

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة محمد الصديق بن يحيى - جيجل

Université Mohammed Seddik Benyahia - Jijel

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département : Science de la Terre et de
l'Univers



كلية علوم الطبيعة و الحياة
قسم: علوم الأرض و الكون

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme : Master Académique en Géologie

Option : Géologie de l'ingénieur et géotechnique

Thème

**Apport des SIG pour la détermination des espaces
vulnérables aux risques glissements de terrain : cas de la
commune de Chekfa, wilaya de Jijel.**

Membres de Jury :

Président: Dr. BAGHDAD Abdelmalek
Examinateur: Mr. KABBAB Hamza
Encadrant : Dr. HAMADOU Nourddine

Présenté par:

BOUMEGHADIA Sara
ZERGUELAINÉ Roufia

Année Universitaire 2018-2019

Numéro d'ordre (bibliothèque) :.....

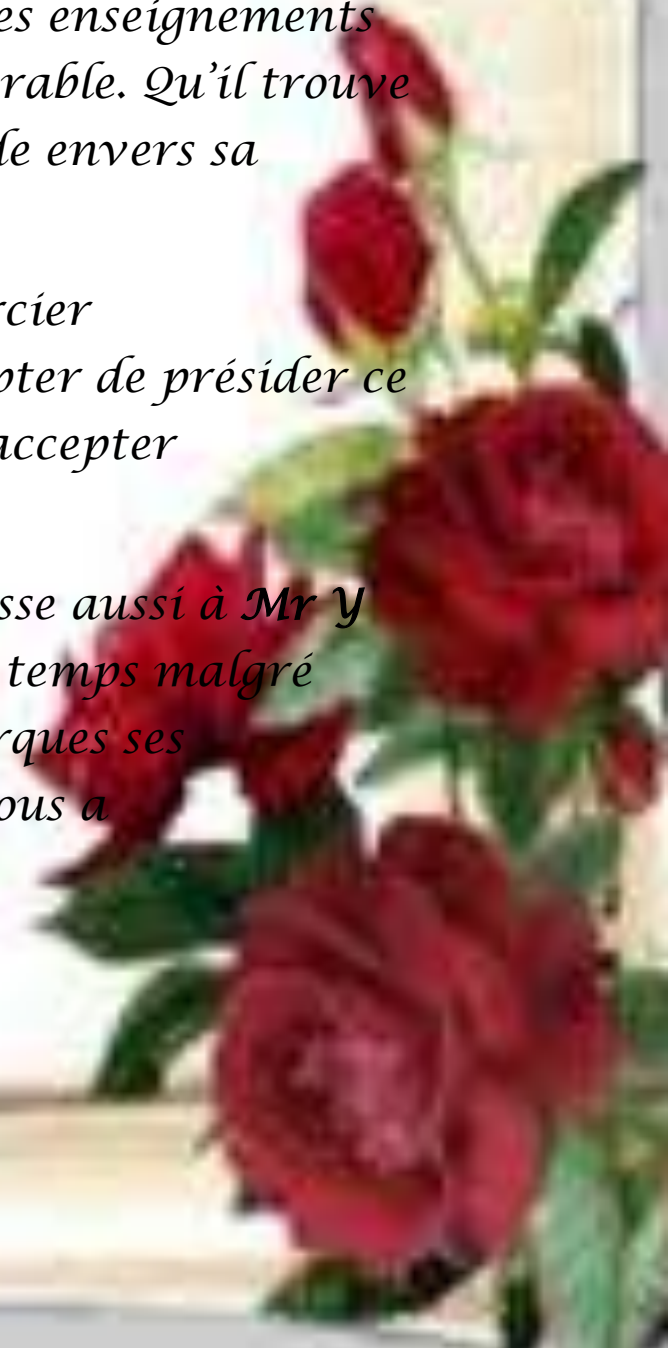
Remerciement

Louange à Dieu Le Clément Miséricordieux de nous avoir procuré courage et volonté pour finaliser nos études et notre mémoire.

Nos remerciements, s'adresse tout d'abord à Dr. N.Hamadou pour nous avoir procuré ce sujet et nous initié à le bien traiter. Ces enseignements nous ont été d'un apport considérable. Qu'il trouve ici l'expression de notre gratitude envers sa personne.

Comme nous tenons à remercier Dr .A.Baghdad pour avoir accepté de présider ce jury, Mr.H.Kabbab pour avoir accepté d'examiner notre travail.

Notre remerciement s'adresse aussi à Mr Y Rouikha pour avoir donné de se temps malgré sa retraite pour toutes ses remarques ses conseils et aides précieux qu'il nous a octroyé durant la confection de ce mémoire.



Dédicaces

Je dédie ce travail à :

Mes très chers parents

Ma mère et mon père

Mon mari

Mes frères et sœurs

Toute la famille

Mon binôme Roufia

Toutes mes amies

*Tous les étudiants de
master II promotion 2018/2019*

Sara



Dédicaces

Je dédie ce travail à :
Mes très chers parents
Ma mère et mon père
Mes frères et sœurs
Toute la famille
Mon binôme Sara
Toutes mes amies
Tous les étudiants de
master II promotion 2018/2019

Roufia



Table des matières

Résumé	
Introduction générale.....	1

Première partie

Analyse du milieu physique

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

I.1. Site et situation.....	3
I.2. Analyse morphologique de l'aire d'étude.....	5
I.2.1. Les reliefs.....	5
I.2.2. Les pentes topographiques.....	7
I.3. La végétation.....	9
I.4. Cadre socio-économique.....	11
I.5. Conclusion.....	14

Chapitre II : Descriptions géologiques et lithologiques

II.1. Introduction.....	15
II.2. Les grands ensembles géologiques du Nord algérien.....	15
II.2.1. Les formations du domaine interne.....	15
A. Socle kabyle.....	15
B. Le complexe volcano-sédimentaire (CVS).....	16
C. Couverture sédimentaire discordante et transgressive du socle kabyle.....	16
II.2.2. Domaine des flyschs.....	16
II.2.3. Le domaine externe (tellien et l'avant pays).....	18
II.2.4. Les formations post-nappes.....	18
II.2.5. Le magmatisme.....	18
II.2.6. Les formations de quaternaire.....	18
II.3. Contexte géologique local.....	19
II.3.1. Socle kabyle.....	19
II.3.1.1. L'ensemble métamorphique.....	19
II.3.1.2. L'ensemble peu métamorphique.....	19
II.3.2. Formation de l'Oligo-Miocène Kabyle (OMK).....	19
II.3.3. Miocène terminal.....	19
II.3.4. Formations du quaternaire.....	20
II.4. Répartitions surfacique des formations lithologique de la zone d'étude.....	22
II.5. Conclusion.....	23

Chapitre III : Caractéristiques hydro-climatologiques

III.1. Introduction.....	24
III.2. Etude climatologique.....	24
III.2.1. Les précipitations.....	24

III.2.1.1. Variation des précipitations moyennes mensuelles.....	25
III.2.1.2. Variations des précipitations moyennes annuelle	27
III.2.2. La Température	28
III.2.2.1. Variation des températures moyennes mensuelles.....	28
III.2.2.2. Variation des températures moyennes annuelles	29
III.3. Le Diagramme Ombrothermique de Gaussen	30
• Interprétation de diagramme Ombrothermique	30
III.4. Bilan hydrologique	31
III.4.1. Calcul de l'évapotranspiration	32
A) Calcul de l'évapotranspiration potentiel (ETP)	32
B) Evapotranspiration réelle (ETR) ou déficit d'écoulement (De)	33
III.4.2. Calcul du bilan hydrologique par la méthode de Thornthwaite	34
• Interprétation du bilan hydrique	36
III.4.3. Détermination du ruissellement et de l'infiltration	37
• Le ruissellement	37
• L'infiltration	37
• L'application de la Station d'Achouat (période 1988 - 2015)	37
III.5. Hydrologie	38
III.6. Conclusion.....	40

Deuxième partie

Evaluation du risque GT par l'application des systèmes d'informations géographiques

Chapitre IV : Méthodologie et outil d'analyse et de géotraitement

IV.1.Introduction	41
IV.2.Le système d'information géographique (SIG)	41
IV.3.Matériels et données utilisés	41
IV.4.Méthode d'analyse spatiale	42
IV.5.Organigramme adoptée dans cette étude	42
IV.6.Les paramètres aléas glissement de terrain	44
IV.6.1.Facteur pente	44
IV.6.2.Facteur lithologie	46
IV.6.3.Facteur occupation des sols.....	48
IV.7.Conclusion	51

Chapitre V : Spatialisation de degré du risque GT

V.1.Introduction	52
V.2.Combinaison pente, lithologie.....	52
V.3. Combinaison pente, lithologie et végétation	55
V.4.Carte de risque de la commune Chekfa.....	57
V.5.Conclusion.....	62

Chapitre VI : Validations et confirmation des résultats obtenus sur le risque GT

VI.1.Introduction.....	63
VI.2. Les critères utilisés pour la confirmation des zones de vulnérabilité GT (Les indices d'instabilité	63
a. Les indices géomorphologiques	63
b.Les témoignages de la végétation.....	64
c. Autres indices	66
VI.3. Présentation et étude de la zone instable (GT N°1)	67
VI.4. Topographie du glissement de terrain N°1	67
VI.5.Description de glissement terrain N°1	69
VI.5.1. Profil de glissement terrain en question.....	69
VI.5.2. Description lithologique de glissement terrain N°1	70
VI.6 Calcule de stabilité et confortement.....	70
VI.6.1Calcule de stabilité	70
VI.6.2Methode de calcule	70
VI.6.2.1.Méthode des tranches de Fellenius (suédoise).....	70
• Choix de valeur de coefficient de sécurité dans le calcul de stabilité	74
➤ On absence de nappe	74
➤ On présence de nappe.....	75
VI.7.1.Les différents travaux de confortement	76

VI.7.1.1 Les technique de drainage.....	76
a. Les ouvrages de captage, collecte et évacuation	76
Exemples de techniques de drainage.....	77
➤ Collecteurs à ciel ouvert.....	77
➤ Les collecteurs fermés.....	77
b .Elimination des infiltrations superficielles issues de la pluie et du ruissellement sauvage	77
c. Captage des filtrations profondes – drainage profond.....	77
VI.7.1.2. Reprofilage (Talutage)	78
VI.7.1.3. Butée du pied	78
VI.7.1.4. Le reboisement.....	79
VI.7.1.5. Elimination de surcharge	79
• Système de gabionnage	79
• Autres exemples de techniques de drainage.....	79
VI.8.Conclusion	81
Conclusion générale	82
Référence bibliographie	
Annexes	

Liste des tableaux

Tableau. I.1. Commune de Chekfa : classes des pentes	7
Tableau. I.2. Commune de Chekfa : Répartition de la population et la densité 2017(DPSB)	11
Tableau. I.3. Commune de Chekfa : Répartition des réseaux routiers et cadre bâtis	11
Tableau. I.4. Commune de Chekfa : Estimation de la population occupée par secteur d'activité2017(DPSB)	13
Tableau. II.5. Commune de Chekfa : Classification et répartition spatiale des différentes Formations lithologique	23
Tableau. III.6. Coordonnées de la station météorologique d'Achouat –Taher(1988- 2015).....	24
Tableau. III.7. Précipitation moyenne mensuelle et saisonnières à la station Achouat – Taher (1988-2015).....	25
Tableau. III.8. Précipitation moyennes annuelles à la station Achouat - Taher (1988-2015).....	27
Tableau. III.9. Température moyenne mensuelle à la station d'Achouat – Taher (1988 – 2015).....	28
Tableau. III.10. Température moyenne annuelle à la station d'Achouat Taher(19882015).....	29
Tableau. III.11. Précipitation en fonction de la température à la station Achouat – Taher(988-2015).....	30
Tableau. III.12. Calcul l'ETP par la formule de Thornthwaite	33
Tableau. III.13. Calcul de l'ETR d'après Turc	34
Tableau. III.14. Bilan hydrique selon Thornthwaite a la station d'Achouat- Taher(Période 1988 – 2015).....	35
Tableau. IV.15. Répartition surfacique des pentes dans la zone étude	44
Tableau. IV.16. Classe des pentes et indices attribués.....	45
Tableau. IV.17. Vulnérabilité glissement en fonction de paramètre lithologie et Indice attribué.....	47
Tableau. IV.18. Répartition surfacique, codification et vulnérabilité occupation des sols	49
Tableau. V.19. Commune de Chekfa : Règle de décision d'analyse spatiale et Géotraitement	53
Tableau. V.20. Commune de Chekfa : Répartition surfacique des classes d'aléa GT (union pente –Lithologie).....	53
Tableau. V.21. Commune de Chekfa : Règle de décision du risque glissement union (pente, lithologie et végétation).....	55
Tableau .V.22. Commune de Chekfa: Répartition surfacique vulnérabilité, combinaison (pente –lithologie)- végétation.....	57
Tableau. V.23. Commune de Chekfa : cadre bâtis exposé aux risques GT	59
Tableau .V.24. Commune de Chekfa : Route wilaya exposé aux risques GT	61
Tableau. V.25. Commune de Chekfa : Route revêtus exposé aux risques GT	62
Tableau. VI.26. les coordonnées UTM du GT en questions N°1.....	78

Liste des tableaux

Tableau.VI.27. Commune de Chekfa : Caractéristiques de profil défavorable de glissement terrain N°1	79
Tableau.VI.28. Commune de Chekfa : Résultats des sondages carottés DTP	70
Tableau.VI.29. Commune de Chekfa : Caractéristiques géotechniques des formations lithologique de glissement de terrain en question (N°1)	74

Liste des figures

Fig.I.1. Commune de Chekfa : localisation.....	4
Fig.I.2. Commune de Chekfa : morphologie (MNT)	6
Fig.I.3. Commune de Chekfa : des pentes (à partir de MNT).....	8
Fig.I.4. Commune de Chekfa : occupation de sol (Image satellitaire 2019).....	10
Fig.I.5. Commune de Chekfa : infrastructures (Image satellitaire 2019).....	12
Fig.I.6. Diagramme de la répartition des secteurs d'activité de la commune de Chekfa.....	13
Fig.II.7. Coupe géologique (NW_SE) montrant les unités structurales du Socle kabyle de la région de Chekfa-Jijel en collaboration avec Mr .y. Rouikha	20
Fig. II.8.Colonne litho stratigraphie du bassin néogène de Jijel avec Son substratum kabyle (Rouikha 2008).....	21
Fig.II.9. Commune de Chekfa: lithologie	22
Fig.II.10. Commune de Chekfa : classe de dureté des roches.....	22
Fig.III.11. Carte pluviométrique de la wilaya de Jijel (ANRH, 1993).....	25
Fig.III.12. Précipitations moyennes mensuelles à la station d'Achouat – Taher(1988 – 2015).....	26
Fig.III.13. Répartition des précipitations moyennes saisonnières à la station Achouat Taher (1988 – 2015)	26
Fig.III.14.Précipitations moyennes annuelles à la station d'Achouat – Taher(1988 – 2015).....	27
Fig.III.15.Température moyennes mensuelles à la station d'Achouat – Taher (1988 – 2015)	28
Fig.III.16. Températures moyennes annuelles à la station d'Achouat Taher (1988 – 2015).....	30
Fig.III.17. Diagramme Ombrothermique à la station d'Achouat-Taher (1989-2015).....	31
Fig.III.18. Représentation graphique du bilan hydrique station Achouat-Taher(1988-2015).....	36
Fig.III.19.Carte simplifiée des zones bioclimatiques de l'Est algérien (Côte, 1998 in Bazri, 2015).....	38
Fig.III.20. Commune de Chekfa : réseaux hydrographiques	39
Fig.IV.21. Organigramme utilisé pour le géotraitement).....	43
Fig.IV.22.Commune de Chekfa: Les pentes (Carte topographique).....	46
Fig.IV.23.Commune de Chekfa : Vulnérabilité pente (carte topographique).....	46
Fig.IV.24. Commune de Chekfa :Classe de dureté des roches).....	48
Fig.IV.25. Commune de Chekfa : Vulnérabilité lithologie.....	48
Fig.IV.26.Commune de Chekfa : l'occupation de sol (Image satellitaire)	50
Fig.IV.27.Commune de Chekfa : Vulnérabilité occupation de sol(Image satellitaire).....	50
Fig.V.28.Commune de Chekfa : vulnérabilité GT combinaisons pente_ lithologie).....	54
Fig.V.29.Commune de Chekfa : vulnérabilité GT combinaison Pente, lithologie et occupations des sols	56
Fig.V.30.Commune de Chekfa : risque glissement de terrain	58
Fig.V.31.Arc Mapped : Présentation du cadre bâti exposé au risque GT (zone forte et très forte) sur Arc gis10.2.1, commune de Chekfa.....	50

Liste des figures

Fig.V.32.Arc Mappe : Présentation du la route wilaya exposé au risque GT (zone forte et très forte) sur Arc gis10.2.1, commune de Chekfa	60
Fig.V.33.Arc Mappe : Présentation du la route revêtus exposé au risque GT (zone forte et très forte) sur Arc gis10.2.1, commune de Chekfa	61
Fig.VI.34. Commune de Chekfa :Localisation les indices d'instabilité sur la carte derisque glissement terrain (la route W135)	64
Fig.VI.35.Commune de Chekfa : Localisation des indices d'instabilité (inclinaison des arbres) sur la carte de risque glissement terrain(la route W135)	65
Fig.36.VI Commune de Chekfa : localisation du glissementterrain en question sur le logicielArcGis	67
Fig.VI.37 Commune de Chekfa : Profil défavorable de glissement terrain en question (N°1) sur Arc gis(MNT)	68
Fig.VI.38. Commune Chekfa : profil défavorable de glissement terrain N°1 enquestion	69
Figure VI.39. Commune de Chekfa : coupe géotechnique NE-SW DTP	71
Fig.VI.40: Schéma illustrant le découpage en tranches d'un talus (G. Philipponnat; et H.Bertrand ; 2003), modifiée	71
Fig.VI.41. Forces agissant sur la tranche n (G. Philipponnat; et H. Bertrand ; 2003) Modifiée	71
Fig.VI.42.Commune de Chekfa : Cercle critique obtenu selon le profile défavorable (absence de nappe)de glissement de terrain en question (N°1).....	75
.Fig.VI.43. Commune de Chekfa : Cercle critique obtenu selon le profile défavorable (présence de nappe)de glissement de terrain en question (N°1)	75
Fig. VI.44. Exemple d'un drain subhorizontal.....	78

Liste des photos

Photo.VI.1. Inclinaison des poteaux électricité glissement de terrain	66
Photo.VI.2. Affaissement de gabionnage	66
Photo.VI.3. Concentrations des eaux canalisées vers la zone instable	66
Photo.VI.4. La surveillance mise en place	79
Photo.VI.5. Mise en œuvre du géocomposite de drainage	80
Photo.VI.6. Vue de l'ouvrage achevé	80
Photo.VI.7. Construction de l'ouvrage par couches	81

Résumé

Les glissements de terrain sont des risques naturels les plus fréquents provoquant chaque année d'énormes dégâts et dommages matériels. La maîtrise de l'urbanisation en Algérie s'exprime à travers des cartes de risque de glissement et par des plans de prévention. Les recherches et les études des facteurs et des processus des glissements de terrain ont fait appel depuis longtemps à plusieurs approches et modèles empiriques quantitatifs et qualitatifs ont été adoptés pour l'évaluation et la cartographie de l'aléa glissement de terrain à l'aide du SIG.

Ce projet de fin d'étude consiste d'établir une carte de vulnérabilité aux glissements de terrain de la commune de Chekfa, wilaya de Jijel par le biais de SIG en utilisant l'approche multifactorielle. Trois facteurs ont été pris en considération dans l'établissement de cette carte : la pente, la lithologie, et la végétation. La carte de risque finale obtenue a montré la répartition qualitative de la vulnérabilité au risque de glissement dans la commune, dont elle forte dans le Nord-ouest, moyenne dans Nord-ouest, et faible dans le Sud-Est. Cette carte a été validée et vérifiée par des sorties et des études de stabilités, dont les mêmes résultats ont été trouvés.

En effet, la carte de risque obtenus est considérée comme un document de base pour éviter tout occupation anarchique des espaces dans la commune qui doit compléter par des cartes pareilles en ajoutant d'autres facteurs déclenchant les glissements tels que l'eau et l'effet sismique.

Les mots clés : Glissement de terrain, cartographie, approche SIG, Chekfa, Vulnérabilité, Multifactorielle,

Abstract

Landslides are the most common natural hazards causing enormous damage and damage every year. The control of urbanization in Algeria is expressed through slip risk maps and prevention plans. The research and study of the factors and landslides processes have used long ago to several approaches and quantitative and qualitative empirical models have been adopted for the assessment and mapping of landslide hazard in using the GIS.

This project of end of study is to establish a vulnerability map landslide in the municipality of Chekfa, Jijel by the GIS bay using the multifactorial approach. Three factors were taken into consideration in the preparation of this map: slope, lithology, and vegetation. The final risk map obtained showed the qualitative distribution of the vulnerability to the risk of sliding in the commune, of which it is strong in the North-West, average in North-West, and weak in South- East. . This map has been validated and verified by outputs and stability studies, the same results were found.

Indeed, the map of risk obtained is regarded as a basic document to avoid occupation lawless spaces in the municipality which must be completed by maps such by adding other factors triggering the landslides such as water and the effect seismic.

Key-words: Landslides, cartography, approach SIG, Chekfa, vulnerability, multifactorial.

تلخيص

ان الانزلاقات الترابية هي اكثر الاخطار الطبيعية المتكررة حيث تثبت كل عام اضرار جسيمة وخسائر في الممتلكات ، التعبير الحضاري في الجزائر يكون من خلال خرائط للانزلاق وخطط الوقاية، ان الابحاث والدراسات الخاصة بعوامل وعمليات الانهيارات الترابية نعرفها على مدى الزمن بالعديد من المقاربات والنماذج التجريبية بالاعتماد على البيانات الكمية والنوعية لتقييم ورسم خرائط الخطر والانهيارات الارضية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية.

هذا المشروع النهائي للدراسة يتركز على انشاء خريطة لقابلية التعرض للانهيارات الترابية في بلدية الشقفة ،ولاية جيجل بواسطة نظم المعلومات الجغرافية وذلك باستخدام النهج متعدد العوامل، وقد تم اخذ بعين الاعتبار ثلاثة عوامل عند انشاء هذه الخريطة: المنحدر، نوعية التربة، والغطاء النباتي. الخريطة النهائية للخطر تبين التوزيع النوعي لخطر التعرض للانزلاق في البلدية، منها القوية والمتوسطة في الشمال الغربي، والضعيفة في الجنوب الشرقي.

تم التحقق من هذه الخريطة من خلال الخرجات الميدانية ودراسات الاستقرار وقد تم العثور على نفس النتائج المتحصل عليها، في المواقع تعتبر خريطة المخاطر التي تم الحصول عليها بمثابة مستند اساسي لتجنب اي اختلال غير متحكم فيه للمساحات في البلدية والتي يجب ان تكتمل بخرائط مماثلة عن طريق اضافة عوامل أخرى تؤدي الى الانزلاق مثل : الماء والتأثير الزلزالي.

الكلمات المفتاحية: انزلاق التربة ، خرائطي ، مقارنة نظم المعلومات الجغرافية، الشقفة، الضرر، متعددة العوامل .

Introduction Générale

Introduction générale

Les glissements de terrain sont des risques naturels les plus fréquents et ils affectent tout le nord algérien, provoquant chaque année d'énormes dégâts et dommages matériels.

Le phénomène de glissement de terrain est considéré comme aléa naturel permanent rencontré dans la wilaya de Jijel en générale, affectent aussi bien des talus naturels que des ouvrages (routes, bâtisses, barrages...).

La maîtrise de l'urbanisation en Algérie s'exprime à travers des cartes de risque glissement de terrain et par des plans de prévention.

La commune de Chekfa objet de notre étude connaît des instabilités d'aléa glissement notamment sur les zones montagneuses caractérisées par des formations lithologiques différentes.

Problématique

Les besoins socio-économiques en espaces et occupation des sols se font de plus en plus sentir dans les sociétés en plein développement en général et particulièrement en Algérie où le taux des jeunes populations dépasse 70%.

Ces besoins pressants d'occuper des espaces dans les wilayates du Nord rend anarchique l'urbanisation des territoires prisés par les populations.

C'est dans cette optique que nous avons réfléchi à établir une spatialisation rationnelle des territoires dans la commune de Chekfa.

Cette étude a pour objectif :

- L'examen et la reconnaissance des différents processus de glissement de terrain.
- Faire ressortir la situation morphologique et le degré de l'aléa glissement dans la zone d'étude.
- Etablir une carte de risque glissement de terrain dans la commune de Chekfa.
- Spécialisation du territoire de la commune en prévision de futurs plans d'aménagement du territoire à l'aide des SIG, évitant toute zone à risque élevé de mouvement.

Méthodologie de recherche

Les recherches et les études des facteurs et des processus des glissements de terrain ont fait appel depuis longtemps à plusieurs méthodes. À ce titre, plusieurs approches et modèles empiriques quantitatifs et qualitatifs ont été adoptés pour l'évaluation et la cartographie de l'aléa glissement de terrain. Dans notre travail, la méthodologie adoptée est basée sur une approche systémique multifactorielle permettant d'établir des cartes codifiées numérisées.

Présentation du travail

Notre mémoire consacré à cette analyse et étude à l'aide des SIG sera présenté en deux parties essentielles :

La première partie

Comprenant une analyse physique composée de trois chapitres traitait les généralités de la zone d'étude, l'analyse physique du territoire (géologie, géomorphologie) et climatologie.

La deuxième partie

Une approche multifactorielle à l'aide d'un SIG localisant cartographiquement les espaces au degré de risque « glissement de terrain » élevé.

Une conclusion générale associée à des recommandations pour conclure notre travail.

1^{er} Partie : Analyse du milieu physique

Chapitre -I-
Présentation de la zone
d'étude

I.1. site et situation

La commune de Chekfa (Fig. I.1) fait partie de wilaya de Jijel. Cette dernière caractérisée par une superficie globale de 62,08 Km². La wilaya de Jijel se situe au Nord Est du pays, elle est limitée : Au Nord par la mer méditerranée ; à l'Est par la Wilaya de Skikda ; à l'Ouest par la Wilaya de Bejaïa ; au Sud par les Wilayat de Mila et Sétif.

Chekfa est une commune située à environ 23 km à l'est du chef-lieu de la wilaya de Jijel, dont sa population est de 31299 habitants depuis la dernière direction(DPSB) de l'année 2017.Elle est limitée :

- Au Nord par Kannar Nouchfi;
- Au Sud par les communes de Chahna et Boussif Ouled Askeur ;
- À l'Est par la commune de Bordj T'har et ;
- Et à l'Ouest par la commune de Taher ;

La zone d'étude est compris entre :

- Les longitudes : 4078000 et 4069000Est.
- Et les latitudes : 760000 et 772000 Nord.

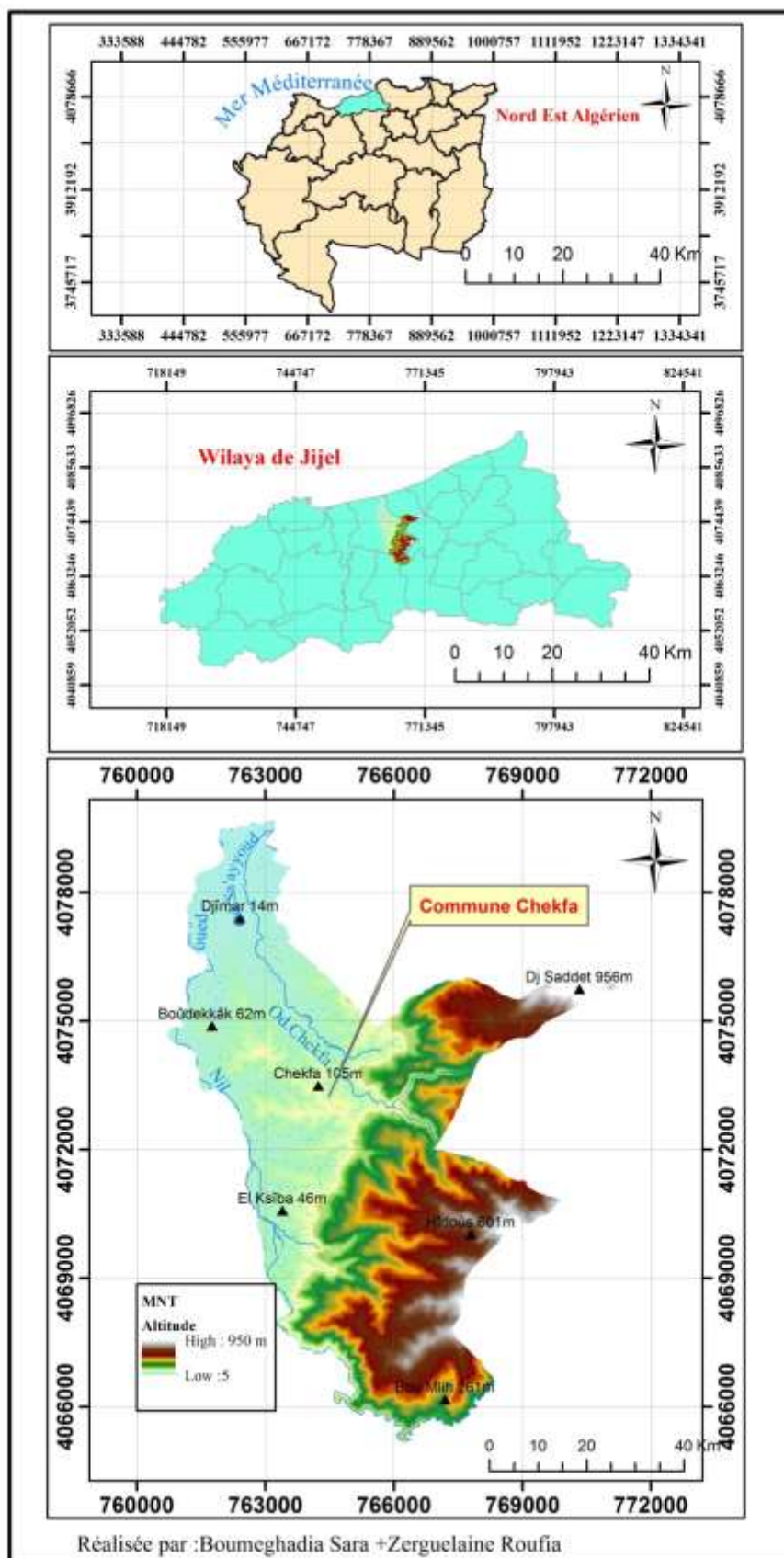


Fig. I.1. Commune de Chekfa : localisation (carte topographie)

I.2. Analyse morphologique de l'aire d'étude

I. 2.1. Les reliefs

Sur le plan morphologie le terme relief caractérise la structure physique de la zone d'étude. Les reliefs peuvent être ordonnés en fonction du procédé dont ils sont modelés par les divers processus de l'érosion (N/Hamadou 2019).

D'après la figure(I.2), la commune de Chekfa fait partie des unités morphologiques de l'Atlas tellien. Elle est caractérisée par une topographie accidentée et contrastée augmentant progressivement vers le Sud Est. Les altitudes varient de 20 m environ dans le bassin à 1000 m au Djebel Seddat.

