout ceux qui sont déboisées, apparaissent en grande partie au début de la campagne agricole.

Les précipitations sont plus que groupées en quelques mois, elles sont concentrées en un nombre relativement restreint de jours. La moitié environ des précipitations annuelles tombe en 25 à 30 jours de pluies pendant les mois de novembre, décembre et janvier. Ces pluies ne durent jamais plus de quelques heures et constituent donc presque toute les pluies torrentielles dont l'intensité dépasse 30 mm en 24 heures ou 20 mm en 2 heures (BENCHETRIT, 1972). Sur 70 pluies torrentielles (plus de 30 mm en 24 h) observées à Mascara de 1913 à 1938, 33 pluies sont tombées en hivers de même à Fergoug, 29 sur 57 (SELTZER, 1946).

Par observation visuelle, on a déjà constaté que des phénomènes d'érosion se produisent même en cas de faibles intensités. D'après les expériences de GEGENWART (in GTZ, 1987) les précipitations journalières de plus de 30 mm sont qualifiées de " pluies nocives ". Bien sûr, cette limitation n'est qu'approximative pour l'estimation de l'érosion. Pendant un laps de temps de 24 heures, par exemple, plusieurs pluies peuvent se succéder pendant lesquelles aucun processus d'érosion ne se produit.

Le tableau ci-dessous, nous montre que les pluies torrentielles d'un nombre de 70 et 57 pluies observées sur 25 ans aboutissent à des pluies torrentielle de l'ordre de 2 à 3 pluies par an en moyenne et qui concentrent plus du 1/5 des précipitations totales. D'une générale, presque toutes les pluies en hivers et surtout en été, sont rapides et violentes dans la région montagneuse et les précipitations de 20 mm en 24 heures ou même de 10 mm à 15 mm en 1 heure sont fréquentes chaque année.

III.2.4. Etude des températures :

Les températures moyennes mensuelles et annuelles agissent directement sur le climat en interaction avec les autres facteurs météorologiques.

Le tableau suivant présente les températures mensuelles minimales (m), les températures mensuelles maximales (M) et les températures mensuelles moyennes (M m/2), nous n'avons pu disposer que des données de la station de Mascara (1977-1995).

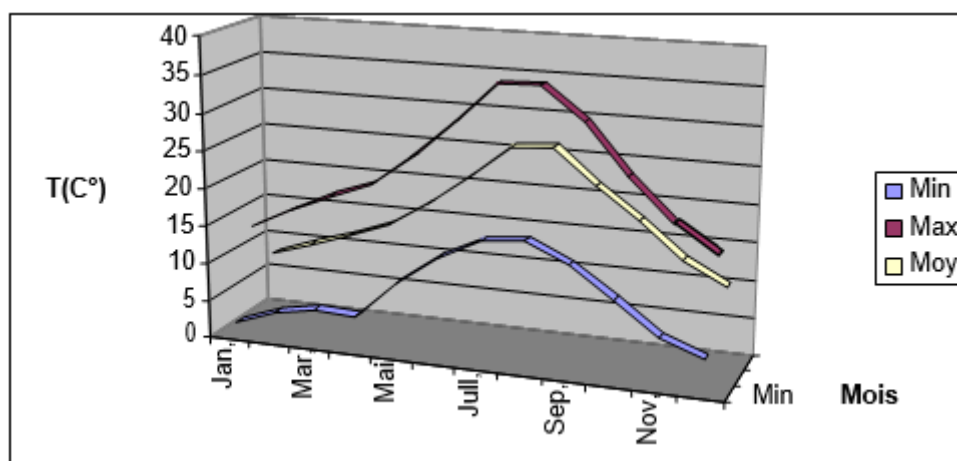


Figure III-6 : Température Max, Min et Moy (Station Matmore, 1986-2004)

La répartition de la température moyenne mensuelle permet de considérer janvier comme le mois le plus froid (1.84°C) et Août comme le mois le plus chaud de l'année (35.23°C) et la température moyenne annuelle donne une valeur de 16.27°C.

III.3. Hydrographie :

III.3.1. Le réseau hydrographique :

La région est fortement découpée par le réseau hydrographique. La plupart des cours d'eau atteignent la mer malgré les barrières montagneuses qu'ils franchissent par des gorges étroites. Pour quelques dépressions seulement, l'écoulement vers la mer est difficile.

L'oued El-Hammam est l'artère principale, il s'écoule parallèlement à l'oued Mebtoub, à une quinzaine de kilomètres plus à l'Est. Après avoir drainé, dans son haut cours, les Monts de Saïda et la plaine de Hacine, il franchit le massif des Béni Chougrane grâce à un système de factures transverses, en empruntant de nombreux méandres et suivant une pente très faible de l'ordre de 2 à 3 pour 1000. L'oued El-Hammam a une série de tributaires dont les ramifications s'étendent vers les parties les plus hautes du bassin versant. Parmi ces tributaires, on cite l'oued Fergoug et oued Tharzout qui se convergent vers le barrage Fergoug. Leur écoulement est temporaire et il dépend directement des précipitations, le débit de l'oued El Hammam est très irrégulier.

Plusieurs barrages (Bou-hanifia, Fergoug) récoltent l'eau de ces montagnes qui constituent un vaste impluvium (surfaces de réception des eaux de pluies) pour alimenter les périmètres irrigués aux débouchés de leurs vallées dans les plaines. (Figure III-7)

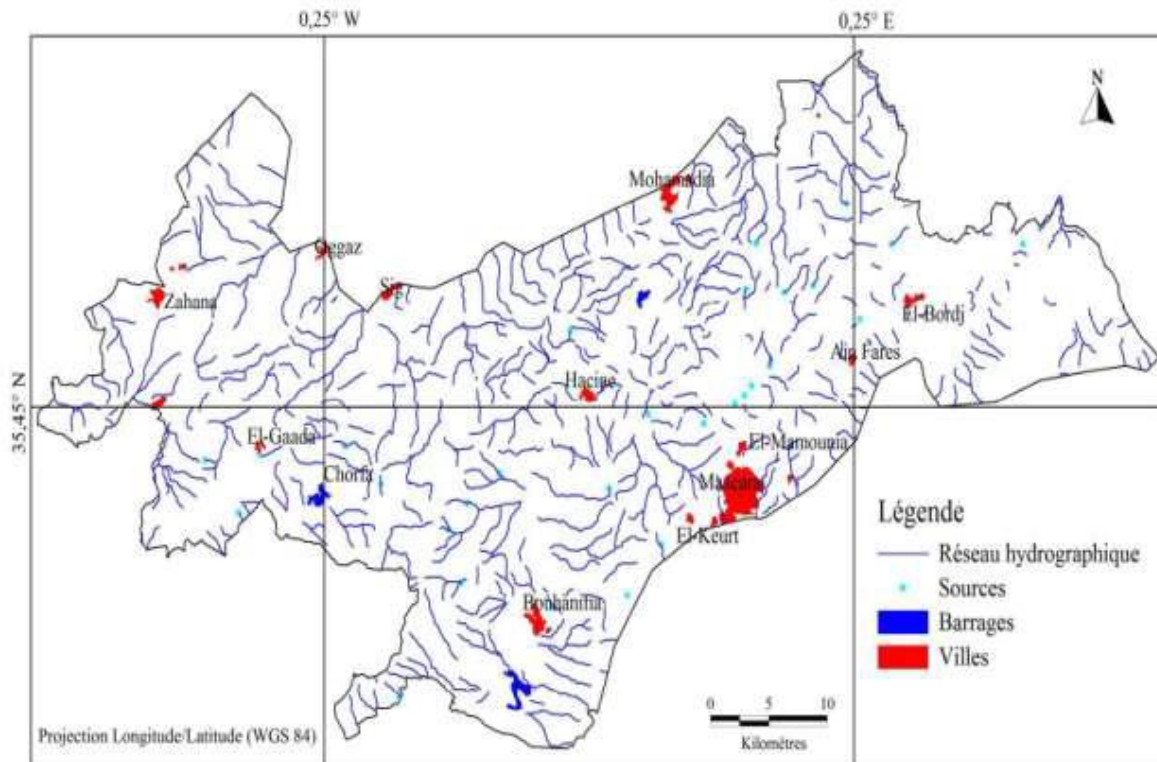


Figure III-7 : Réseau hydrographique des Monts de Beni Chougrane (Belhocine, 2016)

III.3.2. L'écoulement des eaux :

L'écoulement est un facteur important en ce qui concerne l'érosion du sol qui provoque le couvert végétal. La quantité et l'intensité d'une pluie déterminent et influencent l'érosion linéaire et l'érosion en surface du sol. L'averse d'une intensité donnée agit comme source d'énergie pour la séparation des particules du sol et l'écoulement comme moyen de leur ruissellement. Ainsi les deux facteurs doivent être analysés ensemble et quantifiés selon leur dépendance.

Si on prend comme exemple l'année 1927, on constate que dans les journées du 24, 25 et 26 novembre 1927, après une longue période de sécheresse des quantités énormes de pluies s'abattirent sur la région des Béni-Chougrane et du bassin versant de l'oued El Hammam.

III.4. La géomorphologie :

Les Monts des Béni Chougrane se situent dans le domaine Tellien ou Atlas Tellien occidental qui est un complexe structural très fortement plissé à plusieurs reprises et dont l'évolution se poursuit encore de nos jours. C'est une région très compartimentée par la succession de

montagnes et de plaines grossièrement allongée d'Ouest en Est, parallèlement à la côte et par un lacs de vallée étroites et profondes. Leur forme est surtout convexe.

Les Monts des Béni Chougrane forment avec les Monts des Traras, Tessala, Ouled Ali et l'Ouarsenis la chaîne tellienne médiane qui est un vaste alignement s'élargissant à l'Est.

Il y a une certaine diversité des faciès lithologique au sein des Monts des Béni Chougrane.

Le faciès le plus largement représenté est celui des marnes et des marno-calcaires.

Il y a prédominance de terrains tendres : marnes, argiles fortement friables donnant des reliefs de collines, les crêtes rocheuses étant formées par des terrains plus résistants : calcaire et grès.

Les Monts des Beni-Chougrane culminent à 910 m (Chareb Er_Rih), les altitudes variant le plus souvent dans un intervalle de 150-600 m. On peut donc qualifier les Monts des Beni-Chougrane de " moyenne montagnes " caractérisés par une succession de chaîne courtes, bien individualisées dont l'altitude moyenne reste faible dans l'ensemble, en précisant cependant qu'ils constituent un obstacle très sérieux pour les communications en raison d'un relief local parfois heurté.

III.5. La lithologie :

Description sommaire des terrains sédimentaires :

a- La série du quaternaire :

- Les éboulis sur pentes : on les retrouve sur les escarpements gréseux du Carténien, sur les rives de l'oued El Hammam, etc.
- Les alluvions récentes du niveau supérieur : elles sont plus moins étendues sur les berges des oueds et constitue en totalité la plaine de l'Habra ; elles sont en majeure partie limoneuses, avec des lentilles de graviers.
- Les alluvions anciennes du niveau inférieur : ce sont les dépôts caillouteux de l'ancien cours de l'oued El Hammam et de ses affluents (oued Fergoug, etc.), vers 15 à 20 mètres au-dessus du thalweg actuel ; à peu près à la même altitude relative.

- Les dépôts actuels : formé de cailloux entre les berges de l'oued El Hammam, vaseux dans le bassin de sédimentation du barrage, colmaté par des argiles d'une grande finesse et devenant très dure avec le temps.
- Les alluvions anciennes du niveau supérieur : elles sont constituées par des lambeaux d'alluvions anciennes entre 30 et 60 mètres sur les deux rives de l'oued El Hammam ; représentées en majeure partie par des cailloux et blocs roulés, gréseux ou calcaires, plus ou moins cimentés.
- Les basses terrasses : constituées par les alluvions récentes du niveau inférieur de nature limoneuse et graveleuse, à 2 ou 3 mètres seulement au-dessus du talweg.

b - Le pliocène :

- Les alluvions du pliocène (Villafranchien) : en bancs assez puissants, s'inclinant assez fortement (15 à 20°) vers la plaine de l'Habra ; très altérées, de coloration rougeâtre, elles sont formées de limons, de grès et de poudingues, avec lits subordonnés de calcaire grumeleux.
- Les grès du pliocène : ceux sont des pliocène ancien de faciès grossier, détritique.

c - Le miocène :

- Le Sahélien : il est composé par plusieurs couches superposées. L'horizon supérieur est représenté par un amas de gypse, assez puissant (30 à 100 m), mais se réduit en certains endroits où dominent des marnes et calcaires marneux. Au-dessous viennent des marnes blanches, des calcaires crayeux et des bancs épais de tripoli. A la base de l'étage comprend des calcaires à lits de silex brun, puis des marnes grises qui passent à celles du Tortonien.
- Les calcaires à Lithamnium : assez puissant.
- Les marnes Tortoniennes : délitescentes et jaunâtres à la surface, massives et bleuâtres en profondeur, s'étalent amplement dans le Bou Ziri . Des lambeaux de grés jaune, lenticulaires, s'y intercalent.
- Les argiles helvétiques : grises, déliscentes, très boueuses après les pluies, fortement crevassées en été, supportent les marnes du Tortonien et sont d'ordinaire très puissantes, sauf dans les sous-bassement où les deux formations sont difficiles à séparer.

- Les grès et poudingues helvétiques : formant partout l'assise inférieure du Miocène moyen, largement transgressifs sur le Crétacé et parfois très épais. Aux conglomérats de base succèdent des grès grossiers, à ciment calcaire, piquetés de glauconie et alternant avec des lits argileux grisâtres.

- Les marnes carténiennes : grises ou rougeâtres, souvent sableuses et meubles, elles se caractérisent par une grande instabilité et sont soumises à un ravinement généralisé du fait de l'absence de végétation. Elles sont affectées par des glissements de terrain.

- Aquitanien : cette formation comprend surtout des poudingues, grès et limons rougeâtres, avec intercalation de lits gypseux.

d - L'Oligocène :

- Les grès et marnes à Lepidocyclines : constitué par des grès roux grossiers, en bancs peu épais, tendres. Les marnes argileuses sont blanchâtres ou gris clair. Une mince lentille de calcaire à Lithamnium se présente dans l'ensemble.

e - Eocène :

- Le Suessonien (éocène inférieur) : se présente sous son faciès si typique de calcaire crayeux blancs, parfois bleuâtres dans la cassure, à rognons de silex noir ; au-dessus viennent des marnes blanchâtres ou de teinte claire et de minces lits gréseux.

- Grès et marnes schisteuses à Thersitées : c'est la suite de l'éocène moyen des environs de Bouhanifia, formé sous le Koudiat Dao, de grès quartziteux très durs, grenats ou bleuâtres, alternant avec des lits marneux et offrant des lumachelles de petites Thersitées (*T. ventricosa*), de turritelles, de Cythérées, etc.

f - Crétacé :

- Le Maëstrichtien : calcaires bien réglés, souvent ferrugineux, avec bancs marneux, constituant la longue coupe boisée du Djebel Sourkoldjenoues, à l'Est du barrage, sur la rive gauche de l'oued Fergoug.

- Le Sénonien : il prend le faciès bien connu des marnes gris foncé, avec intercalation de bancs calcaires ; ceux-ci toujours en teinte sombre, se présentent comme d'énormes boules à patine jaune clair et noyées dans les marnes.

- Le Cénomanién : affleurement des marnes sèches se délitant en longues esquilles avec bancs épais de calcaire marneux, noduleux et lits de silex noir craquelé.

- L'Albien : est surtout marneux, avec intercalation de bancs minces de grès quartziteux rougeâtres. Les marnes grises se fragmentent en débris menus, anguleux, qui jonchent le sol avec d'innombrables plaquettes de calcites fibreuses.

- L'Aptien : il ne se distingue pas toujours facilement de l'étage supérieur. Il est aussi principalement formé de marnes gris bleuâtre à bancs de grès et rognons ferrugineux, où parfois s'intercalent des calcaires blancs noduleux.

- Le Néocomien : il débute sur la rive droite de l'oued El Hammam, à l'embouchure du chaba Fatima, par une brèche peu épaisse de roches diverses, empruntés notamment au Trias sous-jacent. Puis vient une centaine de mètres de marnes grises, souvent bigarrées à la base, alternant avec des bancs de calcaire roux à la surface, gris foncé dans la cassure, à grain fin, avec rognons ferrugineux. Dans le fond de du chaba Fatima affleurent des marnes vert clair, avec des bancs très minces de grès cuartzineux.

g - Secondaire :

- Le trias : marnes bariolées, le plus souvent rouges ou violacées ; cargneules et calcaires dolomitiques généralement durs, compacts, à patine gris clair, rousse ou noire, avec bancs de brèche importants, gypse en masse.

Tableau III-3 : Compétence des natures lithologiques

Nature lithologique	Compétence
Calcaire et croûte calcaire	Roche très compétente
Grès et conglomérat	Roche compétente
Marno-calcaires	Roche de faible compétence
Argiles, gypses et marnes	Roche de très faible compétence

La lithologie confirme en grande partie la profondeur et la fertilité des . Elle peut donc limiter de façon décisive l'utilisation des sols.

III.6. La topographie :

Les cartes topographiques du terrain, au 1/25 000 qui encadre la zone d'étude ont été rassemblées pour établir un modèle numérique de terrain (MNT). Un modèle numérique de terrain est une représentation quantitative du relief sous forme d'une grille dans laquelle on trouve pour chaque cellule une valeur d'altitude. La position de chaque nœud sur cette grille est connue que ce soit en latitude, longitude ou hauteur par rapport au système de projection Lambert. A partir de ce réseau de points il est possible de tracer les courbes de niveau et partant de là de calculer les valeurs de pente et l'exposition de ces dernières grâce à (Map Info). L'équidistance du MNT est de 50 mètres. L'établissement des différentes classes de pentes et leur représentation sur la carte calculée à partir du modèle numérique de terrain tridimensionnel a été réalisé d'après nos besoins.

Description de la carte des pentes :

La classification s'appuie sur les cartes d'inclinaison des pentes habituellement utilisées et a été faite d'après des valeurs-limite généralement valables pour l'utilisation des sols.

La carte des pentes fait ressortir cinq classes de pente répartis comme suit :

Tableau III-4 : Répartition des classes de pente dans la zone d'étude

Classe de Pente	Surface KM2	Pourcentage (%)
0-3 % (Plaine)	100,6	19,61
3-6,0 % (Bas piémonts)	285	55,56
6-12,5 % (Bas piémonts)	101	19,69
12,5-25 % (hauts piémonts)	21,65	4,22
>25 % (montagne)	0,01	0,001949318
Totale		100%
Superficie Totale		513

Partie 2 :

partie expérimentale

I.1. Matériel :

MapInfo : MapInfo Professional est un Système d'information géographique (SIG) à l'origine Bureautique créé dans les années 1980 aux États-Unis. C'est un logiciel qui permet de réaliser des cartes en format numérique. MapInfo est conçu autour d'un moteur d'édition de cartes qui permet la superposition de couches numériques. Il permet de représenter à l'aide d'un système de couches des informations géo-localisées : points, polygones, image raster ... Il incorpore un grand nombre de formats de données, de fonctions cartographiques et de gestion de données... Un système de requêtes cartographiques adapté permet la conception des cartes et bases de données cartographiques. MapInfo est ouvert vers le Web et les globes virtuels ; il permet de publier sur le web des cartes réalisées sur un PC, de faire de la cartographie interactive, d'incorporer des informations des globes virtuels...

