

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université ABDERRAHMANE MIRA-BEJAIA
Département Génie Civil



Mémoire de fin d'étude

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master

Filière

Genie civil

Option

Géotechnique

Thème

Cartographie des risques de glissement de la ville de Béjaïa

Présenté par :

SAMAHI Anissa.

MOULAY Samiha.

Soutenu publiquement le 28/06/2017 devant les jurys composés de :

Président : Mr KHEFFACHE.

Examineur : Mr BARARA.

Promoteur : Mr BENDADOUCHE.

2016/2017

Remerciements

On remercie « ALLAH » de nous avoir donné santé, courage et patience pour la réalisation du présent mémoire.

*Nos profonds remerciements pour notre promoteur M.*BENDADOUCHE Hocine* pour son aide inestimable et sa disponibilité, ses critiques et conseils si précieux ;*

Et aussi M. AINI

Enfin, pour faire court, merci à tous ceux qui nous ont encouragé et ont contribué - directement ou indirectement- à l'élaboration de ce modeste travail.

DÉDICACES

Je dédie ce modeste travail à :

*A mes très chers parents qui ont toujours cru en moi et
n'ont jamais cessé de me soutenir que dieu les protège pour
moi ;*

A mes adorables sœurs : Ibtissem, Kahina, et Souhila ;

A mes chers frères : Bachir et Karim ;

*À mes chères amies Djihene, Ahlem, Kamilia, Hanane,
Katia, et Chafia ;*

A mon cher binôme Samiha ;

*A toute la famille *SAMAH**

*A toutes les personnes que j'ai eu la chance de connaître de
près où de loin,*

Anissa

Dédicace

*Au nom de dieu dément et
miséricordieux, je dédie ce modeste
travail :*

*A mes chers parents, pour leurs
soutiens, patience et sacrifices durant
mes études et durant ce projet.*

*A ma petite sœur chérie Mina, ma
grande sœur Lydia, mon seul frère
Safi ainsi mes grandes mères.*

*A tous nos enseignants pour leurs
bienveillances et pour leurs
contributions à notre solide
formation.*

*A tous ce qui ont contribué de loin ou
de près à la réalisation de ce travail
mon binôme Anissa SAMAH et mes
amis : Adlen, Hanane, Jugurtha,
Dyha, Ayasa ;*

*Qu'ils trouvent ici la traduction de
ma gratitude et ma reconnaissance.*

Samiha MOULAY

Sommaire

Sommaire

Liste des figures.....	I
Liste des tableaux.....	II
Liste des symboles.....	III
Résumé.....	IV

Introduction général.....	1
----------------------------------	----------

A- Partie théorique

CHAPITRE I:Généralité sur les glissements de terrain

I. Introduction... ..	2
II. Définition de glissement de terrain.....	2
III. Types des glissements de terrain	3
III.1.Les glissements à surfaces de rupture nette.....	3
III.2.Les instabilités de terrain à surface des ruptures diffuses	4
a.les écroulements et les éboulements.....	4
b.les coulées boueuses.....	5
c.Fluage	6
IV. Causes de glissements.....	7
V. Conséquences des glissements de terrain.....	9

CHAPITRE II: Méthodes de calculs des glissements

I. Introduction.....	10
II. Le principe d'équilibre limite.....	10
III. Définition du coefficient de sécurité.....	10
VI.Glissemmentplan.....	11
V. Les méthodes classiques pour l'analyse de la stabilité.....	12
V.1.Méthode de l'équilibre des moments	13
V.1.1.La méthode générale des tranches pour une surface de rupture circulaire	13
V.1.2.La méthode de Fellenius.....	14

Sommaire

V.1.3.Méthode de Bishop.....	15
V.2.Méthode de l'équilibre des forces.....	16
V.3.Méthode de l'équilibre des moments et des forces.....	16
 CHAPITRE III: Différents types de confortement	
I. Introduction.....	19
II. Terrassement.....	19
II.1.Butée de pied simple.....	19
II.2.Butée de pied renforcée au géotextile.....	20
II.3.L'allègement en tête de glissement.....	20
II.4.Reprofilage.....	21
II.5.La purge totale.....	21
II.6.Substitution totale ou partielle.....	21
III. Dispositifde drainage.....	22
III.1. Collecte et canalisation des eaux de surface.....	22
III.2. Tranchée drainantes.....	23
III.3. Drains sub horizontaux.....	23
III.4. Masques et éperons drainants.....	24
III.5. Drains verticaux.....	24
IV. Le reboisement.....	24
V. Introduction d'éléments résistants.....	25
 Chapitre IV: Présentation générale de l'outil de travail ArcGis(SIG)	
I. Introduction.....	27
II. Démarrer ArcMap.....	28
III. Fichiers de formes <<Shapefile>>	30
III.1- Ouverture d'un fichier dans Excel.....	30
III.2-Structuration des données.....	35
III.3-Ajout une nouvelle couche de forme.....	35
III.4- Représentation d'un symbole couleur pour chaque type d'occupation de sol.....	36
III.5- Utilisation du Gestionnaire d'étiquettes.....	38
IV. Géo-référencement.....	40
V. Création des fichiers de forme.....	43
V.1- Création d'un fichier sous ArcCatalogue.....	43

Sommaire

V.2- Utilisation de champs dans les fichiers de forme.....	44
VII. Mise en page de la couche.....	45
VIII. Conclusion.....	46

Chapitre V:Présentation de la zone d'étude

I. Étude géologique.....	47
I.1. Limites Géographiques.....	47
I.2. Géologie régionale.....	48
II. Structures et évolution structurale.....	48
II.1. Étude tectonique.....	48
II.2. Dispositif tectonique	49
III. Conditions naturelles	51
III.1. Sismicité de la Région.....	51
III.2. Zones Sismiques	51
IV. Étude hydrologique.....	52
IV.1 Hydrographie.....	52
VI.2 Hydro-Climatologie.....	54
VI.3. Étude Des Paramètres Climatiques.....	54
VI.3.1. La Température.....	54
VI.3. 2 Humidités Relatives (%)	55
VI.3.3 Les vents.....	56
VI.3.4 La grêle	56
VI.3.5 Insolation.....	56
VI.3.6 .Les orages.....	57
V. Conclusion.....	57

B-Partie pratique

I. Introduction.....	58
II. Méthodologie.....	58
II.1 La phase analytique.....	58
II.2 La phase de synthèse.....	58
III. Présentation des cartes sur ArcGis.....	60
III. 1. Carte géologique de secteur d'étude.....	60
III. 2. Carte des pentes.....	66

Sommaire

III. 3. Carte des cohésion.....	70
III.4. Carte des risques de glissements(aléa).....	73
IV. Analyse des données.....	77
V. Zonage des aléas.....	77
VI. Conclusion.....	78
Conclusion général.....	79

Liste des figures

Liste des figures

Figure01. Glissement région Tifra-Adekar (Béjaia).....	03
Figure02. Rupture par glissement plan et rotation.....	04
Figure03. L'éboulement de Cap-Aokas 2005.....	05
Figure04. Exemple d'une coulée boueuse.....	06
Figure 05. Le phénomène de fluage.....	06
Figure06. Les conséquences de glissements.....	09
Figure07. Pente infinie de surface de rupture plane.....	11
Figure08. Butée de pied.....	20
Figure09. Allègement en tête.....	21
Figure10. Drains subhorizontaux.....	23
Figure11. Gabion.....	25
Figure12. Démarrer ArcMap.....	28
Figure13. L'application ArcGis.....	29
Figure14. Document ArcMap vide.....	29
Figure15. Bouton ajout de données dans ArcMap.....	30
Figure16. Ouverture de feuille Excel dans ArcMap.....	31
Figure17. Affichage des données XY dans la vue des données.....	32
Figure18. Ajout des coordonnées XY dans ArcMap d'un fichier Excel.....	32
Figure19. Données Excel enregistrées dans ArcMap.....	33
Figure20. Export des données Excel en fichier géographique.....	33
Figure21. Export des données Excel en fichier de forme shapefile.....	34
Figure22. Résultat exportation données Excel dans ArcMap.....	34
Figure23. Choix de sélections groupées.....	37
Figure24. Gestionnaire d'étiquettes lors d'utilisation de moteur d'étiquetage standard.....	39
Figure25. Gestionnaire d'étiquettes lors de l'utilisation de moteur d'étiquetage Malpex.....	39
Figure26. Propriétés <Data frame properties >.....	40
Figure27. ArcMap – ArcInfo.....	41
Figure28. Le composant géoréférencement d'ArcMap.....	41
Figure29. Barre d'outils géoréférencement.....	42
Figure30. Fenêtre Layers.....	42
Figure31. La fenêtre où se registre le nouveau fichier géoréférencé.....	43
Figure32. Nouvelle mise en page.....	46

Liste des figures

Figure 33. Degré des zones sismiques (règles parasismiques Algérienne version 2003).....	52
Figure 34. Bassin versant de l'Oued Soummam.....	54
Figure 35. Schéma d'indexation des paramètres.....	60
Figure 36. Carte géologique du secteur d'étude.....	61
Figure 37. Carte géologique (notes géologie).....	64
Figure 38. Carte géologique (Sols).....	65
Figure 39. Carte topographique.....	66
Figure 40. Carte des pentes (notes pentes).....	68
Figure 41. Carte des pentes (pentes).....	69
Figure 42. Carte des cohésions (notes cohésion).....	72
Figure 43. Carte des risques de glissement (Aléa. somme).....	76

Liste des tableaux

Liste des tableaux

Tableau01. Résumé quelques méthodes de calcul.....	17
Tableau02. Températures mensuelles. Station de Béjaia (1967/1997).....	55
Tableau03. Variation moyenne mensuelle de l'humidité relative station de Bejaia (1986-1987).....	55
Tableau04. Moyennes mensuelles des vitesses du vent station de Bejaia (1968/1997 ONM)	56
Tableau05. Nombre de jour de grêle (N.J.M) station de Bejaia (1968/1997 ONM).....	56
Tableau06. Insolation moyennes mensuelles station de Bejaia (1968/1997 ONM).....	57
Tableau07. Nombre de jours moyen (N.J.M) station de Bejaia (1968/1997 ONM).....	57
Tableau08. Classification et notations des paramètres de la carte Géologique	64
Tableau09. Classification et notation des paramètres de pentes de la ville de Bejaia.....	67
Tableau 10. Classification et notation Carte géotechnique (Cohésion).....	70
Tableau 11: classification et notation Carte géologie, cohésion, pentes.....	73
Tableau 12 : Classification et notion carte aléa.....	73
Table 01 : géologie de Béjaia.....	64
Table 02 : Pentes de Béjaia.....	67
Table 03 : Géotechnique des projets recensés de la ville de Bejaia (Cohésion-Notes).....	71
Table04 : Risque des glissements de la ville de Béjaia.....	74