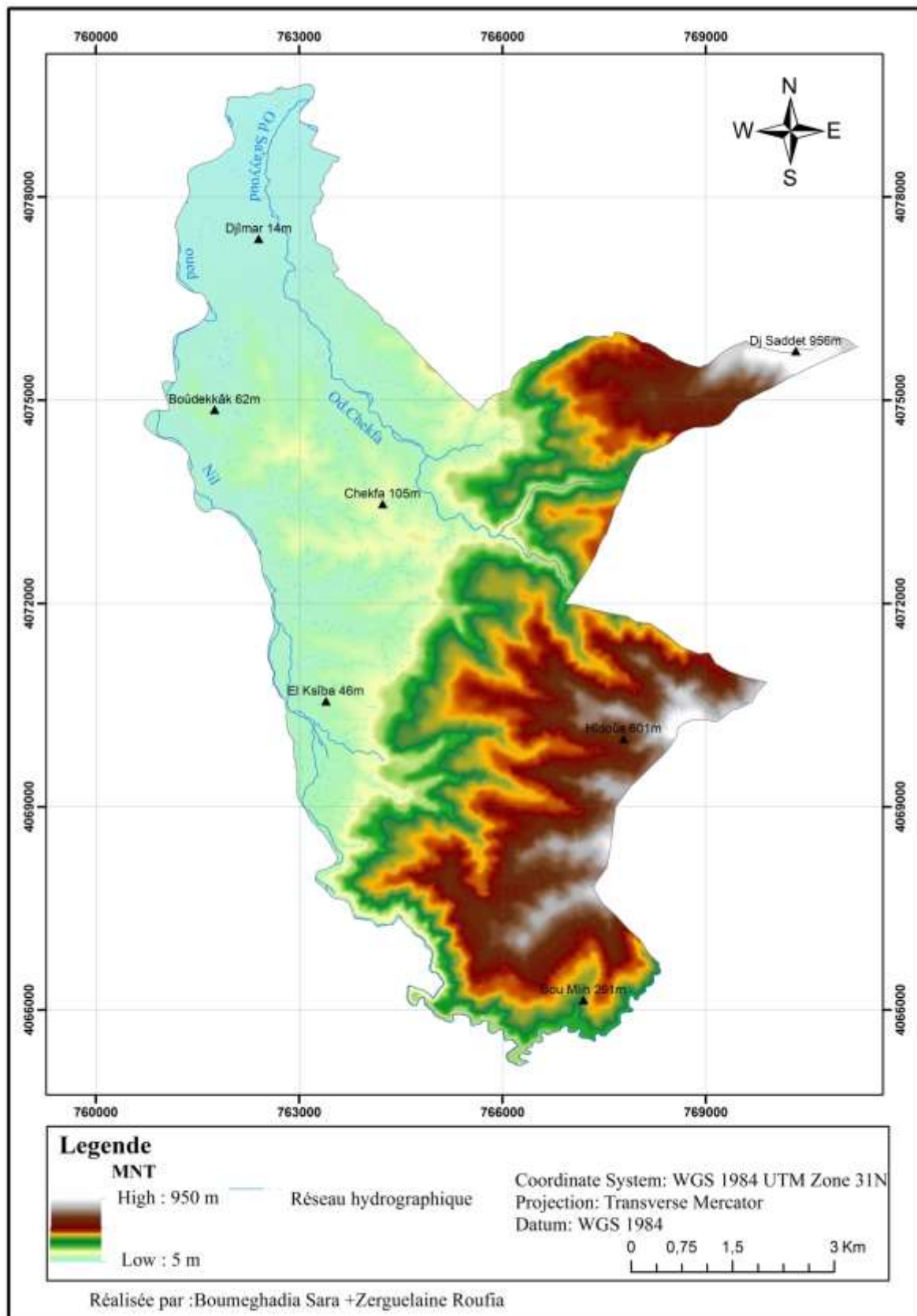


Fig. I.2. Commune de Chekfa : morphologie MNT(carte topographie)

I.2.2. Les pentes topographiques

Les pentes représentent un élément important pour caractériser les aspects du relief. Elles sont aussi liées à la dynamique du milieu car, elles entrent en action comme facteurs jouant un rôle fondamental dans l'analyse morpho-dynamique et l'explication de certaines formes de mouvements de masse notamment les glissements de terrain.

Selon la carte des pentes (fig. I.3), la zone d'étude est caractérisé par des classes de variant de 0 à plus de 35%.

Tableau. I.1. Commune de Chekfa : classes des pentes

Classe des pentes	Superficiel (km ²)	pourcentage(%)
0 – 3%	9,91	15,96
3 - 7%	5,48	8,83
7 – 12%	5,7	9,19
12 – 25%	11,64	18,75
25 – 35%	5,93	9,55
>35%	23,42	37,73
Total	62,08	100

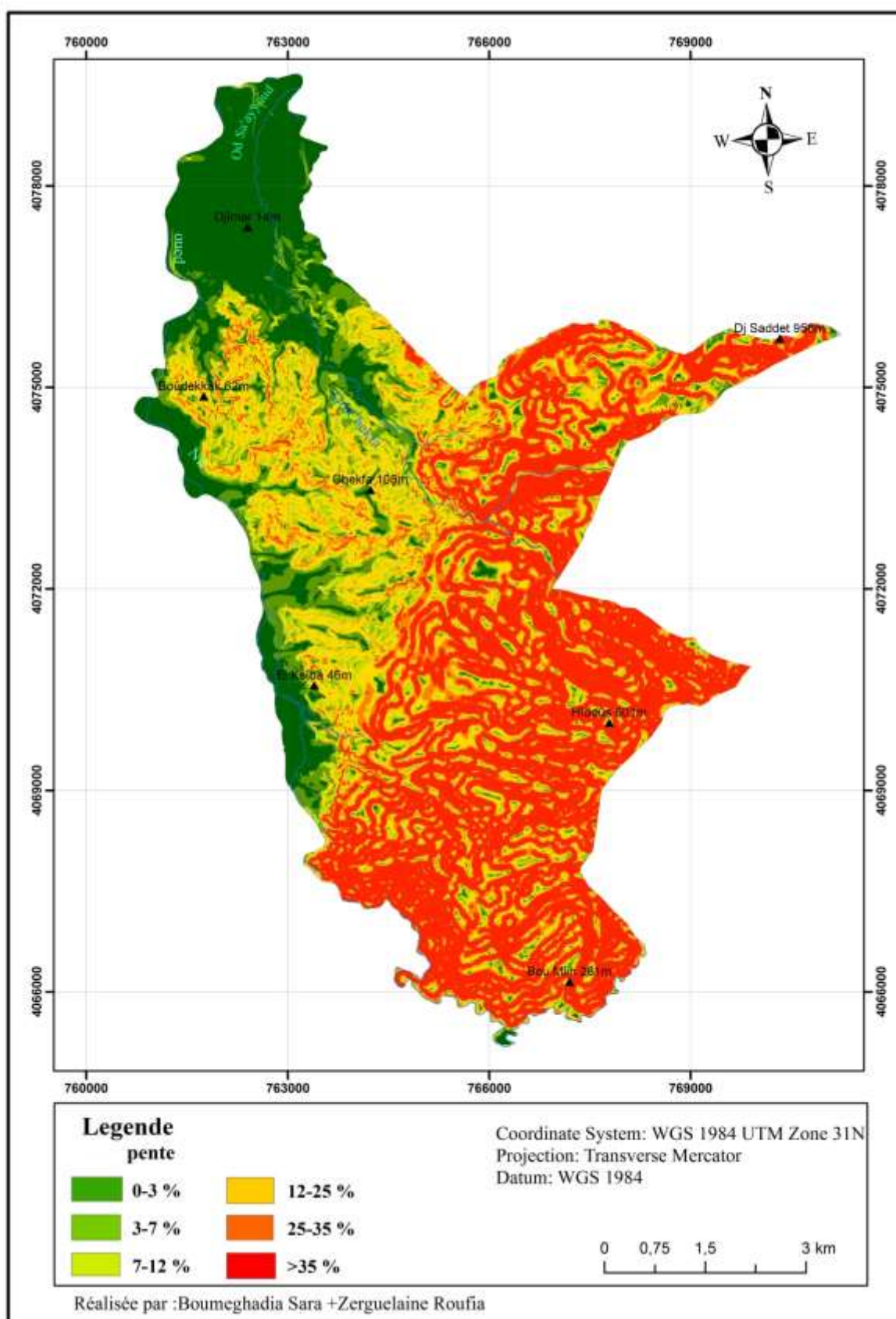


Fig. I.3. Commune de Chekfa : des pentes (à partir de MNT)

La pente est de toute évidence un facteur essentiel de l'instabilité ; c'est un paramètre de calcul du coefficient de sécurité. C'est pourquoi l'étude traitant la dynamique du milieu physique nécessite une carte des pentes.

Le choix des classes de pente dépend des types de mouvements de masse.

I. 3. La végétation

La végétation, est un facteur important qui favorise l'infiltration et par la suite diminue le volume ruisselé et les pertes des sols. Le couvert végétal protège le sol de l'impact des gouttes de pluie, tendent à ralentir la vitesse de la lame ruisselée et permet une meilleure infiltration (Bouanani, A et al. 1999).

D'une façon générale la végétation naturelle recouvre uniquement la partie sud et Sud Est de la région de Chekfa il est représenté par des chênes liège et un maquis moyennement dense par contre le nord est le siège de cultures arboricoles fruitières et oliecoles(fig.I.4).

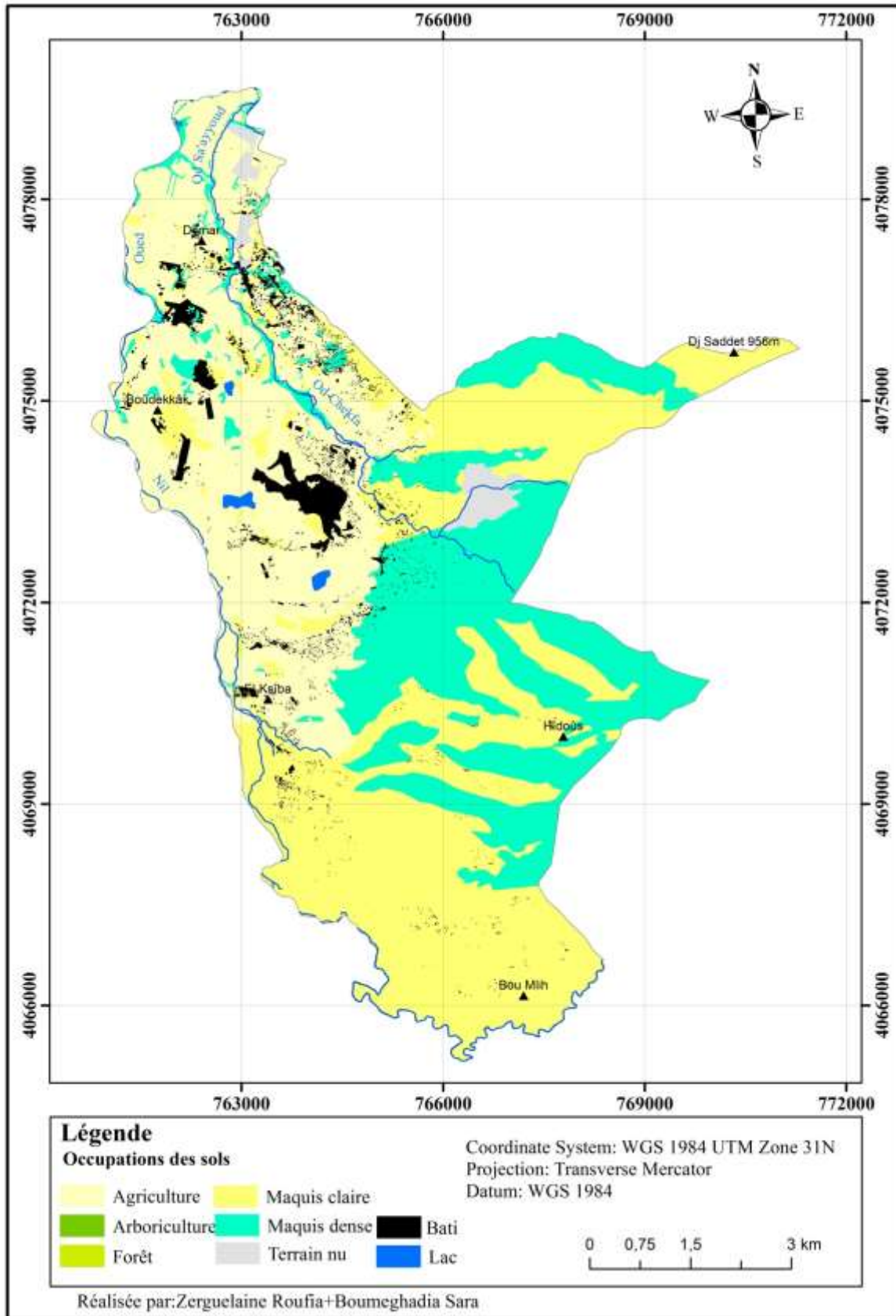


Fig. I.4.: Commune de Chekfa : occupation de sol (Image satellitaire 2019)

I.4. Cadre socio-économique

L'étude socio-économique a pour objet de déterminer les différents éléments démographiques, les activités économiques et leurs impacts sur la dynamique de l'occupation des sols dans la zone étudiée. Les causes anthropiques sont multiples (l'accroissement démographique, culture extensive, surpâturage....) et aussi complexes que le comportement humaines. Elles sont fondamentalement liées à une pression accrue sur les écosystèmes qui excède leur capacité de résilience (Beguing, G et Lanly, 2010).

La population

Tableau. I.2. Commune de Chekfa : Répartition de la population et la densité 2017(DPSB)

Commune	POP 31/12/17	Superficie km ²	Densité Hab/km ²
Chekfa	31299	62 ,08	504

À la dernière direction de la programmation et du suivi budgétaire (DPSB) du 31/12/2017 (tableau. I.2), la population de la commune de Chekfa est estimée à 31299 habitants, avec une densité de 504hab /km².

Tableau. I.3. Commune de Chekfa : Répartition des réseaux routiers et cadre bâtis

Commune	Route (km)		Bâtis (km ²)
Chekfa	National	1,41	2,32
	Wilaya	24,5	
	Revêtus	143,09	
	Piste	82,06	
	Totale	251,06	

L'examen de tableau(I.3) ci-dessus montre que :

- Les routes occupent une longueur de 251,06 km.
- Le cadre bâti s'étale sur une superficie de l'ordre de 2,32km².

Ce dernier représente une mosaïque avec une concentration légèrement notable au centre de la zone d'étude.

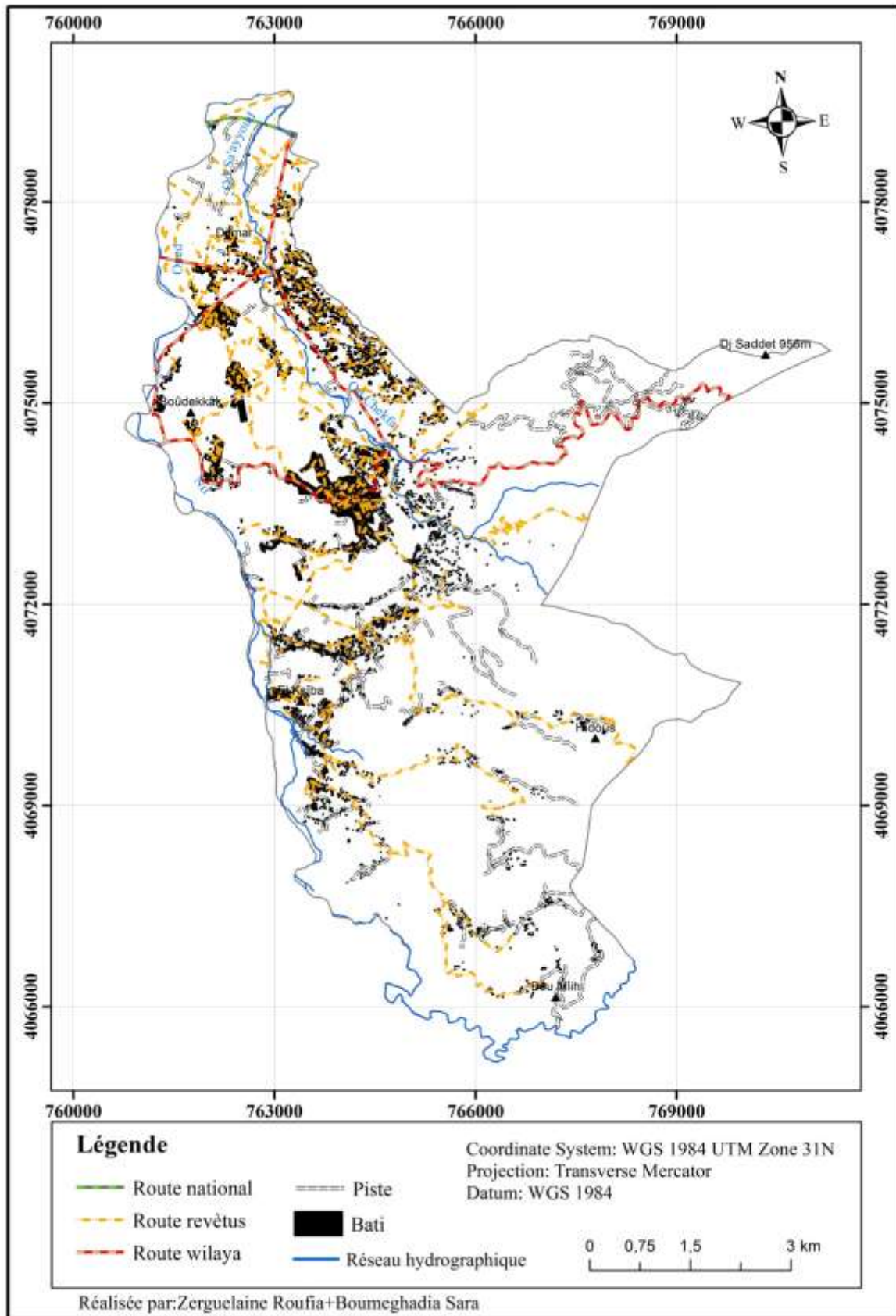


Fig. I.5. Commune de Chekfa : infrastructure (Image satellitaire 2019)

La structure économique

L'étude de la structure économique et l'une des plus importants éléments qu'on doit entamer dans n'importe qu'elle étude agglomérée, étant donné son importance dans la limitation du rôle de la population du point de vue économique et le développement du domaine rural.

Tableau. I.4. Commune de Chekfa : Estimation de la population occupée par secteur d'activité 2017(DPSB)

Commune	Agriculture	B.T.P.H	Industrie	Services	Administration	Autres	Totale
Chekfa	4737	2821	198	1474	1415	6956	17601

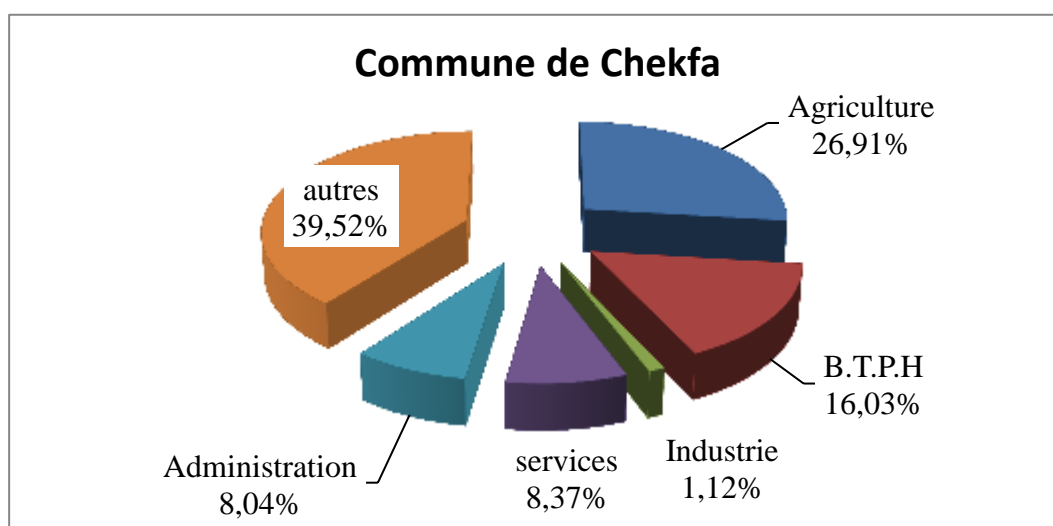


Fig. I.6. Diagramme de la répartition des secteurs d'activité de la commune de Chekfa 2017(DPSB)

D'après le tableau(I.4) ; on remarque :

-Dans le domaine de l'agriculture plus de 4737 personnes activent dans le secteur soit un taux 26.91% de la population occupée.

-Pour le B.T.P.H 2821 personnes activent dans les secteurs soit 16,03% de la population occupée à l'échelle de la commune.

-Dans l'industrie 198 personnes travaillent dans le secteur. Cette masse représente 1,12% de la population occupée à l'échelle de la commune.

-Pour les services 1474 personnes activent dans les secteurs soit 8,37% de la population occupée à l'échelle de la commune.

-Dans l'administration 1415 personnes activent dans les secteurs soit 8.04% de la population occupée à l'échelle de la commune.

-D'autres 6956 personnes actives dans les secteurs soit 39,52% de la population occupée à l'échelle de la commune.

I.5.Conclusion

La diversité des caractéristiques morphologiques (reliefs, pentes) dans la zone d'étude met en évidence des variations des intensités de ruissellement aux quelles est associé un degré d'érosion et mouvement de masse correspondant.

L'étude du risque glissement de terrain dans la zone d'étude impose une bonne conception, géo-géomorphologique, et hydro-géomorphologique pour définir les paramètres qui agissent sur la genèse de phénomène étudié. Généralement ces paramètres sont nécessaires pour l'étude et l'analyse de risque glissement de terrain dans la zone d'étude

Chapitre II
Descriptions géologiques et
Lithologiques

II.1.Introduction

La région de Jijel fait partie de la Petite Kabylie occidentale, entité géographique des chaînes côtières de l'Est Algérien. Ces chaînes appartiennent à la chaîne alpine d'Algérie du Nord qui représente le segment oriental de la chaîne des Maghrébides (Durand-Delga, 1980).

La chaîne alpine d'Algérie orientale est constituée par la superposition de plusieurs types de série hétéropiques, définissables en général du Trias au Priabonien parfois adhérentes à un socle paléozoïque ou ancien (Vila, 1980) de nature cristallophyllienne complexe.

La chaîne alpine d'Algérie est caractérisée par des structures en nappes issues de trois domaines paléogéographiques initialement éloignés dont on distingue du nord vers le sud:

- ❖ Le domaine interne
- ❖ Le domaine des flyschs
- ❖ Le domaine externe (tellien et l'avant pays).

II.2. Les grands ensembles géologiques du Nord Algérien

Les ensembles des unités géologiques du Nord algérien, transversalement sont occupé par les trois domaines paléogéographiques :

II .2.1.Les formations du domaine interne

A .socle kabyle

Il est représenté par des formations cristallophylliennes formant trois pointements amygdalaires au Nord de l'Algérie. Ces pointements sont le massif du Chenoua à l'Ouest, de Grande Kabylie au centre, et de Petite Kabylie à l'Est. Le socle de la Petite Kabylie est composé de deux grands ensembles lithologiques :

➤L'ensemble supérieur

Il est constitué d'une série phylladique contenant de bas en haut :

- Des schistes noirâtres qui surmontent, parfois, des conglomérats remaniant les formations sous-jacentes.
- Des psammites rouges et vertes à Graptolites.
- Des grès calcaires à Tentaculites.
- Des calcaires à Orthocères du siluriene (Durant Delga1955 ; H.Djellit1987).

➤L'ensemble inférieur

Gneissique dans sa majeure partie, il est constitué de para-gneiss, d'ortho-gneiss, et de gneiss granulitiques à intercalations de calcaires métamorphiques et d'amphibolites.

Ces deux ensembles sont intrudés par des corps magmatiques à texture aplopegmatitique:Porphyre a tourmaline et muscovite centimétrique (cm).

En Petite Kabylie, les formations cristallophylliennes du socle Kabyle sont largement charriées vers le Sud sur les formations de type flysch et les formations telliennes (Durant Delga, 1955 ; Bouillin, 1977)

B. Le complexe volcano-sédimentaire(CVS)

L'équivalent structural de la chaîne calcaire est le complexe volcano-sédimentaire(CVS) il est constitué de deux grands ensembles lithologiques. (Bouillin, 1977 ; H.Djellit ,1987).

A la base une série basaltique à calcschistes et gabbro doléritiques de 200 m d'épaisseur. Au sommet une série schisto-pellitique à pillow-lava et quartzites épaisse de 150m. (Durant Delga).cette disposition correspondait à l'époque du dépôt de la série (jurassique présumé).

C. couverture sédimentaire discordante et transgressive du socle kabyle :

a) L'Oligo-Miocène Kabyle (OMK) et les Olistostromes

L'Oligo-Miocène Kabyle constitue la couverture sédimentaire, transgressive et discordante du socle de la petite et de grande Kabylie (Bouillin et Raoult, 1971). C'est une formation détritique qui comporte en général trois termes lithologiques de bas vers le haut (Bouillin,1977) :

- Les conglomérats de base discordants sur le socle Kabyle d'âge Oligocène supérieur.
- Des Grès lithiques micacé ;
- Des Pélitiques et siliceux à radiolaires et diatomées ;

A cet Oligo-Miocène Kabyle succèdent des olistostromes, formations tectono-sédimentaires à débris de flyschs, dont l'âge est essentiellement Aquitano-Serravalien supérieur.

b) Le Nummulitique II

Ce sont des formations qui constituent la couverture des séries de la chaîne calcaire et des flyschs maurétaniens, d'âge Lutétien à Oligocène supérieur.

c) Les flyschs Numidiens

Le flysch Numidien désigne une puissante formation gréseuse et argileuse d'âge Oligocène supérieur à Miocène inférieur, comprenant trois termes (Bouillin, 1977)qui sont:

- Des argiles varicolores appelées argiles sous-numidiennes (argiles à tubotomaculum) .
- Des grés à dragées de quartz en bancs épais avec des grains de quartz roulés.
- Les formations supra-numidiennes, comportant des argiles et des marnes claires, ainsi que des silexites .

II.2.2.Domaine des flysches

En Algérie, ces formations occupent une position allochtone, elles sont représentées par les séries maurétaniennes et massyliennes correspondant respectivement aux parties proximales et distales d'un même bassin (Wildi, 1983).Ces formations avec leur

substratum anté-Crétacé forment des nappes qui viennent recouvrir le domaine externe (Mahdjoub, 1991).

En petite Kabylie occidentale, trois types de formations à caractères flysch sont représentés :

❖ Le flysch maurétanien

Ce terme a été proposé pour la première fois par [Gélard, 1969]. Le flysch maurétanien comporte des terrains allant du Néocomien au Lutétien. Il comporte de bas en haut :

- 1-Un préflysch calcaire d'une cinquantaine de mètres.
- 2-une assise gréseuse à bancs plurimétriques verts, et à grains homométriques de l'Albien.
- 3- Des pseudo-phtanites rouges et blanches et des marnes verdâtres du cénonanien.

La série se termine par des formations de l'éocène argilo-gréseux et micacé.

❖ Le flysch massylien

Le terme de flysch massylien a été proposé par (Raoult, 1969), pour caractériser les formations détritiques schisto-quartzitiques. Ce flysch comporte une série allant du Néocomien au Lutétien terminal et regroupe trois ensembles qui sont de bas en haut :

- La série rythmique schiste gréseuse albo-aptienne.
- Les marnes verdâtres.
- Les phtanites noire du cénonanien.
- Les microbrèches calcaires du sénonien.

Dans la Wilaya de Jijel, le flysch massylien affleurant dans les environs de la région de Texanna et au Sud d'El Milia, est essentiellement représenté par une alternance schisto-gréseuse admettant en intercalation des niveaux de phtanites.

❖ Le flysch numidien

Généralement le flysch numidien occupe une position structurale la plus haute dans l'édifice Alpin. Ce flysch comporte de bas en haut quatre termes:

- Des Argiles colorées dites «argiles sous numidiennes » de teinte verte, rouge ou violacée d'âge Oligocène supérieur argile à tubotomaculum.
- Une alternance fine (cm à dm) argile au gréseuse de 20m de puissance.
- Des grès numidiens en bancs épais plurimétriques à grains hétérométriques, et à dragées de quartz datés Aquitanien à Burdigalien inférieur (Durant Delga, 1955).
- Le sommet se termine par des silexites dont la partie supérieure atteint le Burdigalien basal [Bouillin, 1977 ; et Lahonder, 1979], Avec une épaisseur allant de 200 à 300 m (Djebel Mazghitane)

II.2.3. Le domaine externe (tellien et l'avant pays)

Situé à l'avant des zones internes qui le chevauchent, il est lui-même largement charrié sur un para-autochtone présenté par des calcaires mésozoïques des massifs bibanque (Djellit, 1987). Les phases tectoniques tertiaires (Wildi, 1983) ont fractionné les séries telliennes en trois grandes entités, agencées du Nord vers le Sud (Vila, 1980) comme suite :

a) Les séries ultra-telliennes

Elles comportent un crétacé marneux et micritique clair, sur lesquels se dépose l'éocène à trois termes : marnes sombres à boules jaunes, calcaires à silex noirs et des marnes sombres.

b) Les séries telliennes (sens strict)

Elles comprennent globalement, un Jurassique essentiellement carbonaté, suivi par des marnes pélitiques gréseuses d'âge Crétacé inférieur, qui deviennent exclusivement marneuses et marno-calcaires jusqu'à l'Eocène supérieur.

c) Les séries péni-telliennes

Le terme péni-tellien a été créé pour désigner une série allochtone du versant nord du Djebel Zouaoui, dans le massif de Chettaba, près de Constantine (Vila, 1980). Les séries présentent du Lias au Sénonien supérieur, des alternances de faciès telliens typiques et de faciès rappelant ceux des domaines néritiques sétifiens ou constantinois Wildi, 1983).

II.2.4. Les formations post-nappes

Les formations post-nappes développées sur tout le domaine du socle Kabyle d'âge Burdigalien moyen-supérieur au Langhien (Durand Delga, 1955 ; Bouillin, 1977), comportant deux cycles, l'un marneux (à la base), l'autre grés-conglomératique (au sommet). Ces formations affleurent sur de vastes espaces dans le secteur des plaines côtières en remplissage de bassin à l'exemple du bassin Néogène de Jijel.

II.2.5. Le magmatisme

Dans la partie Nord de l'Algérie, on peut distinguer un magmatisme ancien qui a donné lieu à des roches basiques et ultrabasiqes dans la région de Texenna et des masses granitiques et de roche volcanique affleurent dans les régions d'El-Aouana, El Milia et Collo.