MapInfo Professional est un logiciel destiné aux chargés d'étude et d'aménagement territorial, aux chargés d'études d'implantation, de géomarketing, aux analystes des réseaux physiques et commerciaux.

La carte : les supports cartographiques utilisés dans l'élaboration de la carte de sensibilité des monts de Beni Chougrane à l'érosion hydrique

1. Carte de pente :

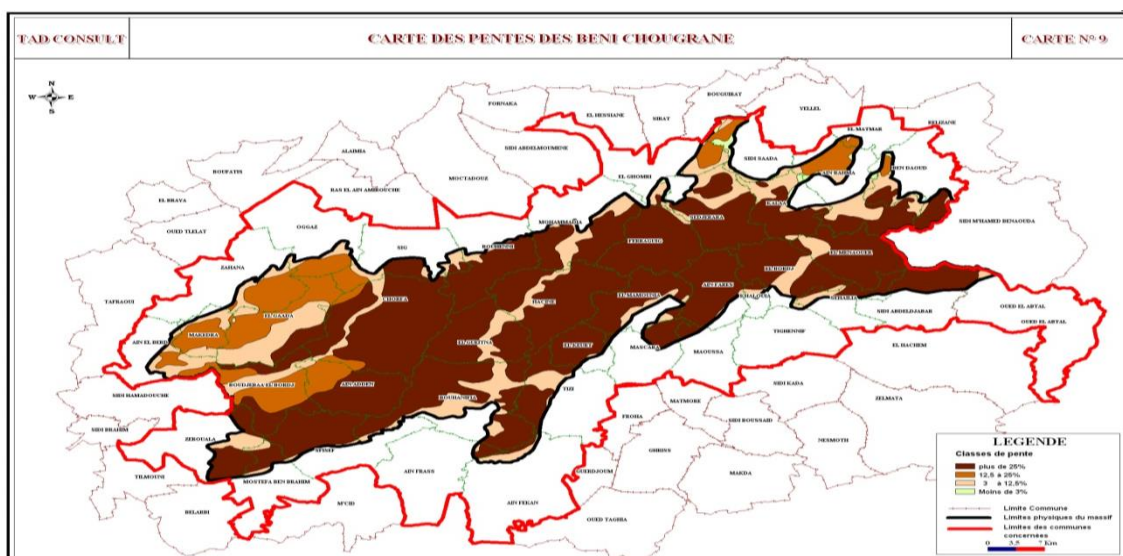


Figure I-1: Distribution spatiale de la variation des pourcentages de pentes dans les monts de beni chougrane - échelle 1/350000 m- (laboratoire des systèmes biologiques et géométrique – université de Mascara – 2010).

2. Carte lithologique :

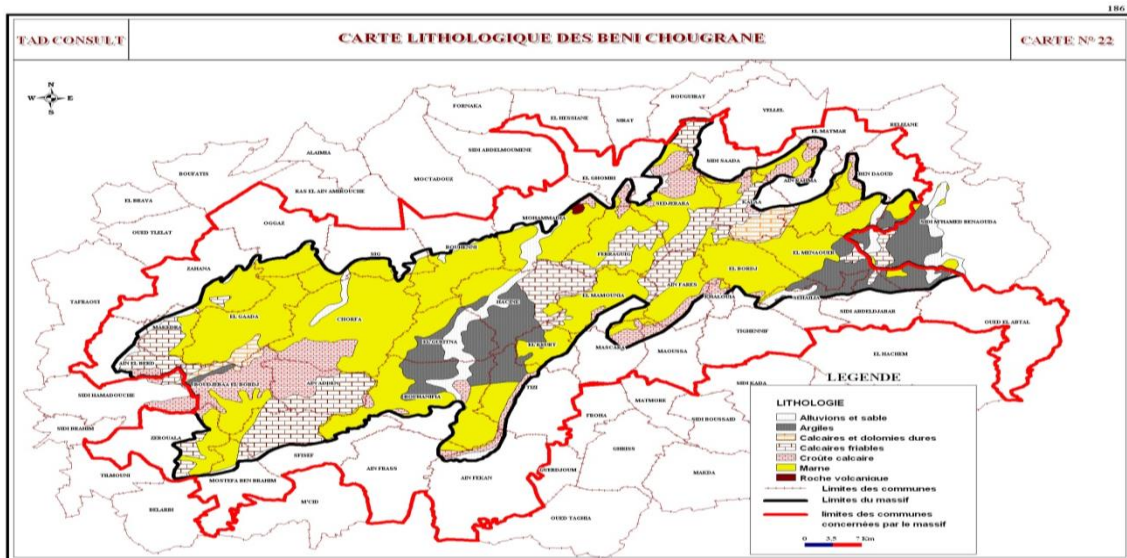


Figure I-2 : carte lithologique de la région de béni chougrane échelle 1/350000 m- (laboratoire des systèmes biologique et géométrique – université de Mascara – 2010).

3. carte d’occupation de sols :

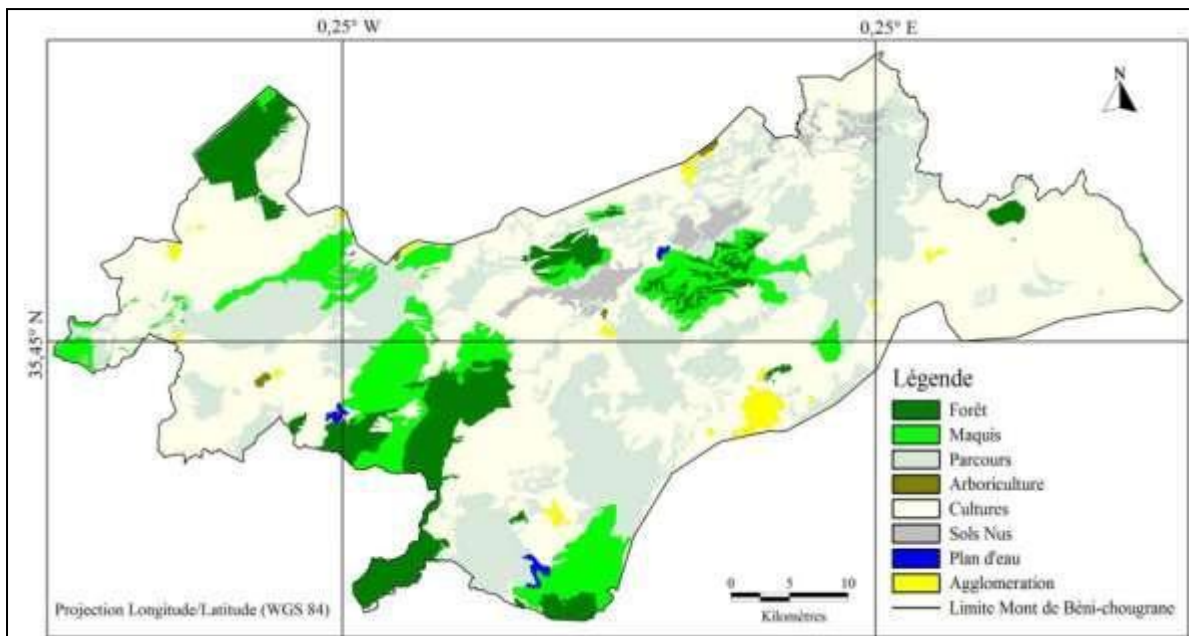


Figure I-3 : carte d’occupation de sols de béni chougrane (Benguerai, 2015)

I.2. Méthodes :

- **Scannerisation** : périphérique chargé de la numérisation des images et des textes, appareil qui analyse par balayage des documents afin de les numériser.
- **Géoréférencement** : est le processus dans lequel on applique à une entité cartographique un emplacement spatial en lui donnant des coordonnées géographiques et en appliquant une transformation. La projection adoptée dans ce travail est la WGS84 zone 30 nord.
- **Digitalisation** : La digitalisation consiste en la numérisation de documents afin de les sauvegarder sur un support informatique.
- **Combinaison des couches d'informations (overlay)** :

Attribution des grades suivant le poids des facteurs :

- **La pente :**

Les classes de pente	-3%	3 à 12,5 %	12,5à25%	>25%
Le code	1	2	3	4

- **La lithologie :**

Les classes de la lithologie	Calcaires, dolomie dures, roches volcaniques	Calcaire friable, croute calcaire, alluvion, sable	Argile, marne
Le code	1	2	3

- L'occupation des sols :

Les classes d'occupation des sols	Le code
Forêts	1
Maquis, arboriculture	2
Parcours, culture	3
Sols nus	4
Plan d'eau Agglomération	0

II.1. Carte des pentes :

A. La classe comprise entre 0 et 3% : cette classe est insignifiante au niveau de la zone d'étude (0.80%). elle regroupe les vallées de l'oued Mebtouh, l'oued el hammam, l'oued mina. cette zone à une vocation agricole.

B. La classe comprise entre 3 et 12,5% : elle représente environ 18,80% des monts de Béni Chougrane. Il s'agit des plateaux de Sidi Ali, Ain Fares, les piémonts de Sfisef, et les collines de Zerouala. Cette zone est à vocation agricole.

C. La classe comprise entre 12,5 et 25% : celle-ci représente 11.76 % des monts des Béni Chougrane. Elle marque la rupture entre les pentes les moins accentuées et celles-là où les entrailles sont moins importantes. Cette classe à une vocation sylvo- pastorale. L'arboriculture y est possible dans les versants stables.

D. La classe supérieure à 25 % : constituée de zones à vocation forestière. Dans certains secteurs, la lithologie est très sensible à l'érosion et sont actuellement dégradées. Cette classe est très fréquente au niveau des Béni Chougrane. La déclivité par zone rend compte de la même situation (prédominance de la classe de pentes de plus de 25%).

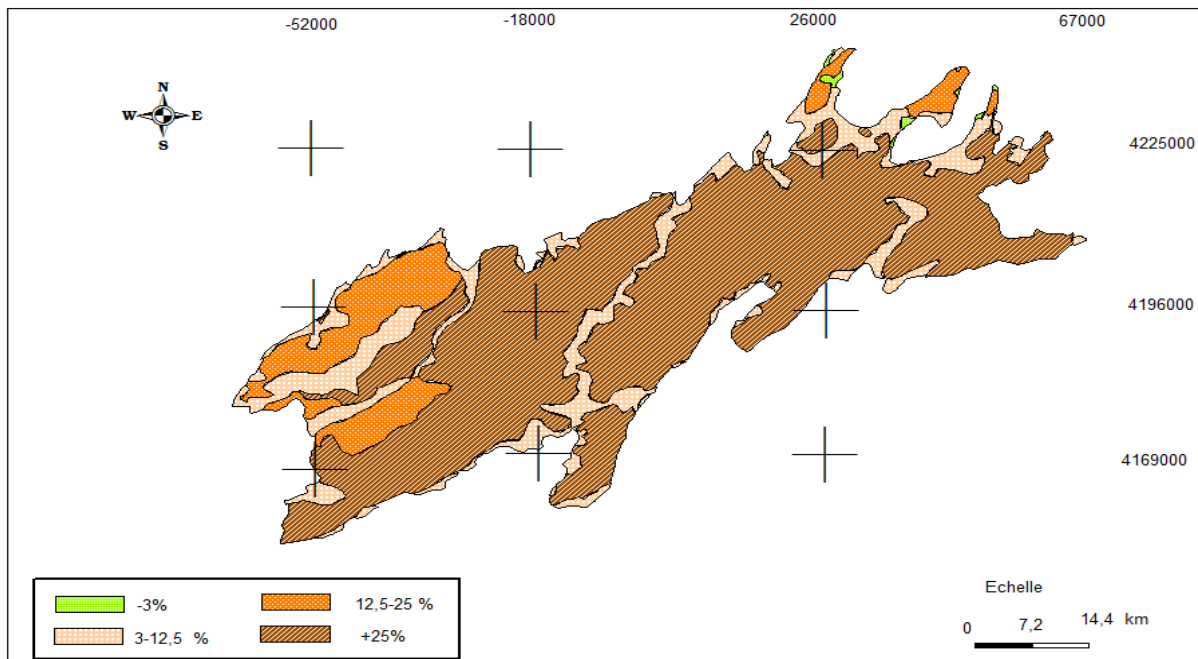


Figure II-1 : carte des classes de pente de monts de Béni Chougrane

II.2. lithologie des Béni Chougrane :

Les terrains stables : ce sont les zones des plateaux de SIDI DAHI, MAADJ, AIN FARES, EL BORDJ et les plaines de SEMMAR ET ZEROUALA, la vallée de oued HAMMAM, les bassins de de Sfifef, les piémonts Nord de Beni Chougrane, les collines de BOUHANIFIA, et de ZEROUALA. Les terrains instables : Il s'agit des zones où l'érosion est très forte et dangereuse. Le ravinement généralisé domine. Ils sont représentés par les collines de MOHAMMADIA, ANATRA, FLITTA, et les bassins versants de oued FERGOUG. Les terrains inter gradés : Ce sont les terrains qui se situent entre les deux classes précédentes, où l'érosion est assez importante. Généralement, ces zones risquent de tendre vers le déséquilibre (l'irréversiblement) si aucune intervention et mesures antiérosive ne sont pas préconisées.

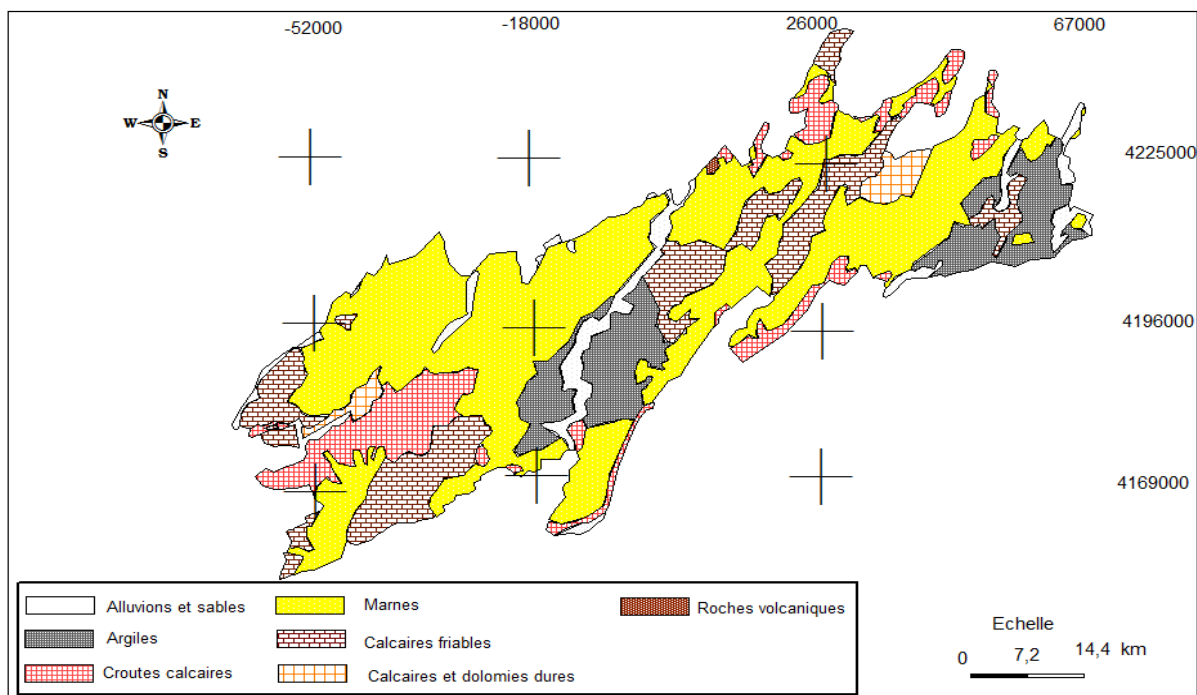


Figure II-2 : carte de lithologie de monts de Béni Chougrane

II.3. Occupation des sols :

IMPORTANTANCE ET REPARTITION DU COUVERT VEGETAL :

La superficie forestière occupe 44322 .ha soit un taux de 18 %. Les Forêts sont constituées de peuplements variés avec la dominance du pin d'Alep et thuya. À ces principales essences, se trouvent associées d'autres espèces secondaires (genévrier, l'oléastre, ...). Des formations forestières peu importantes et dégradées Le domaine forestier de la zone d'étude évolue dans des conditions d'équilibre instable et n'a pu se maintenir que grâce à la plasticité et à l'extrême résistance des 3 principales essences forestières : le chêne vert, le pin d'Alep et le thuya. Mais cela n'empêche pas l'évolution de plus en plus d'espaces forestiers en matorrals avec la disparition progressive des essences principales dans les associations. Par ailleurs, les forêts sont de moins en moins denses produisant des clairières dénudées vite exploitées par les riverains en parcours de montagne et exposées au processus d'érosion.

L'analyse de la répartition de la végétation forestière fait ressortir une nette prédominance de formations dégradées au niveau du massif de Béni Chougrane. Les véritables formations forestières sont concentrées à l'ouest du massif où l'on dénombre 10.798 hectares de forêts claires.

Les cultures et parcours :

Il y a lieu d'observer que la presque totalité des zones de montagne du massif des Béni-Chougrane est essentiellement à vocation agropastorale. L'espace qui semble le plus atteint par les fluctuations climatiques (essentiellement pluviométriques) est la surface agricole utile. La céréaliculture et la jachère restent les deux principales formes d'occupation de l'espace agricole. Au sein des Béni- Chougrane, les terres de parcours sont largement répandues au sein des communautés végétales. En effet, sur le plan théorique, il a lieu de signaler que ces communautés végétales à caractère pastoral sont organisées selon le niveau de stress édaphique (oligotrophie et xéricité) et le mode et l'intensité de gestion agropastorale (pâturage). Dans ces communautés soumises à des perturbations régulières, les traits de vie liés à la dissémination et à la régénération sont plus discriminants que les traits morphologiques, et les stratégies adaptatives développées selon les capacités de chaque espèce sont les meilleurs prédicateurs de l'ordination des espèces sur les gradients de stress et

de perturbation. De ce fait, la composition floristique des parcours permet une classification des espèces en groupes fonctionnels sur la base de traits biologiques identiques et de réponses similaires aux perturbations. Cette classification autorise une perspective de gestion conservatoire des divers types de parcours de piémont, de basse, de moyenne et de haute montagne. Dans le massif, les parcours en forêt restent une activité quasi permanente durant toute l'année, le cheptel y trouvant des unités fourragères appréciables, estimées entre 150/ha pour les futaies âgées de pin d'Alep et 250/ha dans les formations basses de chêne-vert. La charge pastorale admise ne devait pas dépasser 0,5 équivalent ovin par hectare alors qu'elle en atteint actuellement plus de 4, induisant un surpâturage avec toutes ses conséquences. La surface de cet espace reste stable mais sa dégradation se poursuit à un rythme alarmant, comme le confirme l'état des formations forestières où dominent les communautés végétales dégradées et les formations basses découlant d'une pression constante.