Liste des symboles

F : Le coefficient de sécurité

τ_{\max} : résistance au cisaillement du sol

τ : contraintes de cisaillement s'exerçant le long de la surface

C : La cohésion

L : la longueur

W : Poids totale des tranches

α : L'angle entre une ligne prolongée à partir du centre du cercle au centre de la base de la tranche et une ligne verticale

ϕ' : L'angle de frottement

W_i : poids de la $i^{\text{ème}}$ tranche

V_i : force vertical inter-tranche

U : Pression de l'eau interstitielle

E : Force horizontale inter-tranche

h : hauteur de la tranche

Q : la différence scalaire entre les forces inter tranches de gauche et de droite de la tranche

F_v : La force verticale

F_h : La force horizontale

T : la force inter tranche

N : la force totale normale à la base

b : largeur d'une tranche

β : est l'angle d'inclinaison de la pente

W : est le poids du bloc

Z : la profondeur verticale au plan de cisaillement

Fs: le coefficient de sécurité

W_i : est le poids de la i ème tranche,

α_i : est la distance horizontale entre le centre du cercle et le centre de la tranche.

T_i : est la force de cisaillement à la base de la i ème tranche et la sommation est effectuée pour toutes les tranches

Liste des symboles

Résumé

Dans ce travail, on a étudié les cartographies des glissements de terrains qui sont des déplacements obliques plus ou moins étendus et rapides, de matériaux généralement meubles, plastiques ou fragmentés. Partout où il y a des pentes naturelles, sur les bords de rivières, de montagnes, angle de la pente, le climat local, et généralement à la suite d'un événement secondaire, naturel le plus souvent météorologique, ou anthropique, il se produit du fluage, des glissements, des coulées de boue, de chutes de pierres, des éboulements, des écroulements ; certains de ces phénomènes peuvent se superposer ou s'enchaîner.

Les risques qui font courir les glissements de terrain, sont appréciés selon la possibilité, la probabilité ou la certitude de survenance du mouvement, et selon les effets qu'ils sont susceptibles de produire, victimes et dégâts.

Nous avons présenté une méthode d'évaluation du degré de stabilité de la ville de Bejaia avec une approche à indice. Cette dernière basée sur une analyse multicritères où les différents paramètres sont classifiés et pondérés selon leur influence sur le degré de stabilité. Les facteurs retenus dans une telle approche sont :

- la géologie
- la pente
- la cohésion

C'est une première tentative de cartographie de la vulnérabilité des mouvements de terrain dans la ville de Bejaia. La région de Bejaia présente plusieurs indices d'instabilité. Les constructions sur des terrains altérés et en pente comme c'est le cas dans le flanc sud de la ville de Bejaia, peuvent générer des glissements de grande ampleur. L'intérêt de ce travail est qu'il constitue un outil d'aide à la décision relative aux choix des mesures préventives de réduction des risques afin de minimiser l'impact socio-économique du glissement de terrain. L'application de la méthodologie développée a nécessité l'usage d'un Système d'Information Géographique, avec le logiciel Arcgis. Il a permis de synthétiser une masse de données (géologiques, hydrogéologiques, géophysiques, etc...) considérable et la carte de vulnérabilité aux glissements de terrain, obtenue, constitue un véritable outil d'aide à la décision

Abstract

In this work, we have studied the mappings of landslides, which are more or less extensive and rapid oblique displacements of generally soft, plastic or fragmented materials. Wherever there are natural slopes, on the edges of rivers, mountains, slope angle, local climate, and generally because of a secondary event, most often meteorological, or anthropogenic, occurs Creep, landslides, mudslides, falling rocks, landslides, collapses; some of these phenomena may be superimposed or sequential.

The risks that cause landslides are assessed according to the possibility, the probability or the certainty of the occurrence of the movement, and according to the effects, they are likely to produce, victims and damage.

We have presented a method for evaluating the degree of stability of the city of Béjaia with an index approach. The latter based on a multicriteria analysis where the different parameters are classified and weighted according to their influence on the degree of stability. The factors used in such an approach are:

- geology
- slope
- cohesion

It is a first attempt to map the vulnerability of the ground movements in the city of Bejaia. The Bejaia region has several indices of instability. Buildings on altered and sloping terrain, as is the case on the southern flank of the town of Bejaia, can generate large landslides. The interest of this work is that it constitutes a tool for decision-making on the choice of preventive measures to reduce risks in order to minimize the socio-economic impact of the landslide. The application of the methodology developed required the use of a Geographic Information System, with the ArcGis software. It has made it possible to synthesize a mass of data (geological, hydrogeological, geophysical, etc ...) and the map of vulnerability to landslides, obtained, constitutes a true decision-making tool

INTRODUCTION GENERALE

Le risque « glissement de terrain » est lié, d'une part à la présence d'un événement ou aléa qui est la manifestation d'un phénomène naturel géomorphologique, et d'autre part à l'existence d'enjeux qui représentent l'ensemble des conséquences ou des pertes attendues (vies humaines, blessés, dommages aux biens, à l'activité économique, aux moyens de subsistance, à l'environnement ou au patrimoine).

Les conséquences de l'action d'un aléa sur les enjeux sont fonction des éléments exposés et de leur vulnérabilité, qui est le plus fréquemment exprimée en termes de valeur ou de degré de dégâts (Glade, 2003) .[06]

L'intérêt de ce travail est qu'il constitue un outil d'aide à la décision relative aux choix des mesures préventives de réduction des risques afin de minimiser l'impact socio-économique des glissements de terrain de la ville de Bejaia. Une première base de données a été rassemblée à partir des documents existants, d'enquêtes et d'une campagne d'investigation du sol

On peut résumer les principaux objectifs de notre travail comme suit :

- Identifier localiser et caractériser l'aléa mouvement de terrain pouvant engendrer des risques aux personnes et aux bien dans région de Bejaia.
- Développer une méthodologie pour évaluation de l'aléa glissement de terrain basée sur l'utilisation des systèmes d'information.
- Créer une carte de l'aléa
- Apporter un outil accessible aux autorités de Béjaia comme un des éléments de base pour développer une gestion intégrée du territoire par rapport aux dangers naturels a fin de limiter le nom des victimes et de réduire les pertes économique.

I. Introduction :

Les glissements de terrain sont un des risques naturels les plus présents et ils affectent toutes les régions du monde, ils consistent en une descente en masse de matériaux tels que des roches, de la terre, des déchets miniers ou débris sur un versant, causant chaque année d'énormes dégâts tant en vies humaines qu'en dommages matériels. Ils affectent aussi bien des pentes naturelles que des ouvrages anthropiques comme les digues, barrages ou remblais, les glissements de terrain se produisent sans avertissement, ils modifient le paysage et peuvent détruire des résidences, de routes..., couper les conduites d'eau, de gaz...

II. Définition de glissement de terrain :

Un glissement de terrain est un phénomène d'origine sismique, géologique et géophysique où une masse de terre descend sur une pente, autrement dit un plan de glissement plus ou moins continu, plus ou moins plan ou incurvé. Après la mise en mouvement la masse conserve globalement sa consistance et sa physionomie. Elle est donc toujours reconnaissable ; ceci différencie le glissement de terrain de la coulée de boue ou de sable (qui n'ont pas de formes propres). Dans certains cas, des millions, voire dizaines de millions de m³ peuvent être concernés, et brutalement détruire des villages entiers.

Les glissements de terrain sont l'un des types de mouvement gravitaire (ou mouvement de masse de géo matériau), pourtant, par analogie avec certains auteurs anglophones, on utilise parfois improprement le terme « *glissement de terrain* » pour désigner des phénomènes différents (solifluxion par exemple).

Les glissements de terrain sont souvent des formations marneuses et argileuses, qui se caractérisent par des loupes superficielles de glissement (appelées aussi loupes d'arrachement (et parfois de solifluxion), sortes de demi-sphères biconvexes avec des structures d'arrachement et de rupture en tête (partie haute de la loupe dégageant parfois une couronne et une niche d'arrachement) et de grosses déformations de la surface en pied et en front de glissement.



Figure01.Glissement région Tifra-Adekar (Béjaia)

III. Types des glissements de terrain

Les types des glissements de terrain se différencient selon leur vitesse et selon la morphologie de leur surface de rupture, alors on peut les classer en deux grandes familles.

III.1. Les glissements à surface de rupture nette :

- **Les glissements circulaires (rotationnels)**

Surface de glissement plus ou moins circulaire, mouvement caractérisé en général par l'existence d'une zone de départ nette et par un bourrelet frontal plus ou moins marqué. Le remaniement interne dépend de la nature des terrains et de l'importance du déplacement. Il se produit en particulier en terrain meuble, dans les roches homogènes à faible cohésion ou très divisées. La majorité des glissements observés se rattache assez correctement à cette catégorie [01].

- **Les glissements plans (translationnels)**

Lors de glissements translationnels, les couches de terrain ou les ensembles de couches stratifiées glissent sur une zone de faiblesse existante (souvent pendage stratigraphique, discontinuité stratigraphique, schistosité, plan de fissure ou de rupture). En allant de quelques mètres carrés à plusieurs kilomètres carrés.

L'épaisseur des masses en mouvement atteint fréquemment plusieurs dizaines de mètres. Les zones de flysch, les schistes marno-calcaires ou les schistes métamorphiques sont les formations les plus sujettes à ce genre de glissement [06]

- **Les glissements quelconques**

Le mouvement est très semblable au précédent dans son allure externe, mais la section verticale de la surface de glissement est de forme irrégulière [01]. Il s'agit souvent d'une combinaison de glissement plan et circulaire.