II.2.6. Les formations de quaternaire

Dans la région de Jijel, les formations quaternaires sont représentées par :

- Les dunes de sable formant un cordon le long du littoral, s'étendent sur plus de 60 km, constituées de : dunes actuelles à sable fin parfois consolidées et de dunes anciennes de sable fin limoneux parfois consolidées ;
- Les alluvions ou terrasses anciennes constituées de dépôts détritiques essentiellement de graviers à matrice sableuse avec parfois des intercalations limoneuses et argileuses. Les

alluvions récentes forment les dépôts des oueds actuels, et constitués de graviers, de sables et d'argiles.

II.3. Contexte géologique local

La région de Chekfa appartient au domaine interne constitué par des formations post-nappes (miocène terminal), limité à l'EST par des formations cristallophylliennes du socle de la petite Kabylie d'âge anti triasique charrié vers le Sud sur des terrains plus récents (fig. II. 7 et II. 8)

Dans ce cadre on distingue les formations suivantes de bas en haut :

II.3.1. Socle kabyle

Il affleure dans la partie Est et Sud de Chekfa, représenté par deux grands ensembles (Djellit.H 1987):

- un ensemble inférieur métamorphique.
- un ensemble supérieur peu métamorphique.

II.3.1.1-L'ensemble métamorphique

Il est représenté par un complexe de gneiss admettant des intercalations de marbres d'amphibolites micaschistes et schistes (Delga 1955) .Il forme la plus basse unité géologique de la région.

II.3.1.2 -L`ensemble peu métamorphique

Il est représenté par deux séries:

- Une série pélitique, gréseuse, carbonatée et grés-conglomératique.
- Une série Siluro-Dévonienne constituée de schiste à graptolites, de psammites tentaculites et de calcaire à orthocères. (Delga1955)

II.3.2. Formation de l`Oligo-Miocène Kabyle(OMK)

Il représente la couverture sédimentaire transgressive et discordante du socle kabyle, représenté par des conglomérats de base, par des grés parfois conglomératique dans une matrice marneuse.

Il est surmonté par un olistostrome molassique à matériel flysch.

II.3.3. Miocène terminal

Il est constitué de marne de couleur bleu recouvrant la ville de Chekfa, recoupé par les alluvions le long des oueds.

II.3.4. Formations du quaternaires

Représentées dans le bassin néogène de Jijel par les formations suivantes :

- **Alluvions récentes** : Essentiellement des sables limoneux et des sables graveleux parfois consolidé.
- **Alluvions actuelles** : Des éboulis et brèche de pente non consolidés. la taille des éléments peut attendre 50 cm de diamètre.
- **Alluvions marécageuses** : constituées essentiellement d'éléments argilo-limoneux parfois sableux peu perméables.

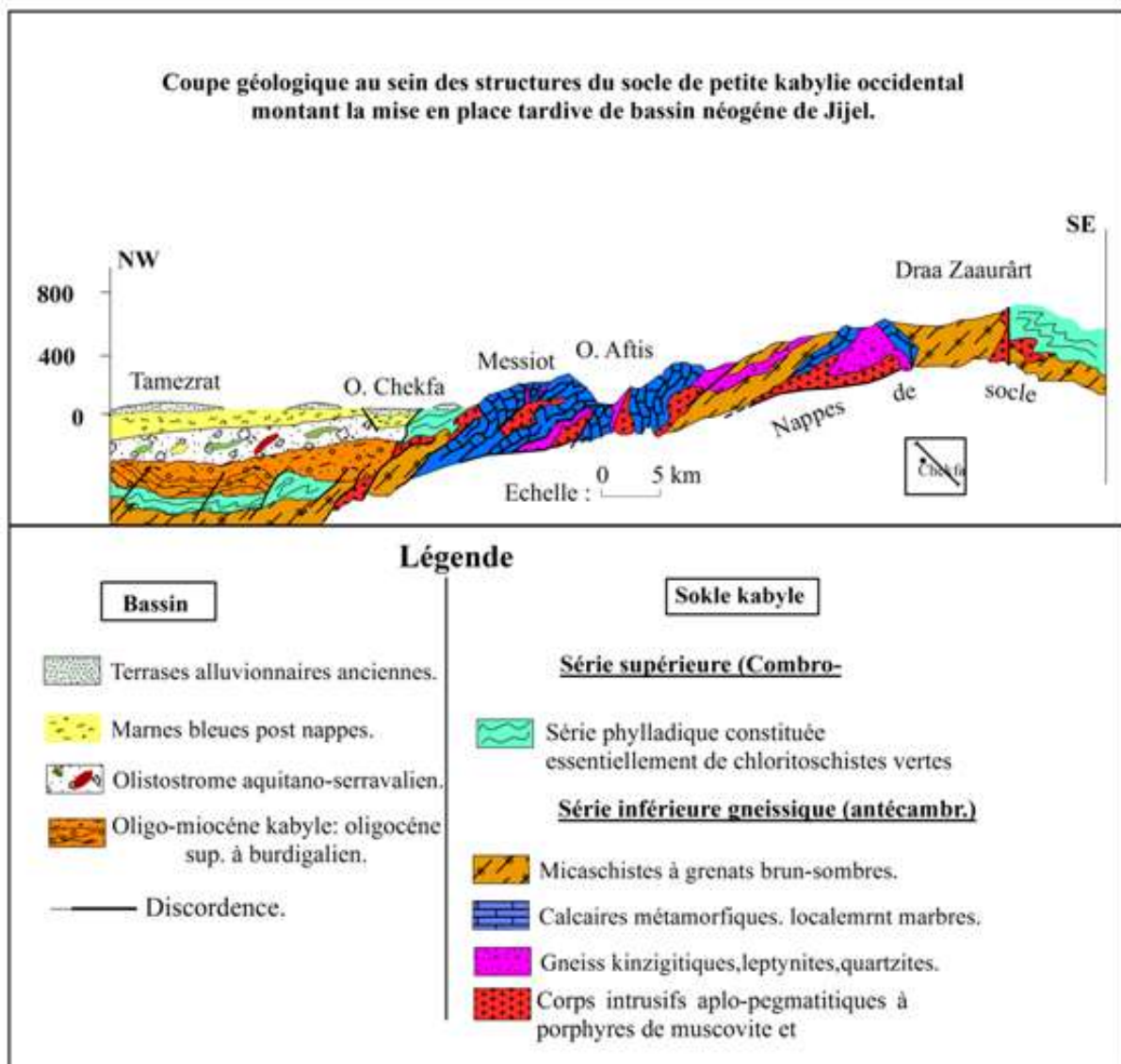


Fig. II.7. Coupe géologique (NW_SE) montrant les unités structurales du Socle kabyle de la région de Chekfa-Jijel en collaboration avec Mr y. Rouikha

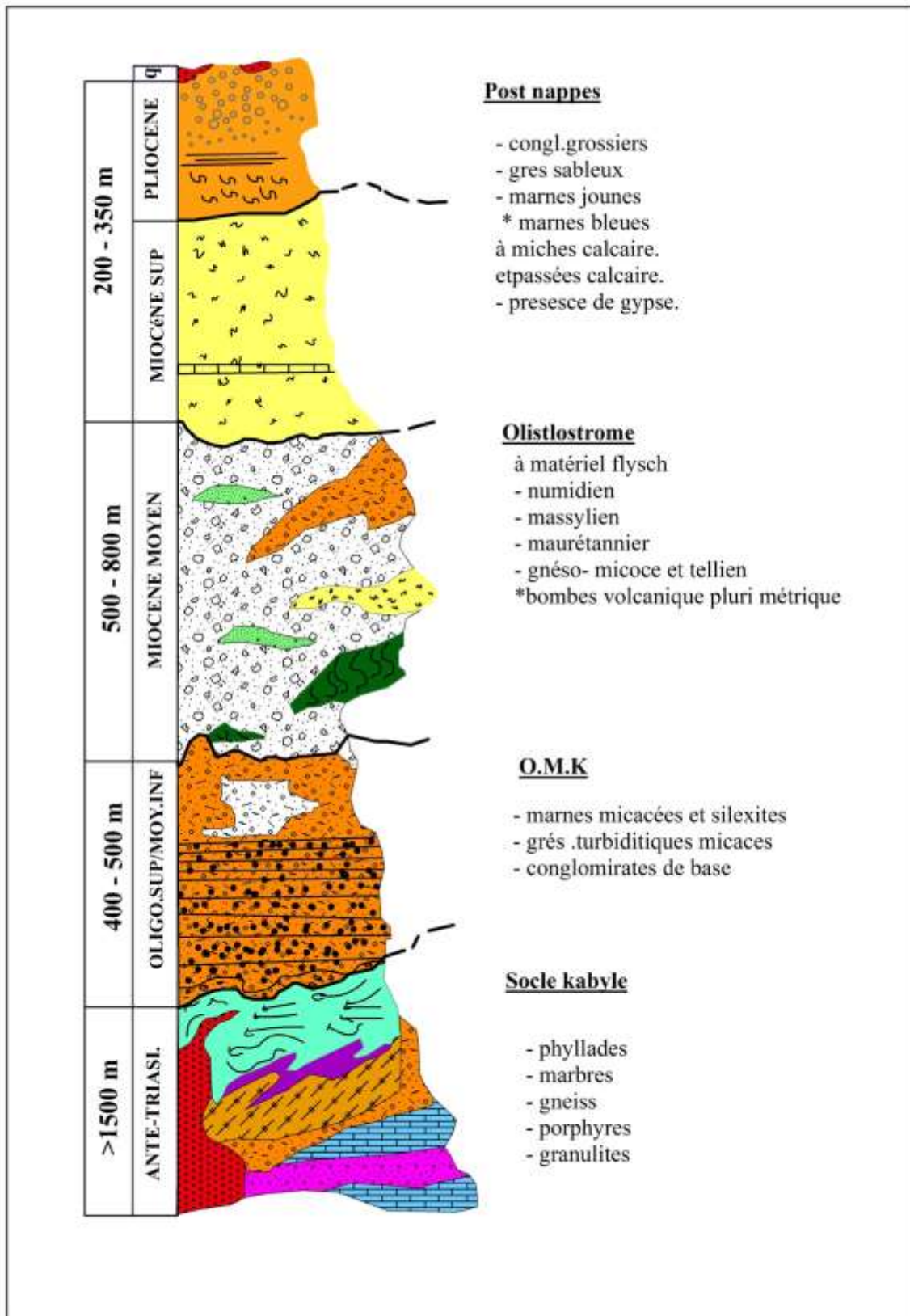


Fig. II.8. Colonne litho stratigraphie du bassin néogène de Jijel avec son substratum kabyle (Rouikha2008)

II.4. Répartitions surfaciques des formations lithologiques de la zone d'étude

L'analyse thématique des cartes lithologique (fig. II.9) et (fig. II.10) sur logiciel Arc Gis a permis de dégager plusieurs zones à érodibilité variable. Le tableau II.5 ci-dessous montre les différentes zones dont les valeurs sont consignées (érodibilité élevée, moyenne, et faible).

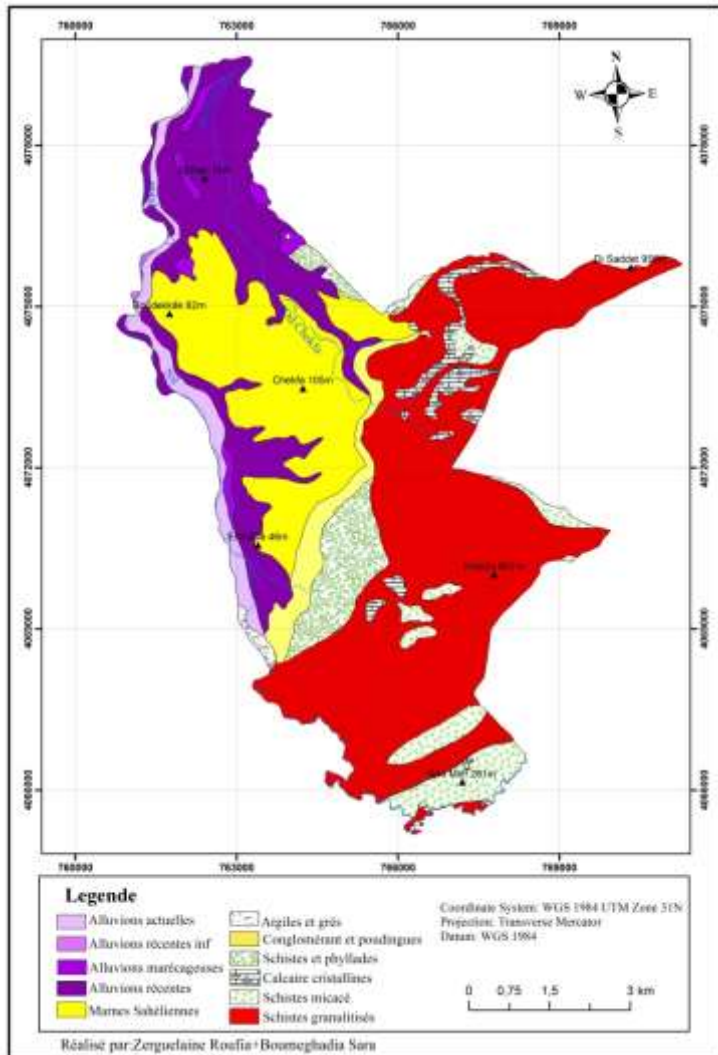


Fig. II.9. Commune de Chekfa : Lithologie

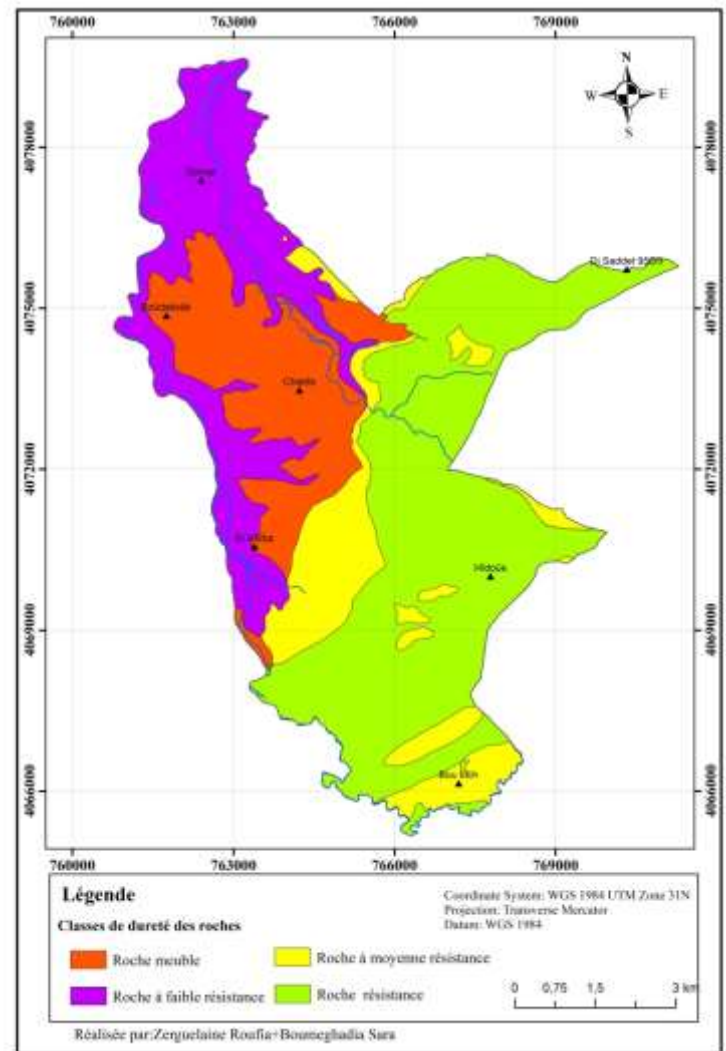


Fig. II.10. Commune de Chekfa : Classe de dureté des roches

Les différentes formations géologiques de la région Chekfa, sont regroupées dans le tableau ci-dessous (II.5).

Tableau. II.5. Commune de Chekfa : Classification et répartition spatiale des différentes formations lithologique

Dureté	Roche résistante	Roche de résistance moyenne	Roche de résistance faible	Roche meuble
Formation lithologique	Calcaire cristallines Schistes granulitisés	Conglomérant Mica schistes Schistes	Alluvions actuelles Alluvions récentes inf Alluvions marécageuses Alluvions récentes	Marnes Argiles
Sup (km²)	27,53	8,74	14,07	11,73
%	44,35	14,08	22,66	18,89
Total	62,08			

a-Roche résistante : caractérisées pour l'essentielle par les formations de socle, avec une superficie de 27,53km², soit 44,35 % de la zone étudié.

b- Roche de résistance moyenne: elles sont représentées par les formations des micas schistes, Schistes et Conglomérant, avec une superficie de 8,74km², soit 14,08% de la zone étudié.

c- Roche de résistance faible: elles sont représentées par les formations d'alluvions tout âge, avec une superficie de 14,07km², soit 22,66% de la zone étudié.

d- Roche meuble : elles sont représentées dans la zone d'étude par les formations marnes et argiles s'étalant sur une superficie de 11,73km², soit 18,89% de la zone étudiée.

II.5. Conclusion

Les paramètres géologiques (lithologie, structure), représentent un facteur important qui favorise l'instabilité des versants.

Les dépôts meubles, notamment les marnes bleues caractérisées par des classes des pentes élevées dans la région d'étude sont fortement exposées aux mouvements de masse, notamment les glissements de terrain.

Elles exercent une influence sur l'installation d'un réseau de ravins et ravines et conséquence le comportement des écoulements superficiels.

Chapitre-III-
Caractéristique hydro
climatologique

III.1.Introduction

L'expérience a montré que la plupart des risques liés aux phénomènes de glissements de terrain ont eu lieu durant les saisons de pluies (pluies torrentielles) et/ou, de la fonte des neiges et de glace selon le régime d'écoulement et que des facteurs plus subtils entrent en jeu.

L'étude hydro climatique primordial dans tout l'étude géologique et hydrogéologique risque naturel et géotechnique puisqu'elle permet l'estimation quantitative des ressources en eau disponibles et d'avoir une idée globale sur le régime hydrologique.

Dans cette étude, nous allons tenter de faire procéder les différentes propriétés du climat de l'aire d'étude, à partir des données disponibles. De ce fait, cette étude sera nécessairement réservée à tout ce qui a attrait à :

- L'étude de toutes les données pluviométriques.
- L'examen du facteur température et de sa combinaison aux données pluviométriques.

La compréhension de tous ces éléments sera en fin de compte simplifiée par un bilan hydrographique.

III.2. Etude climatologique

Dans cette étude les données climatologiques utilisées appartiennent à la station la plus proche de la zone d'étude, représentées par la station météorologique d'Achouat (Taher), dont les coordonnées sont indiquées dans le Tableau III.6.

Tableau III.6. Coordonnées de la station météorologique d'Achouat – Taher (1988 - 2015)

Station	Les coordonnées Lambert		Altitude (m)
	X (Km)	Y (Km)	
Achouat - Taher	776.30	394.00	4

III.2.1. Les précipitations

La pluviométrie est également l'élément le plus important du cycle de l'eau on appelle hauteur de précipitation la hauteur en mm du volume total des précipitations exprimé en eau, par unité de la surface collectrice et pour des durées variables (jour, mois, saisons ou années).

L'aire d'étude qui fait partie de l'Atlas Tellien et caractérisé par un climat tempéré est humide distingué par un été sec et chaud et un hiver doux et humide avec des précipitations annuelles variant entre 900 et 1200 mm.

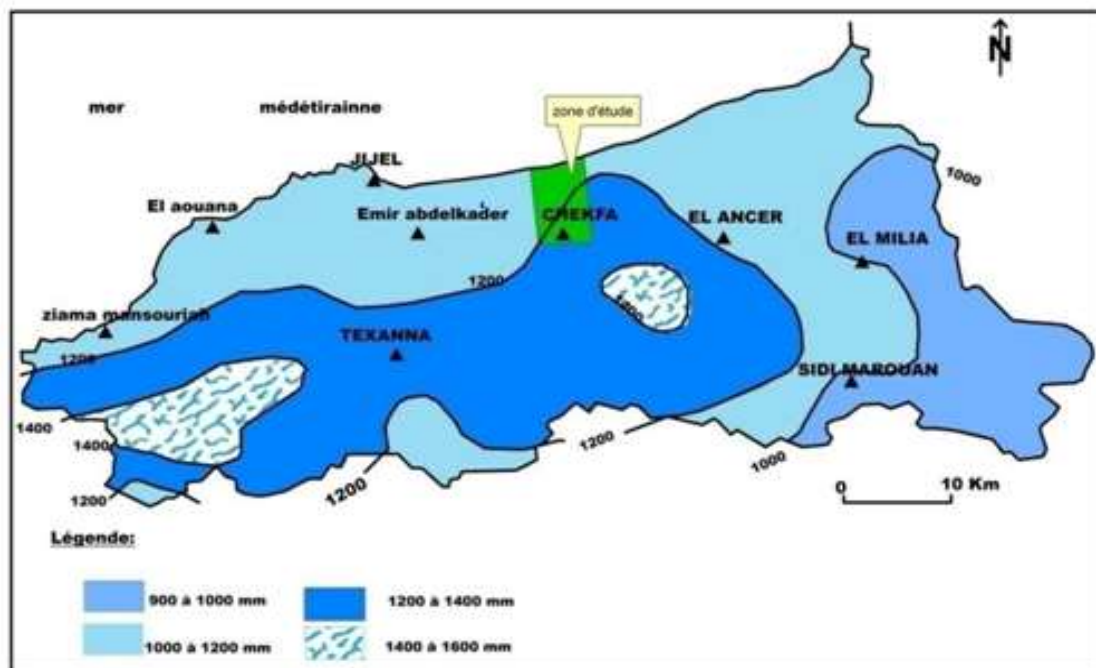


Fig.III.11. Carte pluviométrique de la wilaya de Jijel (ANRH, 1993).

III.2.1.1. Variation des précipitations moyennes mensuelles

L'examen de la variation mensuelle des précipitations pour la période allant de 1988 à 2015 donné par le tableau (III.7) et la figure (III. 12) ou en remarque que les précipitations les plus élevées sont observées durant les mois d'hiver, avec un maximum pour le mois de décembre (185.75 mm), alors que les précipitations les plus faibles ont été enregistrées durant la période estivale, avec un minimum pour le mois de juillet (2.89 mm).

Tableau III.7. Précipitation moyenne mensuelle et saisonnières à la (station Achouat – Taher (1988 - 2015)

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Feb	Mar	Avr	Mai	Jui	juil	Aou	Année
P (mm)	63,79	93,9	159,15	185,78	131,5	121,29	86,91	82,1	50,19	15,88	2,89	15,16	1008,6
Saisonniers	316,84			438,57			219,2			33,93			
	Automne			Hiver			Printemps			Été			

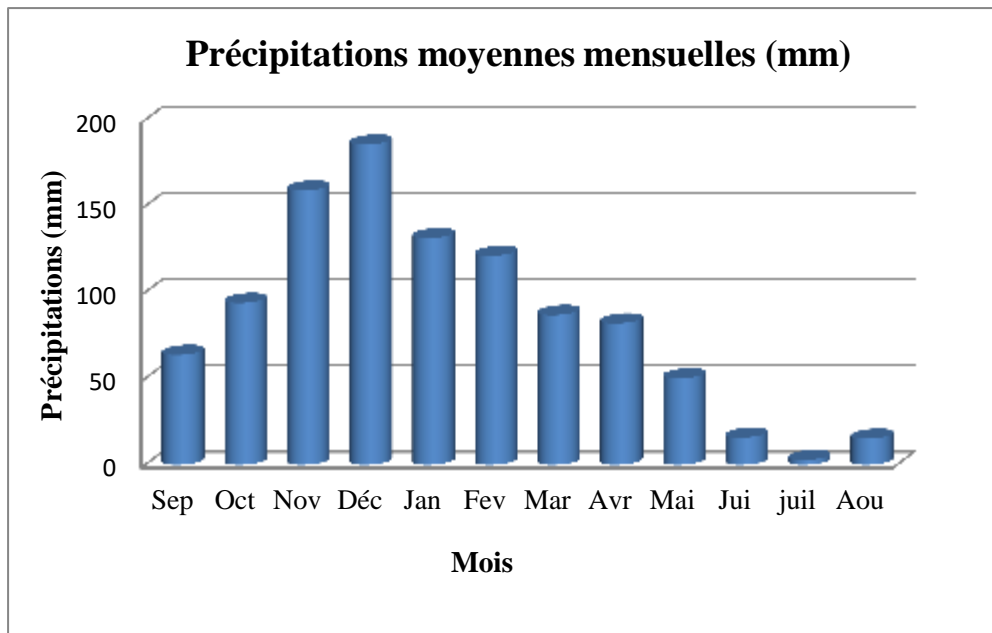


Fig.III.12. Précipitations moyennes mensuelles (station d'Achouat – Taher (1988 - 2015)

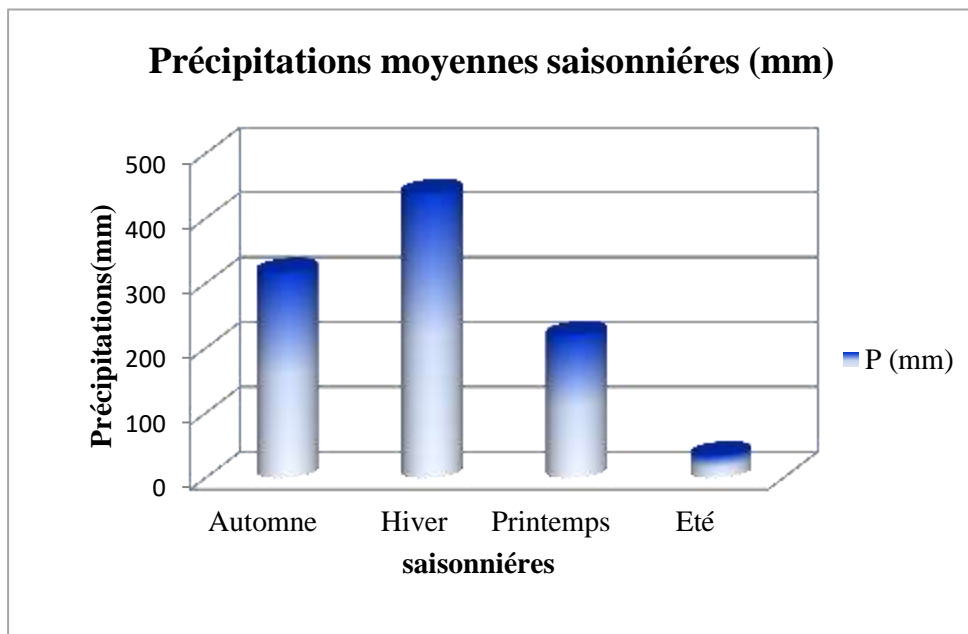


Fig.III.13. Répartition des précipitations moyennes saisonnières (Station Achouat–Taher ,1988 - 2015)

III.2.1.2. Variations des précipitations annuelles

Tableau III.8. Précipitation annuelles à la station Achouat–Taher (1988 - 2015)

Année	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Précipitations (mm)	583,2	837,36	1150,2	906,96	1192,9	867,12	949,56	730,2	1199,2	851,04
Année	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Précipitations (mm)	1150	931,56	632,04	787,56	1089,4	1194,5	1072	1090,3	831,24	1191,2
Année	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	/	/
Précipitations (mm)	775,56	1116,7	1051,2	1006,4	1290	1312,6	1006,1	1037	/	/

D'après la figure (III.14) on observe que l'année 2013 est la plus pluvieuse de notre série avec des précipitations atteignant 1312,56 mm et que l'année 2000 est la moins pluvieuse avec des précipitations de l'ordre 632,04mm.

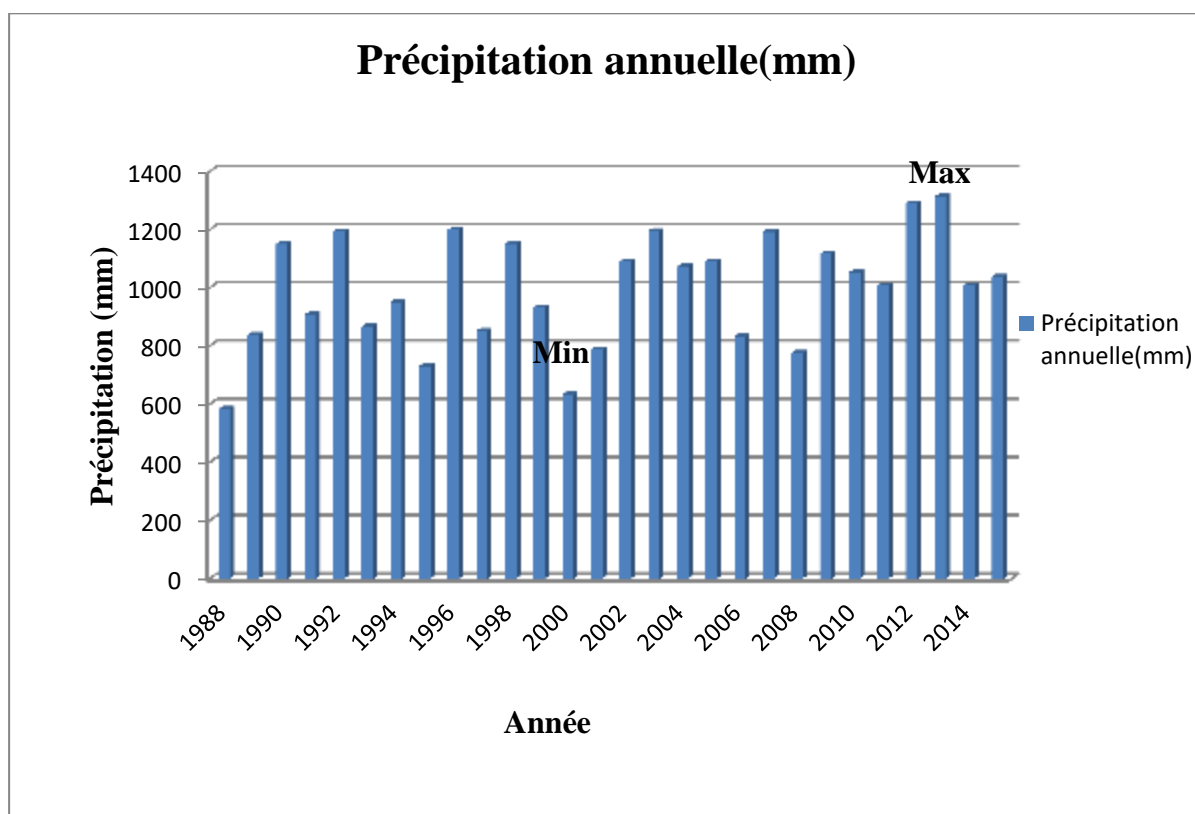


Fig.III.14. Précipitations annuelles (station d'Achouat – Taher (1988 - 2015))

III.2.2. La Température

Elle reflète l'état atmosphérique de l'air. La température à une grande influence sur le bilan Hydrologique, du fait qu'elle conditionne l'évapotranspiration qui constitue un élément fondamental du climat (Berkane, 2011). La température varie en fonction de l'altitude, de la distance à la mer et de la position topographique (ONM, 2013).