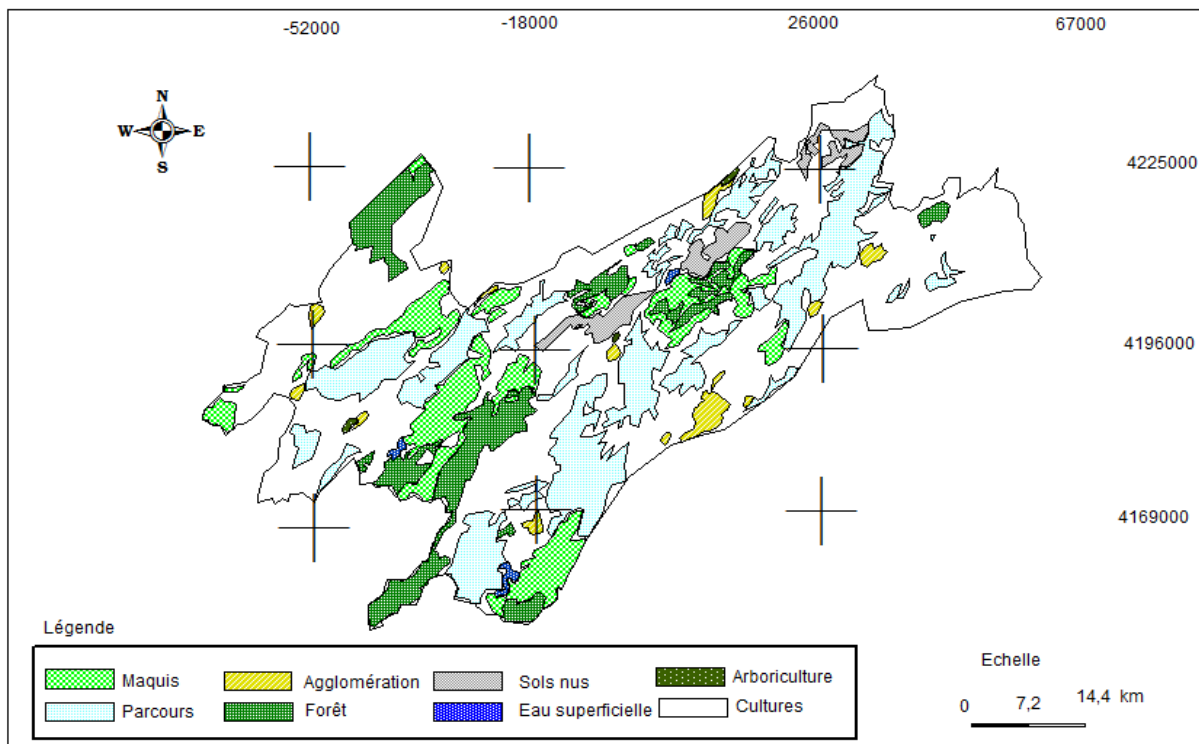


Figure II-3 : carte d'occupation des sols des monts de Béni Chougrane

II.4. La réalisation de la carte de la résistance des sols de Beni Chougrane à l'érosion hydrique :

Pour l'élaboration de cette carte (figure II-4), nous avons combiné la carte des classes de pentes avec la carte lithologique. Le résultat se présente sous forme de plages à nuance de couleurs indicatrices du degré de la résistance des sols par rapport à l'érosion hydrique. si nous combinons par exemple un zone calcaire caractérisée par le grade 1 avec une zone à pente douce caractérisée par le grade 1, nous obtiendrons une zone caractérisée par le grade 1 qui signifie que cette dernière présente une forte résistance à l'érosion hydrique. En revanche, si nous combinons une zone marneuse avec une zone à forte pente, alors nous obtiendrons une zone à faible résistance à l'érosion hydrique. Dans notre étude trois types de résistance ont été adoptées :

Une résistance forte, moins représentée dans les monts de Beni chougrane, elle est localisée surtout au niveau de AIN RAHMA, et EL GGADA.

Une résistance moyenne environ 38 % des sols de Beni chougrane présentent une résistance moyenne, localisée dans la partie ouest de notre zone d'étude

Une résistance faible, elle prédomine dans notre zone d'étude à plus de 60 %, elle est localisée dans toute la chaine montagneuse de Beni Chougrane.

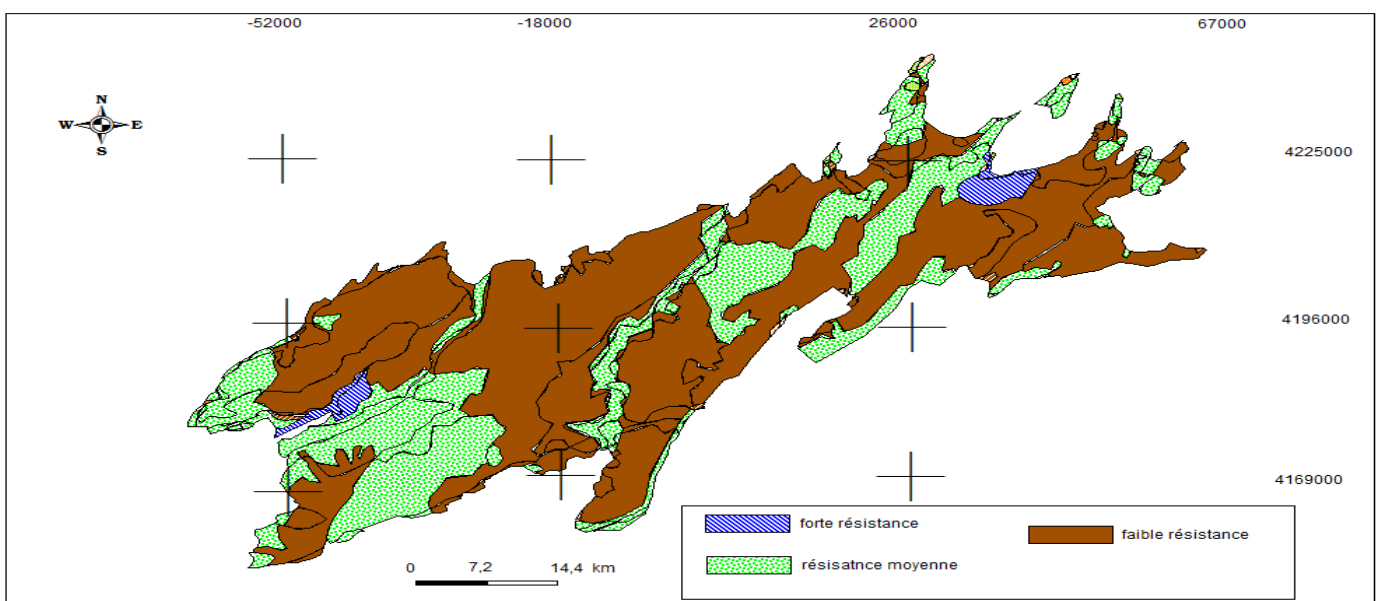


Figure II-4 : Carte de résistance des sols de Beni Chougrane à l'érosion hydrique

II.5. Elaboration de la carte de vulnérabilité (sensibilité) multifactorielle à l'érosion hydrique :

La méthodologie utilisée est le croisement de paramètres sous forme de combinaison logique (Boukheir et *ai*, 2001) dans un SIG. À partir des connaissances actuelles sur les différents types de fonctionnements érosifs, les facteurs retenus sont : la lithologie, l'occupation des sols et les pentes. Pour cette première ébauche cartographique, les facteurs ont été considérés comme étant de même importance dans l'occurrence de l'érosion, afin d'aboutir à la carte de vulnérabilité (sensibilité) multifactorielle à l'érosion hydrique des sols des monts de Beni chougane. Pour l'érodabilité des sols, nous avons tenu compte des travaux effectués par le SATEC (1972). En ce qui concerne l'occupation du sol, les zones occupées par les forêts sont considérées comme des protectrices des sols caractérisée dans notre cas par le grade 1. L'érosion a lieu préférentiellement au niveau des forêts anthropisées (Bruijnzeel, 1990). Une zone de forêt naturelle est stable vis-à-vis des processus d'érosion.

Dès lors, toutes les zones qui subissent une quelconque déforestation sont considérées comme susceptibles de subir une érosion

- La forêt constitue la classe de vulnérabilité faible. D'une part, la permanence du couvert végétal (feuilles et branches des arbres) amortit l'impact des gouttes de pluie et, d'autre part, la litière et les débris végétaux qui recouvrent le sol freinent le ruissellement et limitent le décapage du sol. Par ailleurs, le système racinaire maintient la cohésion du sol, tandis que la matière organique, en améliorant la structure des horizons de surface, les rend plus perméables (Boukheir et al, 2001).

Les zones touchées par ce type d'érosion sont :

- piémonts de SFISEF ;
- La partie Est des collines de FERGOUG.
- Les collines Sud -Est de béni Chougane
- Le hautpiémont de KHALOUIA
- Les collines d'el GAADA ;
- Les collines de FERRAGA et de FOUAGA ;

- La partie Est des collines de FLITTA ;
- La partie Nord
- Est des collines MAATRA Cette classe est bien la plus répandue à travers le massif des Béni Chougrane. L'évolution vers le déséquilibre devient sérieuse, car les ravinements commencent à prendre une extension alarmante.

Tableau II-1 : Vulnérabilité à l'érosion hydrique en fonction des différentes classes d'occupation de sols et de sa résistance

occupation de sols / résistance	1	2	3	4
1	1	2	3	4
2	1	2	3	4
3	1	2	3	4

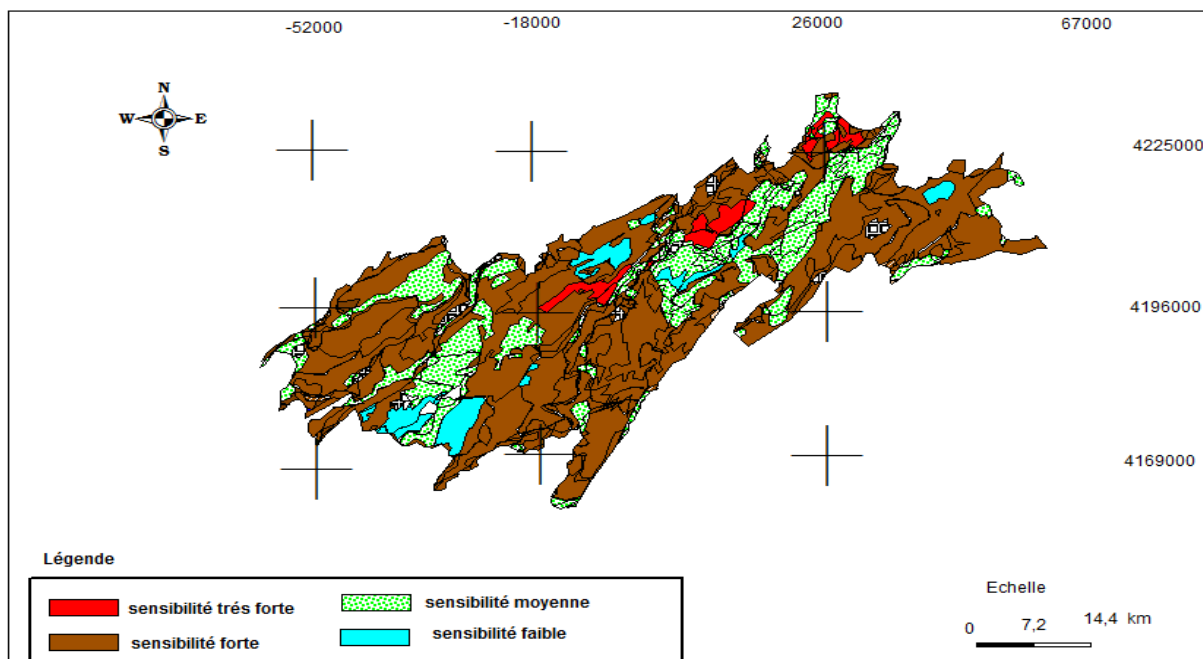


Figure II-5 : carte de vulnérabilité (sensibilité) des monts de Beni Chougrane à l'érosion hydrique

II.6. conception d'un système d'information géographique traitant le phénomène de l'érosion hydrique dans les monts de Beni chougrane (Algérie occidentale) :

A. Carte de pente :

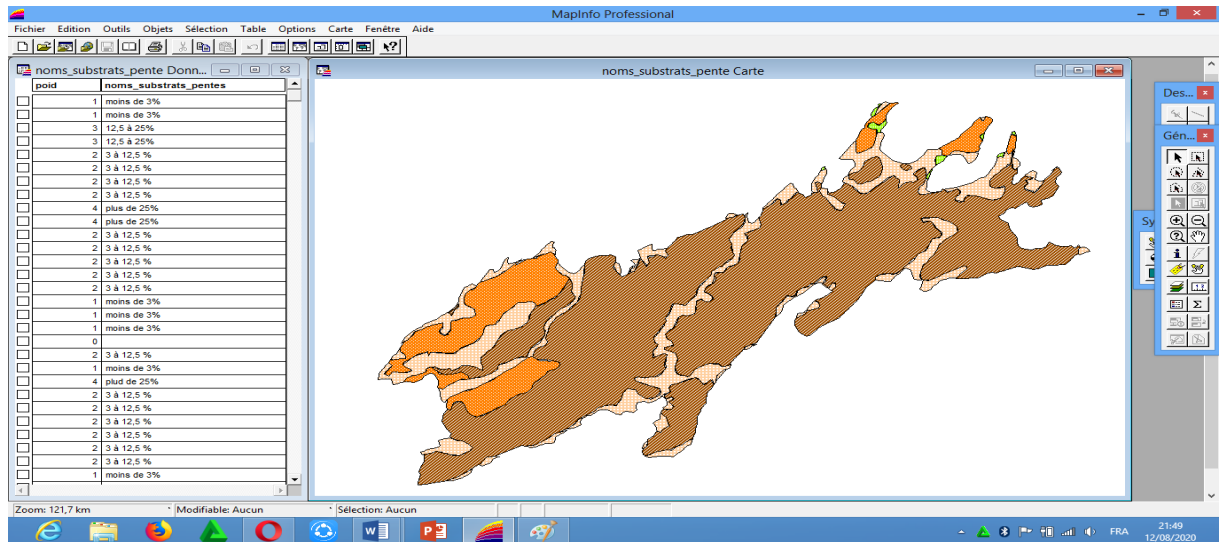


Figure II-6 : carte de pente de monts de Béni Chougrane traité par SIG (Mapinfo Professional)

B. Carte de lithologie :

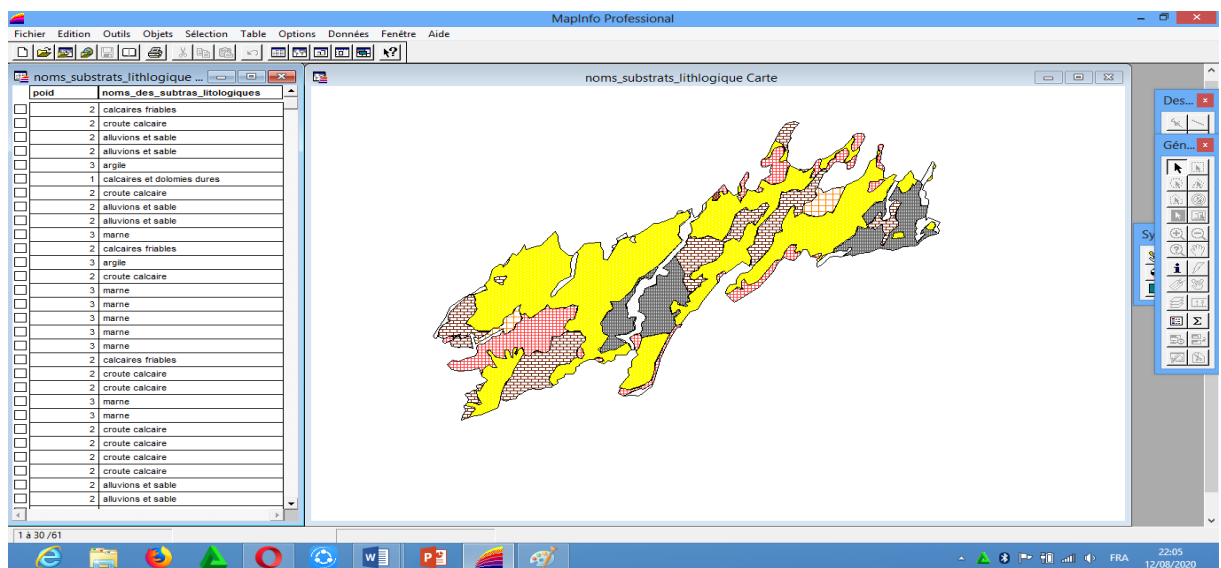


Figure II-7 : carte de lithologie de monts de Béni Chougrane traité par SIG (Mapinfo Professional)

C. Carte d'occupation des sols :

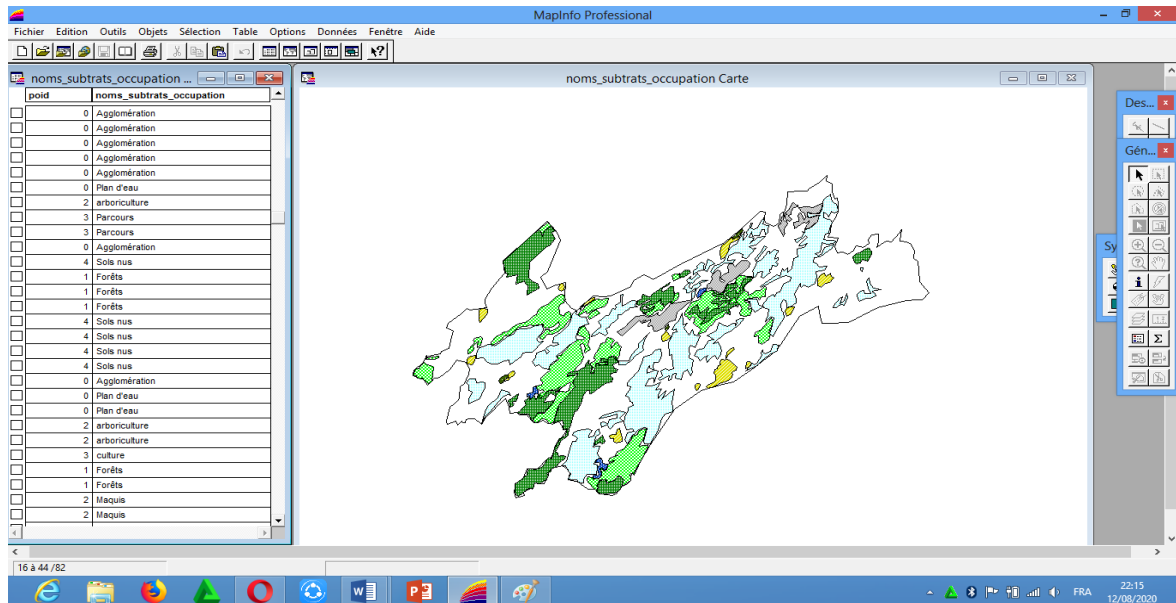


Figure II-8 : carte d'occupation des sols de monts de Béni Chougrane traité par SIG (Mapinfo Professional)