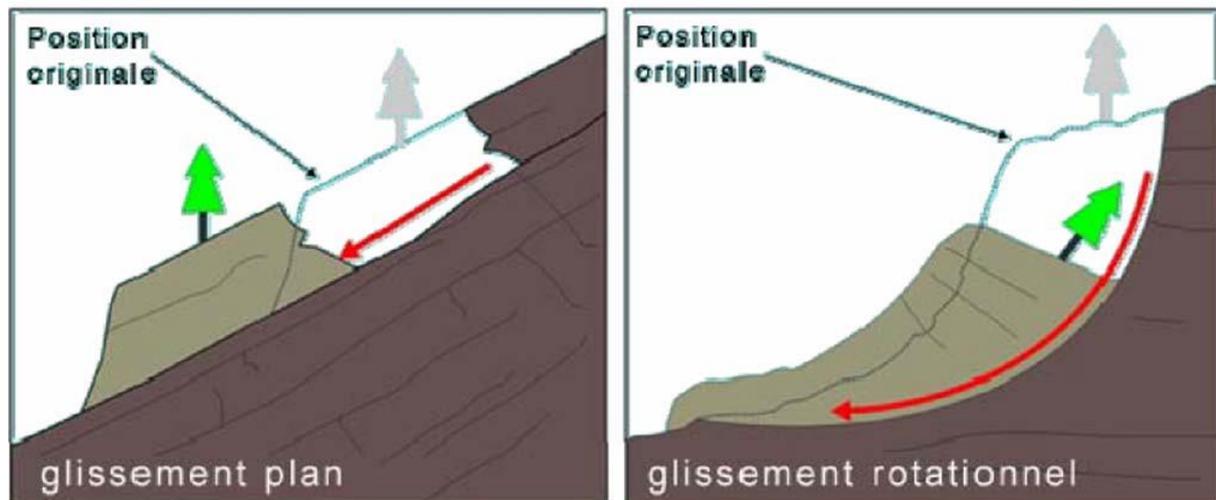


Figure02. Rupture par glissement plan et rotation

III.2. Les instabilités de terrain à surfaces de rupture diffuses

a. Les écroulements et les éboulements :

Les éboulements au sens large (phénomènes de chute) sont des mouvements rapides de masses. Le matériel éboulé, qui s'est détaché du massif rocheux selon des surfaces de discontinuité (pendage, schistosité, fissures ou fractures), parcourt la plus grande partie de son déplacement dans l'air.

Ces phénomènes peuvent être classés en trois catégories: chutes de pierres et de blocs, éboulements (au sens strict) et écroulements. En général, on peut les subdiviser en trois domaines: la zone d'arrachement, la zone de transit et la zone de dépôt [06]



Figure03. L'éboulement de Cap-Aokas 2005

b- Les coulées boueuses

La coulée de boue peut recouvrir deux situations :

- rupture de pentes de terrains sursaturés; rupture de poche, surcharge de nappe ;
- déclenchement sur une pente par temps hyper sec de pluie importante.

C'est le plus rapide (jusqu'à 80 km/h) et le plus fluide des différents types de mouvements de terrain. Elle est composée d'au minimum 30 % d'eau et 50 % de limons, vases et autres matériaux argileux. Il convient de ne pas la confondre avec une inondation boueuse et les laves-torrentielles. Les coulées de boue se forment souvent sur des versants et se constituent en cours d'eau à régime torrentiel. La puissance destructrice de certaines d'entre elles permet une comparaison avec les avalanches.

Ce phénomène hydrologique se manifeste en particulier dans les régions arides et semi-arides où l'on peut observer de longues périodes de sécheresse suivies d'averses inattendues et torrentielles. Ces dernières hydratent si brutalement les sols, fortement desséchés, qu'ils s'effritent et font grossir ces cours d'eau temporaires. Il s'agit alors d'un phénomène de solifluxion.

Il existe également un phénomène de coulée de boue par ruissellement lors de cumuls de précipitations importants. Elles touchent les zones agricoles arables où la pente est un facteur

déterminant dans la virulence et l'étendue de ces coulées de boue. On peut prendre en exemple l'Alsace.



Figure04. Exemple d'une coulée boueuse

c- Fluage

Le fluage est un mouvement lent de matériaux plastiques sur faible pente qui résulte d'une déformation gravitaire continue d'une masse de terrain non limitée par une surface de rupture clairement identifiée, mais par une zone de transition avec le massif stable.



Figure 05. Le phénomène de fluage.

On distingue deux grandes catégories de déformation de fluage :

- la déformation volumique ;

- la déformation de cisaillement.

IV. Causes des glissements

Les glissements de terrain, peuvent se produire pour des raisons naturelles ou provenir de l'activité humaine, on distingue :

- **Les facteurs humains de déstabilisation**

La présence de l'homme dans un espace se traduit par des remaniements de terrain et une modification des conditions d'équilibre des versants, ce qui peut contribuer à les déstabiliser.

La concentration des eaux par suite de rejets non maîtrisés ou de rupture de canalisation, la surcharge de terrain par suite de remblaiements intempestifs peuvent par exemple, déstabiliser profondément les terrains. La mise en place d'infrastructures peut donc mener à la réactivation d'un glissement ancien ou bien accélérer les processus de déstabilisation en cours, voire déclencher un glissement dans une zone initialement stable mais fragile.

Les travaux en pied de versants peuvent également avoir des conséquences considérables : le fait de modifier ou de faire disparaître des terrains situés en aval, par exemple en effectuant des terrassements, a pour effet de déstabiliser l'ensemble de la masse située en amont assurant l'équilibre [01]

- **Les facteurs naturels de déstabilisation et de réactivation**

On parle de perte de butée de pied pour désigner ce type de déstabilisation, liée à disparition d'un appui en aval. Le même mécanisme peut se produire sous l'action érosive du réseau hydrographique, lorsqu'un cours d'eau qui s'écoule au pied d'un versant vient en saper la base.

D'autres paramètres physiques peuvent entrer en jeu dans la diminution de la force de cohésion, comme par exemple :

- Les séismes : les secousses peuvent entraîner un remaniement des matériaux, modifiant localement le contexte physique, comme par exemple le cisaillement et la localisation des axes d'écoulement souterrain des sources.
- Les conditions météorologiques : les argiles se gonflent et se rétractent à mesure qu'alternent les périodes de fortes pluies et de sécheresse, entraînant des mouvements du sol localisés. Par ailleurs, les précipitations peuvent entraîner d'importantes infiltrations d'eau.

Ces exemples montrent que l'eau joue un rôle important dans la déstabilisation des versants, et en particulier quand elle agit sur des terrains argileux [06]

- **L'eau et les risques de glissements de terrain:**

Les eaux souterraines et de surface jouent un rôle déstabilisant sur les sols et les massifs rocheux avec des manifestations qui peuvent être extrêmes comme les glissements de terrain ou les éboulements de roches.

Pour prévenir ces risques, la modélisation hydromécanique et hydrogéologique doit aller de pair avec des opérations de drainage des eaux et une surveillance.

Les nappes souterraines, et plus exactement leurs fluctuations liées aux conditions météorologiques ou parfois aux actions humaines, sont très souvent à l'origine de déclenchements des mouvements de versants: glissements, éboulements, coulées ou laves torrentielles.

Sur les pentes, l'action déstabilisatrice de l'eau infiltrée dans le sol est triple :

- Accroissement du poids volumique des sols par augmentation de la teneur en eau: cet effet est le plus souvent mineur;
- Changement de comportement rhéologique: le sol passe de l'état solide à l'état de fluide visqueux; certaines coulées de boue ou laves torrentielles sont ainsi engendrées par l'imbibition d'une masse de sol. On peut aussi évoquer, lors d'un séisme, la liquéfaction des sables sous nappe qui est à l'origine de nombreux glissements sur très faible pente. Par ailleurs, des circulations d'eau souterraine peuvent engendrer sur le long terme une altération progressive des terrains encaissants, avec dégradation de leurs caractéristiques mécaniques ;
- Action mécanique défavorable des pressions d'eau souterraine.

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.

Cela démontre toute l'importance de l'étude hydrogéologique pour la compréhension de l'évolution des glissements de terrain, mais aussi pour la maîtrise du risque correspondant.

Reposant sur les observations de terrain ou la pose de piézomètres, cette étude doit être menée sur une durée suffisante pour apprécier les fluctuations saisonnières ou annuelles des nappes.

L'introduction d'un modèle hydrogéologique dans l'étude de stabilité permet d'évaluer l'influence des eaux souterraines sur la stabilité et de tester l'efficacité d'un traitement par drainage. Il apparaît cependant que le couplage hydraulique/mécanique est parfois complexe. Pour de grands versants rocheux, la compréhension du rôle de l'eau dans la déformation et le mouvement est donc encore très imparfaite [06]

V. Conséquences des glissements de terrain

Outre les dégâts humains et matériels qui surviennent parfois, ces évènements peuvent modifier (parfois significativement) le paysage, créer des lacs ou petites retenues d'eau, plus ou moins durables ou instables, affecter des infrastructures et modifier le fonctionnement de la circulation locale de l'eau et des sédiments, ce qui affecte aussi les écosystèmes.

Route détruite, maison endommagée et perte de terrain.



Figure06. Les conséquences de glissements

I. Introduction

Une fois la résistance au cisaillement, la pression d'eau dans les pores, la géométrie de la pente et d'autres propriétés du sol sont établis, les calculs de la stabilité des talus doivent être effectués pour s'assurer que les forces stabilisatrices sont suffisamment supérieures aux forces qui tendent à provoquer un glissement.

II. Le principe d'équilibre limite

De manière classique, on définit les conditions d'équilibre limite et on utilise un coefficient de sécurité. On suppose que l'équilibre limite existe au moment de la rupture le long de la ligne de glissement. L'expérience montre que la zone en état d'équilibre limite forme une bande assez étroite d'un côté et de l'autre la zone de rupture. La stabilité de l'ensemble est donc liée à celle de la bande considérée.

Les méthodes de calcul consistent à chercher la surface dont laquelle le coefficient de sécurité F est le plus faible [01].