III.2.2.1. Variation des températures moyennes mensuelles

Les données observées pendant une période de 27 ans (1988-2015) à la station d'Achouat –Taher, figure (III. 15) et tableau (III.9) démontre que la température moyenne la plus élevée a été enregistré au mois d'Aout avec 26.21 C° et la température la plus faible pendant le mois de janvier avec 11.58 C°.

Tableau III.9. Température moyenne mensuelle à la station d'Achouat–Taher (1988 - 2015)

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	juil	Aou	Moyenne
Température moyenne mensuelles(C°)	23,67	20,51	16,01	12,73	11,58	11,7	13,62	15,62	18,43	22,55	25,38	26,21	18,17

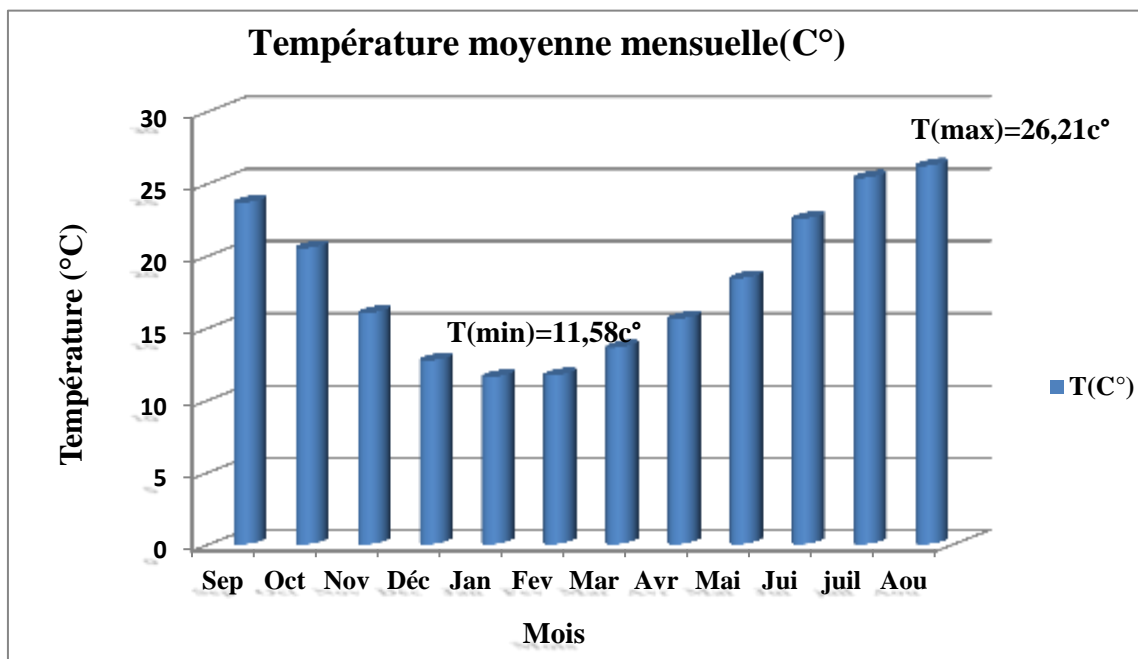


Fig.III.15. Température moyennes mensuelles (station d'Achouat – Taher (1988 – 2015)

III.2.2.2. Variation des températures moyennes annuelles

Le graphique de variation des températures moyennes annuelles, tableau (III.10) et figure (III.16) pour la période considérée (1988-2015), montre que les variations des valeurs des températures sont peu importantes et relativement stables. On note que l'année la plus froide est celle de 1991-1992 avec une moyenne de température de 16,06 °C, et la plus chaude est celle de 2014-2015 avec une moyenne de 19,35 °C

Tableau III. 10. : Température moyenne annuelle à la station d'Achouat – Taher (1988 - 2015)

Année	Température moyenne annuelle(C°)
1988-1989	17,48
1989-1990	18,08
1990-1991	17,38
1991-1992	16,06
1992-1993	17,17
1993-1994	17,98
1994-1995	18,84
1995-1996	18,38
1996-1997	18,13
1997-1998	18,32
1998-1999	17,88
1999-2000	18,33
2000-2001	18,33
2001-2002	17,76
2002-2003	18,74
2003-2004	18,98
2004-2005	17,93
2005-2006	18,51
2006-2007	18,51
2007-2008	17,9
2008-2009	18,51
2009-2010	18,53
2010-2011	18,88
2011-2012	18,65
2012-2013	18,59
2013-2014	18,80
2014-2015	19,35

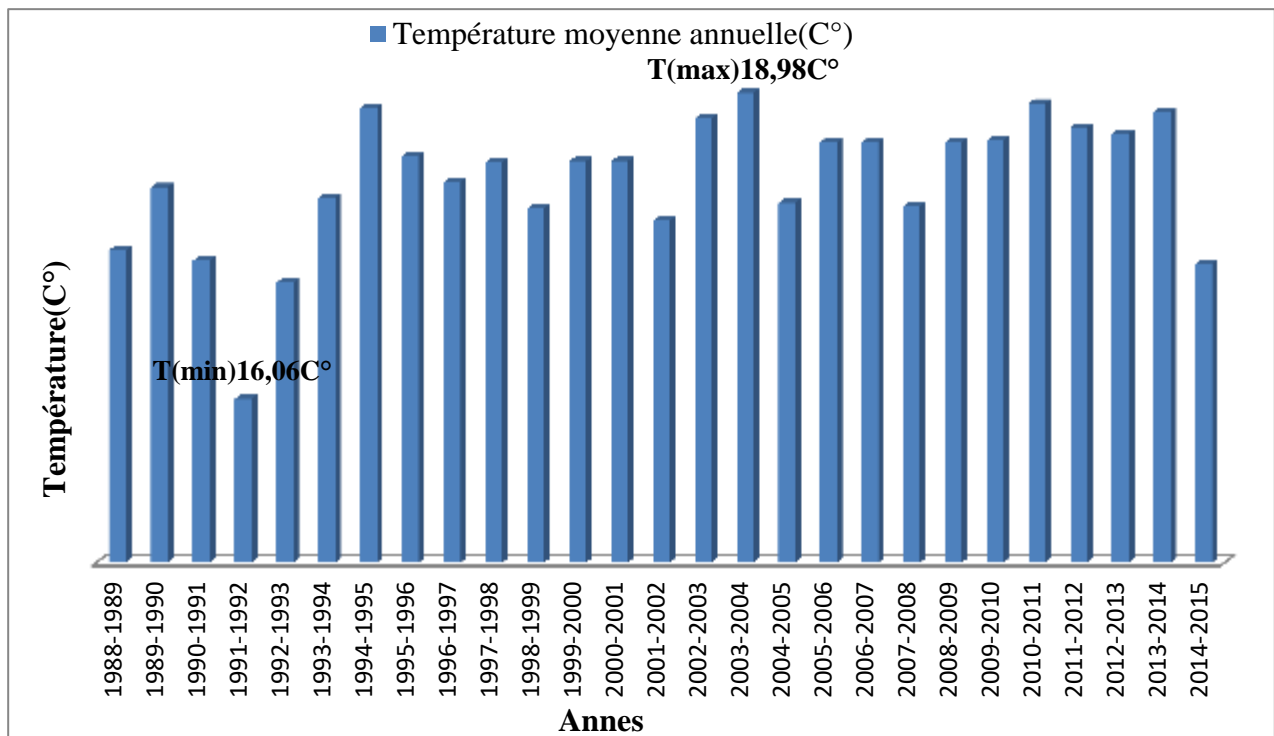


Fig.III.16. Températures moyennes annuelles à la station d'Achouat Taher (1988 - 2015)

III.3. Le Diagramme Ombro-thermique de Gausson

Le diagramme Ombro-thermique est un mode de représentation classique du climat d’une Région (Dajoz, 2006). Il met en évidence les régimes thermiques et pluviométriques d’un site donné (Houachine, 2011).

Pour ce diagramme, les mois de l’année sont représentés sur l’axe des abscisse, il regroupe en même temps la courbe des température (T) représentée en ordonnées à droite en (°C) selon une échelle moitié de celle des précipitations (P) représentée à gauche en (mm), (P=2T) (Dajoz, 1996).

Tableau III. 11. : Précipitation en fonction de la température (station Achouat - Taher (1989 - 2015)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dés
P (mm)	131,53	121,29	86,91	82,11	50,19	15,88	2,89	15,16	63,79	93,9	159,2	185,8
2T(C°)	23,16	23,4	27,24	31,24	36,86	45,1	50,76	42,42	47,34	41,08	32,02	25,46

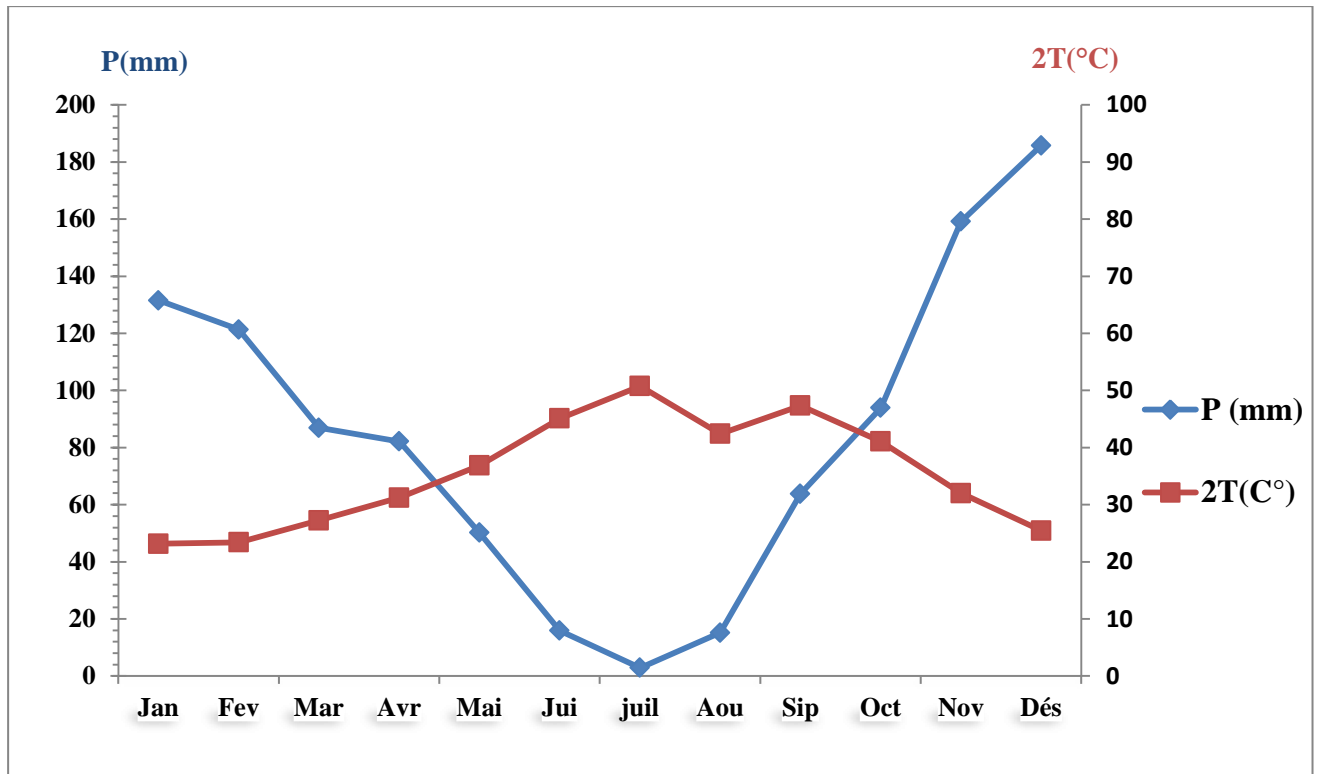


Fig. III.17. Diagramme Ombro-thermique à la station d'Achouat-Taher
(1989-2015)

• Interprétation sur le diagramme ombro-thermique

Selon le diagramme ombro-thermique constat que la période humide s'étale de début de septembre jusqu'à le mois de mai

III.4. Bilan hydrologique

Le cycle de l'eau peut être analysé schématiquement selon les trois éléments suivants :

- ✓ Les précipitations,
- ✓ Le ruissellement ou écoulement de surface et l'écoulement souterrain,
- ✓ L'évaporation.

Dans chacune des phases on retrouve respectivement un transport d'eau, un emmagasinement

Temporaire et parfois un changement d'état.

L'estimation des quantités d'eau passant par chacune des étapes du cycle hydrologique peut donc se faire à l'aide d'une équation de bilan appelée "Bilan hydrologique" qui représente les quantités d'eau entrant et sortant d'un système défini dans l'espace (entité naturelle en générale) et dans le temps, à savoir l'année hydrologique (période d'une année très souvent différente de l'année civile).

L'équation du bilan hydrique se fonde sur l'équation de continuité et peut s'exprimer comme suit, pour une période et un espace donnés :

$$P = ETR + R + I + W$$

Avec:

- **P** : précipitations (liquide et solide) (mm).
- **ETR** : évapotranspiration réelle en (mm).
- **R** : ruissellement de surface et écoulements souterrains (mm). **I** : l'infiltration en (mm).
- **W** : variation des réserves en mm qui peut être considéré comme négligeable.

III.4.1. Calcul de l'évapotranspiration

Elle a pour but de quantifier les pertes en eau par retour à l'atmosphère sous forme de vapeur d'eau, ces pertes peuvent représenter l'évapotranspiration des eaux de surface, du sous-sol et par transpiration des végétaux.

Faute d'appareils de mesure, il existe des formules d'approximation qui traduisent le phénomène sous forme analytique, parmi lesquelles on cite la formule de Thornthwaite (1948).

A) Calcul de l'évapotranspiration potentiel (ETP)

Partant d'expériences réalisées sur divers climats (subhumide-humide), Thornthwaite, propose la formule suivante pour le calcul de l'ETP :

$$ETP = 16 [10T / I]^a$$

Avec :

- $I = \sum_{i=1}^{12} i$
- $i = \left(\frac{T}{5}\right)^{1,514}$
- $a = 0,016 * I + 0,5$
- $ETP_c = ETP * K$

ETP : évapotranspiration potentielle non corrigée (mm).

T : température annuelle moyenne (C°).

I : indice thermique annuel.

i : indice thermique mensuel.

a : exposant. Climatique (fonction de la durée du jour).

ETP_c: évapotranspiration potentielle corrigée (mm).

K: facteur de correction.

Tableau III.12. : Calcul l'ETP par la formule de Thornthwaite.

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
p (mm)	63,79	93,9	159,15	185,75	131,53	121,29	86,91	82,11	50,19	15,88	2,89	15,16
T (C°)	23,67	20,51	16,01	12,73	11,58	11,7	13,62	15,62	18,43	22,55	25,38	26,21
I	10,53	8,47	5,83	4,12	3,57	3,62	4,56	5,61	7,2	9,78	11,7	12,28
I	87,27	87,27	87,27	87,27	87,27	87,27	87,27	87,27	87,27	87,27	87,27	87,27
ETP	106,14	80,86	50,59	32,75	27,36	27,91	37,22	48,25	66,01	96,8	121,12	128,78
K	1,03	0,97	0,86	0,84	0,87	0,85	1,03	1,1	1,21	1,22	1,24	1,16
ETPc (mm)	109,32	78,43	43,51	27,51	23,81	23,73	38,34	53,07	79,87	118,09	150,19	149,38

N.B : P (mm) indique les précipitations moyennes mensuelles mesurées à la station d'Achouat-Taher (1998- 2015).

B) Evapotranspiration réelle (ETR) ou déficit d'écoulement (De)

L'ETR ou déficit d'écoulement (De) c'est la quantité d'eau évaporée par le sol et la végétation et les surfaces d'eau libre, pour calculé l'ETR plusieurs formules sont utilisées.

❖ Formule de Turc

La formule de Turc et déduite d'observation faites sur de nombreux bassins et applicable à tous les climats, elle fait intervenir les hauteurs des précipitations moyennes annuelles et la température moyenne annuelle. Cette formule s'écrit :

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0,9 + P^2/L^3}}$$

$$\text{Avec : } L = 300 + 25T + 0,05T^3$$

Ou :

- **ETR** : désigne l'évapotranspiration réelle, exprimée en (mm).
- **P** : désigne la précipitation moyenne annuelle, exprimée en (mm).
- **L** : pouvoir évaporant de l'atmosphère.
- **T** : température moyenne annuelle, exprimée en (C°).

Tableau III.13. Calcul de l'après Turc

Paramètres	P	T	L	ETR
Station Achouat (1988 - 2015)	1008,6	18,17	1054,2	715,32

III.4.2. Calcul du bilan hydrologique par la méthode de Thornthwaite

D'après Thornthwaite, un bilan hydrologique mensuel peut être établi avec l'intégration des précipitations et de l'évaporation potentielle (ETP).

Cette méthode permet l'estimation de chaque mois des paramètres suivants :

- L'évapotranspiration réelle (ETR).
- La réserve facilement utilisable (RFU).
- Le déficit agricole (Da), $[Da = ETP - (P + RFU)]$.
- L'excédent (water surplus «Wa»).

Le principe de calcul est basé sur les cas suivants:

- Si $P > ETP$ \longrightarrow $ETP = ETR$, la quantité $(P - ETP)$ alimente la RFU jusqu'au maximum.
- Si $P < ETP$ \longrightarrow $ETR = P$ + toute une partie de la RFU jusqu'à égaliser la valeur de l'ETP.

Si malgré l'apport de la RFU, l'ETR est toujours inférieure à l'ETP ($ETP < ETR$), il existe un Déficit agricole $Da = ETP - ETR$.

- Si $P = ETR$, les précipitations sont justes suffisantes pour alimenter le sol. Il n'y aura de «Wa» pour alimenter la RFU.

On commence le calcul du bilan par le mois de septembre où on considère que le RFU est nul pour notre cas on prend la RFU maximum égal à 100 mm.

Tableau III.14. Bilan hydrique selon Thornthwaite a la station d'Achouat-Taher (Période 1988 - 2015)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Année
P (mm)	63,79	93,9	159,15	185,78	131,53	121,29	86,91	82,11	50,19	15,88	2,89	15,16	1008,6
ETPc (mm)	109,32	78,43	43,51	27,51	23,81	23,73	38,34	53,07	79,87	118,09	150,19	149,38	895,25
P-ETPc	-45,53	15,46	115,64	158,27	107,73	97,57	48,57	29,04	-29,67	-102,21	-147,3	-134,2	/
ETR	63,79	78,43	43,51	27,51	23,81	23,73	38,34	53,07	79,87	86,20	2,89	15,16	536,81
Déficit (Da)	45,53	0	0	0	0	0	0	0	0	31,89	147,3	133,72	358,44
Excédent	0	0	31,11	158,27	107,73	97,57	48,57	29,04	0	0	0	0	/
RFU	0	15,47	100	100	100	100	100	100	70,32	0	0	0	/

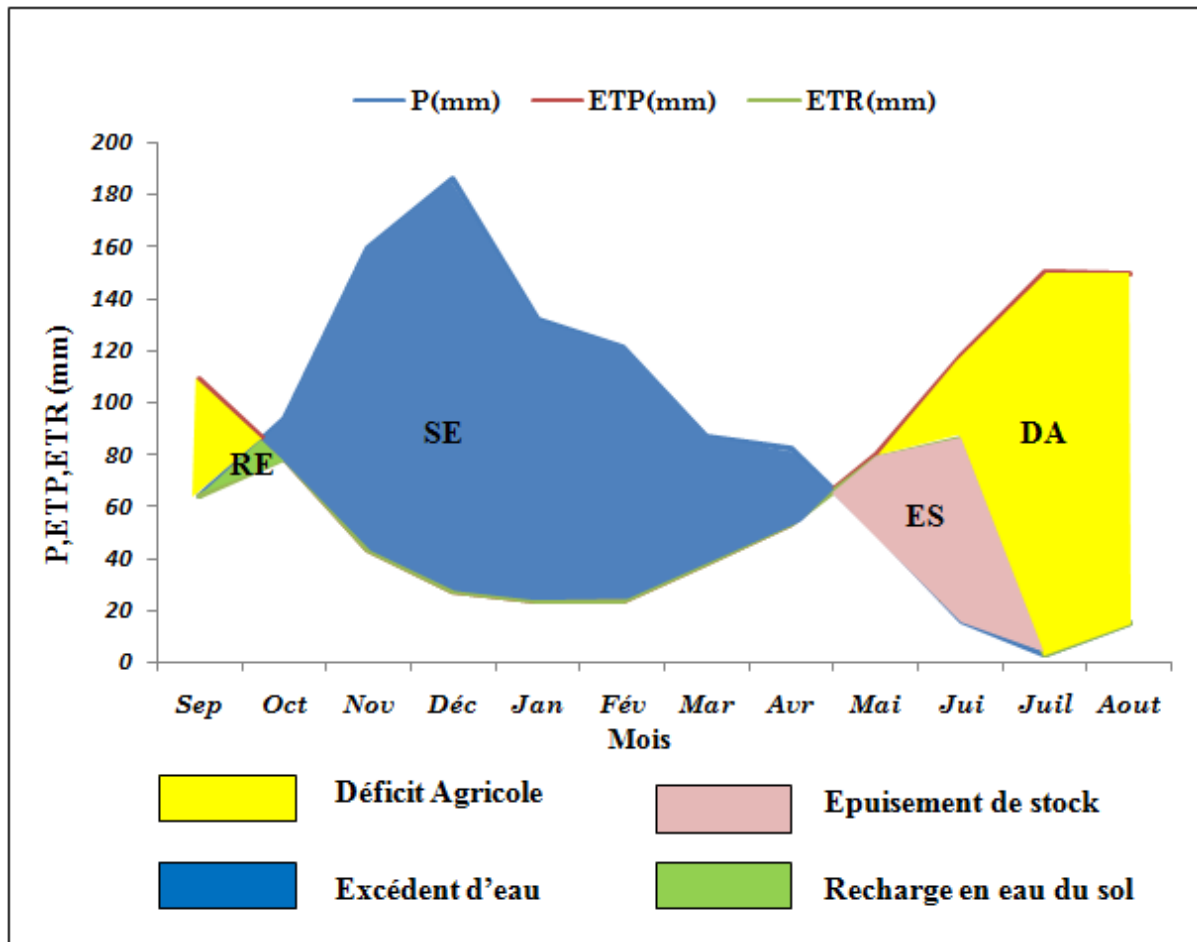


Fig.III.18. Représentation graphique du bilan hydrique station Achouat-Taher (1988-2015)

• **Interprétation du bilan hydrique**

L’observation des données résumées dans le tableau III.14 précédent, les résultats Suiuantes :

-Les précipitations atteignent leur maximum leur au mois de Décembre (185,78mm) station Ferhat Abbas(station d'Achouat-Taher), période durant laquelle l’évapotranspiration potentielle (ETP) atteint son minimum au mois de Février (23,73mm) station d'Achouat-Taher.

-L’évapotranspiration potentielle (ETP) atteint son maximum (150,19) au mois de Juillet station d'Achouat-Taher.

-La quantité importante des précipitations joue un rôle important dans l’accélération des mouvements de terrain.

-L’infiltration est très importante .elle est de l’ordre 160 mm (station d'Achouat-Taher) d’où l’importance de son rôle dans l’instabilité de la zone étudiée.

Que ce soit par l’alimentation des nappes ou par gonflement des sols fins imperméables .on n’oublie pas le rôle du ruissellement, surtout en cas de forte crue.

Les facteurs hydrologique et jouent un rôle important dans la dynamique des zones instables de la région d'étude.

III.4.3. Détermination du ruissellement et de l'infiltration

- **Le ruissellement**

Ce paramètre joue un rôle très important sur le bilan hydrologique. Le ruissellement Superficiel est estimé à partir de la formule de Tixeront-Berkaloff :

Si : $P < 600 \text{ mm}$

$$R = P^3 / 3(ETP)^2$$

Cette formule est applicable seulement lorsque la précipitation annuelle est inférieure à 600 mm. Dans notre cas les précipitations annuelle est égale 1008,6 mm, ce qui implique que cette formule on ne peut pas l'utilisée, donc en utilise la formule de Numenchuk suivante :

$$R = P^3 / 3$$

Avec :

R : ruissellement en mm,

P : précipitations moyennes annuelles égale 1008,6mm

Donc : $R = \frac{(1,0086)^3}{3}$

$$R = 0,342m \rightarrow 342mm$$

$$R\% = \frac{R(mm) \cdot 100}{P} \Rightarrow R\% = \frac{342 \cdot 100}{1008,6} \Rightarrow R\% = 33,91\%$$

- **L'infiltration**

Ce paramètre est aussi important du point de vue hydrologique, pour l'estimer on la formule suivante:

$$P = ETR + R + I \Rightarrow I = P - (ETR + R)$$

- **L'application de la Station d'Achouat (période 1988 - 2015) :**

$$I = 1008,6 - (506,64 + 342) = 1008,6 - (848,64) = 159,96 \text{ mm.}$$

$$I = 159,96 \text{ mm}$$

$$I\% = \frac{I(mm) \cdot 100}{P} \Rightarrow I\% = \frac{159,96 \cdot 100}{1008,6} \Rightarrow I\% = 15,86\%$$

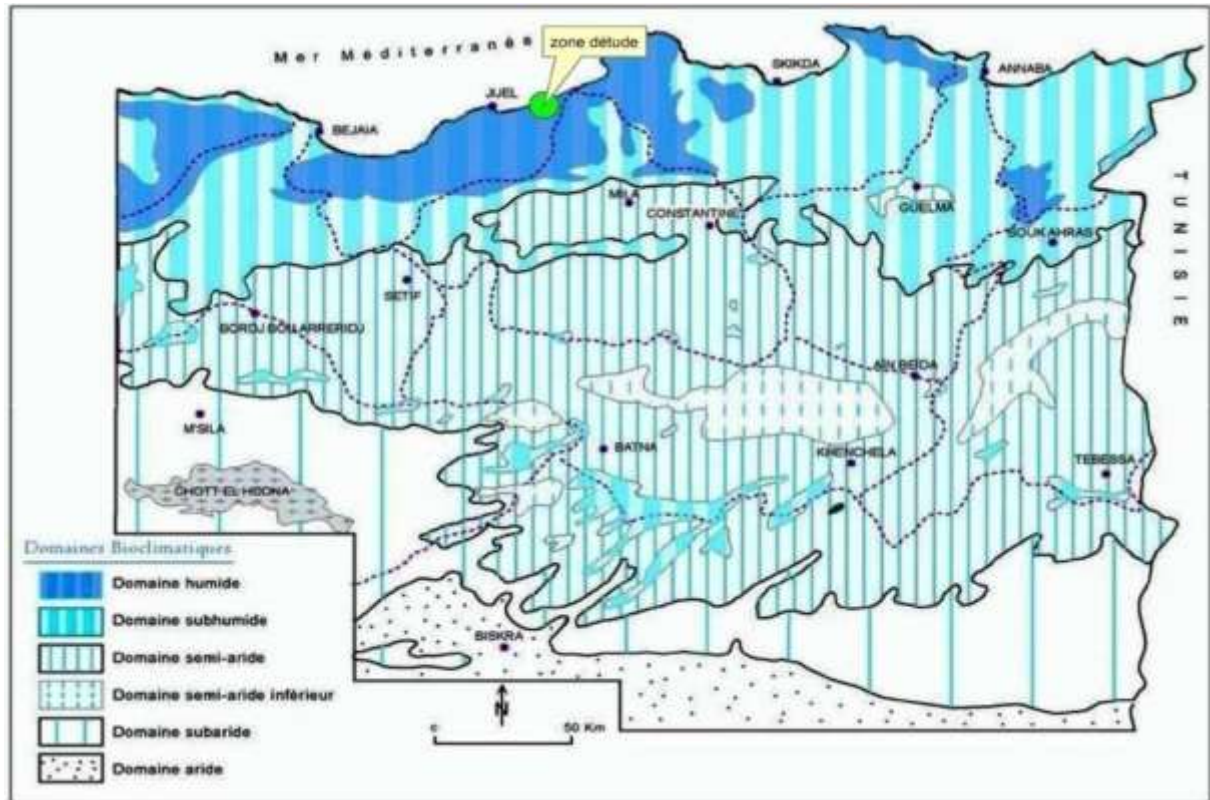


Fig.III.19.Carte simplifiée des zones bioclimatiques de l'Est algérien (Côte, 1998 in Bazri, 2015)

III.5.Hydrologie

Les apports et le comportement hydrologiques des cours d'eau sont la résultante l'interaction complexe des facteurs climatiques et physiographique.

Notre site d'étude la commune de Chekfa, se située dans le bassin des côtiers constantinois).

La densité de drainage, introduite par Horton, et la longueur totale du réseau hydrographique par unité de surface du bassin versant de (oued Nil, oued Chekfa, oued Sa'ayyoud) et $0.21\text{km}/\text{km}^2$ donc la zone d'étude caractérisé par une faible densité.

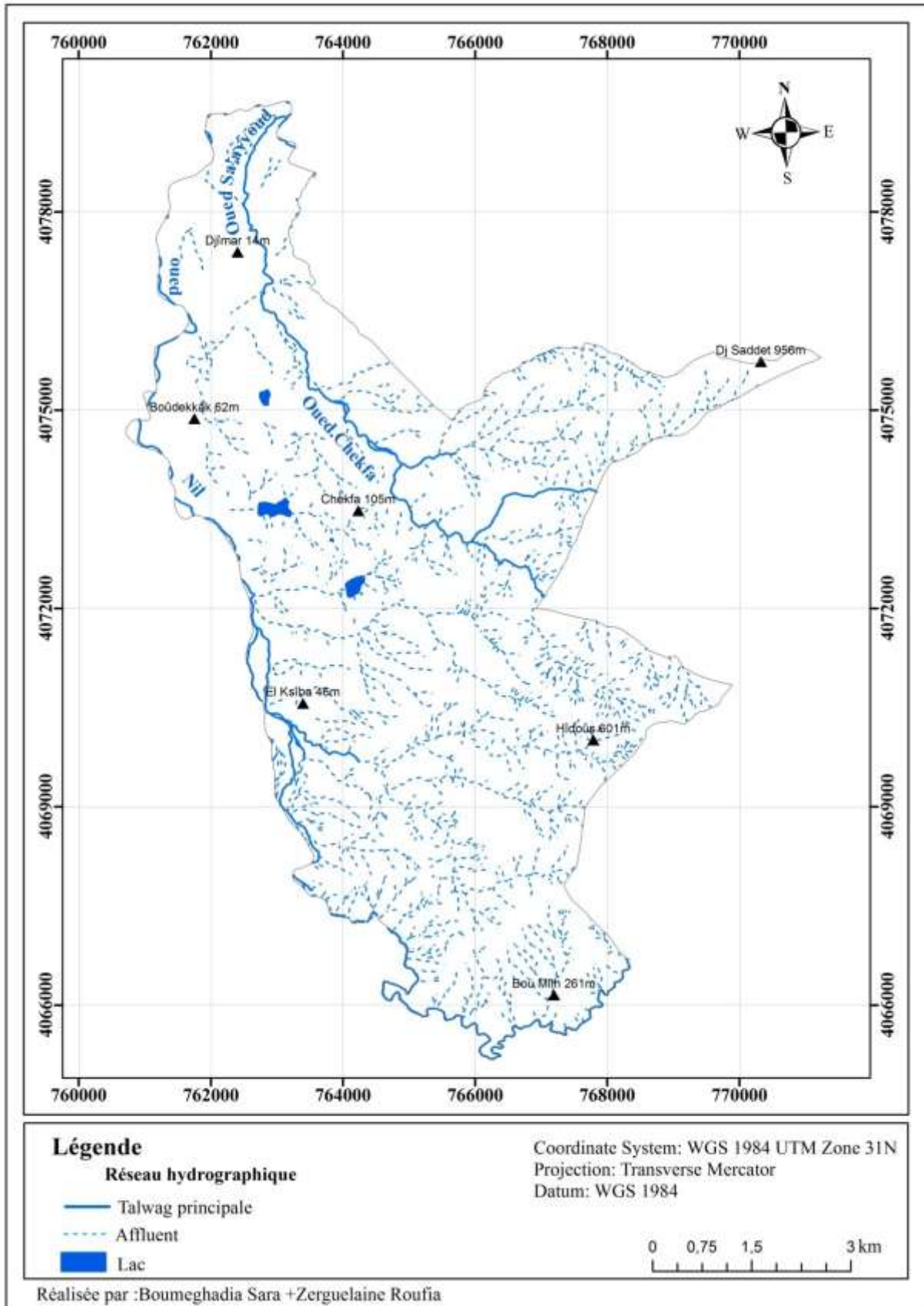


Fig.III.20. Commune de Chekfa : réseaux hydrographiques (carte topographique de Jijel)

La zone d'étude, est drainé par plusieurs cours d'eau importantes qui ruissellent généralement du Sud vers le Nord et se déversent dans la mer.