D. Carte de résistance des sols :

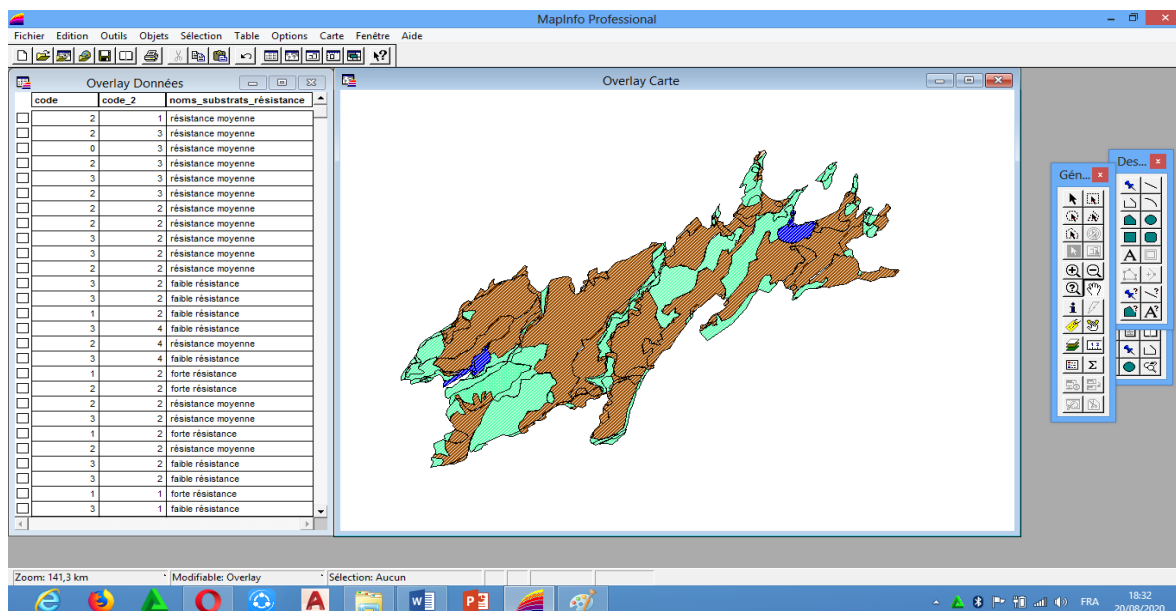


Figure II-9 : Carte de résistance des sols de monts de Béni Chougrane traité par SIG (Mapinfo Professional)

E. Carte de vulnérabilité (sensibilité) :

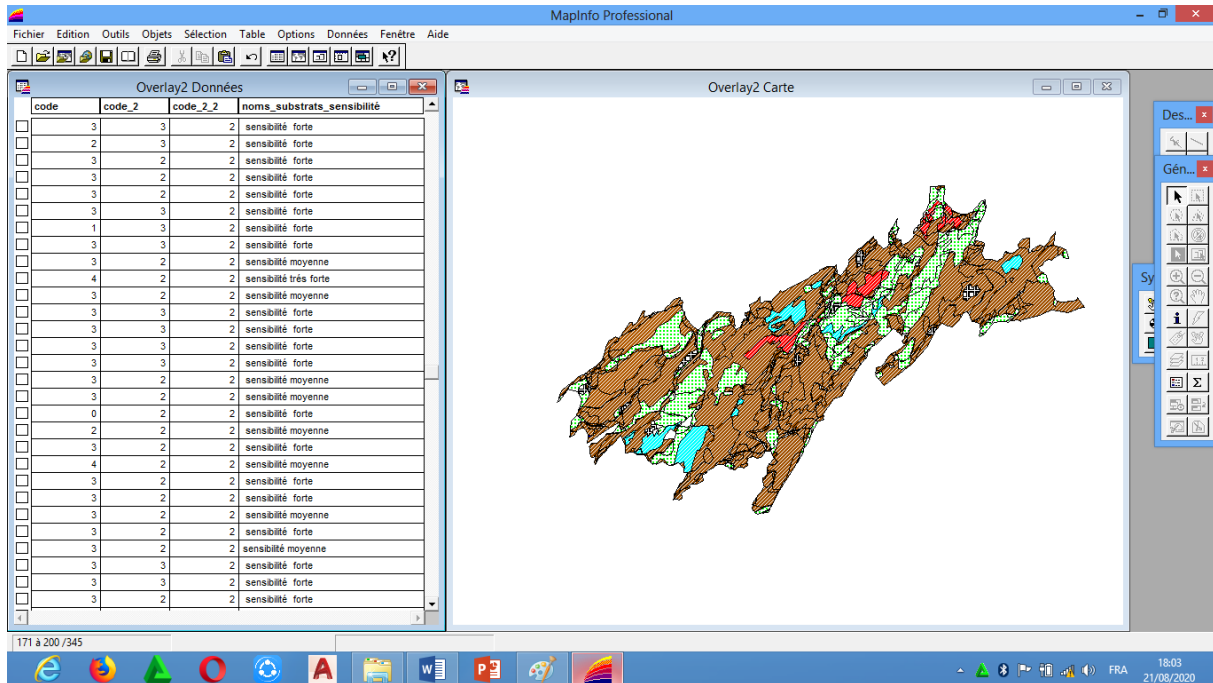


Figure II-10 : Carte de vulnérabilité (sensibilité) des monts de Béni Chougrane traité par SIG (Mapinfo Professional)

II.6.1 Comment calculer la superficie de carte traitée par SIG :

Méthode :

Pour faire calculs de superficie pour cartes par SIG (Mapinfo Professional) on a suivre les étapes suivants :

Etape 1 : clique sur **Table** et choisis **Gestion Tables, Modifier Structure ...**

Etape 2 : Clique sur **Ajouter Champ** et écrit nom superficie et choisis type Flottant et Clique pour **ok**

Etape 3 : clique sur **Table** et choisis **Mettre à jour colonne...**

Etape 4 : on a choisis la colonne superficie et la valeur Area et clique pour **ok**

Les cartes :