III. Définition du coefficient de sécurité

- Le coefficient de sécurité, F , est défini à l'égard de la résistance au cisaillement du sol comme :

$$F_s = \frac{\tau_{max}}{\tau} \quad (01)$$

τ_{max} : Résistance au cisaillement du sol ;

τ : contraintes de cisaillement s'exerçant le long de la surface.

La contrainte de cisaillement d'équilibre est la contrainte de cisaillement nécessaire pour maintenir la pente juste stable ; donc l'équation (01) :

$$\tau = \frac{T}{F_s} \quad (2)$$

Si la résistance au cisaillement est exprimée en termes de la contrainte totale, La résistance au cisaillement peut être exprimée par l'équation de Mohr-Coulomb. Donc l'équation (01) s'écrit :

$$\tau = \frac{C + \sigma \tan \varphi}{F_s} \quad (3)$$

$$\tau = \frac{C}{F_s} + \frac{\sigma \tan \varphi}{F_s} \quad (4)$$

c : la cohésion ; φ : l'angle de frottement.

VI- Glissement plan :

Pendant longtemps on a préféré croire (par simplicité des calculs) que les surfaces de glissement étaient planes. Or la simple observation sur le terrain prouve que les surfaces sont courbes. Cependant dans des cas particuliers, on peut admettre des rayons de courbure infinis, ce qui nous amène à des glissements plans. D'autre part, cette méthode est une bonne introduction aux méthodes plus élaborées que nous verrons dans la suite de ce chapitre.

Si on considère une pente infinie, la pente est supposée s'étendre infiniment dans toutes les directions et le glissement est supposé se produire le long d'un plan parallèle à la face de la pente. Car la pente est infinie, les contraintes sont les mêmes sur tous les deux plans qui sont perpendiculaires à la pente, comme les plans A-A' et B-B' dans la **figure 07**.

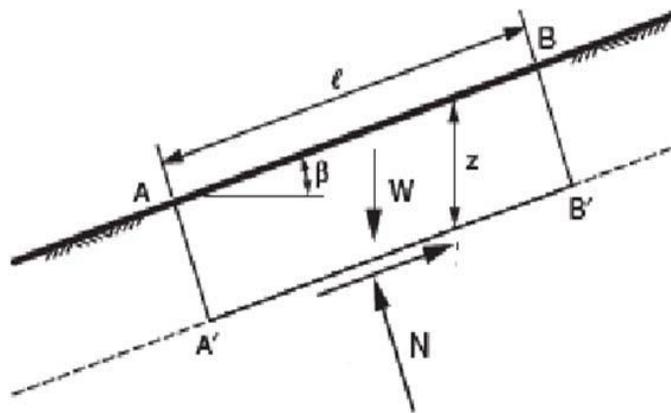


Figure07. Pente infinie de surface de rupture plane.

Les équations d'équilibre sont calculées en considérant un bloc rectangulaire comme celui de la **figure 07**. Pour une pente infinie, les forces sur les deux extrémités du bloc seront identiques en amplitude, en sens opposé, et colinéaires. Ainsi, les forces sur les extrémités du bloc équilibrent exactement les uns aux autres et peuvent être ignorés dans l'équilibre des équations [06].

Résumant les forces dans des directions perpendiculaires et parallèles au plan de glissement donne les expressions suivantes pour la force de cisaillement, T, et la force normale, N, sur le plan:

$$T = W \sin \beta \text{ et } N = W \cos \beta \quad (5)$$

Où β est l'angle d'inclinaison de la pente et du plan de glissement, mesuré par rapport à l'horizontale, et W est le poids du bloc. Pour un bloc de l'unité d'épaisseur dans la direction

perpendiculaire au plan de la section transversale dans la **figure 07**, le poids est exprimé comme suit :

$$W = \gamma.l.Z.\cos\beta \quad (6)$$

Où γ est l'unité de mesure du poids total du sol, l la distance entre les deux extrémités du bloc, mesuré parallèlement à la pente, et Z la profondeur verticale au plan de cisaillement. En substituant (6) dans (5) donne :

$$T = \gamma.l.Z.\cos\beta.\sin\beta \quad (7)$$

$$N = \gamma.l.Z.\cos^2\beta \quad (8)$$

Les contraintes normales et de cisaillement sur le plan de cisaillement sont constantes pour une pente de longueur infinie et sont obtenues en divisant (T) et (N) par la surface du plan , pour obtenir:

$$\tau = \gamma.Z.\cos\beta.\sin\beta \quad (9)$$

$$\sigma = \gamma.z.\cos^2\beta \quad (10)$$

En substituant ces expressions dans l'équation (τ) pour obtenir la formule du coefficient de sécurité, on trouve :

$$F_S = \frac{c + \gamma.Z.\cos^2\beta.\tan\phi}{\gamma.Z.\cos\beta.\sin\beta} \quad (11)$$

En termes de contraintes effectives :

$$F_S = \frac{c' + (\gamma.Z.\cos^2\beta - u)\tan\phi'}{\gamma.Z.\cos\beta.\sin\beta} \quad (12)$$

Pour un sol purement pulvérulent ($c, c'=0$), le coefficient de sécurité se réduit à :

$$F_S = \frac{\tan\phi}{\tan\alpha} \quad (13)$$

L'équilibre limite est atteint pour $F_{\min}=1$; soit: $\alpha = \phi$. Ceci exprime bien que l'angle de talus naturel d'un sol pulvérulent est égal à l'angle de frottement interne [06].

V. Les méthodes classiques pour l'analyse de la stabilité :

Il existe plusieurs dizaines de méthodes de calcul de stabilité ayant toutes des avantages et des inconvénients. Aucune n'est parfaite, car aucune ne tient compte de la déformabilité du sol.

Nous étudierons ci-après plusieurs méthodes de calcul traditionnelles mais la confiance que l'on peut leur accorder sera essentiellement fonction de l'expérience que l'on peut en avoir. Ces méthodes peuvent être classées selon plusieurs critères, dans le présent chapitre ces méthodes seront classées selon la nature des forces considérant dans la vérification de l'équilibre qu'ils soient des forces, des moments ou des forces et des moments en même temps [01].

V.1 Méthodes de l'équilibre des moments

Les méthodes qui supposent une surface de rupture circulaire envisagent l'équilibre des moments sur le centre du cercle pour l'ensemble de la masse libre composé de toutes les tranches [06].

V.1.1 . La méthode générale des tranches pour une surface de rupture circulaire

Le principe de la méthode consiste à découper le massif situé au dessus de la ligne de rupture en tranches. L'expérience montre qu'il n'est pas nécessaire de prévoir des tranches très minces pour obtenir une précision suffisante. Ces méthodes considèrent une surface de rupture circulaire et sont basées sur l'équilibre des moments sur le centre du cercle. Se référant à la pente et la surface circulaire de rupture, le moment moteur peut être exprimé comme :

$$M = \sum W_i \cdot d_i \quad (14)$$

Où W_i : est le poids de la i ème tranche,

Et d_i : est la distance horizontale entre le centre du cercle et le centre de la tranche.

Les distances vers la crête de la pente, à la droite du centre montre, sont positives; les distances vers le pied de la pente, à la gauche du centre, sont négatives. Bien que théoriquement, le bras de levier soit mesuré à partir du centre du cercle au centre de gravité de la tranche, un nombre suffisant de tranches permet de considérer les différences entre le centre et le centre de gravité de la tranche sont Négligeables.

Le bras de levier peut être exprimé en termes de rayon du cercle et de l'inclinaison de bas de la tranche respectifs. Bien que la base de la tranche soit courbée, la base peut être considérée comme une ligne droite, avec une perte négligeable de la précision.

L'inclinaison de la base du morceau est représentée par l'angle α . mesuré entre la base de la tranche et de l'horizontale. L'angle entre une ligne prolongée à partir du centre du cercle au centre de la base de la tranche et une ligne verticale est aussi égal à l'angle α_i . Ainsi, le bras de levier est exprimée par :

$$\alpha_i = r \sin d_i \quad (15)$$

Et le moment moteur exprimé dans la relation devient :

$$M = r \sum W_i \cdot \sin d_i \quad (16)$$

Le rayon a été transféré en dehors de la somme, car le rayon est constant pour un cercle.

Le moment résistant est fourni par la contrainte de cisaillement r sur la base de chaque tranche; la contrainte normale a sur la base de chaque tranche agir à travers le centre du cercle, et donc ne produire aucun moment. Le moment résistant de toutes les tranches est :

$$M_r = r \sum T_i \quad (17)$$

Où T_i est la force de cisaillement à la base de la i ème tranche et la sommation est effectuée pour toutes les tranches. La force de cisaillement est le produit de la contrainte de cisaillement τ_i et la surface de la base de la tranche de l'unité d'épaisseur Δl . Ainsi :

$$M_r = r \sum \tau \Delta l_i \quad (18)$$

La contrainte de cisaillement peut être exprimée en termes de la force de cisaillement et le facteur de sécurité:

$$M_r = r \sum \frac{T_i \Delta l_i}{F} \quad (19)$$

Assimiler le moment résistant et le moment moteur et les réorganiser, l'équation suivante peut être écrite pour le coefficient de sécurité.

Pour une contrainte totale, la résistance au cisaillement est exprimée par :

$$T_i = c + \sigma \tan \phi \quad (20)$$

Donc :

$$F_s = \frac{\sum (c + \sigma \tan \phi) \Delta l}{\sum W \cdot \sin \alpha} \quad (21)$$

V.1 .2 . La méthode de Fellenius

Cette méthode est aussi parfois appelée la méthode suédoise de tranches. C'est la première méthode de tranches développé et présenté dans la littérature. La simplicité de la méthode a permis de calculer des coefficients de sécurité en utilisant les calculs à la main.