III.6.Conclusion

Généralement les paramètres climatiques et hydrologiques de la zone d'étude jouent un rôle fondamental dans la genèse et le déclenchement des mouvements de masse notamment les glissements de terrain.

A partir de cette étude hydro climatologique du bassin versant de (oued Nil, oued Chekfa, oued Sa'ayyoud) on peut conclure que notre région d'étude est caractérisée par un climat méditerranéen, avec un hiver doux et un été sec.

Les précipitations moyennes annuelles sont de 1008,6 mm. Alors que la moyenne annuelle de la température est de l'ordre de 18,17 C° pour la période allant de (1988 - 2015) à la station d'Achouat - Taher.

Le bilan hydrique de cette zone d'étude montre que :

- _ L'évapotranspiration potentielle calculée par la méthode de Thornthwaite est de 895,26 mm. L'évapotranspiration réelle selon Thornthwaite est de 536,81mm
- _ Le déficit agricole selon la méthode de Thornthwaite est de l'ordre de 358,44mm, qui correspond à 35.54 % des précipitations moyennes annuelles.
- _ Le ruissellement obtenu est de 342 mm soit 33.90 %.
- _ L'infiltration calculée est de l'ordre de 230,29mm, cette dernière est relativement faible est présente un pourcentage de l'ordre de 22.83 % des précipitations moyenne annuelles.

-2^{eme} Partie-

**Evaluation du risque GT par
l'application des systèmes
d'informations
géographiques**

Chapitre -IV-
Méthodologie et outil
d'analyse et de géotraitement

IV.1. Introduction

Loin d'être considérées comme des outils permettant une production cartographique variée, les systèmes d'informations géographiques (SIG) est essentiellement un ensemble de matériels et de logiciels donnant accès à l'intégration et l'analyse spatiale des données multi-sources. Ils sont considérés, de ce fait, comme d'excellents outils de prise de décision (Mellerowics, K, T et al. 1994).

Afin de contribuer à une meilleure gestion du risque glissement de terrain dans la zone d'étude, la méthodologie adoptée dans cette étude est basé sur l'approche multifactorielle SIG.

La réalisation d'un modèle cartographique de l'aire d'étude à l'aide d'un SIG consiste à localiser l'aléa ainsi les zones de forte potentialité glissement de terrain. La thématique permet aussi de présenter des outils d'analyses pour la géo localisation de l'aléa glissement de terrain à l'échelle locale.

IV.2. Le système d'information géographique (SIG)

❖ Définition

L'information est dite géographique lorsqu'elle se rapporte à un ou plusieurs lieux de la surface du globe terrestre, cette information possède la caractéristique d'être localisée, repérées ou géocodée.

Un SIG est un système d'information géographique de nombreuses définitions.

- Un ensemble de procédures utilisées conserver et traiter de l'information a référence géographique. (Aronoff1989)
- Un ensemble puissant d'outils pour saisir, conserver, extraire, transmettre et afficher les données spatiales décrivant le monde réel. (Burroughs1986)
- Une structure institutionnelle qui utilise la technologie des SIG pour gérer une banque de données et exercer son mandat spécifique avec un financement stable et continu. (Carter1989).

IV.3. Matériels et données utilisés

L'application des systèmes d'informations géographiques pour la détermination et la cartographie du glissement de terrain dans la commune de Chekfa, implique l'utilisation de certains outils.

Les données utilisées :

- une carte topographique au 1 :25 000 de la région, avec une équidistance des courbes de niveau de 10 m ; cette carte a été numérisée et géo positionnée en fonction de la projection Latitude/longitude UTM (WGS 1984).

-travail de terrain, observation effectuées par GPS.

-cartographie basé sur les travaux de [D.Delga, 1955 ; Bouillin, 1977] et [Djellit, 1987].

-données climatiques (carte pluviométrique) ANRH Jijel.

Logiciels utilisés

Les logiciels utilisés sont :

➤ Arc GIS 10.2.1.

➤Easy Google Maps Downloader.

➤GEO-SLOPE (2007).

➤Le GPS utilise le système géodésique WGS 84, auquel se réfèrent les coordonnées calculées grâce au système.

IV.4.Méthode d'analyse spatiale

L'étude du risque de glissement de terrain dans la zone d'étude impose une conception et une bonne compréhension des différents paramètres notamment ; la morphologie du site, la lithologie et l'occupation des sols.

Dans cette étude, la démarche scientifique repose sur le fait que, en principe, des zones ayant la même lithologie, la même pente et la même couverture végétale devraient avoir le même type de risque.

Enfin, l'approche multifactorielle utilisée dans cette étude est fondée sur l'arrangement des paramètres selon leurs degrés d'impact sur le phénomène étudié.

IV.5.Organigramme adoptée dans cette étude

D'après le schéma représenté en figureIV.23 ci-dessous, la méthodologie utilisée est basée sur trois fondements principaux :

- Structuration des données dans un logiciel SIG
- Analyse des données
- Et finalement le géotraitement et production de l'information

La démarche prend en considération trois facteurs qui influents la stabilité des sols : pente, lithologie et végétation.

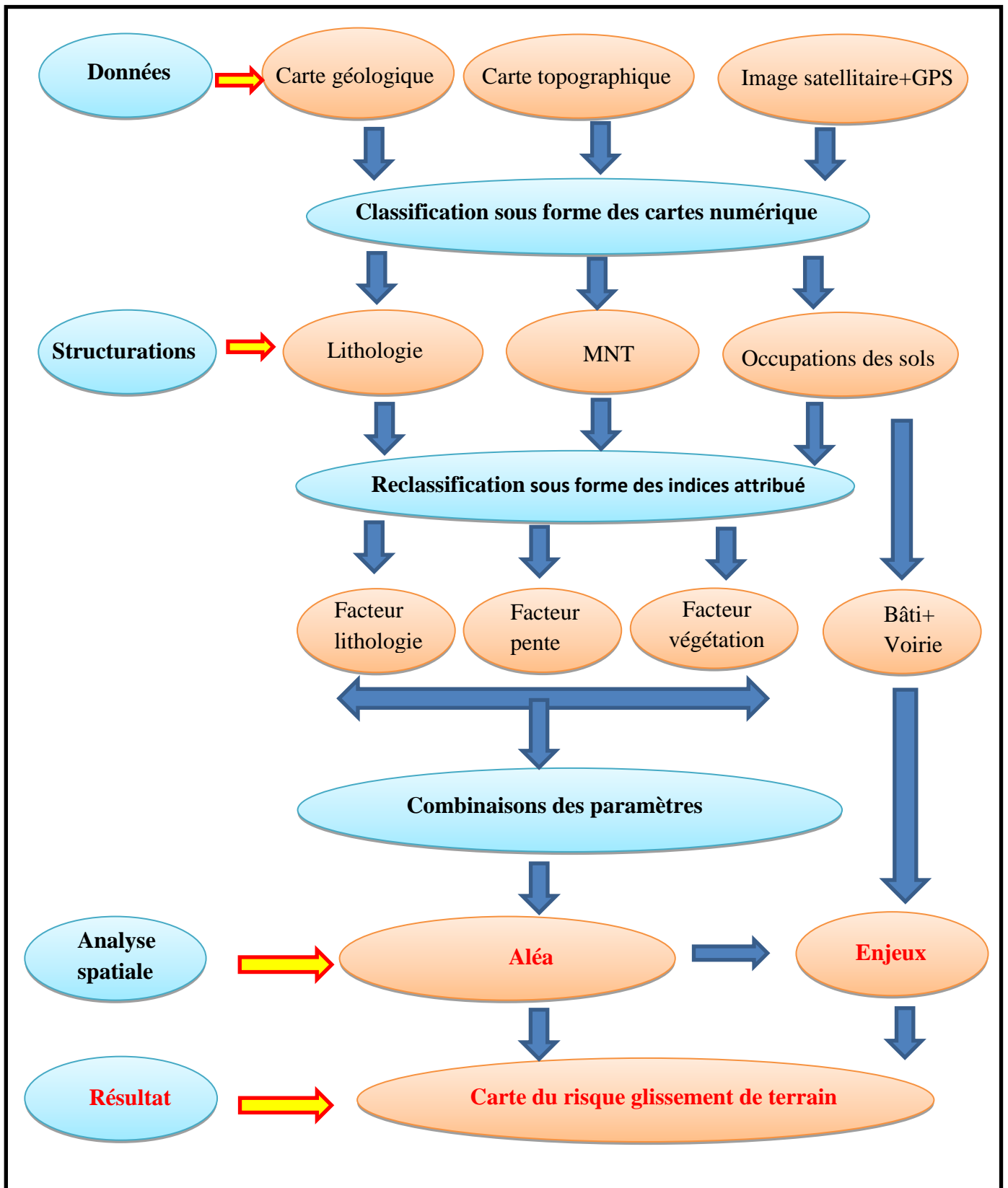


Fig. IV.21. Organigramme utilisé pour le géotraitement

L'intégration des données SIG dans le logicielle ARC GIS, a permis de définir les éléments ayant impacte sur le phénomène de glissement terrain du site étudié : pente, Lithologie, occupation des sols.

IV.6. Les paramètres aléas glissement de terrain

IV.6.1. Facteur pente

La pente a une grande influence sur le milieu physique puisqu'elle provoque largement le glissement du terrain. L'inclinaison de la pente agit directement sur la vitesse du ruissellement, accélérant le transport solide vers le bas et augmentant ainsi l'impact de l'ablation des matériaux détritiques.

En effet, la pente constitue un facteur important dans la vulnérabilité de glissement terrain. La carte des pentes réalisée à partir du modèle numérique de terrain (MNT), nous a permis d'identifier quatre classes des pentes tableau IV.16 selon la vulnérabilité du glissement terrain.

Tableau. IV.15. Répartition surfacique des pentes dans la zone étude

Pente (%)	Surface (Km)	Surface (%)
0-12(%)	21,09	33,97
12-25(%)	11,64	18,75
25-35(%)	5,93	9,55
>35(%)	23,42	37,73
Totale	62,08	100

Le tableau (IV.15) et la (fig. IV.22) montrent qu'environ 33,97% de la superficie de la zone d'étude présente une pente faible. Celle-ci se trouve presque un tiers de la zone d'étude. La zone caractérisée par des classes des pentes moyenne (12-25) s'étale sur une superficie de 11.64Km² soit 18,75% de la zone d'étude, par contre les classes des pentes fortes et très fortes avec une superficie de 5,93 Km² et 23,42Km² respectivement.

À partir de la carte des pentes en fonction de leur vulnérabilité, on constate que les pentes fortes, ce qui implique une forte vulnérabilité au phénomène glissement du terrain.

Tableau. IV.16. Classe des pentes et indices attribués

Classe des pentes	Vulnérabilités	Code attribué
12	Faible	1
12_25	Moyen	2
25 - 35	fort	3
35	Très Fort	4

L'arrangement et codification rationnelle de paramètre indicateur pente tableau IV.16 selon leur impact sur l'aléa glissement terrain a permis de définir quatre zones dans la zone en question.

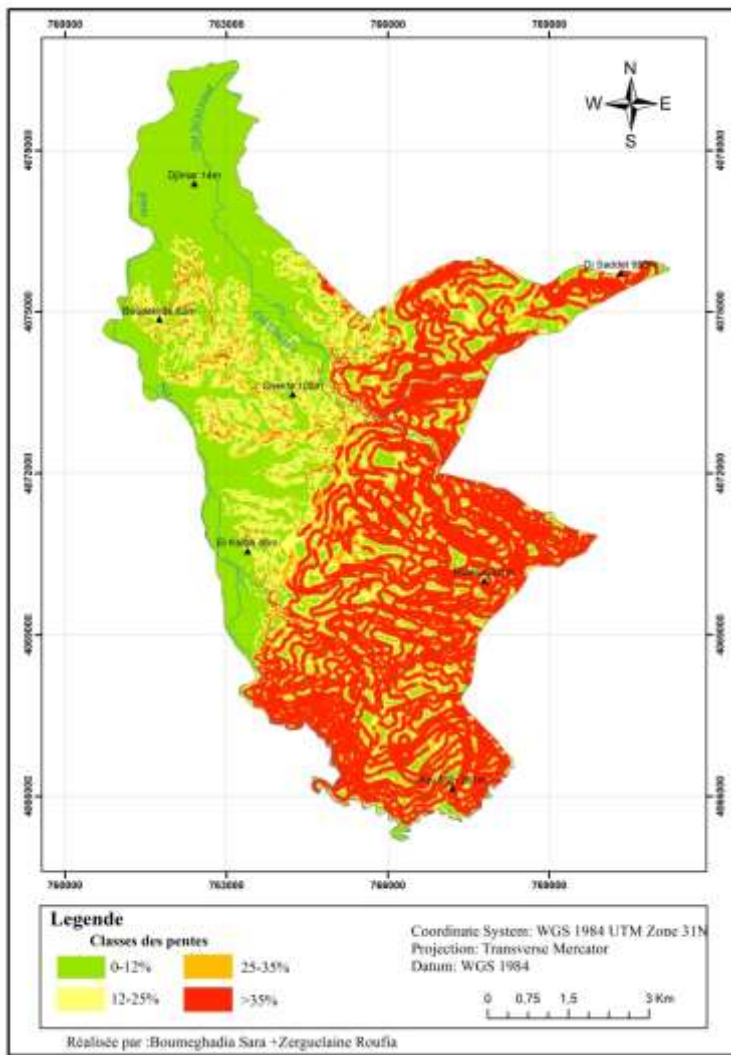


Fig. IV.22. Commune de Chekfa: Les pentes (Carte topographique)

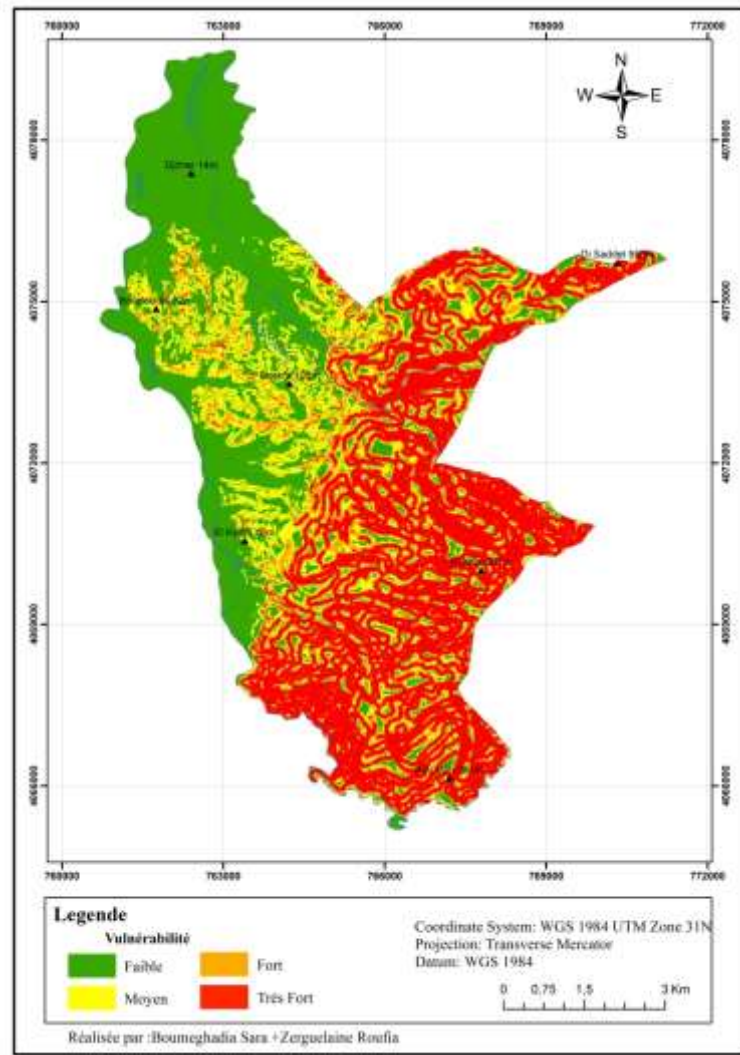


Fig. IV.23. Commune de Chekfa : Vulnérabilité pente (carte topographique)

Les zones à vulnérabilité faible et moyenne code (01) et (02) représentent une superficie de 33,97Km² et 18,75Km² respectivement, tandis que les zones marquées par des codes attribués (03) et (04) (fort et très fort) représentent 47,27% presque la moitié de la zone d'étude.

Le principe utilisé pour la spatialisation de degré d'alea de glissement terrain (selon le paramètre pente), les zones ayant la même classe des pentes exposent le même degré de vulnérabilité (pente).

IV.6.2. Facteur lithologie

La lithologie joue un rôle très important dans le glissement de terrain, elle est traduite par la carte lithologique simplifiée l'issue de la numérotation des cartes géologiques et cartographie sur le terrain.

À partir de la carte lithologique (fig. IV.24) nous avons pu estimer la friabilité des formations affleurant. On peut ainsi distinguer quatre classes des matériaux tableau IV.18 moyennes, faible, fort, très fort.

Chaque classe est assigné un indice variant entre 1 et 4.

Tableau. IV.17. Vulnérabilité glissement en fonction de paramètre lithologie et Indice attribué

Formation lithologique	Dureté	Vulnérabilité GT en fonction de – lithologie	Indice attribué	Superficie	
				Km ²	%
Socle (Calcaire cristallines Schistes granulosités)	Roche résistante	Faible	1	27,53	44,35
Conglomérat + Schistes	Roche de résistance moyenne	Moyenne	2	8,74	14,08
Alluvions	Roche de résistance Faible	Fort	3	14,07	22,66
Marne bleue	Roche meuble	Très fort	4	11,73	18,89
Total	/	/	/	62,08	100

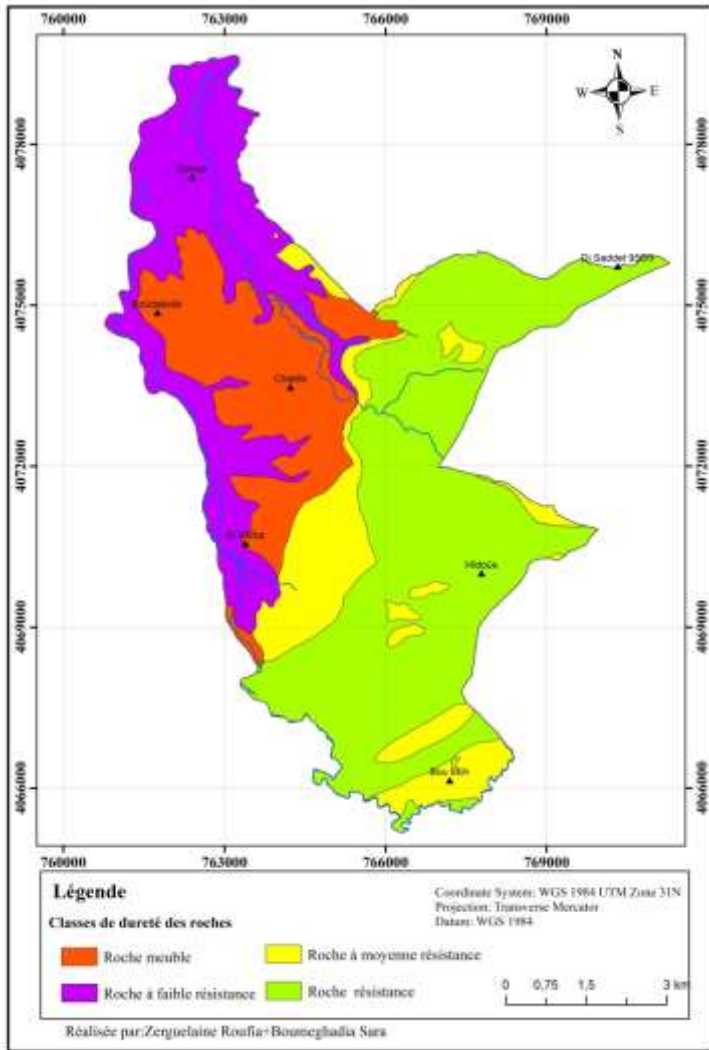


Fig. IV.24. Commune de Chekfa : Classe de dureté des roches

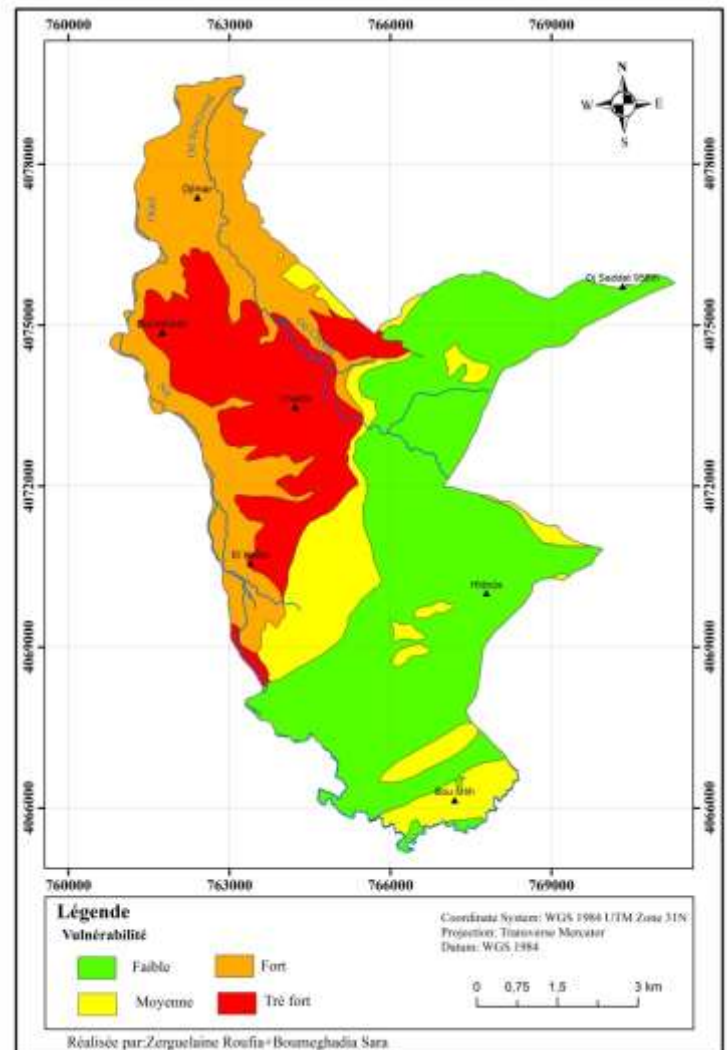


Fig. IV.25. Commune de Chekfa: Vulnérabilité lithologie

Le principe utilisé pour la spatialisé de degré d'alea de glissement de terrain (selon le paramètre lithologie), les zones ayant la même classe des pentes exposent le même degré de vulnérabilité (lithologie).

D'après les cartes ci-dessus fig. (IV.24 et IV.25) et le tableau (IV.17) on constate les zones à vulnérabilité fort et très fort marqués par des codes (03) et (04), s'étalent sur une superficie de 14,07 Km² et 11,73 Km² respectivement, tandis que la zone marquée par un code attribué (01) et (02) représentent 58,42% de la zone en question.

IV.6.3. Facteur occupation des sols

La végétation joue un rôle fondamental dans la protection du sol, elle exerce une protection mécanique directe sur l'écoulement fluviale, en diminuant la force vive des eaux et en favorisant leur infiltration.

Tableau. IV.18. Répartition surfacique, codification et vulnérabilité occupation des sols

Type d'occupations des sols	Classe occupations des sols	Indice attribué	Vulnérabilité	Surface (Km ²)	Surface (%)
Terrain nu	Terrain nu	4	Très Fort	0,97	1,56
Agriculture	Végétation faible	3	Fort	18,6	29,96
Maquis claire+ Arboriculture	Végétation moyenne	2	Moyen	24,4	39,3
Maquis dense+Forêt	Végétation dense	1	Faible	15,82	25,48
Bâtis	Bâtis	Hors codification	Bâtis	2,32	3,73
Totale	/	/	/	62,08	100%

D'après le tableau (IV.18) l'occupation des sols est constitué par des terrains agricoles avec une superficie de 18,6Km² soit 29,96% de la surface totale de la zone d'étude, le maquis dense et la forêt représente 15,82Km², l'arboriculture et maquis clairs occupe 24,4Km² soit 39,3%. Donc notre zone d'étude est occupée pour l'essentiel par un couvert végétale représente une surface moyenne de l'ordre de 59.06 km².

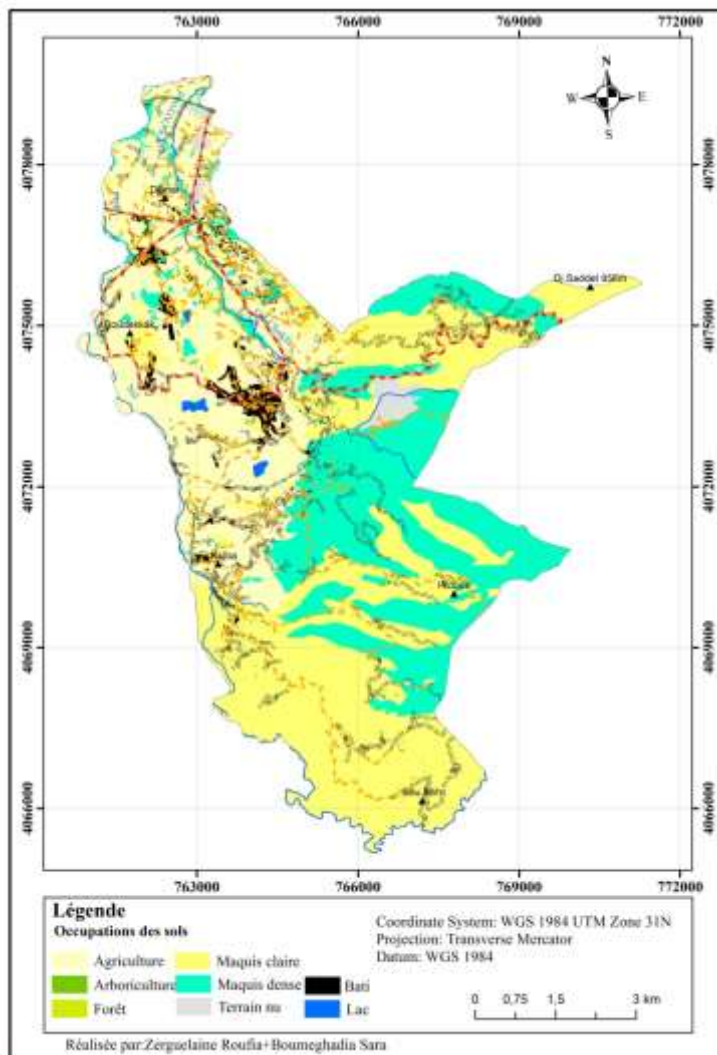


Fig. IV.26. Commune de Chekfa :
l'occupation de sol
(Image satellitaire)

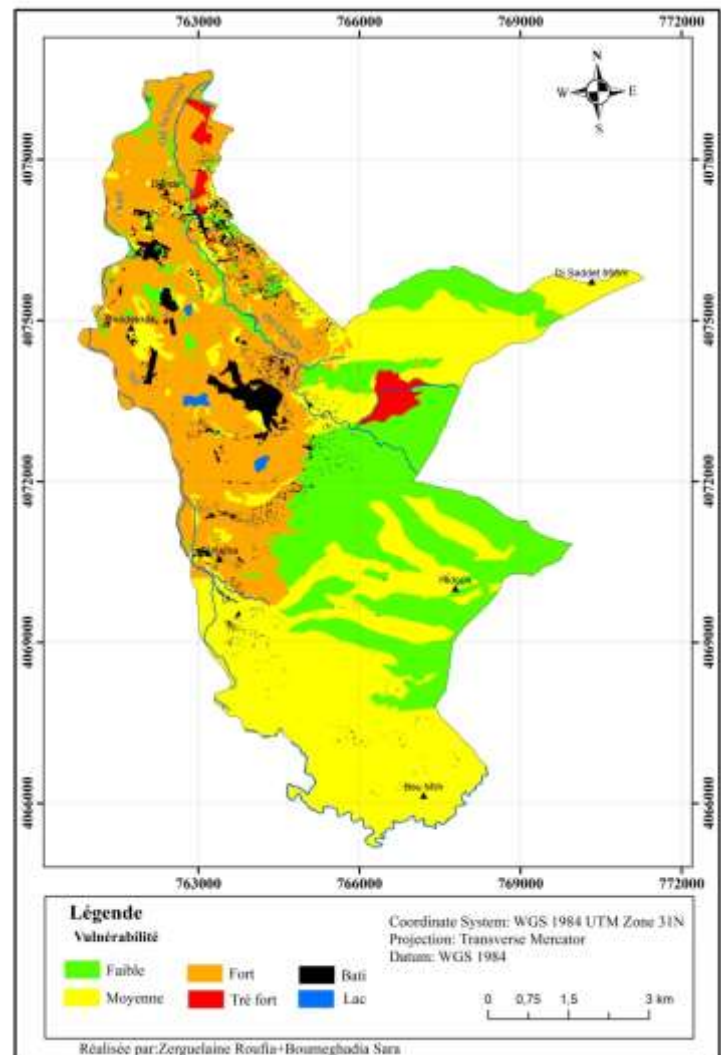


Fig. IV.27. Commune de Chekfa :
Vulnérabilité occupation de
sol (Image satellitaire)

Le principe utilisé pour la spatialisation de degré d'alea de glissement terrain (selon le paramètre occupation), les zones ayant la même classe occupation des sols exposent le même degré de vulnérabilité (occupation des sols).

Les zones à vulnérabilité fort et très fort marqués par des codes (03) et (04), s'étalent sur une superficie de 18,6Km²et 0,97 Km² respectivement, tandis que la zone marquée par un code attribué (02) (moyenne) représentent 39,3% de la zone en question, et la zone marqué par le code (01) faibles occupés une surface 15,82Km² soit 25,48% de la zone étudiée.