A. Carte de pente :

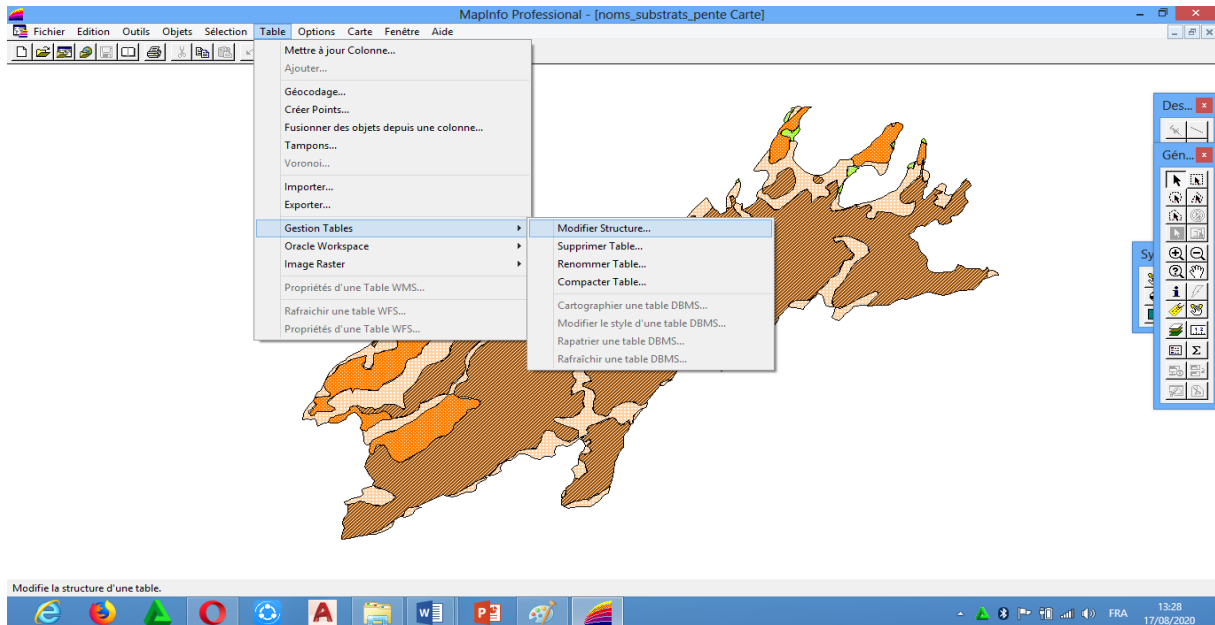


Figure II-11 : étape 1 pour calculer la superficie de carte de pente

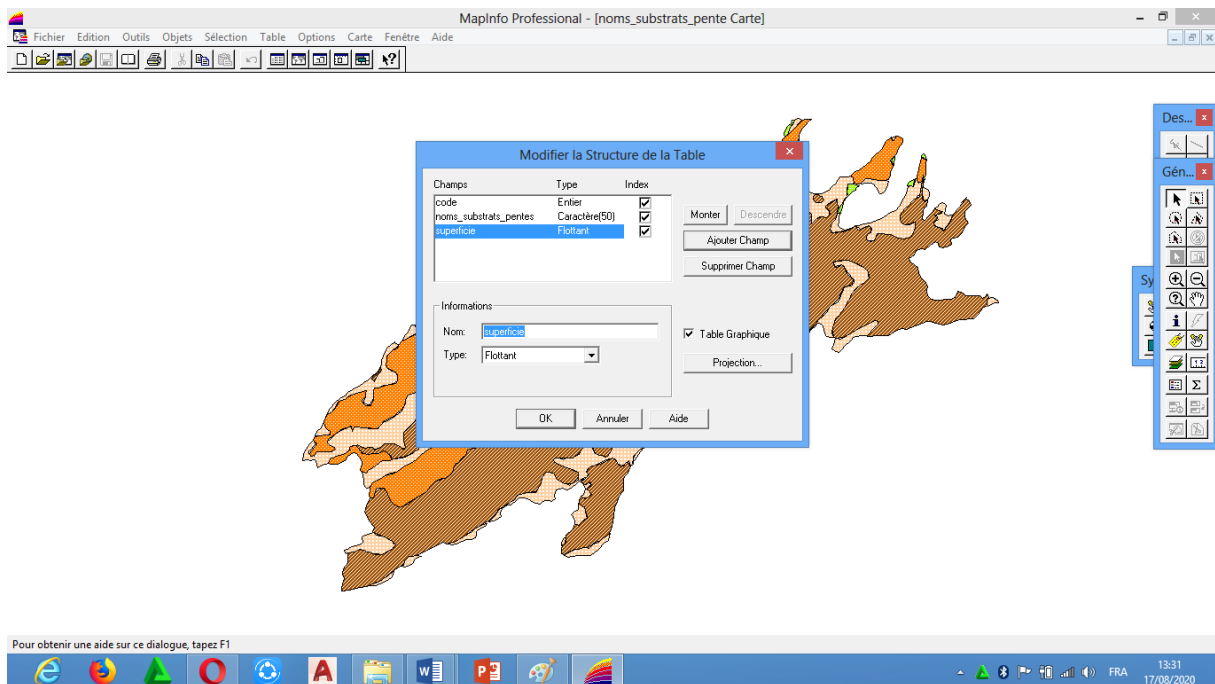


Figure II-12 : étape 2 pour calculer la superficie de carte de pente

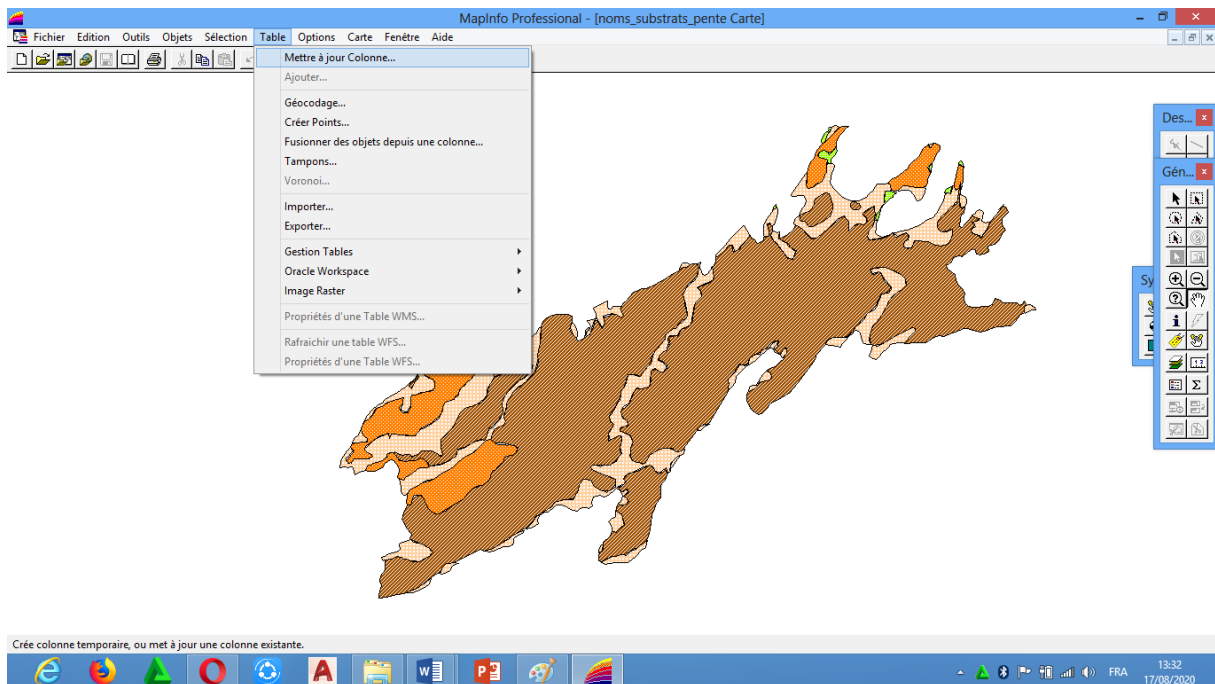


Figure II-13 : étape 3 pour calculer la superficie de carte de pente

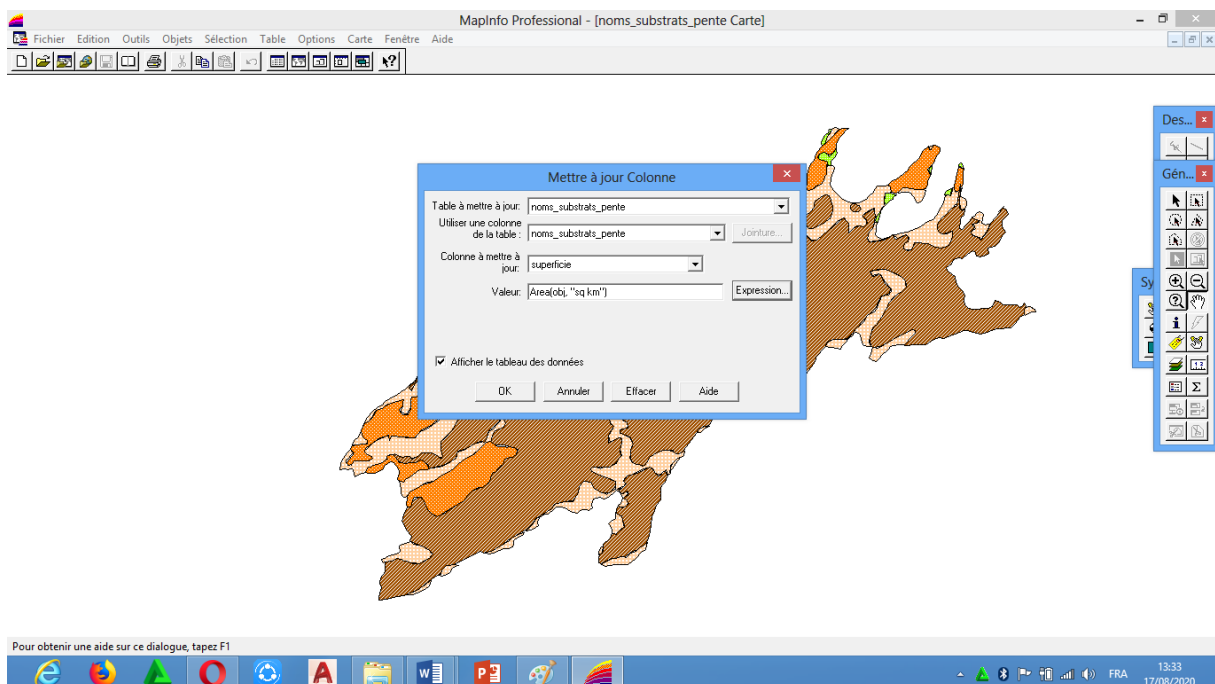


Figure II-14 : étape 4 pour calculer la superficie de carte de pente

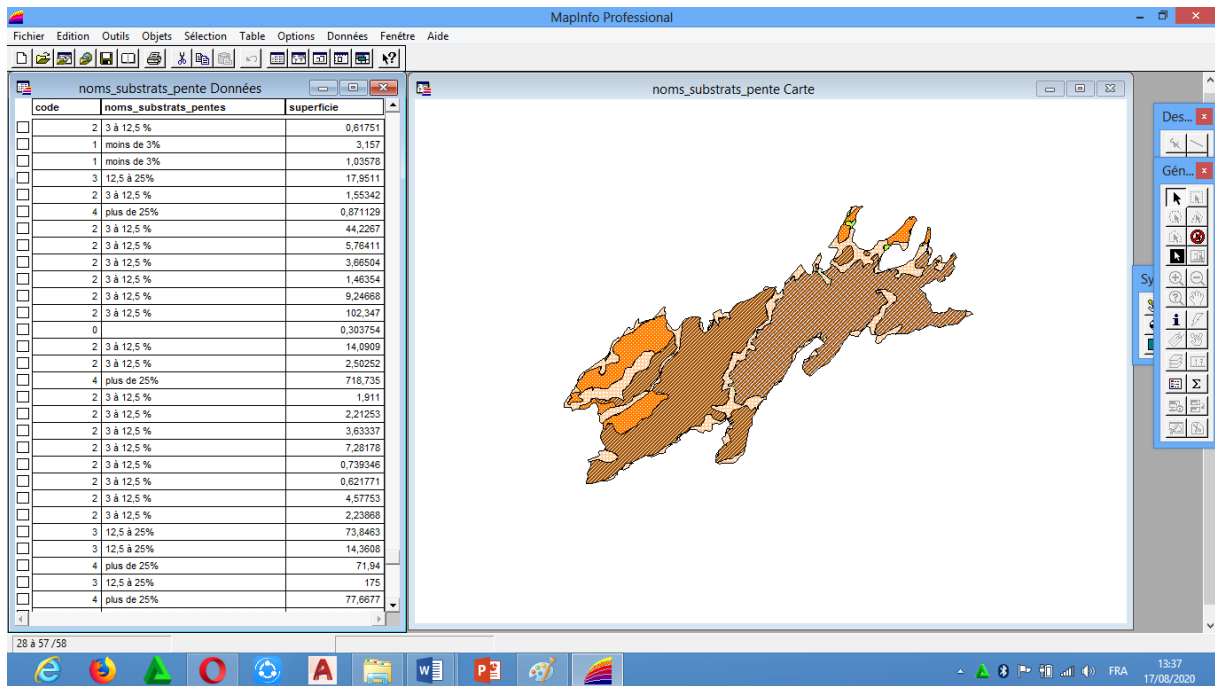


Figure II-15 : le résultat final du calcul de superficie de carte de pente

B. Carte de lithologie :

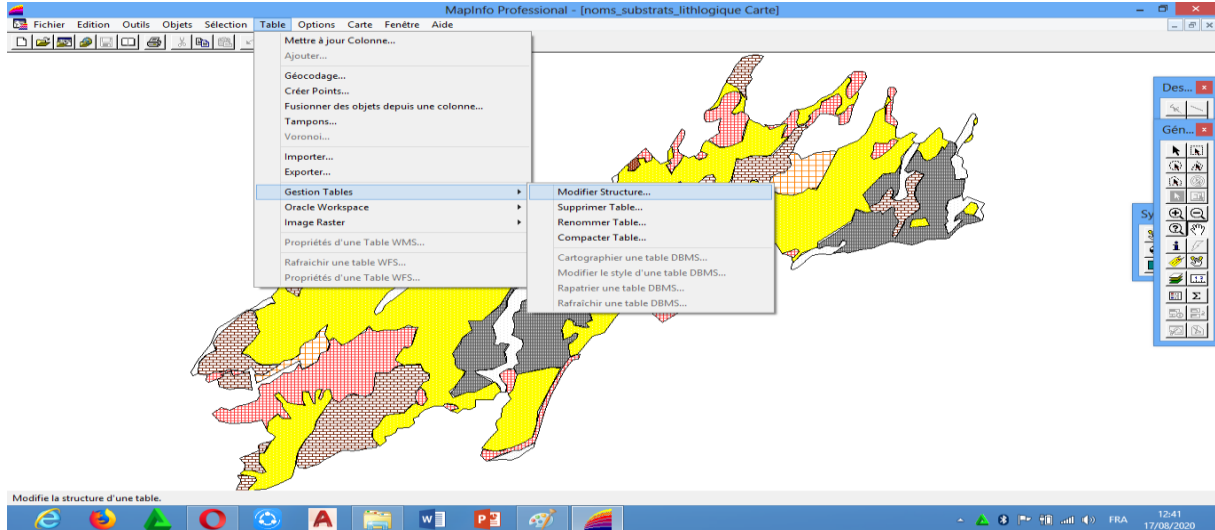


Figure II-16 : étape 1 pour calculer la superficie de carte de lithologie

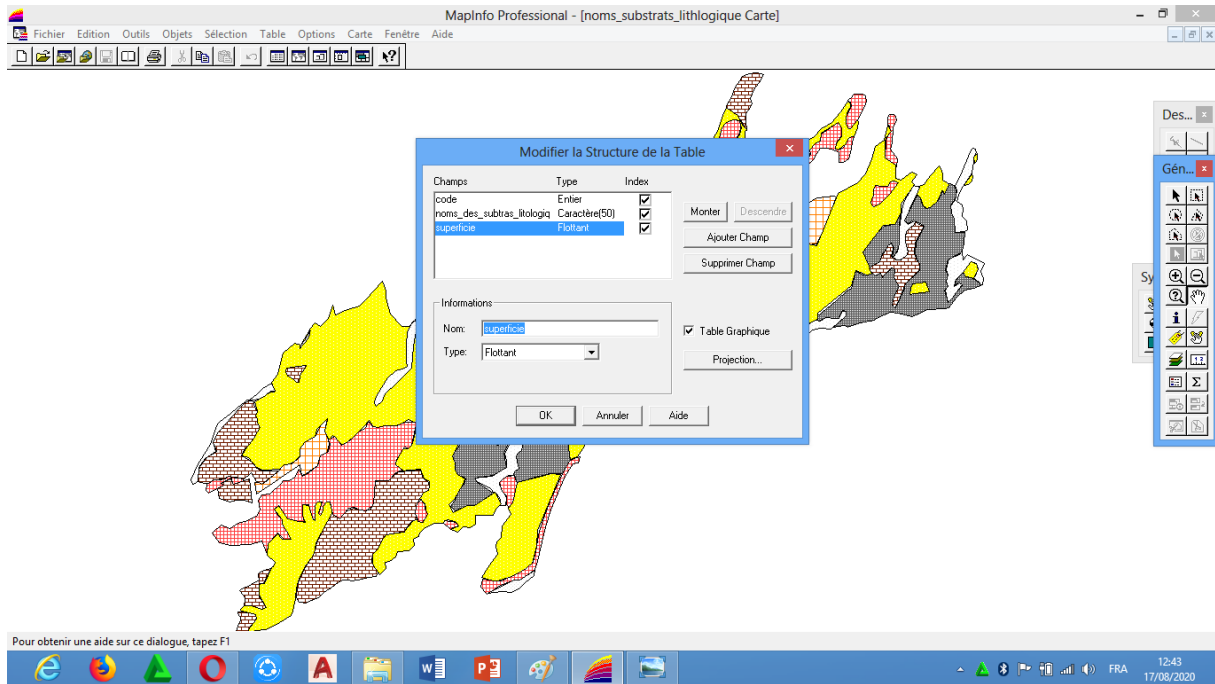


Figure II-17 : étape 2 pour calculer la superficie de carte de lithologie

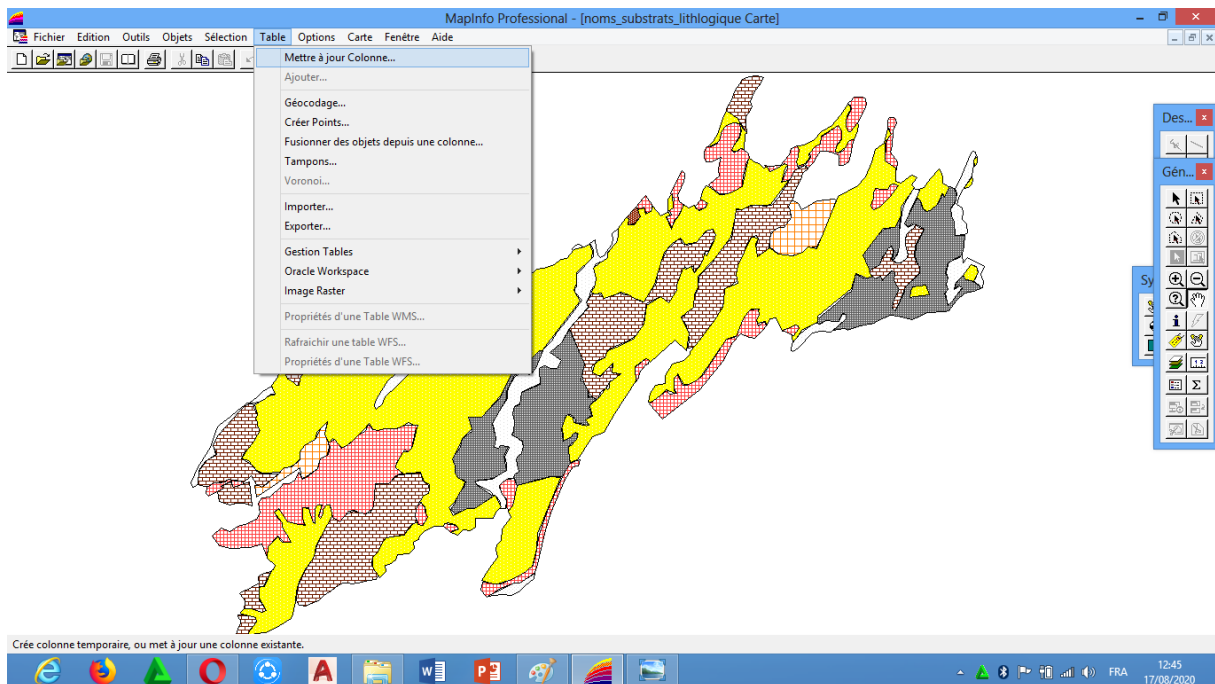


Figure II-18 : étape 3 pour calculer la superficie de carte de lithologie

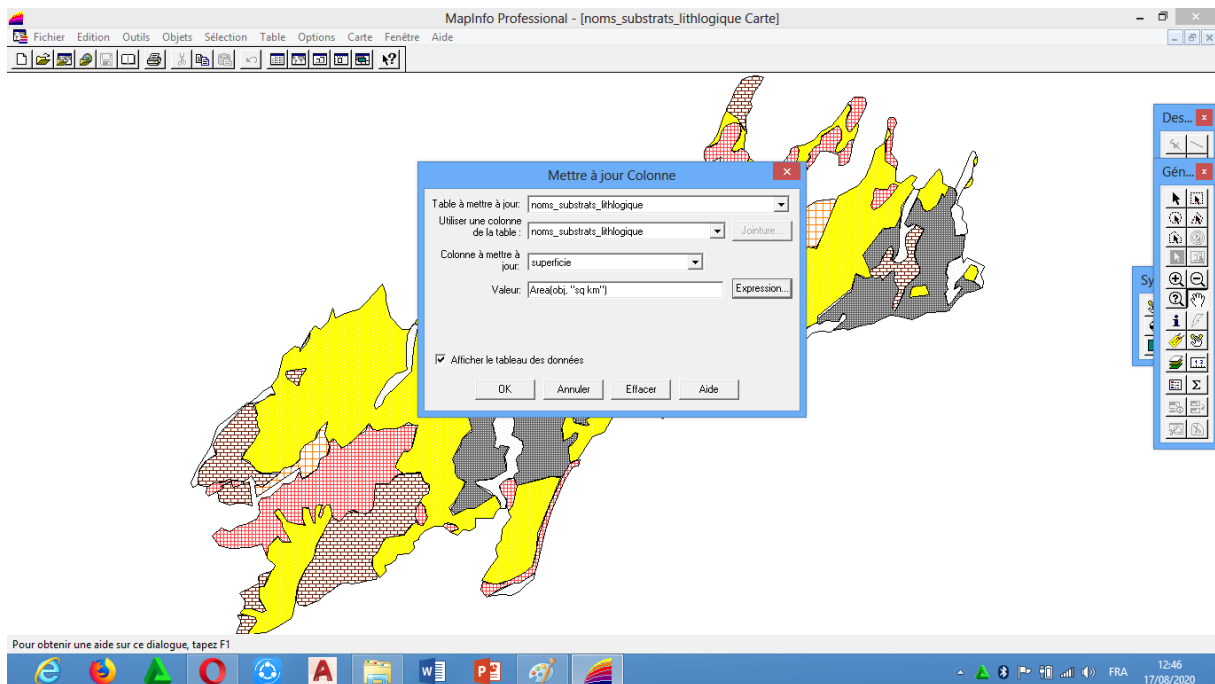


Figure II-19 : étape 4 pour calculer la superficie de carte de lithologie

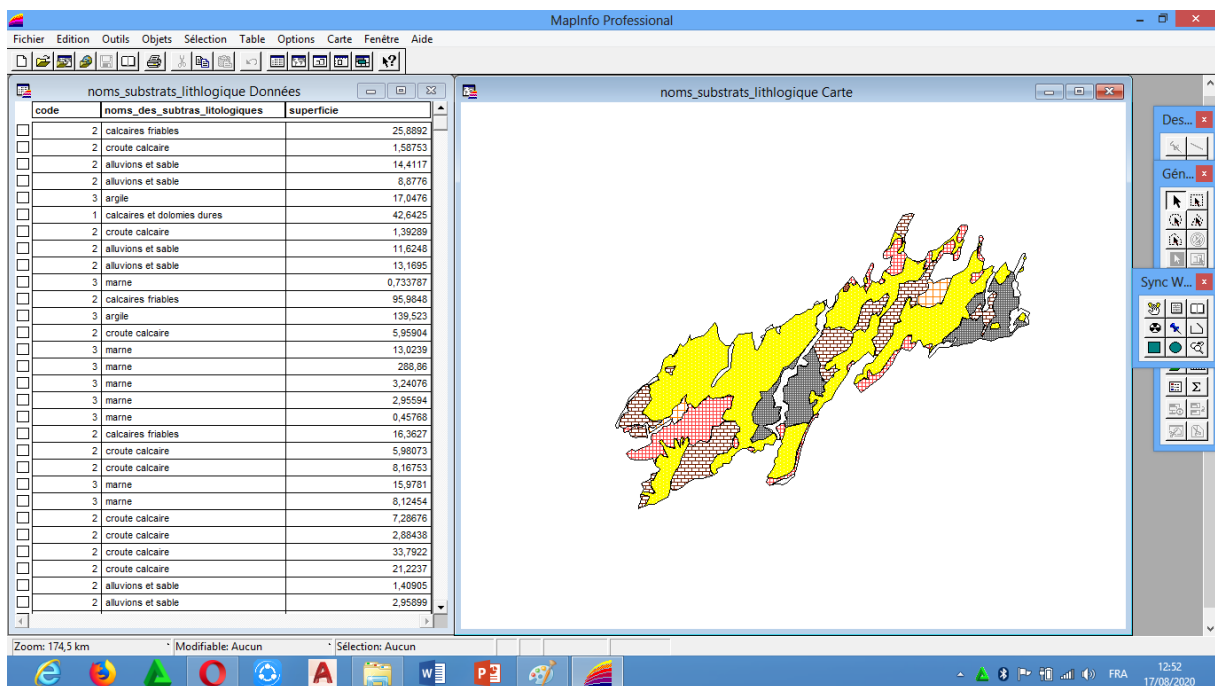


Figure II-20 : le résultat final du calcul de superficie de carte de lithologie

C. Carte d'occupation des sols :

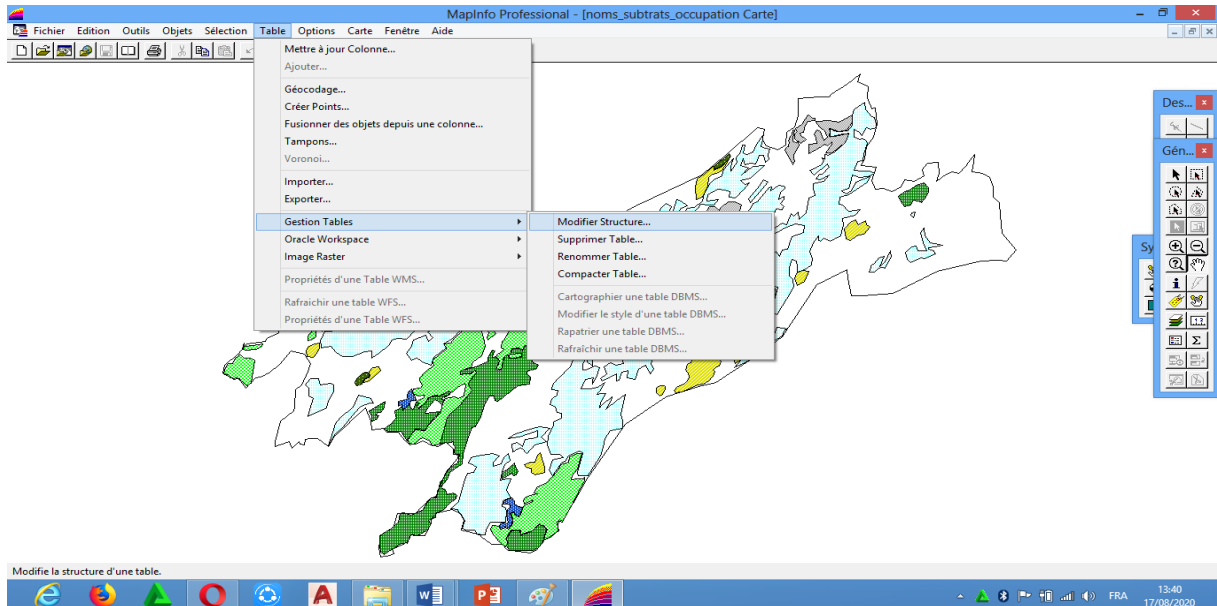


Figure II-21 : étape 1 pour calculer la superficie de carte d'occupation des sols

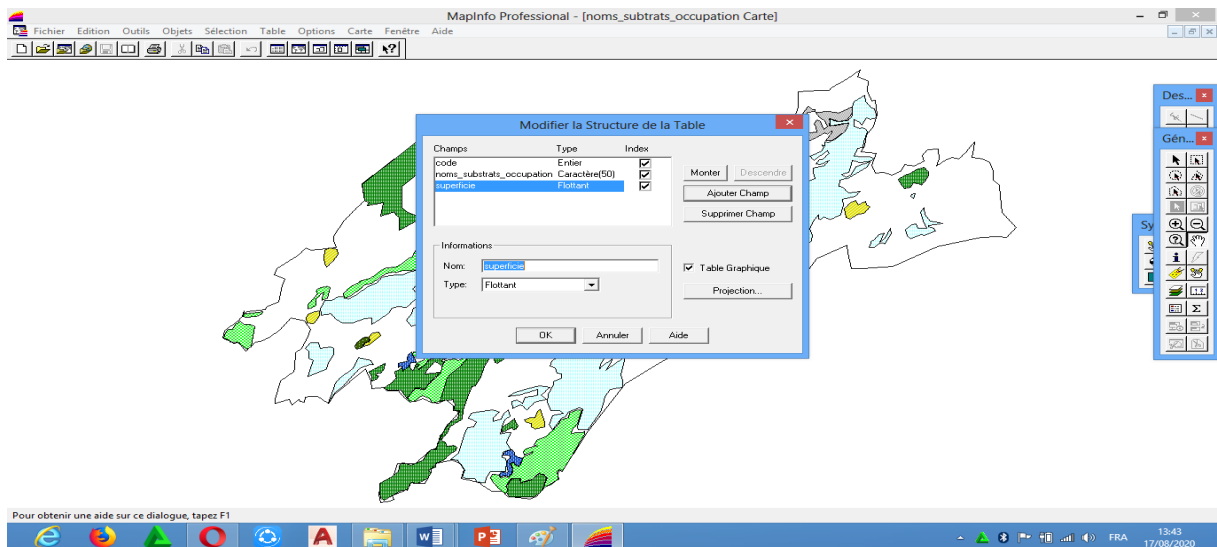


Figure II-22 : étape 2 pour calculer la superficie de carte d'occupation des sols