Dans cette méthode, toutes les forces inter tranche sont ignorées. Le poids de la tranche est découpé dans les forces parallèles et perpendiculaires à la base de la tranche. La composante

du poids parallèle à la base de la tranche est la force gravitationnelle mobilisatrice. La somme des moments autour d'un point utilisé pour décrire la surface de la rupture est également utilisée pour calculer le coefficient de sécurité. La forme la plus simple de l'équation du coefficient de sécurité en l'absence de toute eau pour une surface de rupture circulaire :

$$F_s = \frac{\Sigma(c.\Delta l + W.\cos\alpha.\tan\phi)}{\Sigma W.\sin\alpha} \quad (23)$$

Se référant à la tranche illustrée a force normale de la méthode Ordinaire de tranches peut s'exprimer comme :

$$N = W.\cos\alpha \quad (24)$$

Remplaçant σ par ça valeur, on trouve :

$$F_s = \frac{\Sigma(c.\Delta l + W.\cos\alpha.\tan\phi)}{\Sigma W.\sin\alpha} \quad (25)$$

Pour une contraint total effective:

$$F_s = \frac{\Sigma((c'.\Delta l + W.\cos\alpha - u\Delta l).\tan\phi')}{\Sigma W.\sin\alpha} \quad (26)$$

La contraint normale effective peut être exprimée par la relation :

$$\sigma' = \frac{W\cos\alpha}{\Delta l} - u.\cos^2\alpha \quad (27)$$

Alors :

$$f_s = \frac{\Sigma((c'.\Delta l + W.\cos\alpha - u\Delta l.\cos^2\alpha).\tan\phi')}{\Sigma W.\sin\alpha} \quad (28)$$

V.1.3.Méthode de Bishop (1955)

Dans la méthode de Bishop, l'expression du coefficient de sécurité est obtenue en écrivant les deux équations d'équilibre statique :

- L'équilibre des forces verticales qui sont appliquées à chaque tranche.
- L'équilibre global des moments.

Le coefficient de sécurité est déterminé comme suit :

- l'équilibre vertical :

$$W_i + (V_i - V_{i+1}) = N_i.\cos\alpha + T_i.\sin\alpha_i \quad (29)$$

Pour une ligne de glissement circulaire :

$$F_s = \frac{\sum_{i=1}^n [C_i - \frac{b}{\cos \alpha_i} + N \tan \phi_i]}{\sum W_i \sin \alpha_i} \quad (30)$$

V.1.4 Méthode de Bishop simplifiée

Dans la méthode de Bishop, les forces sur les côtés de la tranche sont supposés être horizontales (c'est-à-dire, il n'y a pas de cisaillement entre les tranches). Les forces sont résumées dans le sens vertical pour satisfaire l'équilibre dans cette direction et d'obtenir une expression de la contrainte normale sur la base de chaque tranche. Se référant à la tranche et on détermine les forces verticales, l'équation de l'équilibre suivante peut être écrite pour les forces dans le sens vertical:

$$N \cos \alpha + T \sin \alpha - W = 0 \quad (32)$$

L'expression du coefficient de sécurité de la méthode de bishop simplifiée s'écrit comme :

$$F_s = \frac{\sum (\frac{c' + (w - ub) \tan \phi'}{m \alpha})}{\sum W \cdot \sin \alpha} \quad (33)$$

avec :

$$m \alpha = \cos \alpha (1 + (\tan \alpha \cdot \tan \phi') / f) \quad (34)$$

V.2 .Méthodes de l'équilibre des forces

Cette méthode est utilisée quand la surface de rupture peut être approchée de manière satisfaisante par 2 ou 3 lignes droites.

Il semble qu'actuellement la méthode des tranches paraisse offrir la meilleure approche pour obtenir une solution précise pour n'importe quelle surface de rupture, ainsi que pour des sols stratifiés ou zonés.

V.3. Méthodes de l'équilibre des moments et des forces :

Jusqu'à présent, toutes les méthodes qui ont été présentées sont basées sur des formes relativement simples à la surface de rupture: un plan ou un cercle.

Mais dans la plupart des temps la surface de rupture est plus complexe, souvent à la suite des zones ou des couches de sol relativement faible. Dans de tels cas, il est nécessaire de calculer la stabilité en utilisant des formes plus complexes de la surface de glissement [06].

Plusieurs procédures ont été mises au point pour les analyses des surfaces de rupture plus complexes.

Tableau 01 : Résumé quelques méthodes de calcul [06].

La méthode	Les hypothèses	Les équations d'équilibres	Les inconnus recherchés
Une pente infinie	<ul style="list-style-type: none"> • Etendue infinie • La surface de rupture est parallèle a la surface de la base de la pente 	Σ forces perpendiculaires à la pente Σ forces parallèles à la pente	<ul style="list-style-type: none"> • Le coefficient de sécurité • La force normale (N) à la base
Fellenius	<ul style="list-style-type: none"> • La surface de rupture est circulaire • Les forces sur les cotés des tranches sont négligées 	Σ moments par rapport au centre du cercle de glissement	<ul style="list-style-type: none"> • Le coefficient de sécurité
Bishop simplifiée	<ul style="list-style-type: none"> • La surface de rupture est circulaire; • Les forces sur les côtés des tranches sont horizontaux (pas de cisaillement entre les tranches) 	Σ moments par rapport au centre du cercle de glissement. Σ des forces dans le sens vertical.	Le coefficient de sécurité. <ul style="list-style-type: none"> • La force normale (N) à la base de la surface de rupture
Spencer	<ul style="list-style-type: none"> • Les forces inter-tranches sont parallèles, (c'est-à-dire, toutes ont la même inclinaison). • La force normale (N) agit au centre de la base de la tranche. 	Moments de n'importe qu'elle point sélectionné. Σ des forces dans le sens vertical. Σ des forces dans le sens horizontal.	<ul style="list-style-type: none"> • Le coefficient de sécurité. • La force normale(N) à la base. • L'inclinaison des Forces inter-tranches (θ) inter-tranches (Z). • Emplacement des forces latérales (ligne de poussées)
Morgenster n et price	<ul style="list-style-type: none"> • Les forces inter tranche de cisaillement sont liée au forces normale par : 	Σ moments de n'importe quel point sélectionné.	<ul style="list-style-type: none"> • Le coefficient de sécurité.

	$T = \lambda \cdot f(x) \cdot E.$ <ul style="list-style-type: none"> • La force normale (N) agit au centre de la base de la tranche 	\sum des forces dans le sens vertical. \sum des forces dans le sens horizontal.	<ul style="list-style-type: none"> • La force normale (N) à la base. • Le coefficient (λ). • Les forces inter tranche horizontales
sarma	<ul style="list-style-type: none"> • Les forces inter tranchent de cisaillement dépend aux caractéristiques de cisaillement, la pression interstitielle de l'eau Et la composante horizontale de la force inter tranche. • La force normale (N) agit au centre de la base de la tranche 	\sum moments de n'importe qu'elle point sélectionné. \sum des forces dans le sens vertical. \sum des forces dans le sens horizon	<ul style="list-style-type: none"> • Le coefficient de sismicité (k). • La force normale (N) à la base. • Le coefficient (λ). • Les forces inter tranche horizontales. • Emplacement des forces latérales (ligne de poussée).

I. Introduction

Dans cette partie, on présentera les éléments nécessaires au choix et à la définition d'un dispositif de confortement pour un glissement de terrain. Ils dépendent du type d'instabilité, de la cinétique du phénomène, des facteurs qui interviennent dans le déclenchement du mouvement et de son évolution dans le temps.

Les techniques d'intervention disponibles se regroupent en trois grandes familles:

Les terrassements, les drainages et les renforcements.

II. Terrassement

Les conditions de stabilité étant directement liées à la pente du terrain, le terrassement reste le moyen d'action le plus naturel. On peut distinguer trois groupes de méthodes de stabilisation par terrassement.

- . Les actions sur l'équilibre des masses : allègement en tête, remblai en pied.
- . Les actions sur la géométrie de la pente : purge et reprofilage.
- . Les substitutions partielles ou totales de la masse instable [01]

II.1. Butée de pied simple

Le chargement en pied d'un glissement est une technique souvent utilisée et généralement efficace. L'ouvrage, également appelé banquette, berme ou butée, agit par contre-balancement des forces motrices. Pour qu'il soit efficace, il faut réaliser un ancrage dans les formations sous-jacentes en place. Comme dans le cas d'un ouvrage de soutènement, le dimensionnement doit assurer la stabilité ou renversement, au glissement de l'ouvrage et la stabilité globale du site :

- . L'ouvrage limite les risques de reprise de glissement en amont.
- . L'ouvrage ne déclenche pas d'autre glissement, par exemple à l'aval [01]

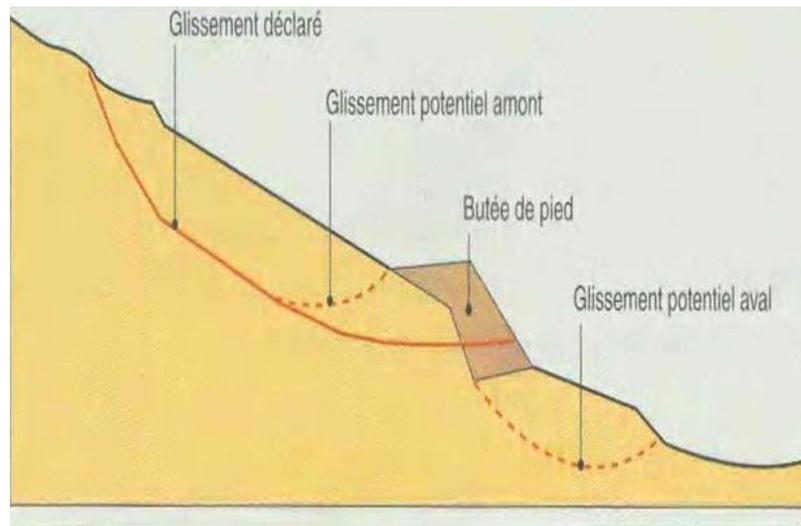


Figure08. Butée de pied

II.2. Butée de pied renforcée au géotextile

Les géosynthétiques ont connu un développement considérable dans les domaines de la géotechnique et de génie civil ces trente dernières années. Actuellement, ils sont présents dans la plupart des ouvrages géotechniques et leurs domaines d'applications ne cessent de s'accroître. Durant les quatre dernières années, de nombreux ouvrages géotechniques incluant des géosynthétiques ont été construits en Algérie.