Les résultats de cette étude méthodologique seront présentés de manière progressive pour aboutir à la carte des vulnérabilités de la zone d'étude, certaines cartes sont issues directement de l'interprétation de l'image satellitaire, d'autre part numérisations des données existantes et enfin les cartes finales regroupent de l'intégration des données satellitaires et celles du SIG.

IV.7.Conclusion

Pour accéder aux objectifs cités dans cette étude notamment la spatialisation de degrés du risque glissement de terrain dans la commune de Chekfa, nous avons appliqué un système d'information géographique à l'aide du logiciel Arc Gis

De ce fait, notre travail est basé sur trois processus déterminants cités précédemment : pente, lithologie et, occupation des sols.

Le matériel utilisé dans cette étude est composé de données cartographiques liées à l'aléa glissement de terrain structurées sous forme des couches dans un SIG.

Chapitre -V-
Spatialisation de degré du
risque GT

V.1.Introduction

La première étape de notre étude consiste à citer les paramètres les plus représentatifs intervenant dans le phénomène de glissement de terrain tels l'inclinaison de la pente, lithologie, et l'occupation des sols exprimée par le couvert végétal.

L'utilité de notre démarche réside et s'appuie sur l'apport des paramètres sous forme des données localisables par l'exploitation d'un SIG, permettant de spatialiser et caractériser le degré de vulnérabilité de glissement de terrain dans la zone étudiée.

L'application de l'approche SIG multifactorielle nous a permis de superposer et d'analyser plusieurs facteurs tels que la pente, la lithologie et occupations des sols .la carte de risque déduite ont été ensuite confrontée à la réalité de terrain pour validation.

V.2.Combinaison pente, lithologie

La carte de la vulnérabilité au risque de glissement de terrain (vulnérabilité glissement) a été élaborée par l'interaction entre les pentes et la lithologie à l'aide de la règle de décision présentée dans le tableau(V.19).

Pour mieux présenter cette analyse des indices ont été introduits aux différentes classes au sein de chaque opération.

Tableau.V.19. Commune de Chekfa : Règle de décision d'analyse spatiale et géotraitement

Lithologie		Pente			
		(0 – 12)	(12 – 25)	(25 – 35)	>35
		1	2	3	4
Socle	1	1	1	1	1
Conglomérant	2	1	2	2	2
Alluvions	3	2	2	3	3
Marnes	4	2	3	4	4

Tableau.V.20. Commune de Chekfa : Répartition surfacique des classes d'aléa GT (union pente –lithologie)

Vulnérabilité	Code pente - lithologie	Superficie (Km ²)	Superficie (%)
Faible	1	28,46	45,84
Moyenne	2	27,96	45,04
Fort	3	4,98	8,02
Très Fort	4	0,68	1,09
Total	/	62,08	100

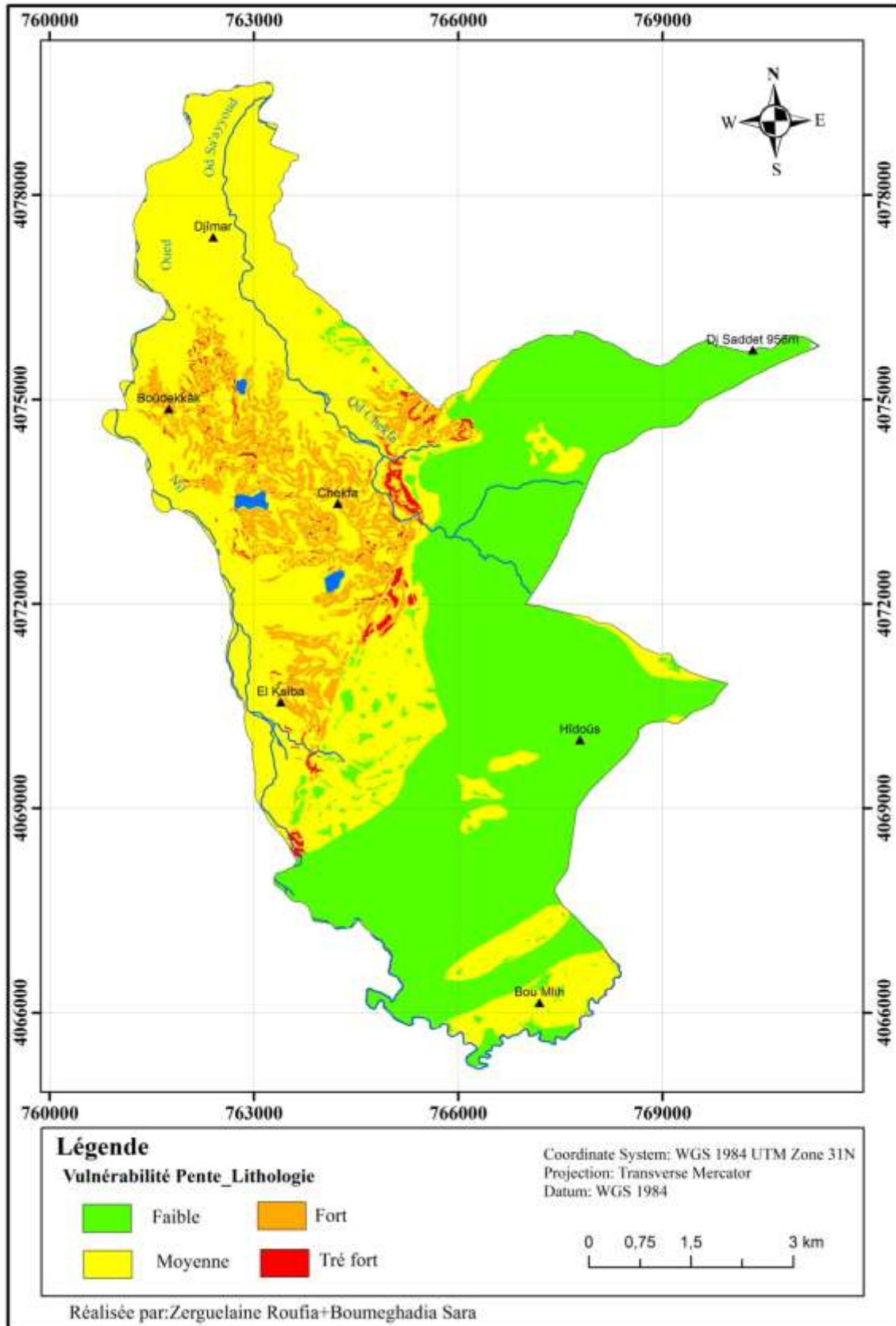


Fig. V.28. Commune de Chekfa : vulnérabilité GT combinaisons pente_lithologie

L'examen de tableau V.20 et figure V.28, montrent que la carte multifactorielle (pente, lithologie) en fonction de leur sensibilité au glissement de terrain de la commune de Chekfa, présente quatre classes :

- Classe faible : s'observe au sud-est sur les terrains durs (socle).

- La classe moyenne, elle est légèrement favorable au glissement de terrain avec 27,96km² soit 45,04% de la totalité de la zone étudiée

- Et finalement la classe forte et très forte très favorable à l'érosion (5,66 km²); elle couvre la partie Nord-est et nord-ouest du secteur étudié essentiellement sur des terrains à substratum marneux.

V.3. Combinaison pente, lithologie et végétation

L'application des règles de décision présentées dans le tableau V.21 ci-dessous a permis d'établir une carte de la vulnérabilité glissement de terrain figure V.29 pour le secteur étudié.

Tableau. V.21. Commune de Chekfa : Règle de décision du risque glissement union (pente, lithologie et végétation)

Combinaisons (pente lithologie)	Végétation			
	Maquis dense Forêt	Maquis claire + Arboriculture	Agricole	Terrain nu
	Dense	Moyenne	Faible	Terrain nu
	1	2	3	4
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	2	3	3	4
4	2	3	4	4

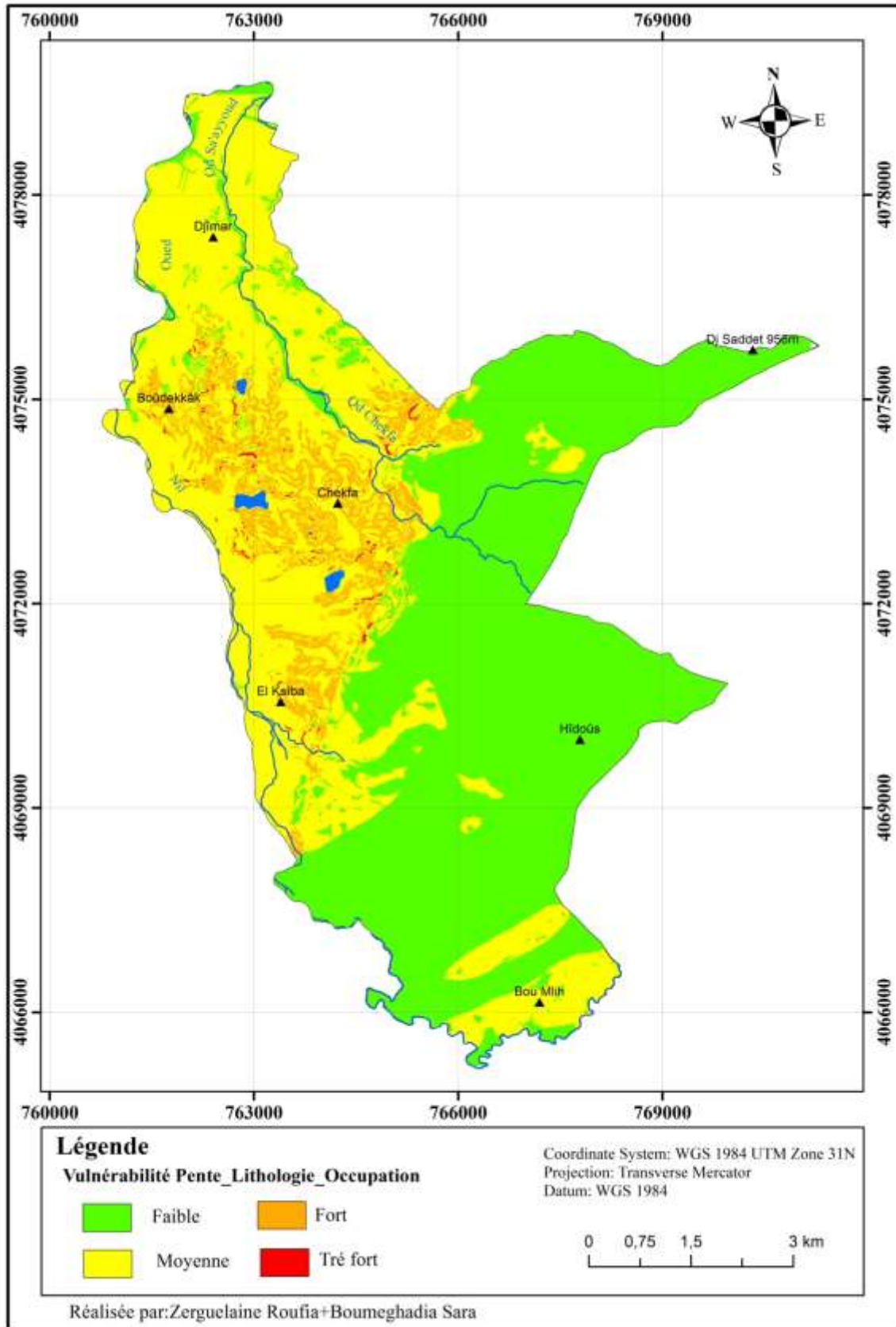


Fig. V.29. Commune de Chekfa : vulnérabilité GT combinaison Pente, lithologie et occupations des sols

Tableau.V.22.Commune de Chekfa: Répartition surfacique vulnérabilité, combinaison (pente -lithologie)- végétation

Code attribué combinaisons pente-lithologie- occupation	Vulnérabilité pente- lithologie -occupation	Superficie (km)	Superficie(%)
1	Faible	32,22	51,9
2	Moyenne	24,63	39,67
3	Fort	4,99	8,03
4	Très fort	0,24	0,38
Total	/	62,08	100

D'après le tableau.V.22 et la carte multifactorielle (combinaison pente, lithologie, et occupation des sols), figure V.29 en fonction de leur sensibilité à l'érosion on peut citer quatre zones :

- a) **zone à faible degré de vulnérabilité glissement de terrain** : elle occupe une superficie de l'ordre de 32,22km², soit 51,9%. de la surface totale. Cette zone s'observe généralement sur les formations lithologiques du socle kabyle. Elle regroupe des bandes forestières caractérisées par une végétation dense.
- b) **zone à moyenne degré de vulnérabilité glissement de terrain** : elle couvre 39,67%, et s'observe pour l'essentiel au nord et nord-ouest de la zone étudiée. Elle s'étale sur des terrains à substratum de type conglomératique.
- c) **zone à fort degré de vulnérabilité glissement de terrain** : représente 8,03% du secteur étudié. Elle s'étale sur des terrains caractérisés par des classes des pentes fortes.
- d) **La zone à très fort degré de vulnérabilité glissement de terrain** : occupe 0,38 % du secteur, et s'étale sur des terrains à substratum marneux, avec des classes des pentes fortes supérieures à 25%.

V.4.Carte de risque de la commune de Chekfa

La combinaison des cartes pente, lithologie, occupation de sol suivant la règle de décision mentionnée sur le tableau .V.22, a permis de produire une carte thématique appelée carte des risques glissement de terrain. Celle-ci comprend quatre classes faible, moyen, fort et très fort.

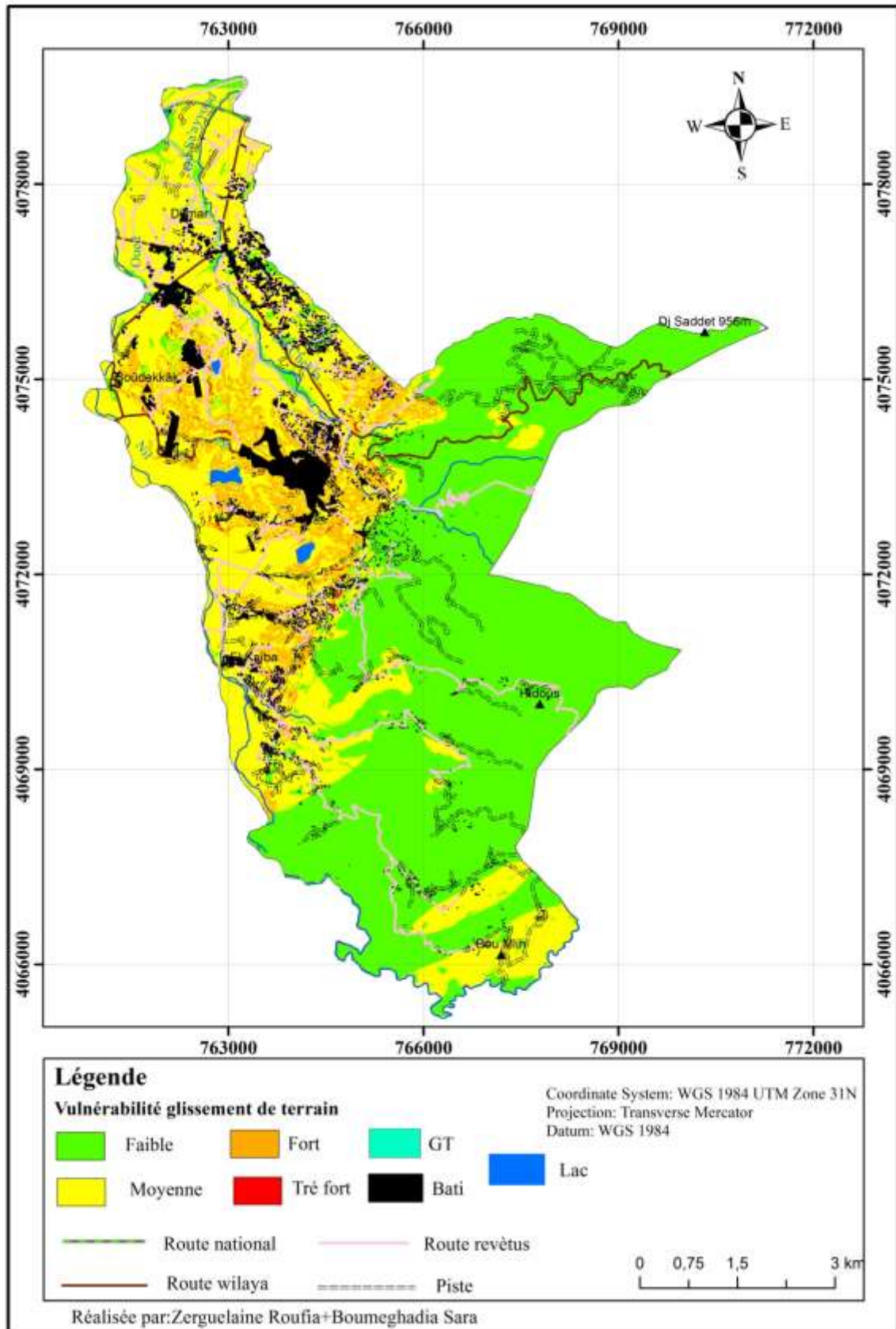


Fig. V.30. Commune de Chekfa : risque glissement de terrain

L'application du SIG (Arc GIG) a permis d'établir une carte de risque général glissement de terrain de la commune Chekfa. Cette carte renferme les différentes zones exposées aux risques glissement terrain à potentialité élevée et très élevée.

Tableau. V.23.Commune de Chekfa : cadre bâtis exposé aux risques GT

Classe de vulnérabilité (GT)	Superficie (km)	Superficie(%)	Cadre bâtis exposé aux risques GT	
			Superficie (km)	Superficie(%)
Faible	32,22	51,9	0,09	3,88
Moyenne	24,63	39,67	1,66	71,55
Fort	4,99	8,03	0,55	23,7
Très fort	0,24	0,38	0,02	0,86
Total	62,08	100	2,32	100

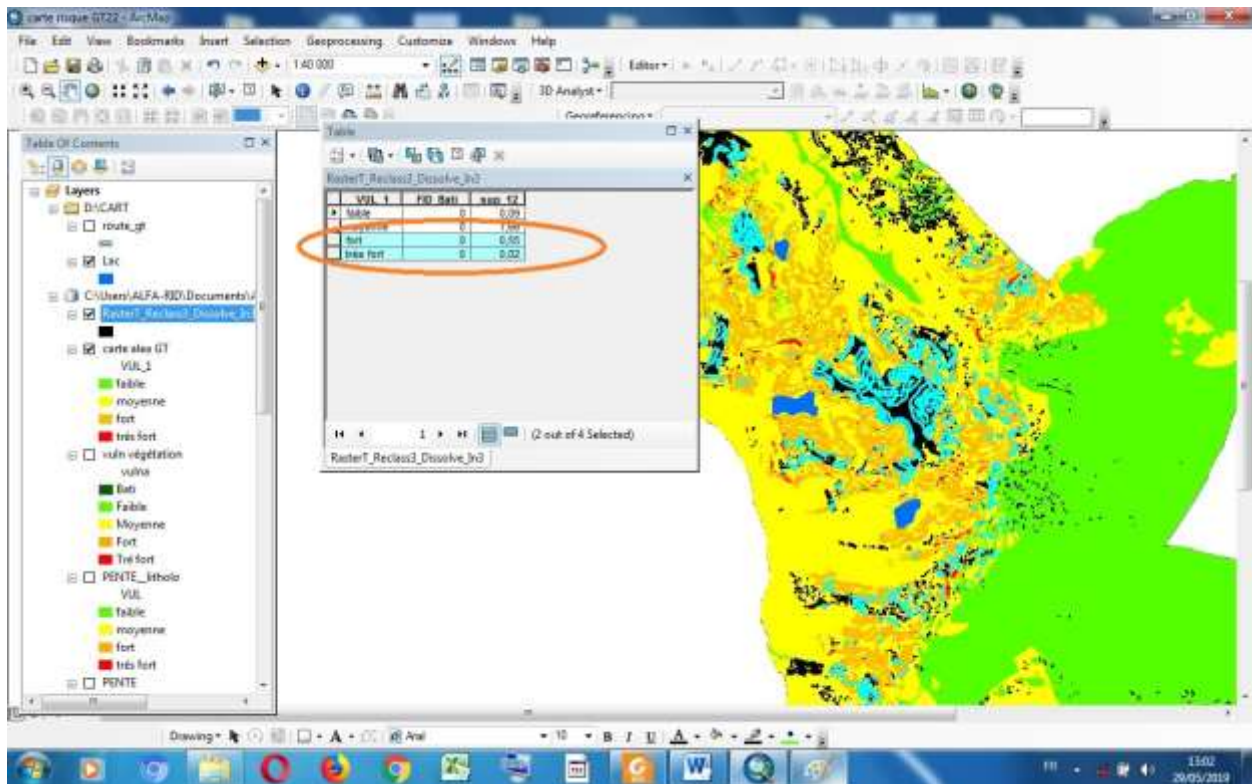


Fig. V.31.Arc Mappé : Présentation du cadre bâtis exposé au risque GT (zone forte et très forte) sur Arc gis10.2.1, commune de Chekfa

Les différentes phases d'analyse de géotraitement sur Arc Gis -(table attributaire (fig. V.31), (fig. V.32) et (fig. V.33) et les tableaux V. (23,24et 25) nous ont permis de déduire les différentes zones du cadre bâti et routes de la commune Chekfa exposées aux risques glissement terrain :

- **Le cadre bâti** exposé à l'aléa glissement terrain forte et très forte, s'étale sur une surface de l'ordre de 0.57 Km² soit 24,56% de la totalité de cadre bâti de la commune,

il se localise dans la partie Ouest et centrale de la zone étudiée. Tandis que le cadre bâti exposé à aléa glissement a terrain moyenne et faible, répartie sur tout la zone étudiée occupe une superficie de 1,75 km², soit 75,43% de la zone d'étude.

- La totalité de cadre bâti présente une vulnérabilité de glissement de terrain très forte, (critique)c'est-à-dire « zone rouge » représentant les constructions illicites couvrant une superficie 0,02 Km² soit 0,86% de la totalité de la zone.
- **Pour les routes :**
 - Route wilaya : Les routes exposée une vulnérabilité glissement terrain (classe forte et très forte couvre une superficie de 2, 11 km et 0, 18 km soit 8,91% et 0,73%.
 - Route revêtus : Les routes expose une vulnérabilité glissement terrain (classe forte et très forte couvre une superficie de 19, 95km et 0, 68 km soit 13,95% et 0,48%.

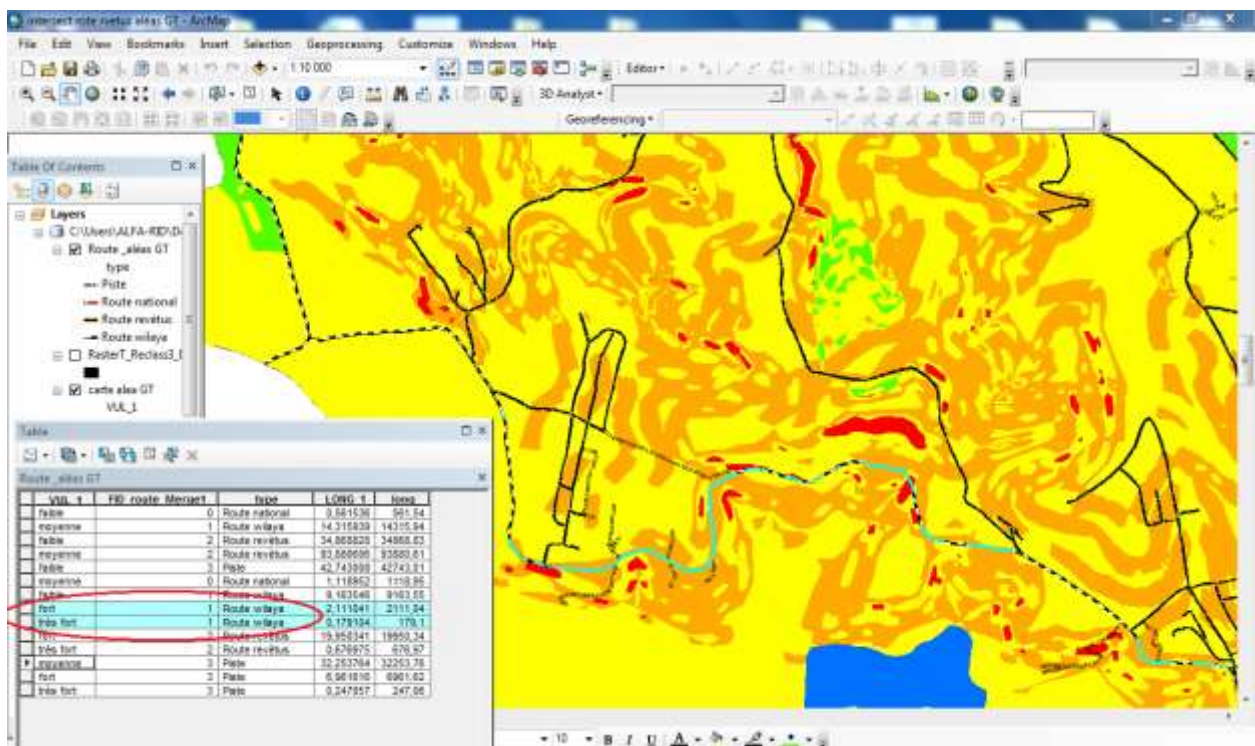


Fig.V.32.Arc Mappe : Présentation du la route wilaya exposé au risque GT (zone forte et très forte) sur Arc gis10.2.1, commune de Chekfa

Tableau. V.24 Commune de Chekfa : Chemin wilaya exposé aux risques GT

Route wilaya exposé aux risques GT		
Classe de vulnérabilité (GT)	Longueur (km)	(%)
Faible	9,16	36,44
Moyenne	13,21	53,91
Fort	2,11	8,91
Très fort	0,18	0,73
Total	24,5	100

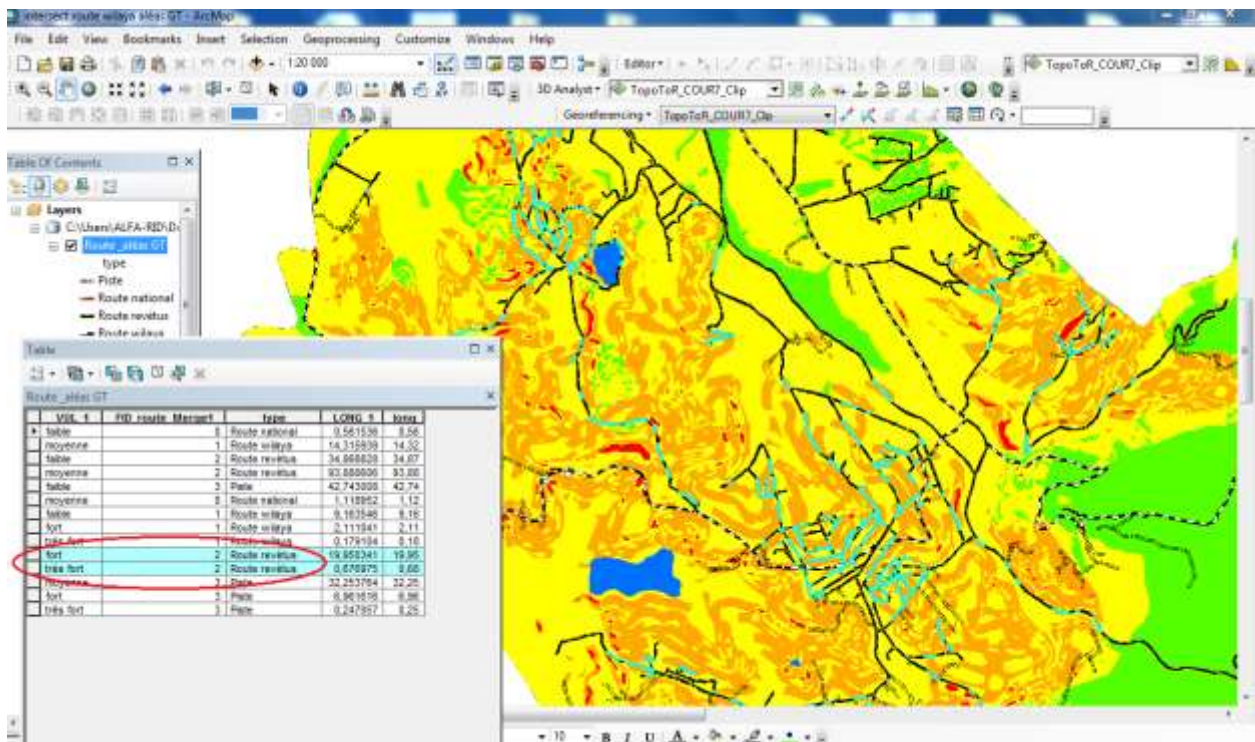


Fig. V.33.Arc Mape : Présentation des routes revêtues exposé au risque GT (zone forte et très forte) sur Arc gis10.2.1, commune de Chekfa

Tableau. V.25. Commune de Chekfa : Route revêtus exposé aux risques GT

Route revêtus exposé aux risques GT		
Classe de vulnérabilité (GT)	Longueur (km)	(%)
Faible	30,77	21,50
Moyenne	91,69	64,07
Fort	19,95	13,95
Très fort	0,68	0,48
Total	143,09	100

V.5.Conclusion

Les différentes étapes d'analyse et de géotraitement adoptées dans cette étude ont permis d'établir une carte de risque de glissement de terrain.

Les règles de codifications adoptées dans cette analyse (approche), ont permis de classer le degré du risque « glissement de terrain » dans la commune de Chekfa en quatre classes : faible, moyenne, forte et très forte.

Finalement ce travail peut constituer un document de base pour les travaux de recherche dans le domaine et une feuille de route pour les planifications des travaux d'aménagements et géo risques.

Chapitre -VI-
Validations et confirmation
des résultats obtenus sur le
risque GT

VI.1.Introduction

Pour valider les résultats obtenus dans la carte de risque de la zone d'étude nous avons établi une confrontation directe avec la réalité de terrain (bilans obtenus aux observations de terrain à l'aide d'un GPS), et l'analyse des données laboratoire, ainsi que l'application de logiciel géoslope.

VI.2. Les critères utilisés pour la confirmation des zones de vulnérabilité GT (Les indices d'instabilité)**a. Les indices géomorphologiques**

Les indices géomorphologique sont d'un usage courant pour le repérage des zones actuellement instable (Vernes, 1978 et 1984). Ces indices sont constitués par les formes de terrains engendrées par les divers processus de façonnement des versants.

- **La géomorphologie, un critère de repérage du degré d'activité**

La distinction entre mouvements «actifs» et «non actifs», que ses derniers soient «dormants» ou stabilisés, figure en bonne place dans toutes les nomenclatures (Vernes, 1978) elle peut être un des critères de la gradation des risques.

L'activité d'un mouvement peut être décelée (découverte) par observation directe pendant le déroulement de l'événement, par la pose d'une instrumentation en surface (piquets repères) et mesure du déplacement, ou en profondeur, la comparaison de photos au sol ou de prises de vues aériennes effectuées à des dates successives, par l'évolution de la couverture végétale et par enquête (fig.VI.34).