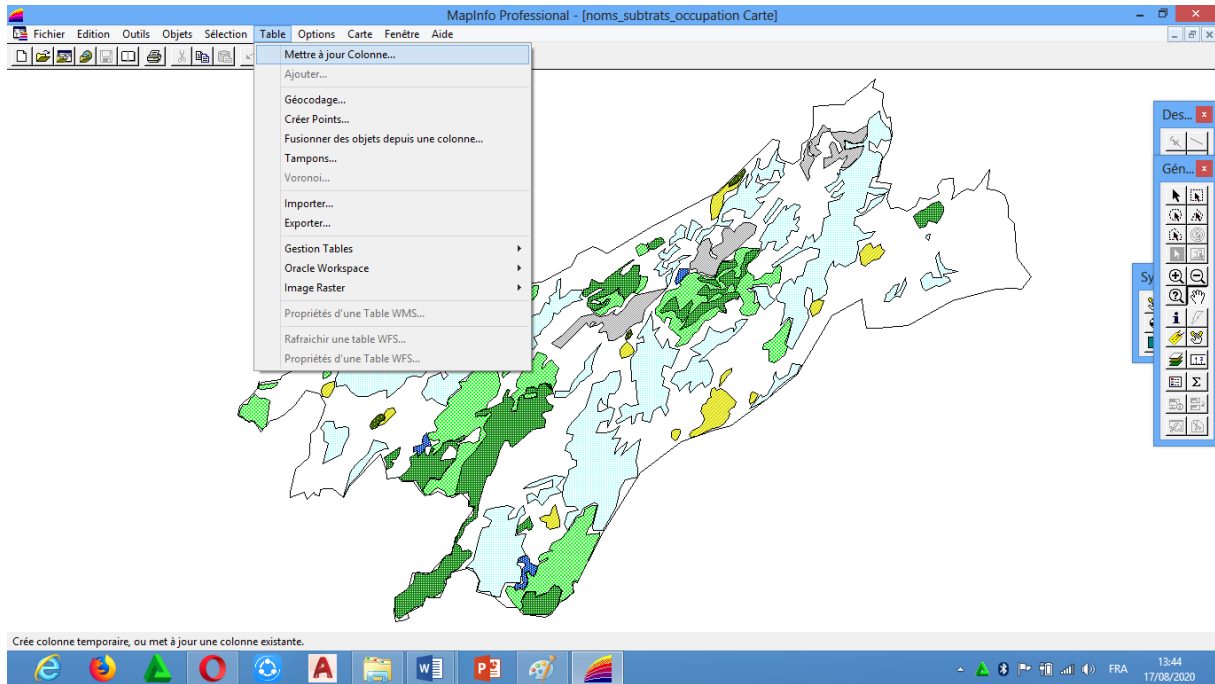


Figure II-23 : étape 3 pour calculer la superficie de carte d'occupation des sols

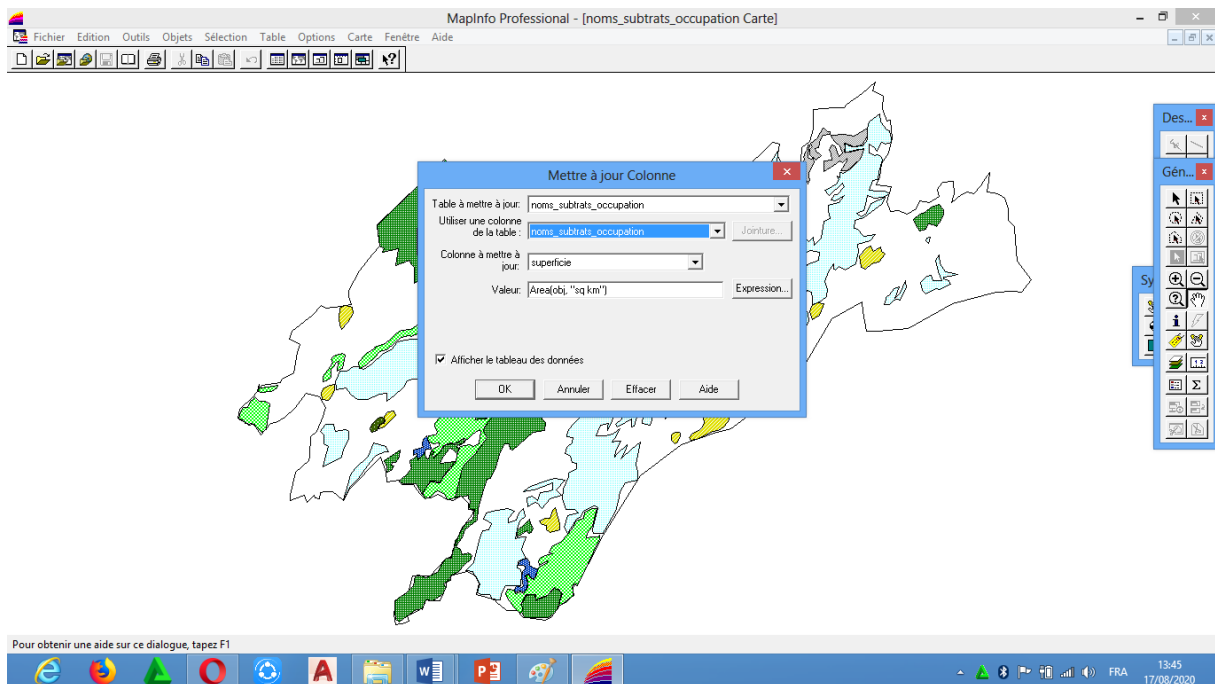


Figure II-24 : étape 4 pour calculer la superficie de carte d'occupation des sols

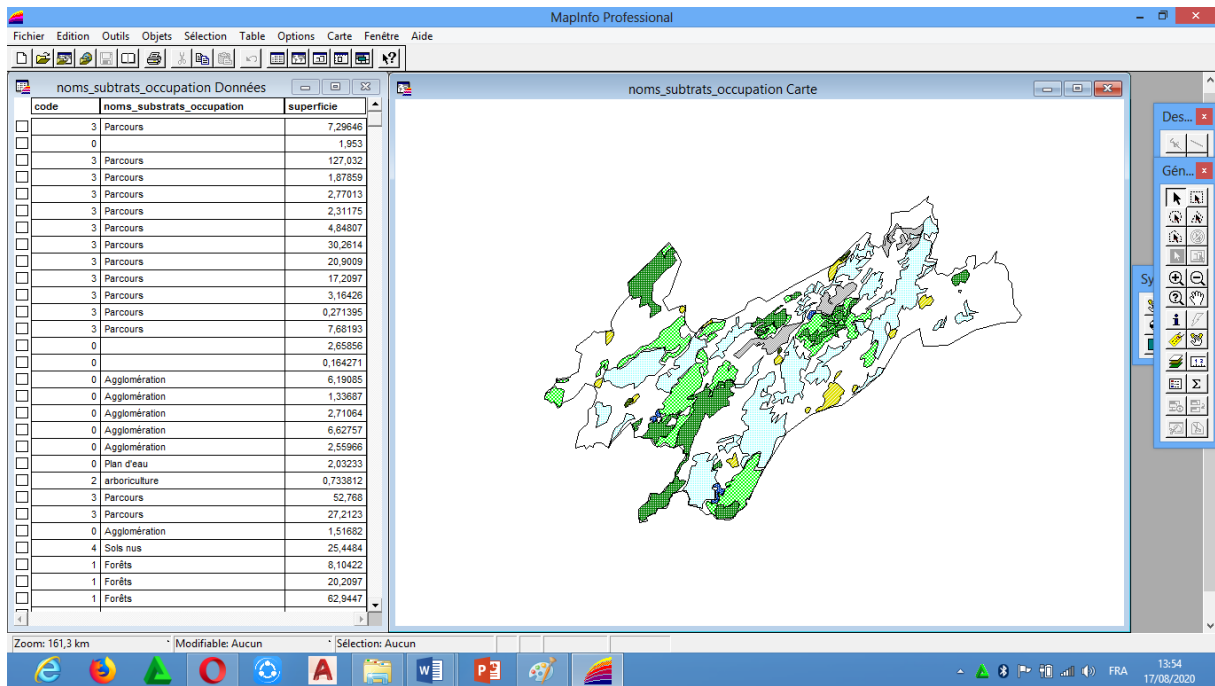


Figure II-25 : le résultat final du calcul de superficie de carte d'occupation

D. Carte de résistance des sols :

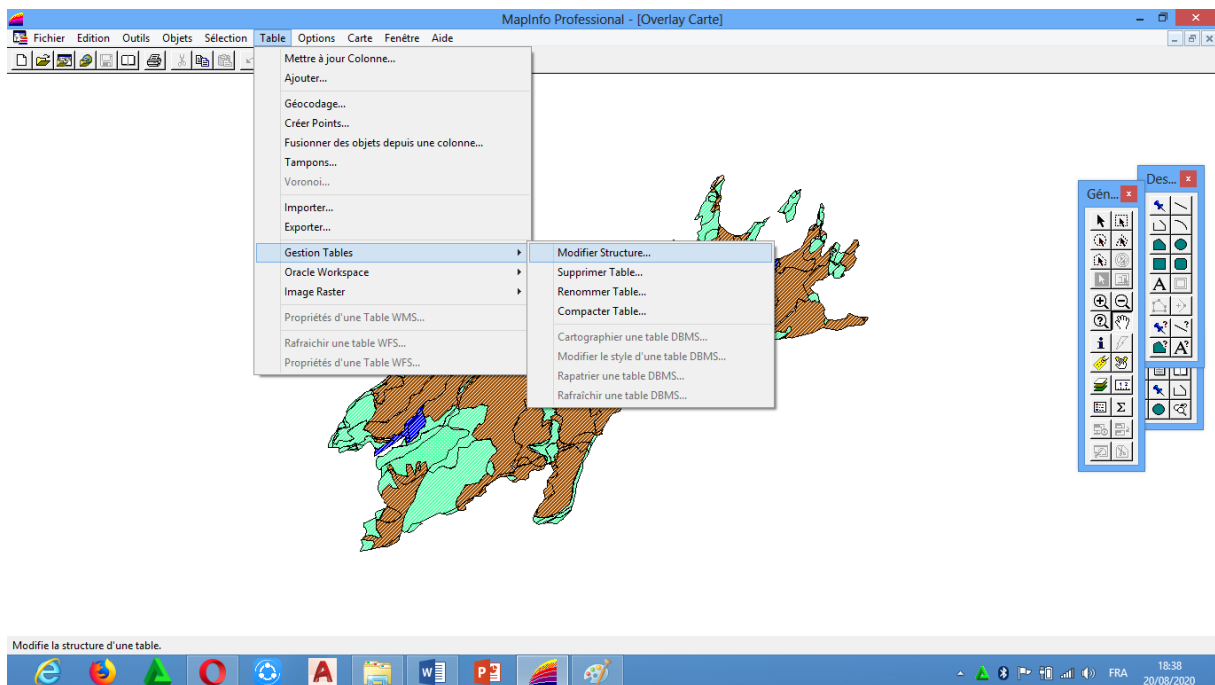


Figure II-26 : étape 1 pour calculer la superficie de carte de résistance des sols

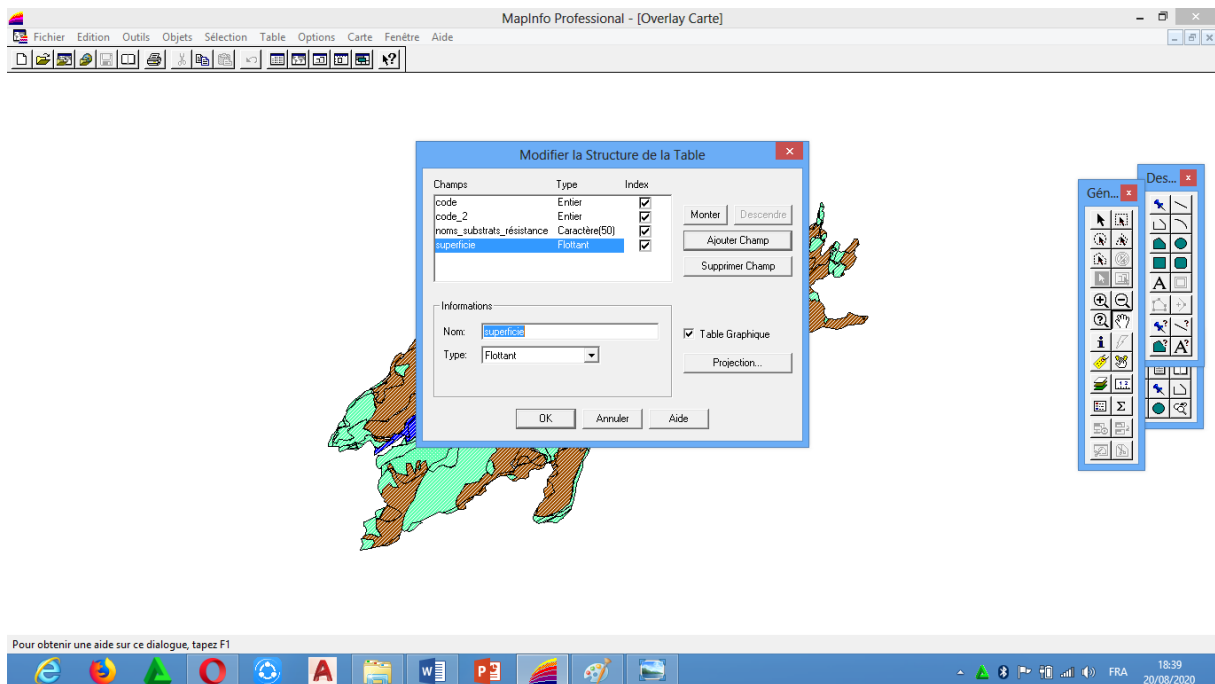


Figure II-27 : étape 2 pour calculer la superficie de carte de résistance des sols

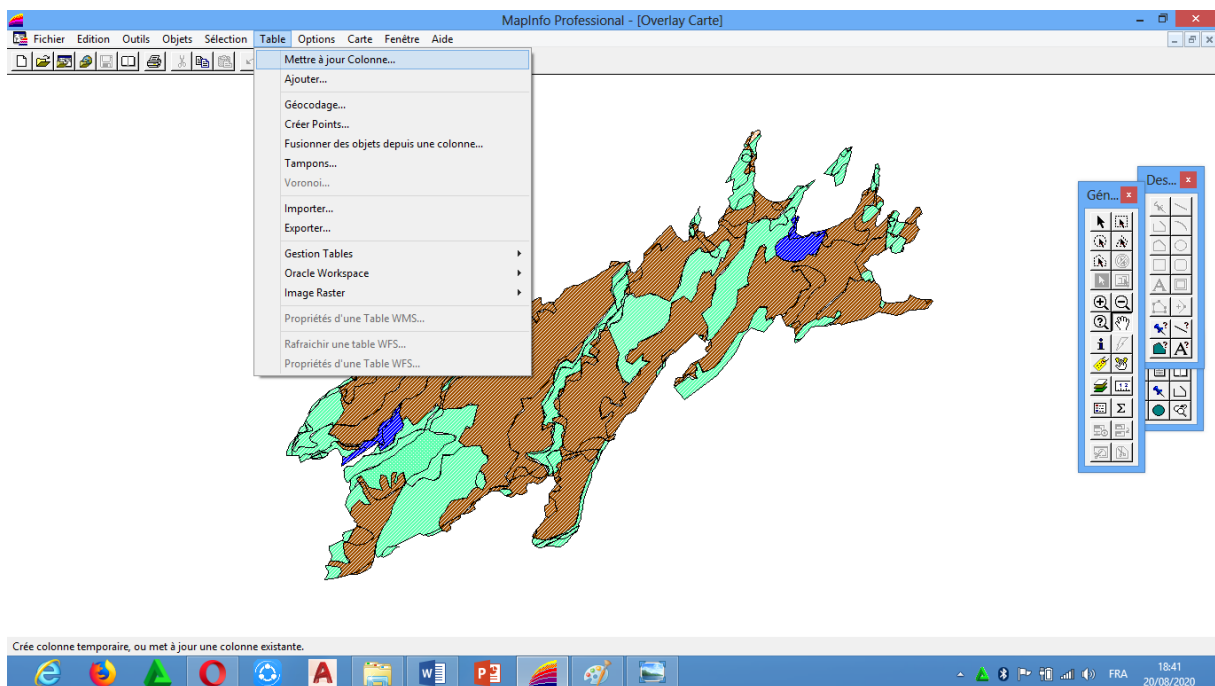


Figure II-28 : étape 3 pour calculer la superficie de carte de résistance des sols

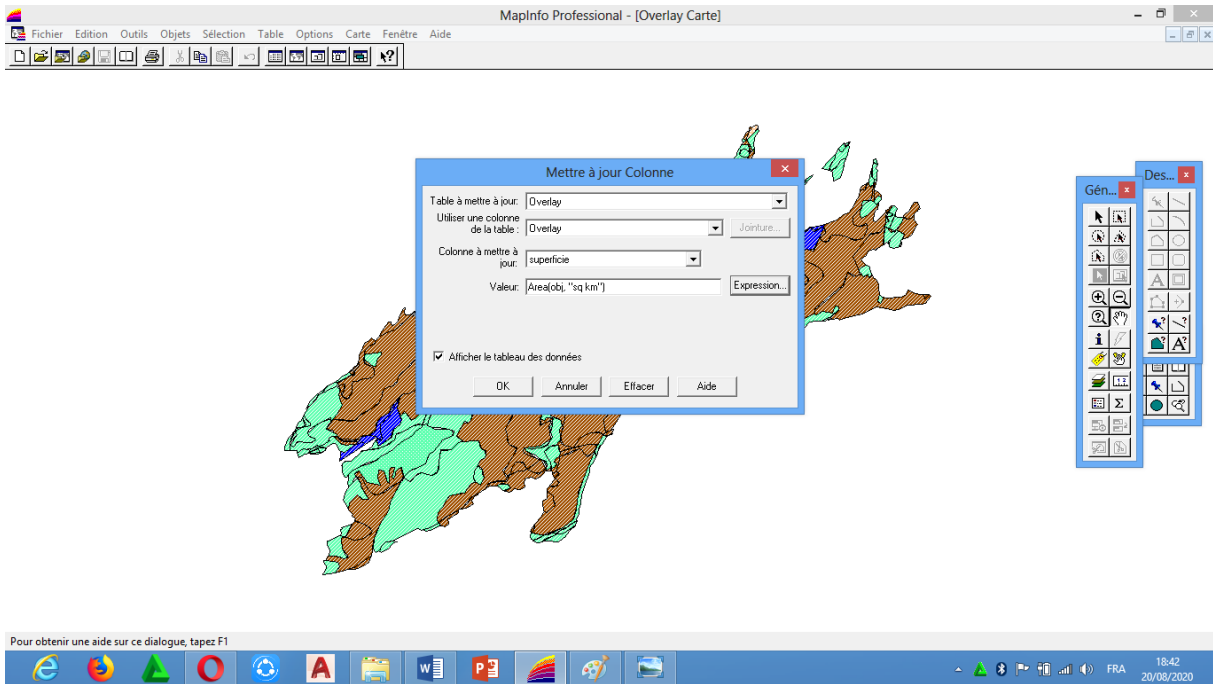


Figure II-29 : étape 4 pour calculer la superficie de carte de résistance des sols