La technique géosynthétique pour le traitement de certains glissements de terrains constitue une réelle alternative, innovante et économique par rapport aux autres solutions classiques. Elle peut être même la seule solution valable [01]

II.3. L'allègement en tête de glissement:

Ce procédé consiste à alléger la tête du glissement afin de diminuer la masse des terrains et réduire les forces exercées. Les pentes raides des talus peuvent aussi être atténuées pour diminuer les risques de glissement, ce procédé est réalisable que si le talus possède une dimension réduite.

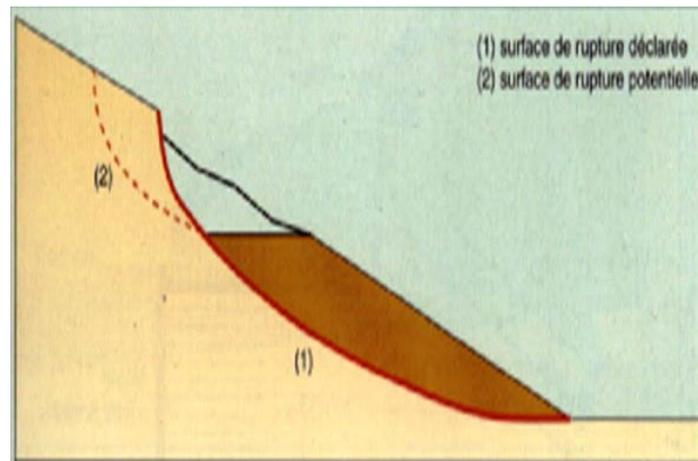


Figure09. Allègement en tête

II.4. Reprofilage

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. Ce type de traitement, de pratique courante, est particulièrement bien adapté aux talus de déblais. Notons que l'exécution de risbermes a l'avantage d'améliorer la stabilité par rapport à une pente unique et de créer des voies d'accès pour l'entretien ou des travaux complémentaires. L'adoucissement de la pente est généralement mal adapté aux versants naturels instables car il met en jeu des volumes de sol très importants.

II.5. La purge totale

Cette solution est applicable que sur un glissement de terrain de taille réduite et après que le glissement eu lieu. Cela consiste à dégager le matériel glissé.

II.6. Substitution totale ou partielle

La substitution totale consiste à venir purger l'ensemble des matériaux glissés ou susceptibles de glisser, et à les remplacer par un matériau de meilleure qualité. Cela permet de reconstituer le profil de talus initial.

Il importe de vérifier la stabilité au cours des phases de travaux et celle du talus définitif dans lequel on prend en compte les caractéristiques du matériau de substitution et de matériau en place.

La substitution de matériaux glissés suppose que l'on connaisse le volume de matériaux concerné, que l'on excave plus profondément que la surface de rupture, et que l'on réalise des redans afin d'assurer un bon accrochage entre le substratum et le sol d'apport. La tenue des talus provisoires de la purge dépend des conditions de terrassement, de la météorologie et des hétérogénéités locales.

Des substitutions partielles sont souvent employées, sous forme de bèches ou de contreforts discontinus. Le coefficient de sécurité de la pente ainsi traitée peut être estimé en prenant la moyenne pondérée des coefficients de sécurité de la pente avec et sans substitution.

III. Dispositif de drainage :

Dans la plupart des cas de glissement, l'eau joue un rôle moteur déterminant. Aussi utilise-t-on couramment les techniques de drainage, qui ont pour but de réduire les pressions interstitielles, au niveau de la surface de rupture lorsque celle-ci existe. Les différentes techniques qui peuvent être mises en œuvre pour atteindre cet objectif relèvent de deux options fondamentales :

- Eviter l'alimentation en eau du site ;
- Expulser l'eau présente dans le massif

De nombreux paramètres conditionnent l'efficacité d'un système de drainage, en particulier la nature et l'hétérogénéité des terrains, la géométrie des couches aquifères, la perméabilité et l'anisotropie des sols, les alimentations et les exutoires. De ce fait, et compte tenu des difficultés de détermination de l'ensemble de ces éléments, le dimensionnement d'un système de drainage est fait en prenant un coefficient de sécurité plus élevé que celui pris pour d'autres techniques (terrassements, renforcements).

Comme la plupart des ouvrages, les dispositifs de drainage nécessitent un entretien régulier qui, s'il n'est pas réalisé, peut leur enlever toute efficacité. On distingue : les drainages de surface et les ouvrages de collecte des eaux, les tranchées drainantes, les drains subhorizontaux, les masques et éperons drainants, les drains verticaux, et enfin les galeries et autres ouvrages profonds. Toutes ces techniques peuvent être utilisées seules ou associées, ou en complément d'autres techniques de stabilisation.

III.1. Collecte et canalisation des eaux de surface

L'objectif est de limiter les infiltrations dans le massif en mouvement. Les eaux peuvent provenir de zones de sources, d'un défaut d'étanchéité sur un réseau ou un bassin de stockage à l'amont ou plus simplement de l'impluvium et des eaux de ruissellement. En effet, les eaux

de surface ont tendance à s'infiltrer dans les fissures, à stagner dans les zones de faible pente et aggravent ainsi une instabilité amorcée. Aussi les ouvrages de collecte des eaux (fossés, caniveaux, cunettes) et l'étanchéification des fissures de surface, bien que ne constituant pas des ouvrages de drainage à proprement parler, sont-ils réalisés en première urgence dans de nombreux cas de glissements.

III.2. Tranchée drainantes

Les tranchées drainantes sont des ouvrages couramment utilisés pour rabattre le niveau de la nappe. Elles sont implantées sur le site de façon à venir recouper les filets d'eau (lignes de courant dans un horizon homogène, couche aquifère, venues d'eau ponctuelles, etc.). Le choix de l'implantation (dans le sens de la plus grande pente ou dans un sens parallèle aux lignes de niveau, ou encore en épis), de la profondeur et de l'espacement des tranchées dépend des résultats de l'étude hydrogéologique et conditionne l'efficacité du drainage. Ces tranchées peuvent être réalisées de plusieurs façons : à la pelle mécanique, à la trancheuse et la haveuse de paroi.

III.3. Drains subhorizontaux

Cette méthode est utilisée quand la nappe est trop profonde pour être atteinte par des drains superficiels. La meilleure justification de l'utilisation de drains subhorizontaux est le cas d'un aquifère assez perméable (sable, roche extrêmement fracturée) dont l'émergence est masquée par des terrains moins perméables (éboulis argileux). Le rayon d'action de chaque drain est faible. La méthode est souvent inefficace dans des formations argileuses (trop faible perméabilité, circulation trop diffuse). Toutefois, le rabattement de la nappe, si faible soit-il, pourra suffire dans certains cas.

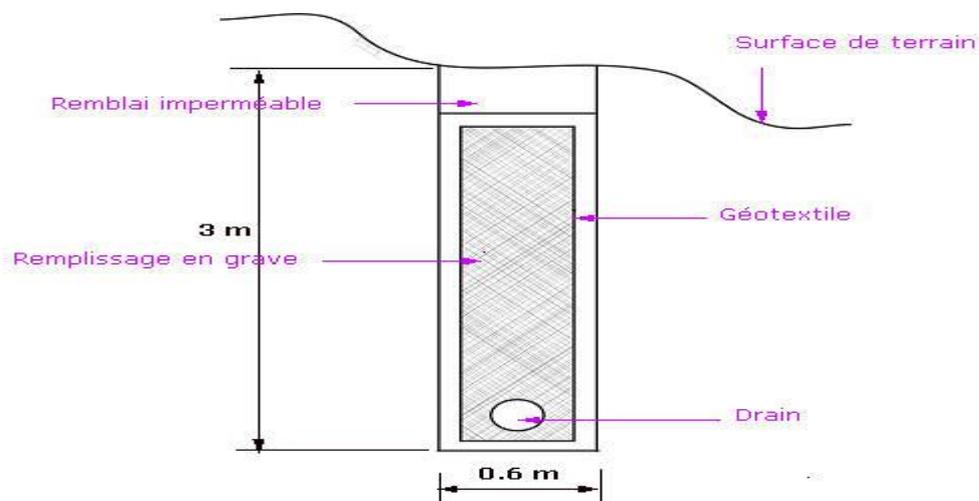


Figure10. Drains subhorizontaux

III.4. Masques et éperons drainants

Les masques drainants sont des ouvrages en matériaux granulaires grossiers mis en place en parement de talus ; leur rôle est d'annuler la pression interstitielle dans la portion correspondante de terrain, mais leurs caractéristiques très frottantes apportent également un gain de stabilité. Les éperons drainants sont des sortes de masques discontinus ; s'il est inutile ou difficile de réaliser un masque, on se contente de faire des saignées remplies de matériau drainant régulièrement espacées.

III.5. Drains verticaux

Cette méthode consiste à réaliser des forages drainants verticaux équipés de pompes immergées. Elle est utilisée dans le cas de masse instable importante en glissement lent. On préconise ce système si la vitesse moyenne avant travaux est de l'ordre du centimètre par année, de façon à éviter un cisaillement prématuré des crépines. Si la vitesse est variable au cours de l'année, les travaux de forage doivent être effectués en période sèche, donc pendant les mouvements les plus lents. Les pompes seront opérationnelles dès la période habituelle de réactivation

IV. Le reboisement

Les forêts interceptent les eaux de pluie, contribuant ainsi à diminuer les volumes et les vitesses d'écoulements sur les versants et augmenter la cohérence du sol.

Mais si la végétalisation des sols peut jouer parfois un rôle significatif sur la réduction du risque inondation en atténuant les crues, elle ne permet pas de stabiliser réellement des versants affectés par des glissements profonds.

En revanche, les racines des végétaux ont pour effet d'ancrer le sol dans les premiers mètres. La présence d'une forêt, régulièrement entretenue et renouvelée, peut donc contribuer à stabiliser des glissements superficiels.

La correction torrentielle peut venir compléter les autres mesures de stabilisation des versants lorsqu'ils sont bordés en aval par un cours d'eau.

L'objectif est de limiter l'action érosive des écoulements sur les berges, pour éviter que leur sapement n'entraîne l'effondrement du pied de versant, puisque celui-ci peut assumer en partie la stabilité de la masse située en amont.