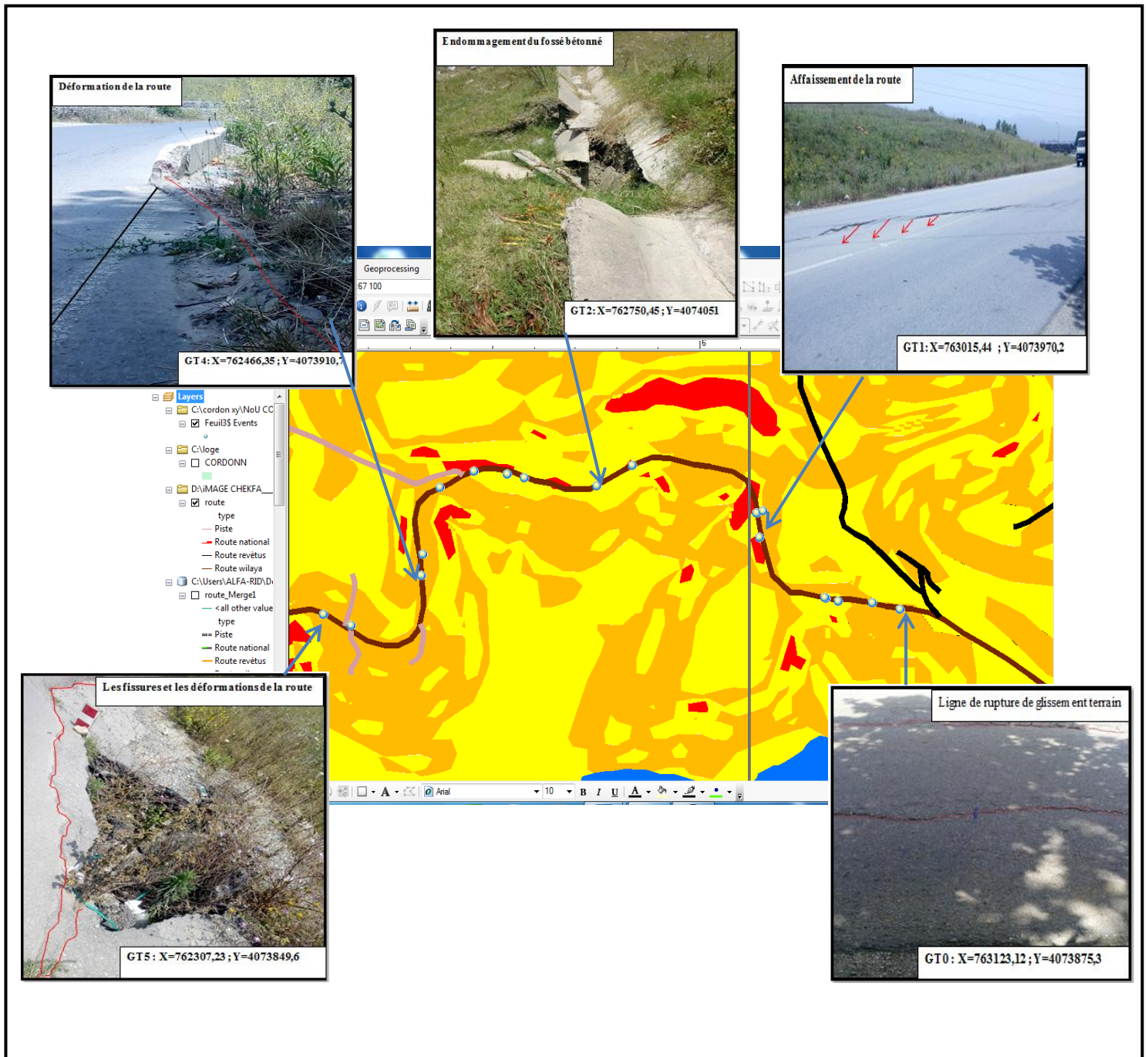


Fig.VI.34. Commune de Chekfa : Localisation les indices d’instabilité sur la carte derisque glissement terrain (la route W135)

b. Les témoignages de la végétation

La végétation peut elle aussi, apporter des témoignages d’instabilité actuelle ou passée. Dans la zone d’étude l’indice végétation est également un bon critère d’activité de mouvement (fig.VI.35.).

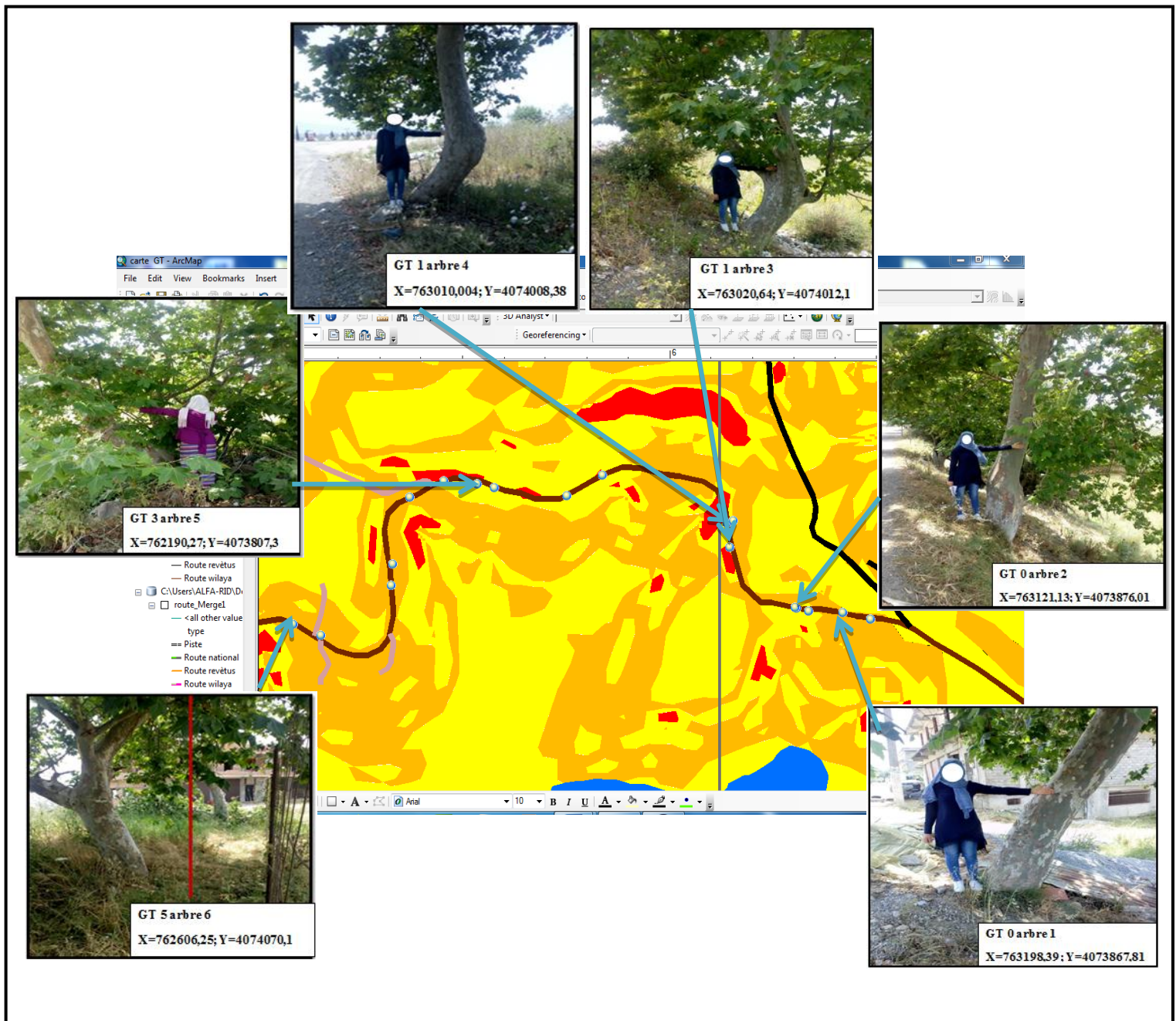


Fig. VI.35. Commune de Chekfa : Localisation des indices d’instabilité (inclinaison des arbres) sur la carte de risque glissement terrain (la route W135).

c. Autres indices

Pour le glissement de Chekfa objet d'étude les indices d'instabilité sont :



Photo.VI.1. Inclinaison des poteaux électricité
glissement de terrain



Photo.VI.2. Affaissement de gabionnage

- **Présence d' eau**

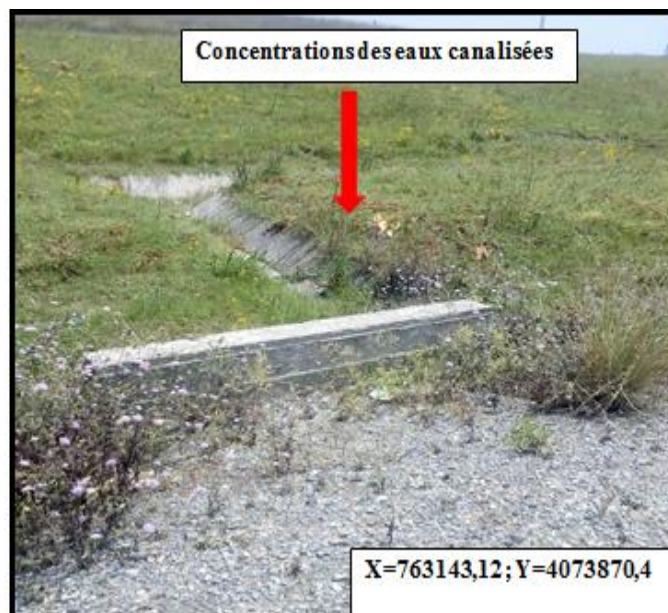


Photo.VI.3. Concentrations des eaux canalisées vers
la zone instable

VI.3. Présentation et étude de la zone instable (GT N°1)

Les glissements de terrain sont des mouvements de masses compactes et/ou de terrain meuble glissant vers l'aval. Ils résultent d'une rupture par cisaillement et se produisent en général sur des talus ou des versants de pente modérée à raide.

Dans la plupart du temps, l'eau joue un rôle important dans les glissements de terrain, par l'action des pressions interstitielles, des écoulements souterrains ou par les pressions dues au gonflement des minéraux argileux.

Le positionnement du GT sur la carte des risques (fig.36.), confirme largement les résultats obtenu par l'approche SIG.

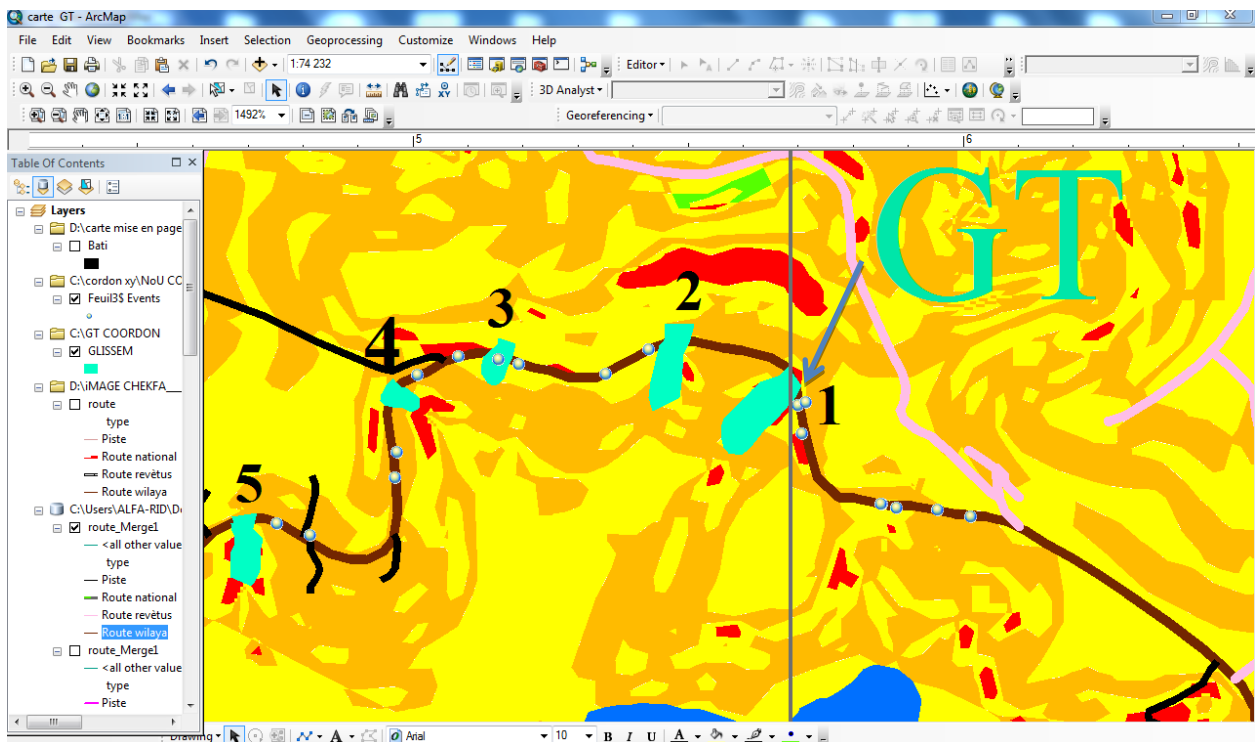


Fig.36.VI Commune de Chekfa : localisation du glissement terrain en question sur le logiciel ArcGis

VI.4. Topographie du glissement de terrain

Les cartes topographiques à petite échelle disponibles sont insuffisantes pour repérer un accident localisé, il convient donc pour un glissement bien localisé d'entreprendre un levé topographique à grande échelle (1/100) de la zone en mouvement et d'en tirer un plan en courbes de niveau.

Le levé topographique établi par logiciel Arc Gis nous permette de déterminer précisément l'axe défavorable de GT de la zone d'étude image satellitaire.

Tableau.VI.26.les coordonnées UTM du GT en questions N°1

Longitude	Latitude
X ₁ =763015,043	Y ₁ =4074034,642
X ₂ =762996,786	Y ₂ =4074059,645
X ₃ = 762909,871	Y ₃ =4073990,589
X ₄ =762944,796	Y ₄ =4073950,505
X ₅ =762916,221	Y ₅ =4073944,948

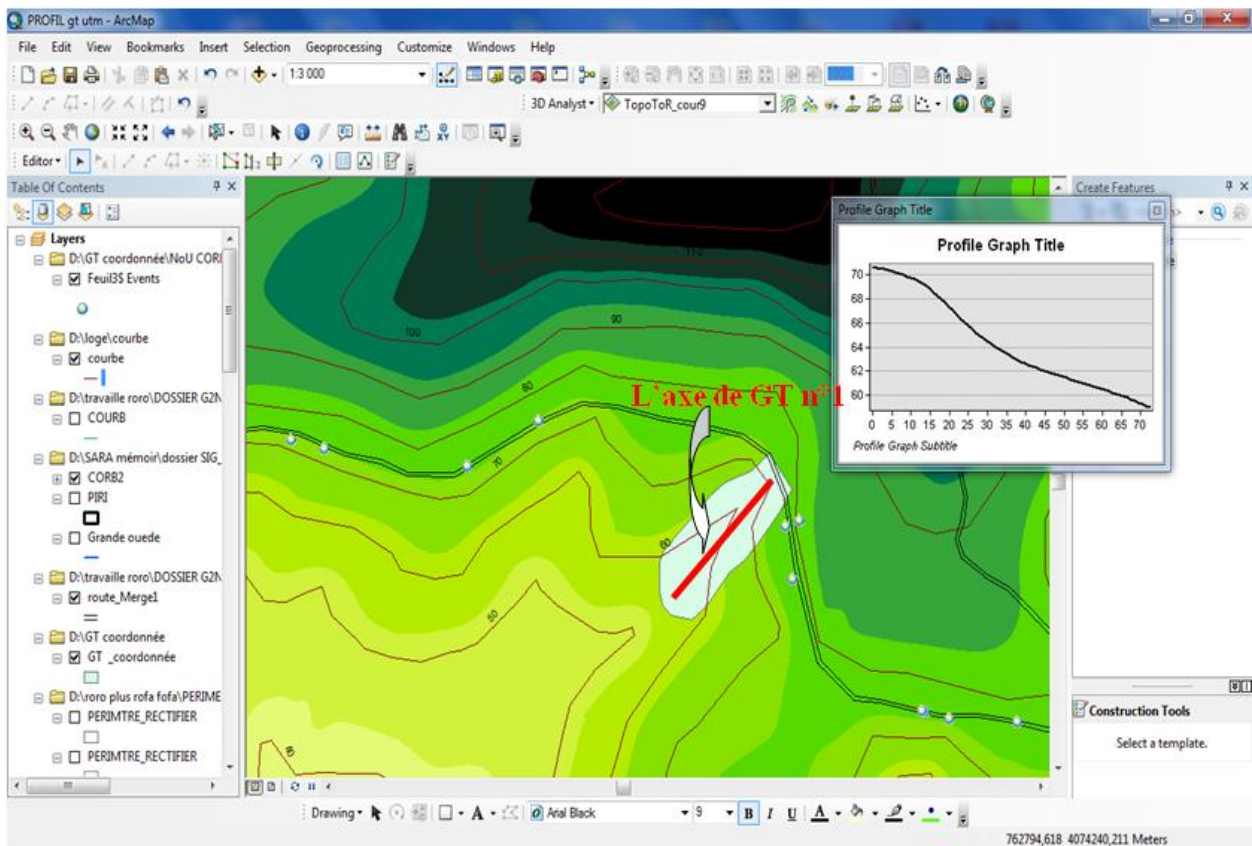


Fig.VI.37 Commune de Chekfa : Profil défavorable de glissement terrain en question (N°1) sur Arc gis(MNT)

VI.5.Description de glissement terrain N°1

VI.5.1. Profil de glissement terrain en question

Tableau.VI.27. Commune de Chekfa : Caractéristiques de profil défavorable de glissement terrain N°1

Profil défavorable GT N°1	Paramètres	
	Pente	20%
	Longueur	72,94m
	Positionnement par rapport au nord	46,58N

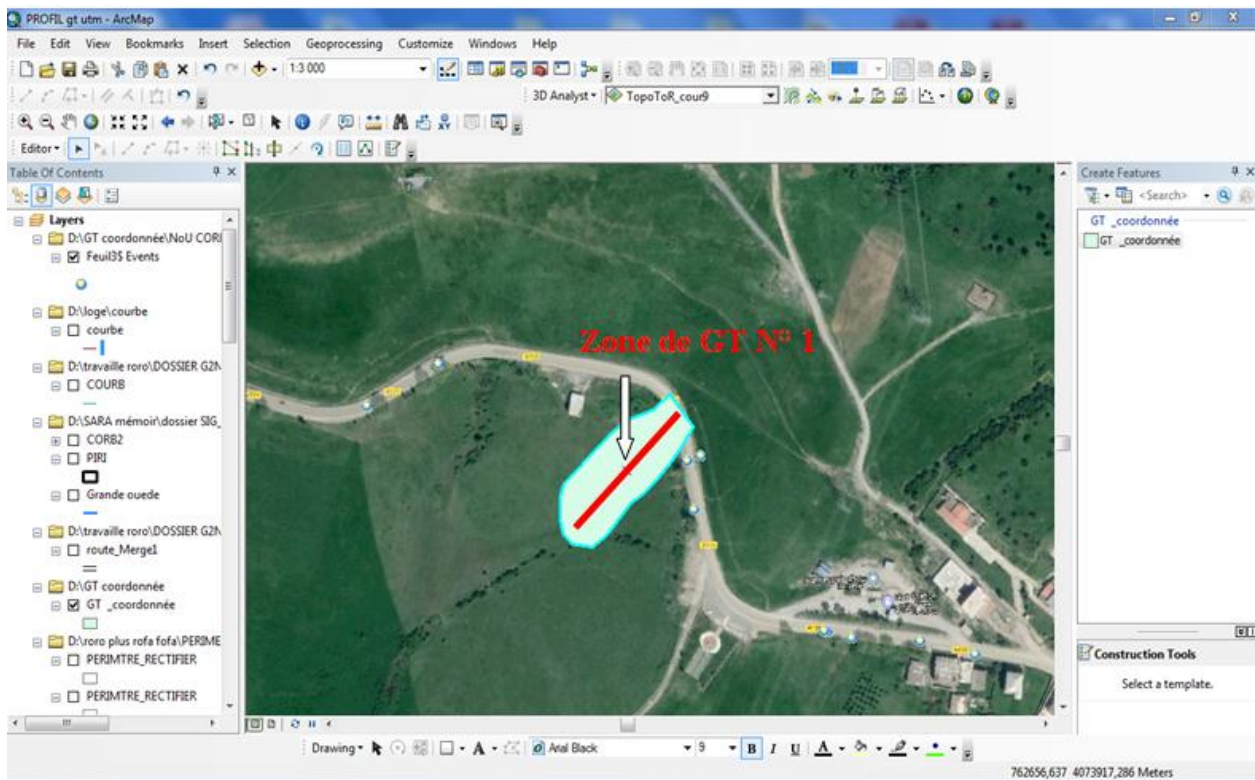


Fig. VI.38. Commune Chekfa : profil défavorable de glissement terrain N°1 en question sur Arc Gis

D’après le tableau.VI.28 et la figure cités ci-dessus, on distingue que la longueur totale représente 72,94 m à une direction de l’axe 46,58N par rapport au nord avec une pente de 20°.

VI.5.2. Description lithologique de glissement terrain N°1

Tableau.VI.28. Commune de Chekfa : Résultats des sondages carottés DTP

Sondages	Profondeur	Lithologie
SC 01	0.00-3.50m	Remblai
	3.5-15m	Marne
SC 02	0.00-2.50m	Remblai
	2.5-15m	Marne

VI.6. Calcule de stabilité et confortement

VI.6.1 Calcul de stabilité

Les problèmes de stabilité de pentes se rencontrent fréquemment dans la construction des routes, des canaux, des digues et des barrages. En outre certaines pentes naturelles sont ou peuvent devenir instables. Une rupture d'un talus peut être catastrophique et provoquer des pertes en vies humaines ainsi que des dégâts naturelles considérables (G.Sanglerat, J. Costet, 1983).

VI.6.2 Methode de calcul

La méthode universellement utilisé pour le calcul de stabilité de pente est celle de l'équilibre limite. On considère l'aptitude au glissement d'un certain volume de sol au voisinage de la pente. On étudier la stabilité de cet élément de sol.

VI.6.2.1.Méthode des tranches de Fellenius (suédoise)

C'est la méthode la plus simple pour l'analyse de stabilité des talus. Fellenius suppose que le volume de glissement délimité par la surface de glissement et la topographie du talus est subdivisé en (n) tranches. Chaque tranche est considérée comme un solide indéformable, en équilibre sur la ligne de glissement. Considérons un talus recoupant un certain nombre de couches de sols de caractéristiques différentes : C_i , ϕ_i , γ_i . La stabilité est étudiée en considérant le problème plan, c'est-à-dire en analysant L'équilibre d'une masse de sol d'épaisseur unité dans le sens perpendiculaire à la (figure. VI.39).

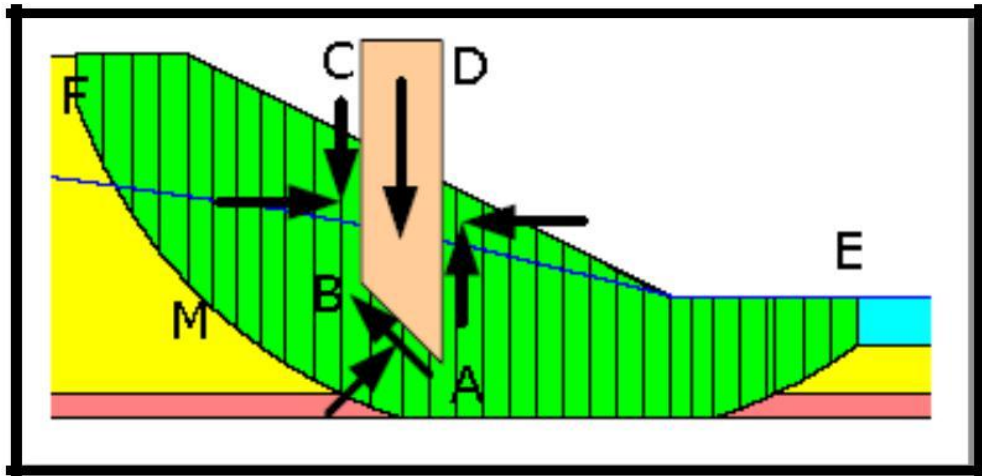


Fig.VI.39: Schéma illustrant le découpage en tranches d'un talus (G. Philipponnat; et H. Bertrand ; 2003), modifiée

Soit un cercle quelconque de centre O et de rayon R pour lequel on vérifie la sécurité vis-à-vis du risque de glissement. La méthode consiste à découper le volume de sol concerné (compris dans l'arc EMF) en un certain nombre de tranches limitées par des plans verticaux.

Etudions l'équilibre de l'une de ces tranches (fig. V. 39), par exemple la tranche "ABCD".

➤ **Absence de la nappe**

Les forces qui agissent sur cette tranche (fig. VI.40) sont les suivantes :

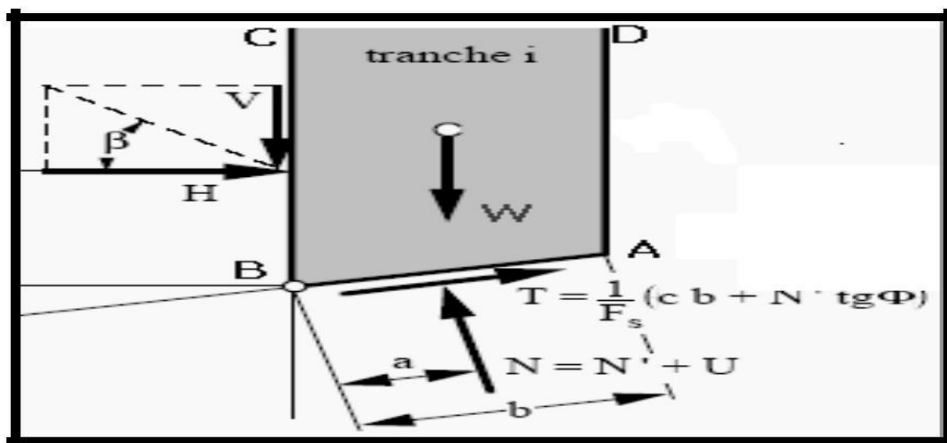


Fig.VI.40. Forces agissant sur la tranche n (G. Philipponnat; et H. Bertrand ; 2003), modifiée

- W : poids de la tranche ABCD se décompose en une force normale "N" et une force tangentielle "T".
- Rn (force résistante) : la réaction du milieu sous-jacent sur l'arc AB; elle est aussi la résistance du sol due à sa cohésion et son angle de frottement interne.
- les réactions sur les faces verticales BC et AD décomposées en réactions horizontales

H et en réactions verticales V. Il s'agit de forces internes au massif étudié.

- les pressions hydrauliques.

Définissons par rapport au centre "O"

- ❖ **Les moments moteurs** : comme celui du poids des terres W (et des surcharges éventuelles), qui tend à provoquer le glissement ;
- ❖ **les moments résistants** : comme ceux des réactions s'opposant globalement au glissement de la tranche (**G. Philipponnat; et H. Bertrand ; 2003**). La surface de rupture étant limitée par les points E et F, le coefficient de sécurité global FS est défini par l'équation:

$$FS = \frac{\sum \text{des moments résistants}}{\sum \text{des moments moteurs}} \dots\dots\dots (1), (\text{G. Philipponnat; et H Bertrand ; 2003}).$$

- **Moment moteur** : Celui du poids des terres, de l'eau interstitielle et des surcharges éventuelles tendant à provoquer le glissement.
- **Moment résistant** : Celui des réactions s'opposant au glissement. Considérons la somme des moments pour l'arc EF, sachant que la somme des moments pour l'arc EF, sachant que la somme des moments des forces est nulle. Fellenius a fait une hypothèse qui simplifie considérablement les calculs, à savoir que la seule force agissant sur l'arc AB est le poids W, à l'exception des forces internes. Dans ces conditions, le moment résistant maximal est fourni par la valeur maximale que peut prendre la composante tangentielle de Rn. (**G. Philipponnat; et H. Bertrand ; 2003**).

D'après la loi de Coulomb, elle s'écrit :

$$(Rn) t = Ci \cdot AB + Nn \cdot \tan \phi i \dots\dots\dots (2), (\text{G. Philipponnat; et H Bertrand ; 2003}).$$

La somme des moments résistants pour toutes les tranches sera

$$\sum_{n=1}^m R \cdot (Ci \cdot AB + Nn \cdot \tan \phi i) \dots\dots\dots (3), (\text{G. Philipponnat; et H Bertrand ; 2003}).$$

Avec :

m: nombre total de tranches

R : rayon du cercle de glissement

Ci, φi : caractéristiques mécaniques de la couche dans laquelle est situé l'arc de la tranche AB.

Par ailleurs, le moment moteur est dû à Tn et égal à TnxR, d'où:

$$FS = \frac{\sum_{n=1}^m (Ci \cdot AB + Nn \cdot \tan \phi i)}{\sum_1^n T_n} \dots\dots\dots (4) (\text{G. Philipponnat; et H Bertrand ; 2003}).$$

Sachant que : $N = W \cdot \cos \alpha$ $T = W \cdot \sin \alpha$ $L = ab = \frac{b}{\cos \alpha}$, La formule (4) devient :

$$FS = \frac{\sum_1^n (Ci \cdot \frac{b}{\cos \alpha} + W \cdot \cos \alpha \cdot \tan \phi i)}{\sum_1^n W \cdot \sin \alpha} \dots\dots\dots (5) (\text{G. Philipponnat; et H Bertrand ; 2003}).$$

Remarque :

Les paramètres géométriques intervenant dans le calcul de Fs sont donc :

b : largeur de la tranche.

L : longueur développée de la surface de rupture.

α : L'angle orienté que fait le rayon du cercle passant par le lieu de la base de la tranche avec la verticale.

La hauteur de la tranche pour le calcul du poids W.

➤ **Présence de la nappe :**

La prise en compte des écoulements est assez délicate. La méthode des tranches de Fellenius est appliquée en utilisant la loi de Coulomb :

$$\tau = C' + (\sigma - u) \tan \phi' \dots \dots \dots (6) \text{ (G. Philipponnat; et H. Bertrand ; 2003).}$$

Détermination de la pression interstitielle (u) :

La valeur de la pression de l'eau : $u = Hw \cdot \gamma_w$

Hw : La hauteur de l'eau

γ_w : Le poids volumique de l'eau.

Dans ce cas, le poids devient :

$$w = \gamma_d \cdot V_1 + \gamma_{sat} \cdot V_2$$

V1, V2 : les volumes des tranches situées respectivement au-dessus et au-dessous de la surface

libre de la nappe.

γ_d : Poids volumique du sol sec.

γ_{sat} : Poids volumique du sol saturé.

γ_w : Poids volumique de l'eau ($\gamma_w = 10 \text{ KN/m}^3$).