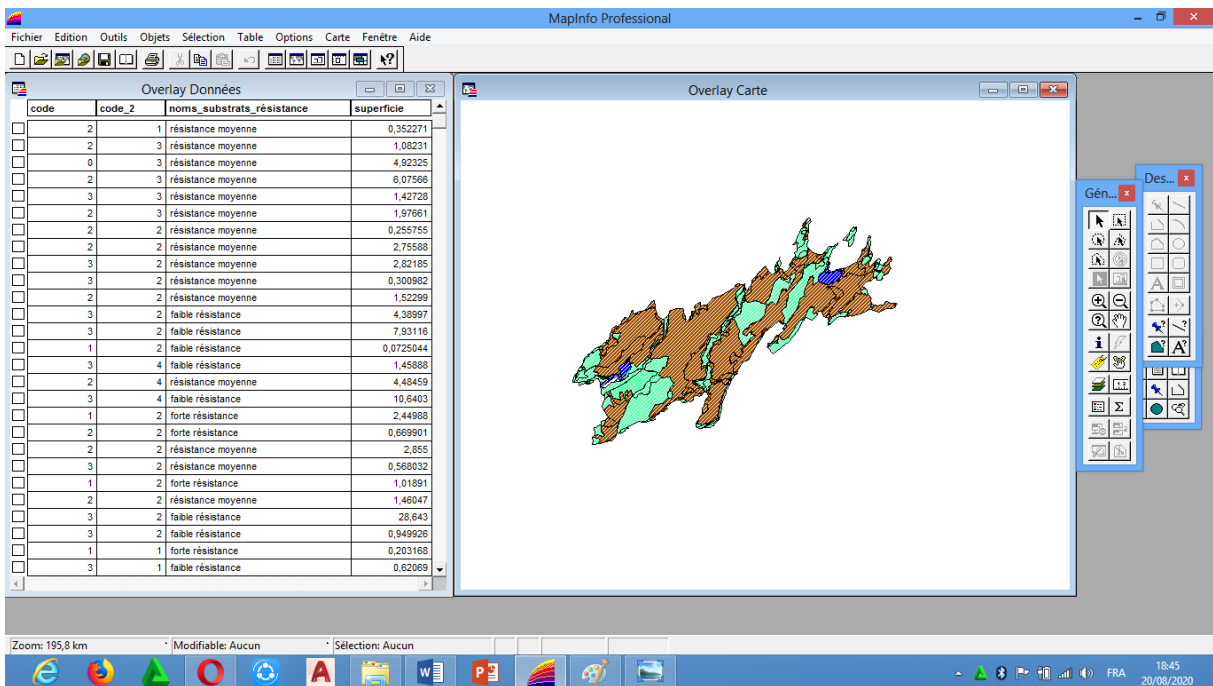


Figure II-30 : le résultat final du calcul de superficie de carte de résistance des sols

E. Carte de vulnérabilité (sensibilité) :

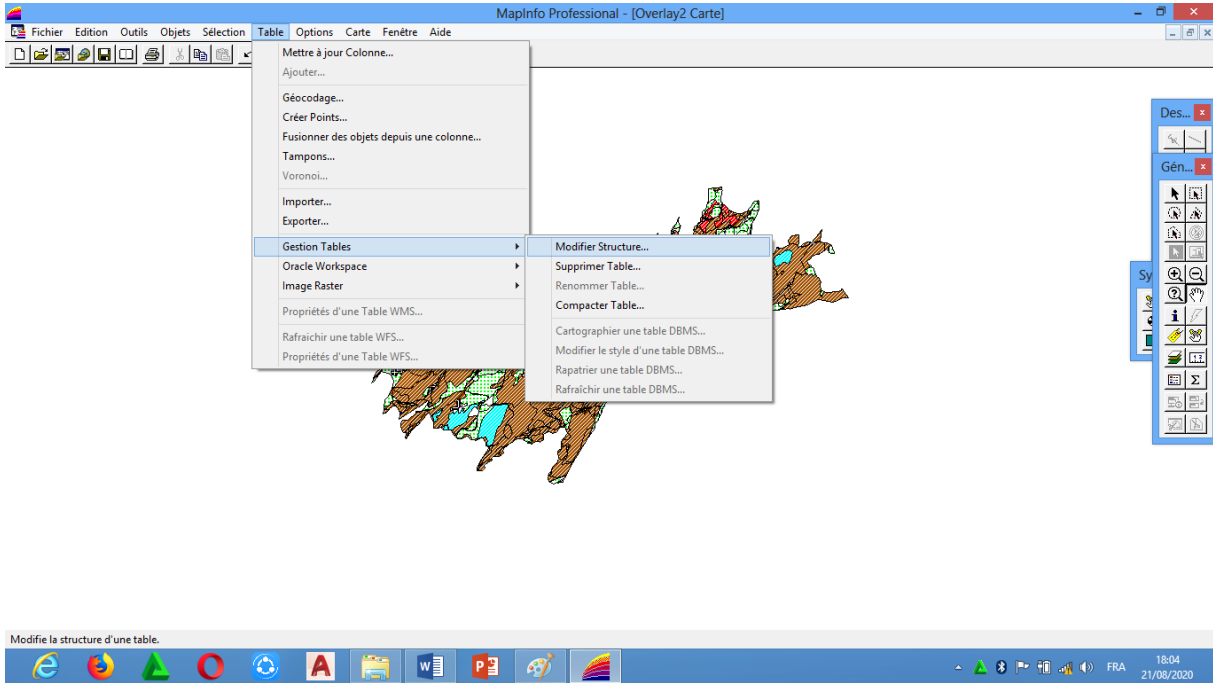


Figure II-31 : étape 1 pour calculer la superficie de carte de vulnérabilité (sensibilité)

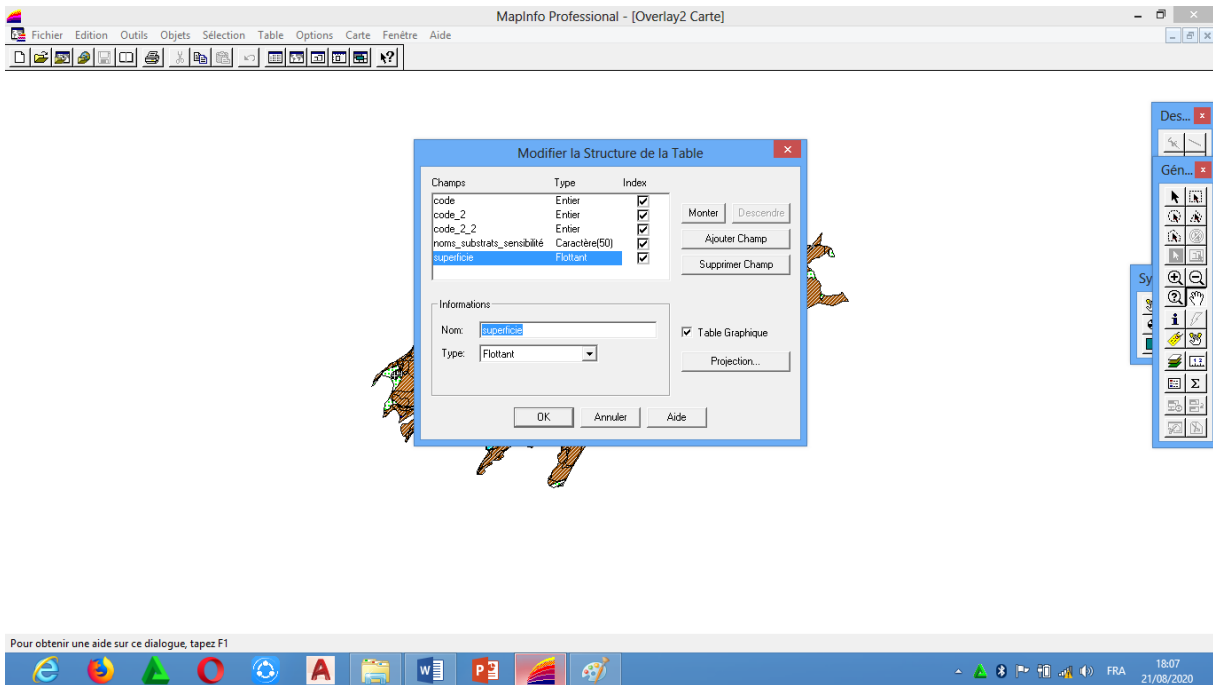


Figure II-32 : étape 2 pour calculer la superficie de carte de vulnérabilité (sensibilité)

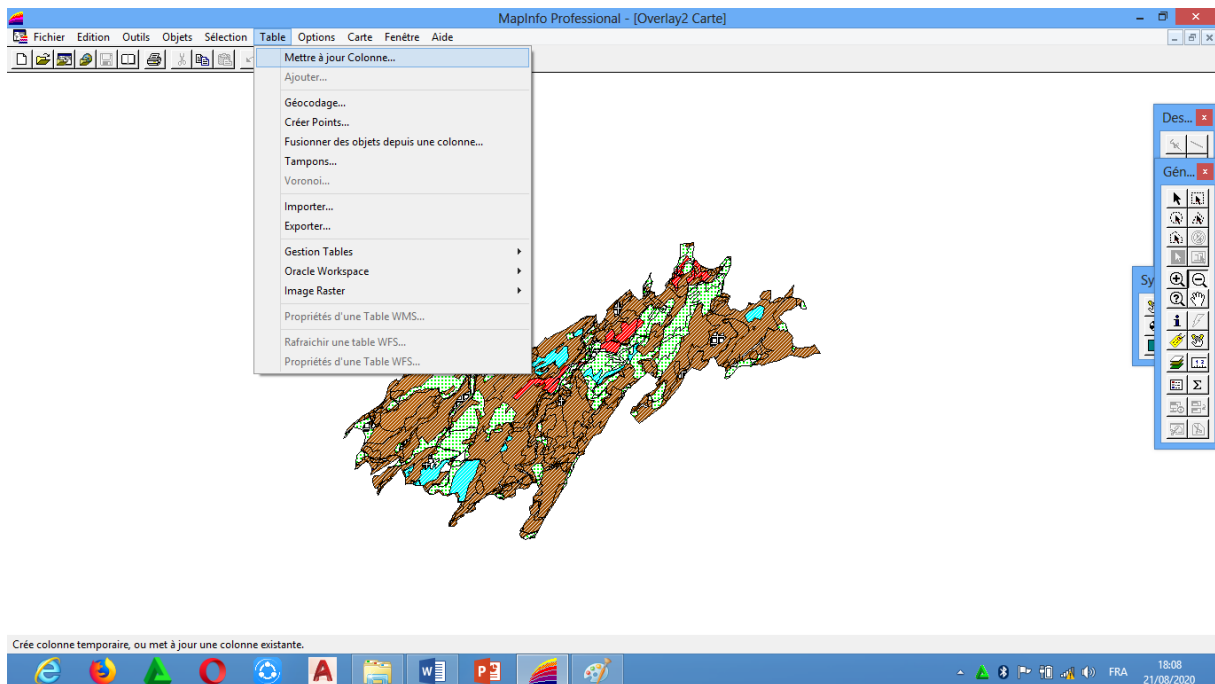


Figure II-33 : étape 3 pour calculer la superficie de carte de vulnérabilité (sensibilité)

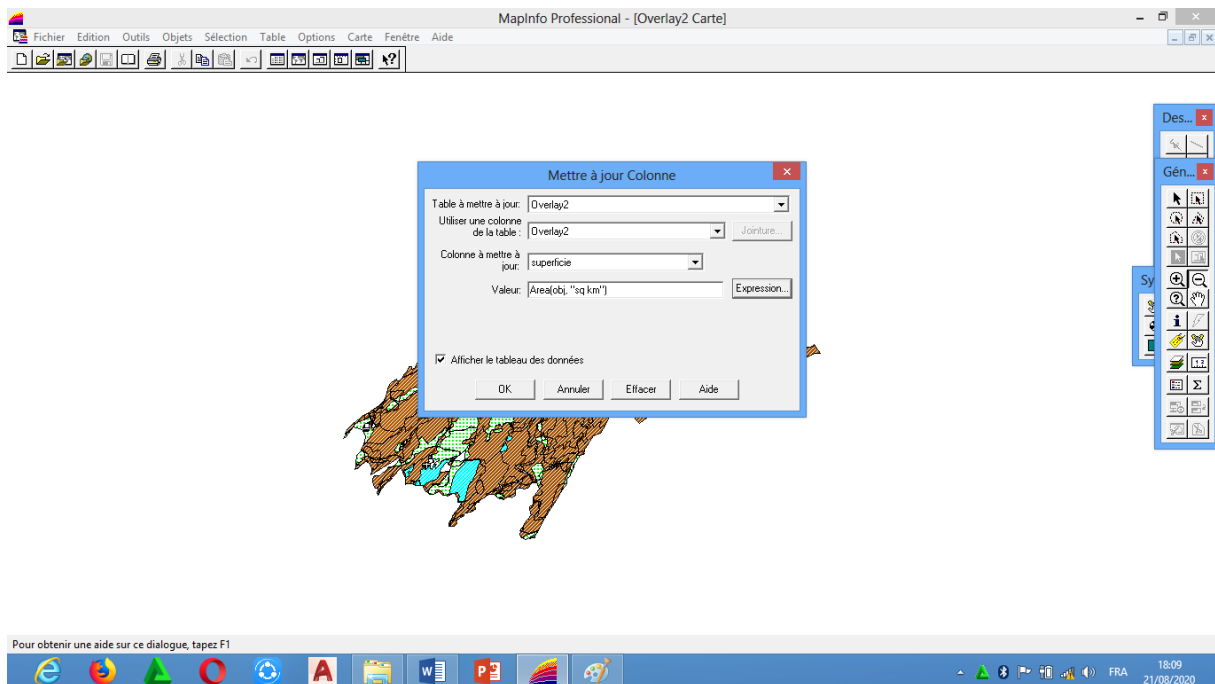


Figure II-34 : étape 4 pour calculer la superficie de carte de vulnérabilité (sensibilité)

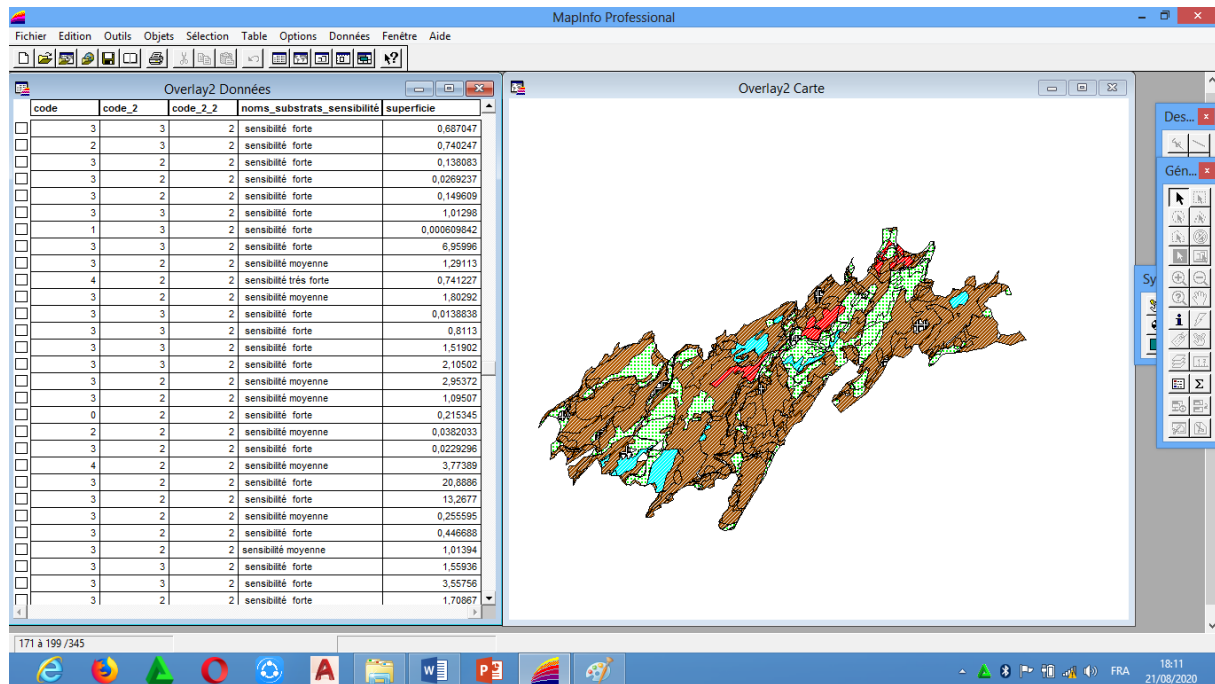


Figure II-35 : le résultat final du calcul de superficie de carte de vulnérabilité (sensibilité)

II.6.2 Comment déterminer les coordonnées de carte traitée par SIG :

Méthode :

Pour déterminer les coordonnées pour cartes par SIG (mapinfo professionnel) nous faisons ce qui suit :

- Sélection la région ses coordonnées à définir et clique 2 fois par gauche de souris

Les cartes :