Dans cette optique, il suffit de buser les écoulements pour permettre à des débits très élevés de s'écouler sans conséquences sur les rives. Si cela n'est pas possible, il faut installer des seuils afin de réduire la puissance des écoulements et donc leur action érosive.

V. Introduction d'éléments résistants

Celle-ci a pour but de réduire ou arrêter les déformations des terrains, elles ont donc une influence sur les conséquences des glissements de terrain.

- **Enrochement**

Cette méthode permet de contrer l'avancée des matériaux en installant des blocs de roches au pied du terrain instable.

- **Gabions**

Muraille de pierres entourée de grillage métallique pour stopper l'évolution du terrain vers la route.



- **Ouvrage rigide**

Il s'agit d'un mur qui sera composé de deux parties :

1. Partie inférieure rigide en béton installée sur le pied du glissement avec ancrage.
2. Partie supérieure souple composée de pierres emboîtées.

- **Nappe géo synthétique**

Il s'agit d'une nappe géo synthétique installée sur le terrain instable fixée par des ancrages et associée à du béton projeté. Cela a pour but de bloquer le mouvement du sol. Un mur de

soutènement est souvent installé le long de la route pour bloquer la progression du terrain sur la route.

- **Systèmes d'ancrages**

On y compte deux types :

1. Un ancrage passif : il est constitué par des armatures (barres d'acier) scellées dans la roche. Ce procédé permet de fixer un volume de roche instable sur un faciès stable se trouvant en profondeur.
 2. Un ancrage actif : constitué de barres en acier scellées au fond de trous au-delà de la zone instable et mises en tension.
- **Nappe de géotextile biodégradable et écran en rondins de bois entrecroisés** : Elle est composée de deux parties :
 1. Une partie supérieure composée de géotextile biodégradable favorisant la revégétalisation.
 2. Une partie inférieure composée de rondins de bois entrecroisés avec un remplissage de petits blocs.

I. Introduction

Depuis de nombreuses années, la technologie SIG (système d'information géographique) améliore la communication, la collaboration et la prise de décision, la gestion des ressources et des infrastructures, l'efficacité des workflows et l'accès aux informations tout en permettant aux petites et aux grandes organisations de réaliser d'importantes économies.

L'influence du SIG devient ainsi de plus en plus importante.

Le SIG s'impose comme un outil puissant de gestion, de visualisation et de communication des informations sur notre monde. Soucieuses de fournir des informations et des fonctionnalités géo spatiales transversales, les organisations choisissent de tirer parti des informations géographiques qu'elles créent avec leurs SIG bureautiques et de les mettre à disposition à l'aide de serveurs en vue de leur utilisation dans l'entreprise et sur le Web. Par ailleurs, des ensembles spécifiques de logique SIG peuvent être incorporés et déployés dans des applications personnalisées. De même, le SIG est de plus en plus déployé sur des périphériques nomades pour des applications de terrains [09]

Définition et rôle de l'ArcGis :

ArcGis est une suite de logiciel d'information géographique (SIG) développés par la société américaine ESRI (Environmental Systems Research Institute)

ArcGIS est un système complet qui permet de collecter, organiser, gérer, analyser, communiquer et diffuser des informations géographiques. En tant que principale plateforme de développement et d'utilisation des systèmes d'informations géographiques (SIG) au monde, ArcGIS est utilisé par des personnes du monde entier pour mettre les connaissances géographiques au service du gouvernement, des entreprises, de la science, de l'éducation et des médias. ArcGIS permet la publication des informations géographiques afin qu'elles puissent être accessibles et utilisables par quiconque. Le système est disponible partout au moyen de navigateurs Web, d'appareils mobiles tels que des Smartphones et d'ordinateurs de bureau.

L'ArcGis contient quatre sous programmes :

ArcMap

ArcCatalogue

ArcGlobe

ArcScène

II. Démarrer ArcMap :

Cliquons sur le menu démarrer → programmes → ArcGis → ArcMap

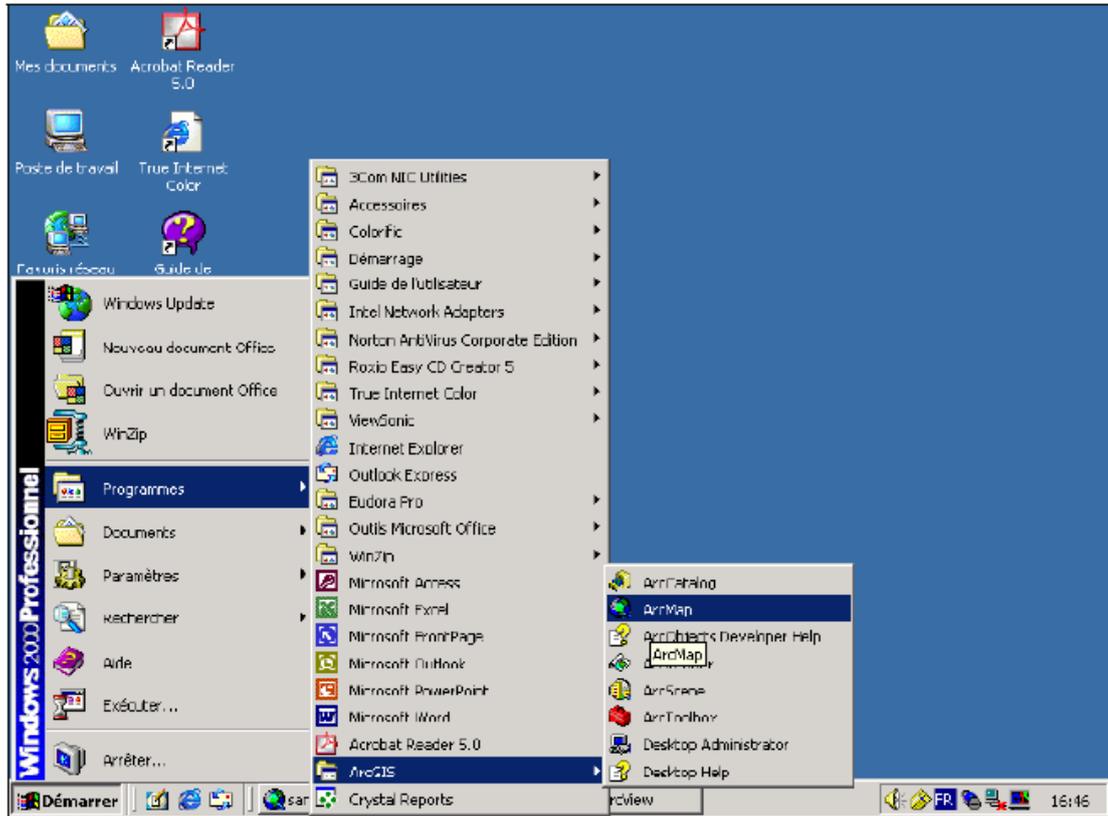


Figure12. Démarrer ArcMap

L'application se lance...

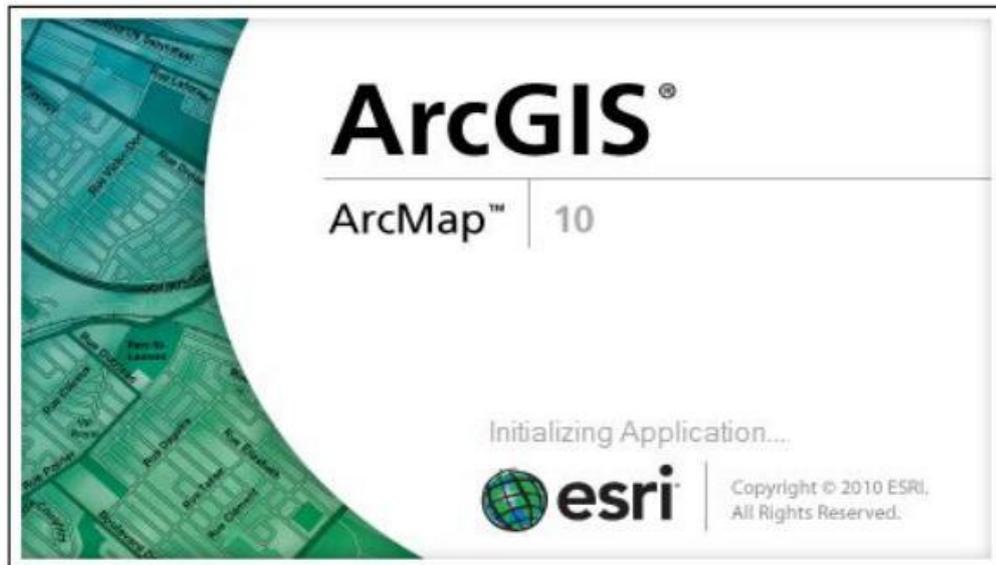


Figure13. L'application ArcGis

Un nouveau document ArcMap apparaît ainsi qu'une boîte de dialogue nommée l'assistant de démarrage avec la possibilité de plusieurs choix : on crée un nouveau document ArcMap vide, on choisit parmi les modèles proposés un modèle ou ouvrir un document ArcMap déjà existant. [02]

Dans l'assistant de démarrage d'ArcMap, sélectionnons un nouveau document vide

Cliquons sur OK

Un nouveau document ArcMap vide apparaît

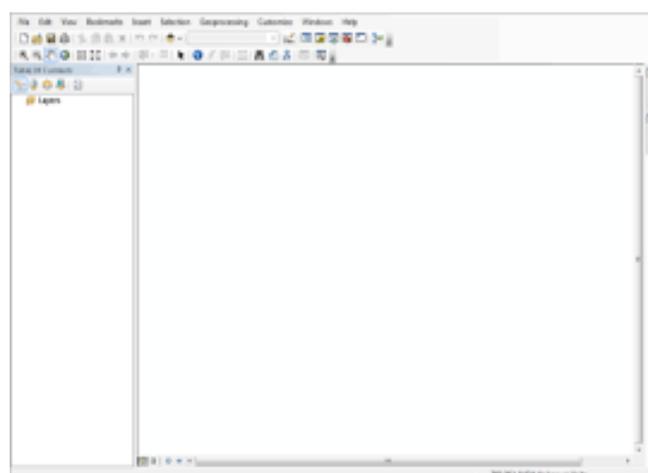


Figure14. Document ArcMap vide

Chapitre IV Présentation générale de l'outil de travail ArcGis(SIG)

Le document ArcMap peut contenir un nombre variable de blocs de données, chacun gérant un ensemble de jeux de données [02]

III. Fichiers de formes <<Shapefile>> :

III.1- Ouverture d'un fichier dans Excel :

Le nombre de données utilisées tant dans la collecte que la constitution de bases de données s'effectue via le très populaire tableur de Microsoft : **Excel**.