La formule (6) **(G. Philipponnat; et H. Bertrand ; 2003)**

$$\text{Devient : FS} = \frac{\sum_1^n C_i \cdot \frac{b}{\cos \alpha_i} (w \cdot \cos \alpha_i - \frac{u \cdot b}{\cos \alpha_i}) \cdot \tan \phi_i}{\sum_1^n w \sin \alpha_i}$$

- **Choix de valeur de coefficient de sécurité dans le calcul de stabilité**

Le coefficient de sécurité (FS) défini par rapport au moment résistant par des essais successifs permettent de déterminer le cercle le plus défavorable. (P.Habib, 1997).

FS	Étas de l'ouvrage
< 1	Danger
1.0 - 1.25	sécurité contestable
1.25 - 1.4	sécurité satisfaisante pour les ouvrages peu importants sécurité contestable pour les barrages, ou bien quand la rupture serait catastrophique.
> 1.4	satisfaisante pour les barrages

Dans nos calculs de stabilité, nous avons utilisé le logiciel Geo-Slope, ce dernier utilise la théorie de l'équilibre limite basée sur les méthodes des tranches de Fellenius, Bishop et Janbu. Les données utilisées par ce logiciel de calcul sont :

a- La géométrie : profil topographique, disposition géométrique de différentes couches.

b- les caractéristiques géotechniques de terrain (c_i , ϕ_i et i).

Pour effectuer le calcul de la stabilité nous avons utilisé la méthode de Fellenius. Nos visites et observations sur site, appuyées par les données de l'étude géologique effectuée par (Durand Delga) nous ont permis de considérer que le versant concerné par l'instabilité présente les formations lithologiques suivantes:

- Remblai
- Marne

Les caractéristiques géotechniques des matériaux introduites dans le calcul par ce logiciel sont reportées dans le tableau.VI.29 ci-dessous.

Tableau.VI.29. Commune de Chekfa : Caractéristiques géotechniques des formations lithologiques de glissement de terrain en question (N°1)

Matériaux	γ_d (KN/m ³)	C(KPa)	Φ (°)
Remblai	19	2	18
Marne	17,1	10	18

Les résultats de calcul de stabilité par le logiciel Geo-Slope :

➤ **On absence de nappe**

Les résultats de calcul de stabilité obtenu pour notre zone d'étude par le logiciel Géo-Slope(Fig.VI.41) : $F_s=1,069$

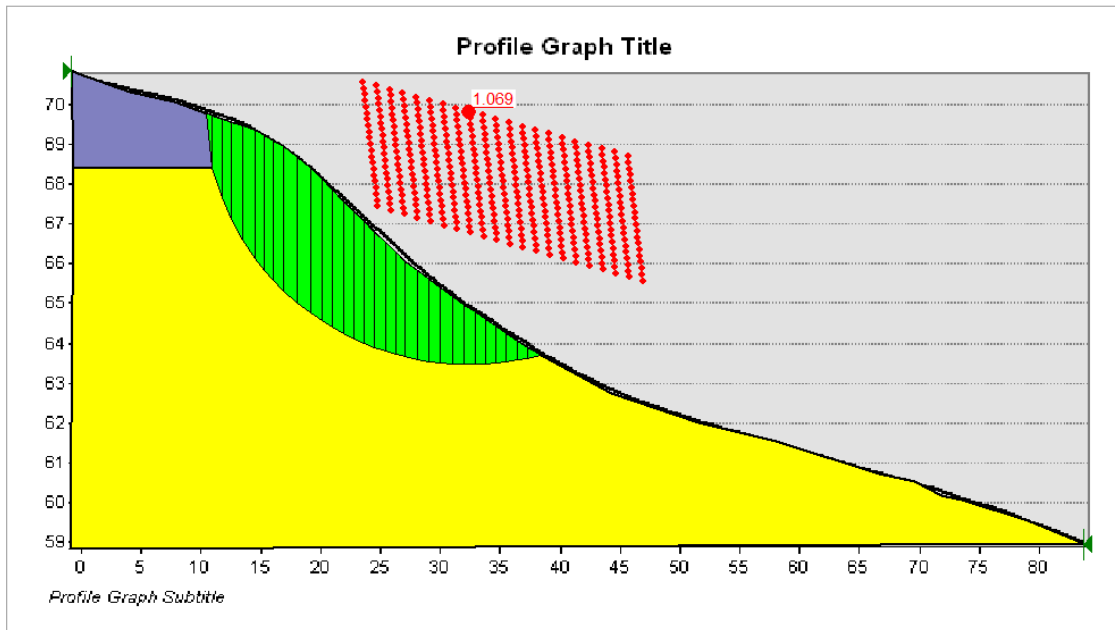


Fig.VI.41. Commune de Chekfa : Cercle critique obtenu selon le profile défavorable (absence de nappe)de glissement de terrain en question (N°1)

➤ **On présence de nappe**

Généralement l'eau a plusieurs effets sur les glissements de terrain. Les eaux peuvent être d'origines pluviales ou souterraines provenant de l'amont. Les eaux pluviales peuvent engendrer une érosion de surface et des infiltrations rejoignant les eaux souterraines.

Les résultats de calcul de stabilité obtenu pour notre zone d'étude par le logiciel Géo-Slope(Fig.VI.44): $F_s = 0,836$.

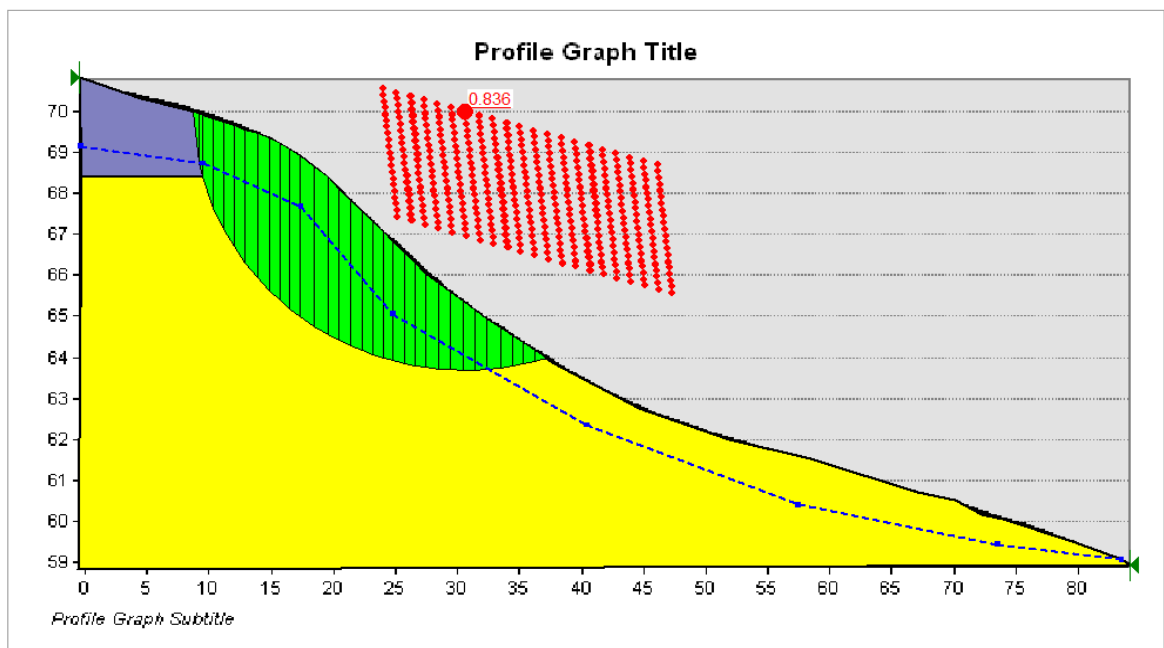


Fig.VI.42. Commune de Chekfa : Cercle critique obtenu selon le profile défavorable (présence de nappe)de glissement de terrain en question (N°1)

V.7. Confortement et remèdes

Quand l'on est conforté à des enjeux importants, cas de glissement terrain, il est notamment nécessaire de s'assurer de l'efficacité des travaux à réaliser. Un des moyens pour y parvenir est la bonne connaissance des terrains à stabiliser, surtout lorsqu'il y a un risque à degrés important.

Les travaux de prévention dites « passives », c'est-à-dire qui ne réduisent pas l'ampleur du phénomène mais en limitent ses effets :

- modification des enjeux
- surveillance et alerte.
- arrêt ou déviation des matériaux, etc....

Les actions dites « actives » qui permet de stabiliser la zone de glissement. Ces actions peuvent être ponctuelles (soutènement, végétalisation, substitution de terrain par apport de matériaux grossiers de meilleure caractéristique mécanique et drainantes) ou plus étendues (drainage). Le drainage est particulièrement mise en œuvre, l'eau jouant en règle générale un rôle moteur déterminant.

Il est donc possible de classer les remèdes envisageables en deux grandes familles :

- **Les actions rhéologiques** : qui agissent sur le milieu lui-même et visent à accroître sa résistance à la rupture : amélioration des caractéristiques géotechniques par drainage, traitement, plantation.
- **Les actions mécaniques** : qui visent à créer des forces extérieures stabilisatrices : ouvrages de soutènement, terrassements, élimination de surcharges.

VI.7.1. Les différents travaux de confortement

VI.7.1.1 Les technique de drainage

La lutte contre l'eau est une des actions les plus efficaces pour prévenir, stabiliser ou ralentir un glissement de terrain. La connaissance du mode d'alimentation de la nappe est indispensable pour intervenir efficacement. Le succès d'un drainage repose aussi sur son entretien pour éviter un risque de colmatage (fermer) par des dépôts sulfatés, calcaires ou ferrugineux, des arrivées de fines, etc.

Parmi les différentes techniques de drainage on distinguera :

a. Les ouvrages de captage, collecte et évacuation

Ont pour principe de capter et dériver les eaux de surface s'écoulant en direction de la zone sensible c'est-à-dire vers le glissement de terrain et, de collecter et évacuer les eaux loin de la zone sensible, en limitant les risques de réinfiltration.

Ces techniques ont pour avantages principaux leur coût modéré, une mise en œuvre simple pouvant être réalisée par des entreprises locales, un entretien aisé pour les collecteurs à ciel ouvert et une bonne adaptation au traitement de zones étendues.

Exemples de techniques de drainage

➤ Collecteurs à ciel ouvert

Leur but est de transporter l'eau captée par le système drainant hors de la zone en glissement en évitant le plus les réinfiltration. Il existe une importante gamme de collecteur à ciel ouvert qui permettent de s'adapter à de nombreuses situations : aqueduc (canal) béton, canal en pierres sèches / maçonneries ou en bois, demi-buse métallique.

➤ Les collecteurs fermés

Ce sont de simples canalisations identiques à celles utilisées en adduction d'eau et assainissement, installées lorsqu'il n'est pas possible d'utiliser des collecteurs à ciel ouvert pour des raisons foncières (ex : traversée de parcelles, exploitation agricole). Dans le cas de glissement très actif, seuls des tuyaux non enterrés en PEHD semblent acceptables.

b .Élimination des infiltrations superficielles issues de la pluie et du ruissellement sauvage

- Captage de toutes les sources et résurgences repérables et évacuation au moyen de tubes en plastiques.
- Réalisation d'un réseau provisoire de rigoles.
- Obturation (fermeture) de fissures superficielles.
- Recherche et élimination des infiltrations anormales : réseau de drainage.
- Pose d'un revêtement étanche sur pente mise en place d'un masque drainant sa mise en place a pour effet : d'éliminer le ruissellement superficiel et donc l'érosion- de réduire l'infiltration profonde par élimination de l'effet désorganisateur de l'alternance retrait/gonflement- de réduire l'effet de la pression de courant de créer une surcharge en pied et donc un couple stabilisateur éventuellement de réduire la pente de versant

c. Captage des filtrations profondes – drainage profond

Sont utilisés en dernier recours, c'est-à-dire dans le cas où les techniques décrites. Précédemment n'auraient pas ou peu d'effet stabilisateur. Le drainage profond est le remède le plus efficace puisqu'il agit au niveau de la surface de glissement en captant un maximum d'eaux nuisibles (fatal). Il concerne toutes les techniques drainantes utilisant des forages, soit les drains subhorizontaux, drains siphons, puits verticaux.

Le coût très élevé et les aléas du drainage profond réservent pratiquement de telles opérations aux problèmes urbains ou à la protection d'intérêts importants et de vies humaines. Ce sont des techniques complexes à concevoir et à mettre en œuvre .elles

nécessitent systématiquement une étude préalable importante et l'intervention d'entreprises spécialisées.

❖ **Il s'agit d'intervenir :**

Sur les eaux superficielles qui s'infiltrent à l'amont immédiat du glissement et qui s'écoulent dans les terrains instables. Ces apports d'eau qui se font au sein même de la masse instable, sont les plus pernicioeux en même temps que les difficiles à repérer et à éliminer.

Les principaux dispositifs de drainage envisageable pour le traitement d'un versant :

- Les tranchées drainantes représente le technique de drainage la plus ancienne.
- Les éperons drainants destinés à drainer mais aussi à armer le terrain- Les drains subhorizontaux : elle se fait de deux façon soit par forage et introduction d'un tube drainant et au moyen de tubes métalliques perforés poussés à force ou battus dans le versant (Fig. VI.43).
- Les drains verticaux.
- Les forages de rabattement.
- Galeries horizontales et puits verticaux.

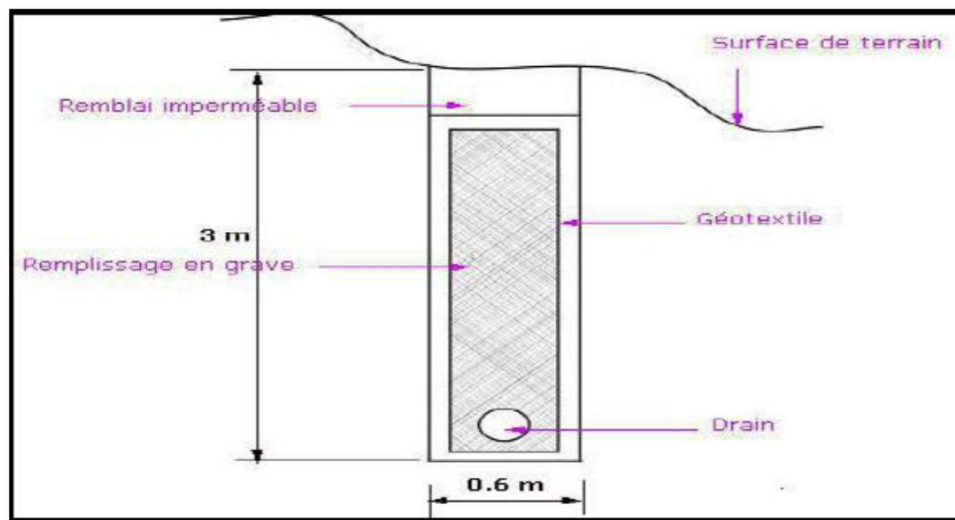


Fig. VI.43. Exemple d'un drain subhorizontal

VI.7.1.2. Reprofilage (Talutage)

Les conditions de stabilité d'un talus étant directement liées à sa pente, on peut assez simplement augmenter la sécurité par retalutage du terrain naturel. Dans ce sens, le procédé s'apparente à l'allègement en tête : il consiste en un adoucissement de la pente moyenne. L'objet de ce reprofilage est d'enlever les zones instables en tête de glissement.

VI.7.1.3. Butée du pied

Le chargement en pied d'un glissement est une technique souvent utilisée et généralement efficace, elle permet de limiter les risques de reprise du glissement en amont ou en aval.

VI.7.1.4. Le reboisement

Le reboisement représente un moyen économique et souvent efficace. En effet, le rôle stabilisateur des arbres tient à plusieurs facteurs : D'une part, les racines jouent un rôle mécanique par augmentation de la résistance au cisaillement des sols (le rôle d'ancrage par les racines), d'autre part, la couverture végétale influe sur le bilan hydrique du versant en participant au drainage du terrain instable par évapotranspiration (J.C. Flageollet, 1989). En plus, la couverture végétale lutte contre l'érosion superficielle des sols.

VI.7.1.5. Elimination de surcharge

Système de gabionnage :

Le gabionnage est une technique qui consiste à empiler et lier des gabions remplis de pierres.

Cages métalliques en fils de fer galvanisé classe C triple torsion) les uns des autres dans le but de former une barrière filtrante des eaux de ruissellement. L'objectif de gabionnage

- Fabriquer des gabions nécessaires à l'installation d'ouvrages divers notamment les micro-barrages, les barrages et les seuils
- Ralentir la vitesse des eaux de pendant les crues
- Enrayer le phénomène d'érosion hydrique qui a des effets décapants sur la croûte superficielle du sol.
- Favoriser l'épandage et la sédimentation dans les vallées.

Autres exemples de techniques de drainage

Surveillance et Prévention des risques :

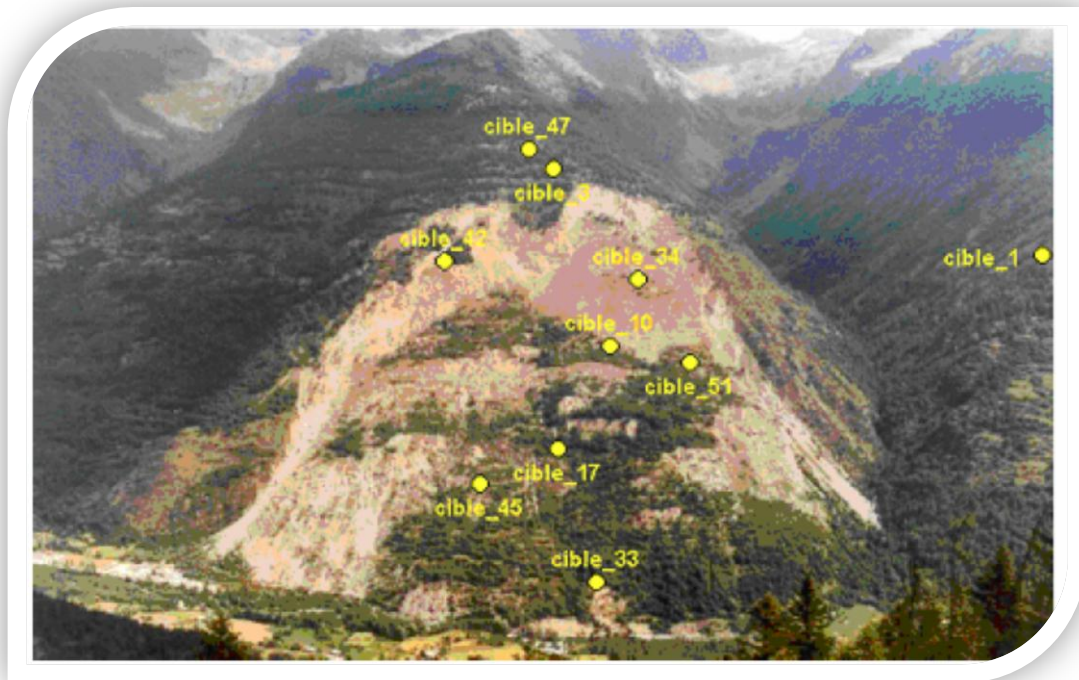


Photo.VI.4.La surveillance mise en place (sit web 2019)



Photo.VI.5.Mise en œuvre du géocomposite de drainage
(site web 2019)



Photo.VI.6.Vue de l'ouvrage achevé (site web 2019en Tunisie)



Photo.VI.7.Construction de l'ouvrage par couches (sit web 2019)

VI.8.Conclusion

Pour valider les résultats obtenus dans ce travail, nous avons par la suite établi une confrontation directe avec la réalité des terrains dans la commune de Chekfa. La localisation des zones instables sur la carte de risque, confirme largement les résultats obtenus par l'approche SIG.

Conclusion générale

Conclusion générale

Cette étude s'inscrit dans les démarches de recherche sur les risques liés au glissement de terrain dans la commune de Chekfa. L'approche maintenue dans ce travail a pour but d'évaluer et cibler le degré de risque glissement dans la zone d'étude.

Cette recherche nous a permis de mettre en relief les différents processus et facteurs ayant un impact direct sur le phénomène de glissement de terrain : pente, lithologie et occupation des sols.

Au terme de notre étude concernant le degré du risque « glissement de terrain » au niveau du territoire de la commune de Chekfa (Wilaya de Jijel) en utilisant les nouvelles approches à l'aide d'un SIG, nous sommes arrivées à constater un certain nombre de points positifs.

D'abord, concernant la méthodologie de travail ayant pris en compte tous les aspects physiques et leur influence sur la détérioration du milieu naturel, comme aussi les aspects socio-économiques et leur impact sur l'action anthropique exercée sur les sols en général du territoire de la commune.

Le document final de cette étude admet donc une spatialisation du risque à plusieurs degrés repartis géographiquement comme suit :

Une très forte vulnérabilité au glissement de terrain répartie en zones éparses située dans toute la partie Nord-est du territoire de la commune y compris le cadre urbain de Chekfa.

Une zone à vulnérabilité forte : elle occupe des aires plus étendues que la précédente toujours située au Nord-est au sein de la basse vallée du Nil.

Une zone à moyenne vulnérabilité occupant plus d'espace couvrent surtout les zones limitrophes de l'oued Nil.

Enfin les zones à faible vulnérabilité au glissement sont localisées en totalité dans les régions Sud-est du territoire où les affleurements du socle kabyle le prédominent.

Références bibliographiques



ANRH., Agence nationale des ressources hydraulique de la wilaya de Jijel(donnes climatologique).

Bouillin, J.P. & Raoult, J.F. (1971):Présence sur le socle Kabyle du constantinois d'unolistostrome lié au charriage des flyschs; le Numidien peut être un néoautochtone? Comte Rendu : Somm. Soc. Géol. France, 7 :117P.

Bouillin, J.P., Raoult, J.F., 1973. Présence sur le socle kabyle du Constantinois d'un olistostrome lié au charriage des flysch; le Numidien peut-il être un néo-autochtone ? Bull, Soc. Géol. Fr., (7), XIII, p.338-362, 8 fig. Paris.

Bouillin, J.P. (1977) : Géologie Alpine de la Petite Kabylie dans les régions de Collo et d'El-Milia (Algérie), thèse Doctorat. Université Pierre et Marie Curie, 511P.

Bouanani, A., Terfous, A., et Megnounif, A., 1999. Evaluation du transport solide dans le bassin de l'Isser (Nord ouest algérien). 2e Sem. Maghrébin, Tizi - Ouzou. 5 p., 4 fig.

Beging, G., Lanly, J.P., 2010. Ligneux et désertification en Méditerranée. Troisième Conférence scientifique méditerranéenne du GID- « Richesse et diversité méditerranéennes : biologie te culture ».

Berkane, S. 2011. Contribution a l'étude hydrogéologique et hydrochimique de la plaine alluviale d'Oued Nil. Université Mentouri- Constantine, 167p (mémoire d'ingénieur d'état en géologie).

Costet J. & Sanglerat G.1983, « troisième édition .Tome 1 : plasticité et calcule des tassements, 263P .Tome2 : calcules des ouvrage ,447P .Dunode Paris.

DPSB, direction de la programmation et du suivi budgétaire (donnes socio-économique)

Djellit H. (1987) : Évolution tectono-métamorphique de socle kabyle et polarité de mise en place des nappes de flysch en Petite Kabylie occidentale (Algérie). Thèse doctorat d'état, université de paris- sud, centre d'Orsay.206 pages.

DTP ,2010 : Direction des travaux publique, Etude géotechnique, Réalisation d'un sondage carotté ; projet : réparation des glissements -8pages. Jijel.

Durand Delga M. (1955) : Etude géologique de l'Ouest de la chaîne Numidique. Thèse d'Etat. Paris, Publ.serv.Carte géol. Algérie, PP.24, 53.

Flageollet, J., (1999): Landslides and climatic conditions in the Barcelonnette and Vars basins (Southern French Alps, France). Geomorphology, 30(1-2), p.65-78.

Gelard, J.P. (1969): Le flysch à base schisto-gréseuse de la bordure méridionale et orientale du massif de chellata: Le flysch mauritanien (grande Kabylie). Bull. Soc. Géol. France. 7. pp676-686.

Hamadou Noureddine (2011) : Risques liés aux mouvements de terrain dans le Tell Constantinois : Cas du glissement de Douar Souadek (Zighoud Yousef). Mém de magister.Univ.Batna.

Hamadou Noureddine (2019) : Evaluation de l'érosion hydrique dans le bassin versant de oued de kissir et lagreme : Aprouch systématique. Nord-est aAgien, Thèse de doctorat science , univ.Costantine (1)

Habib, P, (1997) : Génie géotechnique –Application de la mécanique des sols et des roches.Ed.Ellpies, AUPELF, UREF.Paris, 222p.

Lahonder, J.C. (1979):datation de grés numidiens d'Algérie oriental CKcad.Paris.PP383-36-86.

Mahjoub, y. (1991) : cinématique des déformations et évolution P.T, anti-alpines et alpines en petite kabylie (Algérie nord-orientale).Un modèle d'évolution du domaine tellien interne.

Mellerowics, K. T, H. W. Rees, T. L., I. Ghanem., 1994. Soil conservation planning at the watershed level using the universal Soil Loss Equation with GIS and microcomputer technologies: a case study. J of Soil and Water Conservation 49 (2) 194-200. (Bouanani, A et al. 1999).

Philipponat, G. et Bertrand, H.(2003) : « Fondations et ouvrages en terre Éditions Eyrolles, 548P.

Raoult, J.F. (1969 c): Relation entre la dorsale Kabyle et les flysch sur la transversale de Dj. Rhédir, phase tangentielle Eocène, paléogéographie (Nord Constantinois, Algérie). Bull. Soc.Géol. France (7), XI, Paris. N523, 543P.

Raoult, J.F. (1974) : Géologie du centre de la chaîne Numidique (Nord du Constantinois, Algérie). Mém. Soc. Géol. France, 163p.

Rouikha, Y. (2008) : Etude géologique et géo mécanique des roches carbonatées de la région de Chekfa-Chahna wilaya de Jijel, mémoire-magister. Univ –Jijel

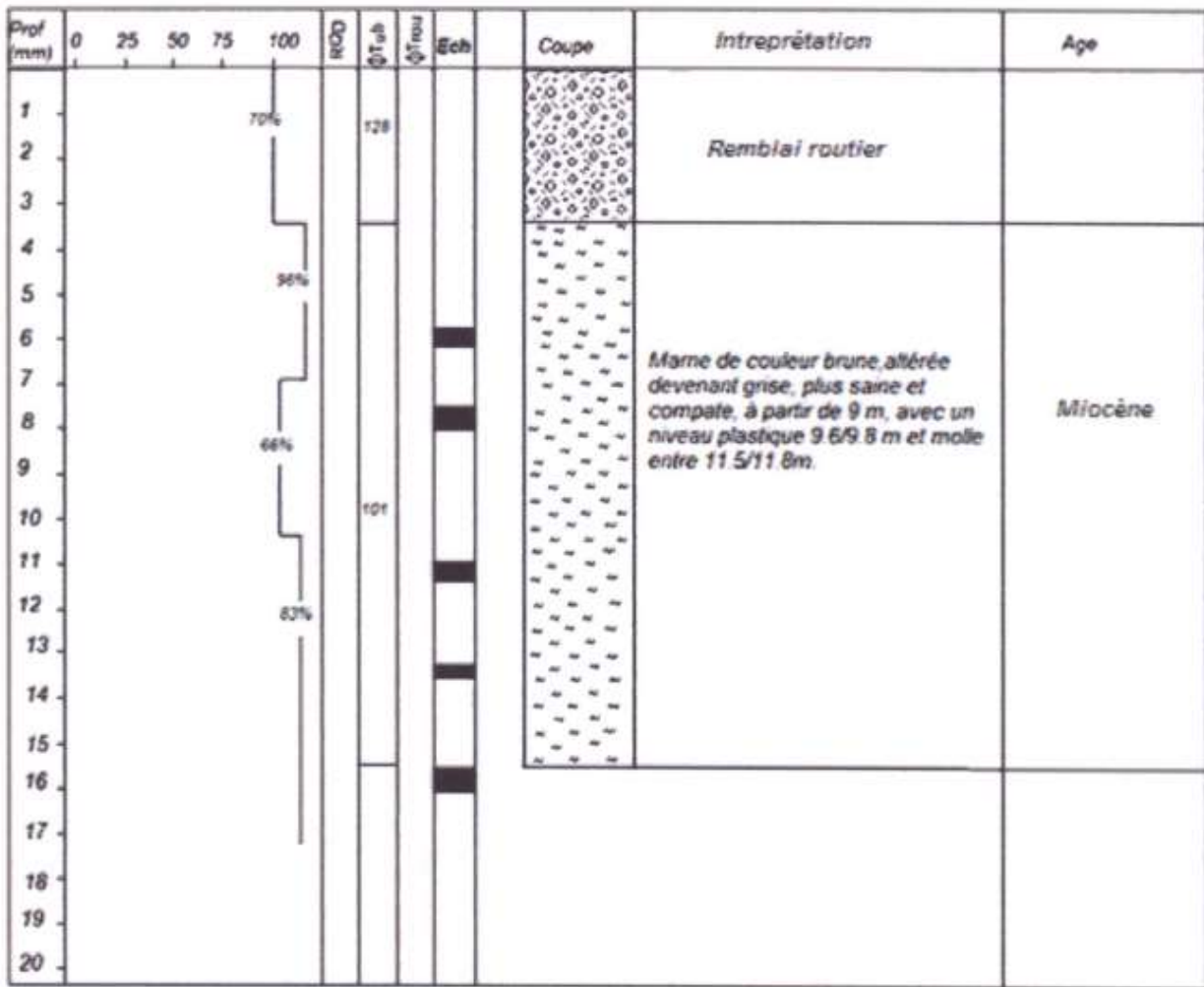
Vila J. M. (1980) : La chaîne Alpine d'Algérie orientale et des confins Algéro-Tunisiens. Thèse Doctorat. Université Pierre et Marie Curie (Paris VI) ,3 vol, Paris. 663 pages.

Wildi W. (1983) : La chaîne Tello-rifaine (Algérie, Maroc, Tunisie) : structure, stratigraphie, et évolution du Trias au Miocène REV. Géol. Dyn. Geographys ; 24.P201-297.

Site web : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Cat%C3%A9gorie:G%C3%A9otechnique.concoltés>
le 5juillis 2019

Annexes

Glissement 1 Sc1



Annexes1- Sondage carotté Sc1 (glissement1) d'après DTP (réinterprété pour la description lithologique des couches superficielles et la stratigraphie).

Glissement 1 Sc2

Prof (mm)	0	25	50	75	100	RQD	ØTub	ØTrous	Ech	Np	Coupe	Interprétation	Age
1					75%							<i>Remblai routier</i>	
2													
3					83%							<i>Marne de couleur brune, altérée, plastique (2/3.5m et 5/8 m); devenant grise, saine et compacte en profondeur avec des graves de calcite recristallisée à 9.7m.</i>	<i>Miocène</i>
4													
5													
6													
7					66%								
8						101							
9													
10					76%								
11													
12													
13					70%								
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													

Annexes 2- Sondage carotté Sc2 (glissement 1) d'après DTP (réinterprété pour la description lithologique des couches superficielles et la stratigraphie).