A. Carte de pente :

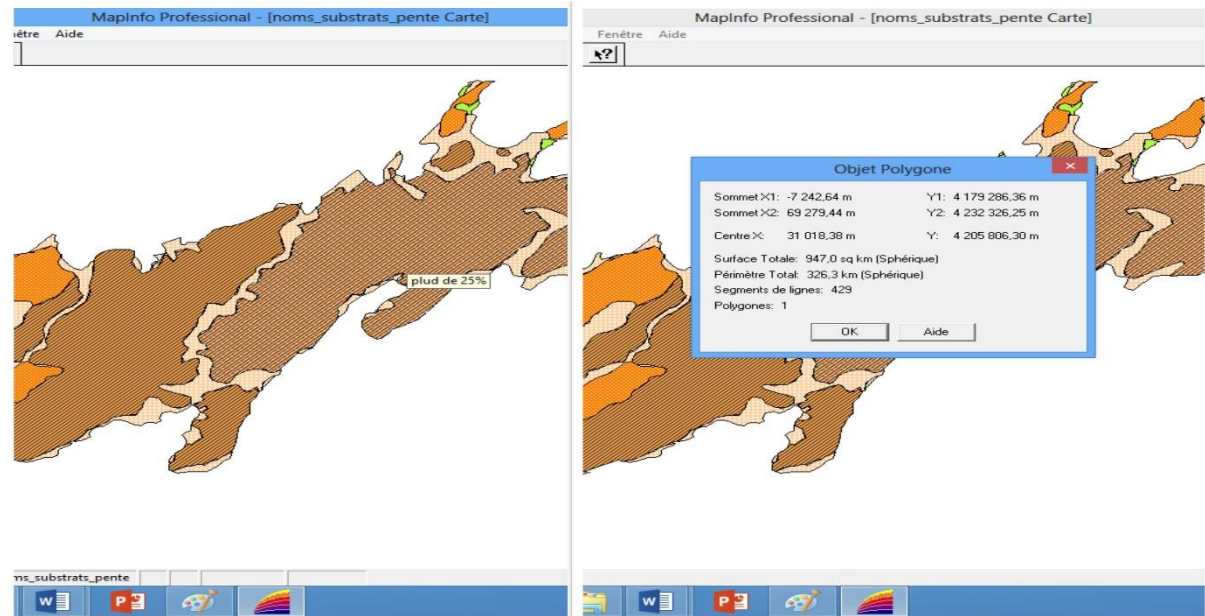


Figure II-36 : Déterminer les coordonnées de carte de pente

B. Carte de lithologie :

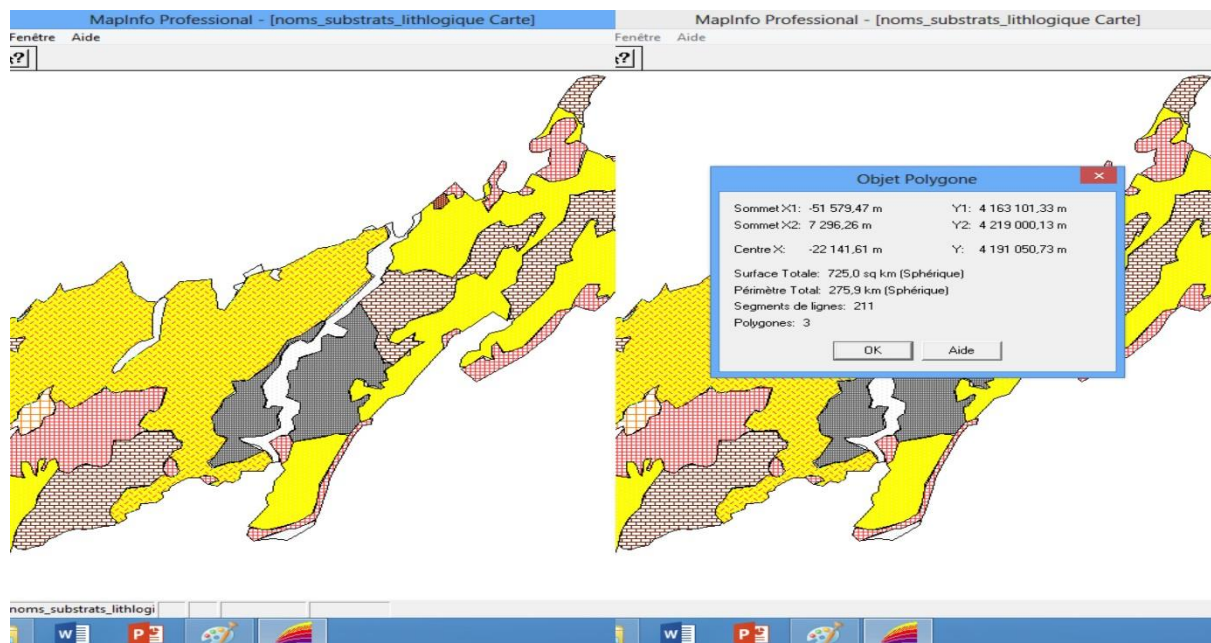


Figure II-37 : Déterminer les coordonnées de carte de lithologie

C. Carte d'occupation des sols :

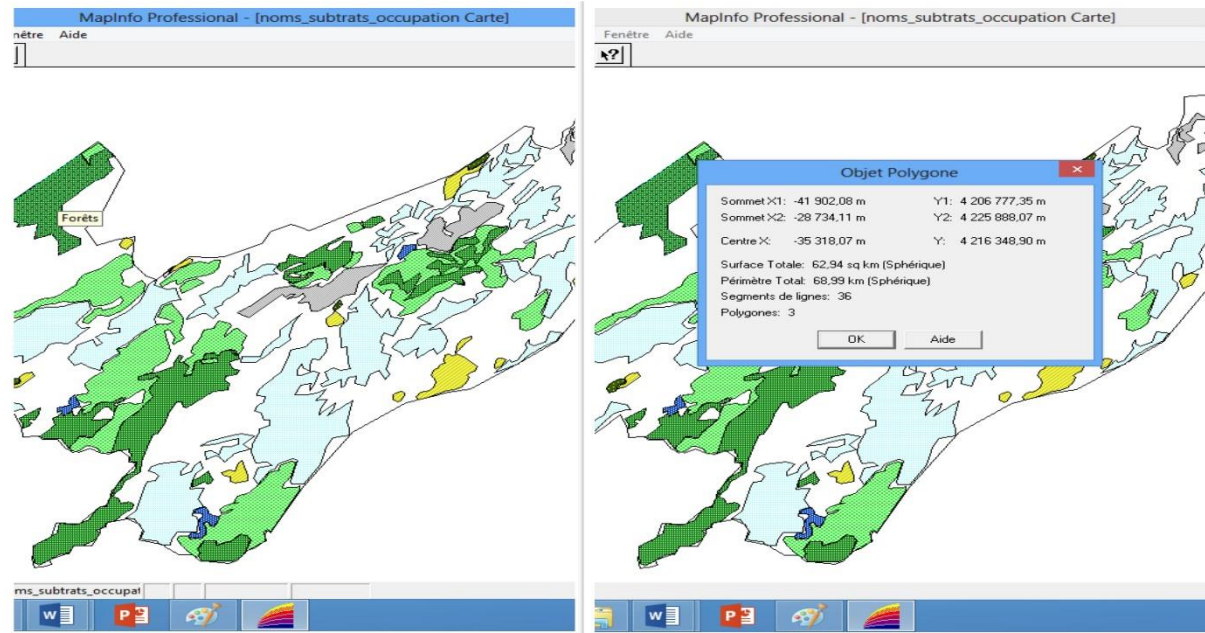


Figure II-38 : Déterminer les coordonnées de carte d'occupation des sols

D. Carte de résistance des sols :

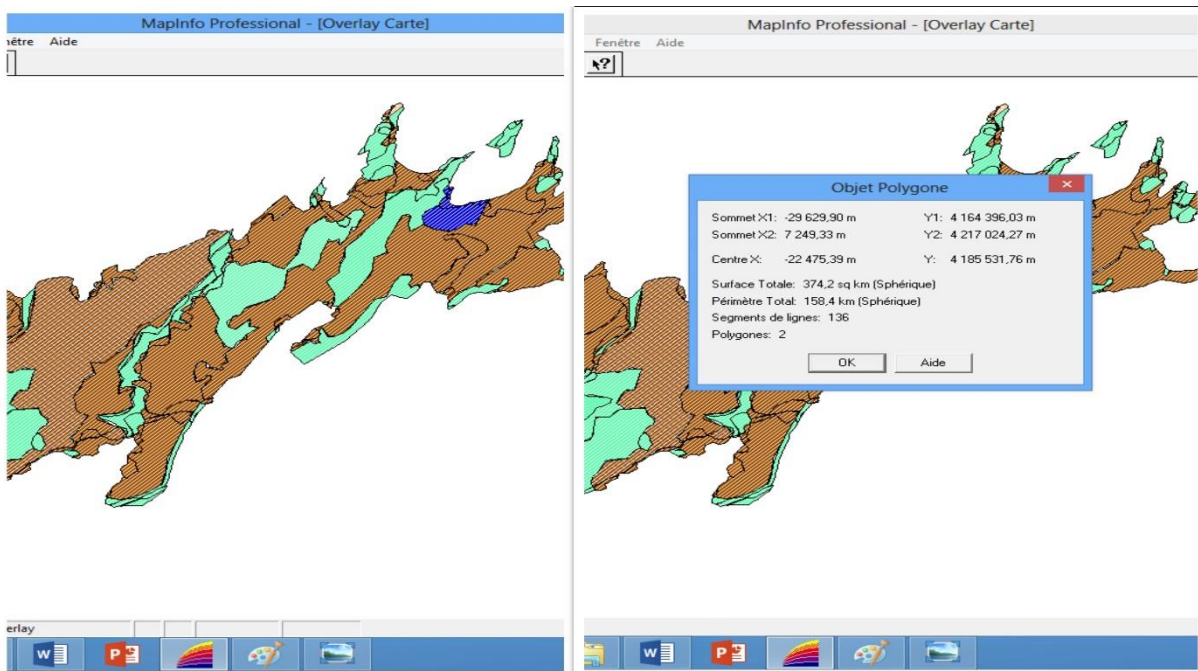


Figure II-39 : Déterminer les coordonnées de carte de résistance des sols

E. Carte de sensibilité :

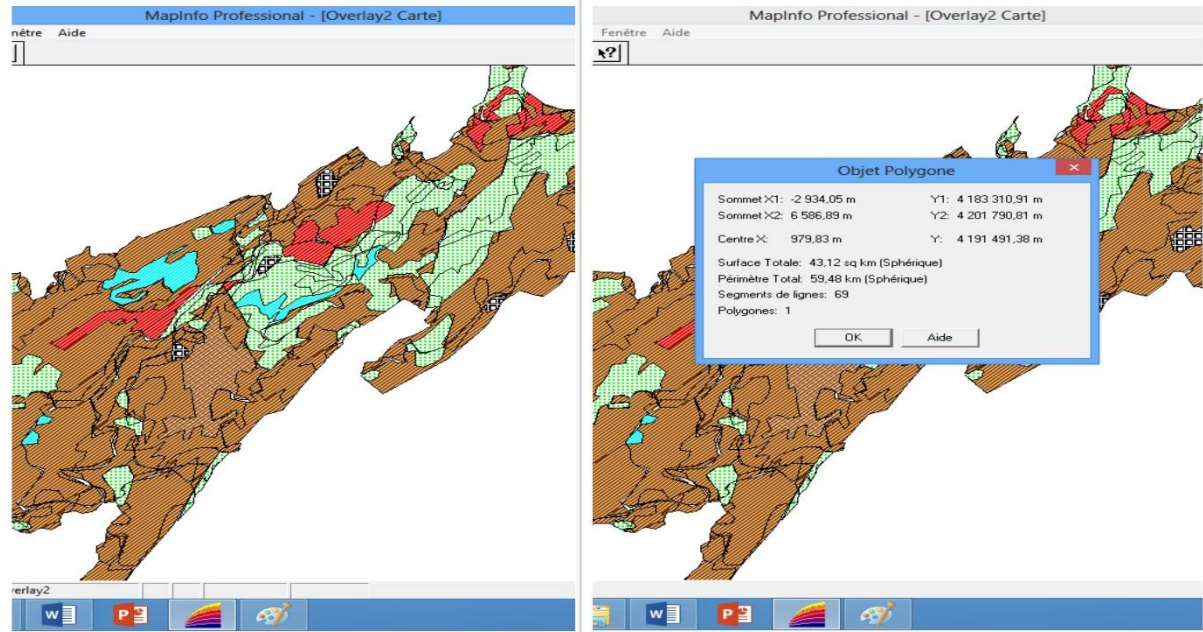


Figure II-40 : Déterminer les coordonnées de carte de vulnérabilité (sensibilité)

Conclusion

Au terme de ce travail réalisé dans les monts Béni chograne, nous pouvons conclure que les facteurs d'érosion étudiés au niveau de ces monts font bien apparaître la sensibilité des sols à l'égard de l'érosion hydrique. Le phénomène érosif est accentué par l'intervention de plusieurs facteurs :

-Une lithologie représentée par des roches moyennement résistantes et bien souvent tendres, qui prédisposent largement la région aux processus de l'érosion.

- Les formations végétales sont très dégradées et caractérisées par de faibles densités de recouvrement et de mauvaises conditions de régénération. Cette végétation est loin de protéger le sol de l'érosion.

- L'intervention de l'homme est caractérisée par le défrichement, le surpâturage et la mise en culture des terres en forte pente.

-Les résultats obtenus par le croisement des cartes occupation du sol la pente et la Lithologie nous avons obtenu une carte de vulnérabilité multifactorielle à l'érosion hydrique des sols des monts de Béni chograne, qui présente quatre zones :

-les zones de sensibilité faible à l'érosion hydrique concernent 15% de la zone étudiée.

-les zones de sensibilité moyenne à l'érosion hydrique couvrent 20 % de la région.

- Les zones de sensibilité forte à l'érosion hydrique représentent 55 % de l'espace étudié

- Les zones de sensibilité très forte à l'érosion hydrique représentent 10 % de l'espace étudié.

Donc on conclue que l'intensité du processus érosifs est fonction de plusieurs paramètres. Les paramètres qui paraissent conditionner pour une large part le comportement des sols vis à vis du ruissellement et de l'érosion sont les états de surfaces et les états de couverture. L'effet de la pente sur le déclenchement du ruissellement et de l'érosion n'est pas négligeable. Pour une pente très forte, le déclenchement du ruissellement est relativement plus rapide, ne laissant pas un temps suffisamment long pour l'imbibition du sol.

Avec l'occupation du sol, la pente et les pluies, L'interaction de tous ces paramètres est à l'origine de la genèse des ruissellements induisant des pertes en terre. En parallèle à ces facteurs étudiés, d'autres facteurs semblent accentuer la sensibilité du sol à l'érosion dans les monts de Béni chograne, le déficit hydrique de plus en plus prolongé, les modes de gestion qui ne suivent plus l'évolution bioclimatique du milieu.

La méthode de cartographie la sensibilité des sols des monts de Béni chograne, l'approche très utile adoptée, a permis dans des brefs délais d'avoir des résultats significatifs sur l'état du sol et sur les facteurs en cause. Cette étude pose désormais de nouvelles questions suggérant

Conclusion

De nouveaux axes de recherche. Les résultats obtenus ouvrent des perspectives de recherche.
Il serait intéressant de poursuivre l'évolution de ces états de surface à l'échelle de l'année.

Référence Bibliographique

Bahaeddin et Abd elmalek (2019) : Intégration des données multi-sources pour l'élaboration d'une carte de vulnérabilité des terres des monts de Béni Chougrane (W .Mascara Nord-Ouest Algérien) a l'érosion hydrique, thèse de master, p 01-12 et p 20-30.

REMMAS ET LATRECH (2014) : Contribution l'étude et la cartographie des zones sensibles l'érosion hydrique du sous bassin versant de Oued Saida thèse de master, p 04-22.

ASRI Abir (2017) : Cartographie de vulnérabilité à l'érosion hydrique du bassin versant d'Oued Zeddine (W.Ain Defla), thèse master, p 6-9.

GRÉCO J. (1966) : L'érosion, la défense et l'érosion des sols et le reboisement en Algérie. Édit. Ministère de l'Agriculture et de la Réforme Agraire, Alger, 303 p.

Dutil, P. (1984) : L'érosion en grande culture, revue technique des agriculteurs dynamique, N°169, France.

Roose (1994) : Introduction à la GCES. Bulletin pédologique FAO.76, 420p

Wischmeier (1978): Predicting rainfall erosion losses, aguide to conservation planning. Agricultur Hand- Book. N°537.USA.

Roose (1967) : Dix années de mesures de l'érosion et du ruissellement au Sénégal. Agronomie tropicale (France), volume 22, n°2, p 123-152

Roose. Piot. (1984): Runoff erosion and soil fertility restoration on the mossi plateau (central zone of upper- volta).Symp. Intern challenge in African Hydrology and water ressource. Harare Symposium I.A.N.S publ, 144, p 485-498.

Merdas, S., Mostephaoui, T., Sakaa, B., Hanafi, M. T., Benazzouz, M.T. (2013): Cartographie des risques d'érosion hydrique par l'application de l'équation universelle de pertes en sol à l'aide d'un système d'information géographique dans le bassin-versant d'el Hamel (Boussaâda) Algérie.

Aouadj.S Et Al (2009) : utilisation du SIG pour la cartographie au risque d'érosion hydrique du sol dans la région du Saida thèse d'ingénieur en biologie université de Saïda 28-39 p.

Bouchetata.A (2006) : influence de transport solide sur l'envasement du barrage de fergoug article scientifique secheresse 2006 ; vol 17 N°3.

Bahija.b et al (2007) : cartographie des zone à risque d'érosion hydrique exemple du haut atlas marocaine ; revue de télédétection vol 07 n° 1.2.3.4. P 393-404.

Référence Bibliographique

Dahmani.A (2012) : contribution à l'étude de l'érosion et du ruissellement des sols rouges dans les monts de Tlemcen : utilisation de simulation de pluies thèse de magister en foresterie université de Tlemcen p130.

Youssef.S (2011) : l'érosion hydrique au Maghreb étude d'un cas : le bassin" versant de l'oued Barbara (Tunisie septentrionale) université Québec à Montréal 124 P.

Calvet (2003) : le sol, propriété et fonction France Agricole Editions 511p.

Lalfen Et Al (1991): à new génération of érosion preductinge technologie, journal of soil and water conservation vol 46 P 34-38.

Le bissonnais (1996): agregate stability and assecment of crustability and erodability theorie and methodologie, european journal of soil science n°47 p437.

Remini, B., Benkhaled, A. (2003) : Influence des paramètres hydrométéorologiques sur l'estimation des apports solides dans un bassin versant de zone semi-aride. L'oued Ouahrane. Colloque International Oasis, Eau et Population. Biskra.22-23 et 24 Septembre.

Remini, B., Benkhaled, A. (2003) : les barrages du Maghreb face au phénomène de l'envasement revue vecteur environnement (canada).

FAO (1998) : utilisation de système d'information géographique dans le développement durable service de l'environnement et des ressource naturel devisions de recherche, de la vulgarisation et de la formation. Rome.

Bon (2011) : système d'information géographique biophysique des terre pour la culture de l'ananas dans la plantation de Haut pendja, mémoire d'Ing agronome, département de science de sol, université de Dshang 98p.

Biko Mbouma Bassoglog (2012) : utilisation d'un système d'information géographique et de l'équation universelle de perte en terre pour prédire le risque d'érosion pluviale dans une monoculture de bananier (musa sapientum) Université De Dschang - Ingénieur Agronome P122.

Mr. ZAHAFI BACHIR (2017) : Contribution à l'inventaire des mammifères et cartographie de leur biotope dans les montagnes de Beni chougrane mascara

Référence Bibliographique

Mr. REMIL Rachid (2006) : Utilisation de l'imagerie satellitaire et des SIG dans l'analyse phytoécologique et l'aménagement application a la région de Beni chougrane, thèse de magister, p 04-22

DEMMAK A. (1982) : Contribution à l'étude de l'érosion et des transports solides en Algérie septentrionale. Thèse de Dr. ING., Université de Pierre et Marie Curie, Paris XI.

REMINI B., HALLOUCHE W. (2007): Studying Sediment. Revue International Water Power et Dam construction. Octobre, 42-45.

MORSLI (1996) : Caractérisation, distribution et susceptibilité à l'érosion des sols de montagne : cas des monts de Béni Chougrane Mascara. Thèse de Magister, INA El-Harrach, Alger, Algérie

Référence Webographique

(1) : http://www.grae.be/index/cariboost_files/06-10-13_20ucl-geru_20-_20erosion.pdf

(2) : http://www.memoireonline.com/06/09/2109/m_evaluation-de-lerosion-dans-le-bassin-versant-de-la-riviere-grise-haiti1.html

(3) : "<http://www.ma.auf.org/erosion/chapitre1/ii.formes.html>