Il est possible de stocker de l'information géographique dans Excel. Alors comment le transférer dans ArcGIS.

Tout d'abord, il faut le que les données entrées respectent des pré requis.

- 1) La première ligne dans la feuille Excel doit correspondre aux noms de colonnes car ArcGIS les utilisera comme noms de colonne dans la table attributaire ;
- 2) Cette ligne de doit pas contenir d'espace ou de signes comme les tirets etc. ;
- 3) Le début des noms de colonnes doit commencer par une lettre de l'alphabet et non des chiffres ;
- 4) Et bien entendu, il faut une colonne contenant les coordonnées de longitude et une autre les coordonnées de latitude.

À présent, nous pouvons commencer l'ouverture du fichier Excel dans ArcGIS.

Démarrez une nouvelle session vide de ArcMap, Ensuite cliquez sur le bouton **Add Data (1)**;

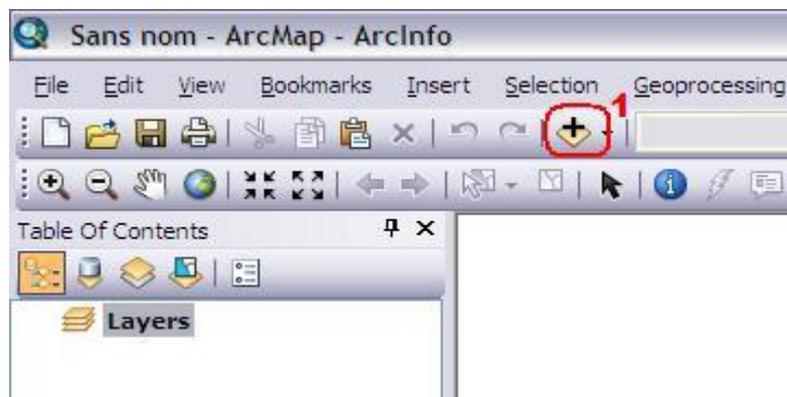


Figure15. Bouton ajout de données dans ArcMap

On navigue jusqu'au répertoire où se trouve le fichier et on fait un **double-clic** sur le fichier Excel.

Il apparaît différents sous-fichiers. Ces sous-fichiers représentent les feuilles de données contenues dans le fichier Excel et sont suivis du signe \$. Il nous faut choisir la feuille de données correspondante aux informations et cliquez sur Ajouter (**Add**) (2).

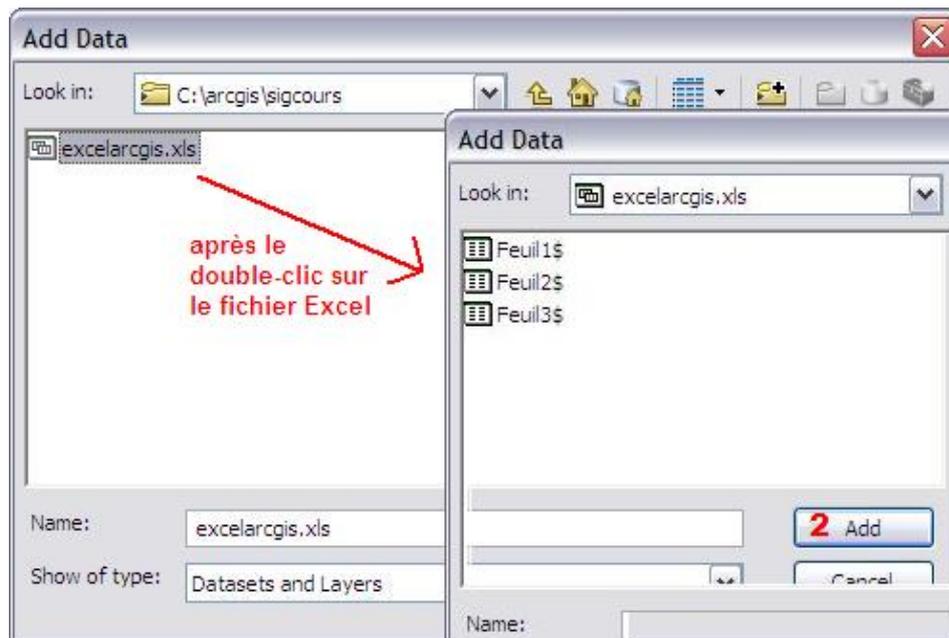


Figure16. Ouverture de feuille Excel dans ArcMap

La feuille de données est incorporée dans ArcGIS au niveau du **Table Of Contents (TOC)** à gauche mais ne s'affiche pas pour autant dans la **Vue des données** à droite.

Pour donc afficher les points enregistrés dans la feuille Excel dans la Vue de données de ArcGIS, faisons un clic droit, sur le nom de la table dans le Table Of Contents (TOC) à gauche puis sélectionnez **Display XY Data** (3). [04]

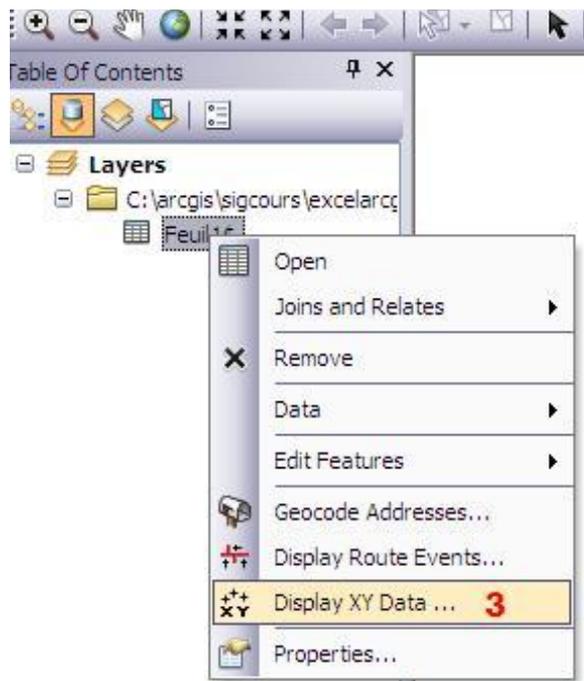


Figure17. Affichage des données XY dans la vue des données

Dans la boîte de dialogue qui apparaît, choisissons la colonne des coordonnées de longitude pour **X Field** et celle des latitudes pour **Y Field**. Puis en dessous, définissons les coordonnées utilisées pour vos données en cliquant sur **Edit (4)** dans Coordinate System of Input Coordinates. [03]

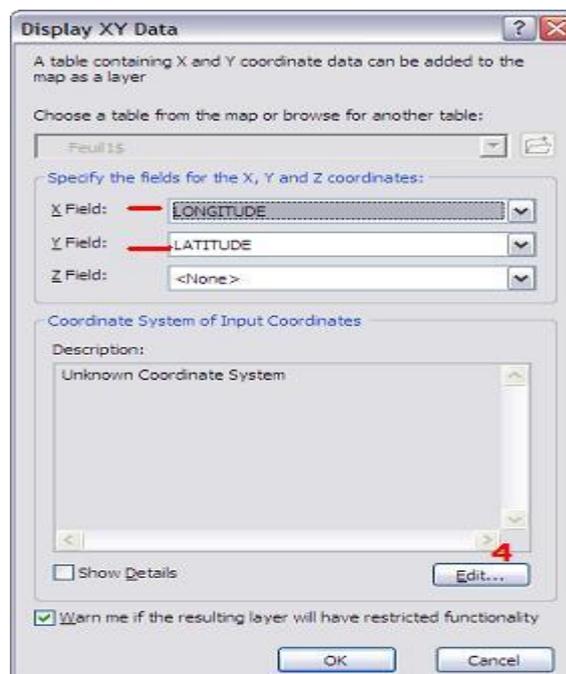


Figure18. Ajout des coordonnées XY dans ArcMap d'un fichier Excel

Chapitre IV Présentation générale de l'outil de travail ArcGis(SIG)

Enfin on clique sur OK. Les données points s'affiche donc dans notre vue dans ArcMap. On remarque dans notre TOC, à la fin du nom de notre nouveau fichier, apparaît le terme **events** (image en dessous).

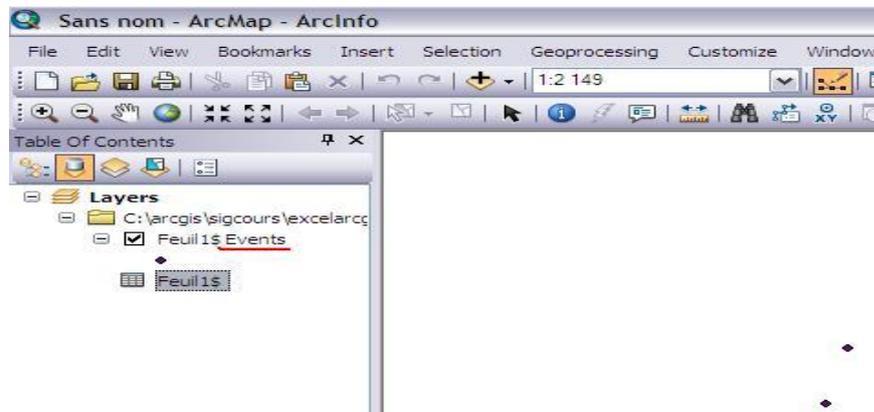


Figure19. Données Excel enregistrées dans ArcMap

A ce stade, ces données n'ont pas pleinement les capacités d'un fichier spatial. Pour les transformer par exemple en Shapefile, on fait un clic-droit encore, sur le nom du fichier dans le TOC et sélectionnez **Data (5)** puis **Export Data (6)**.

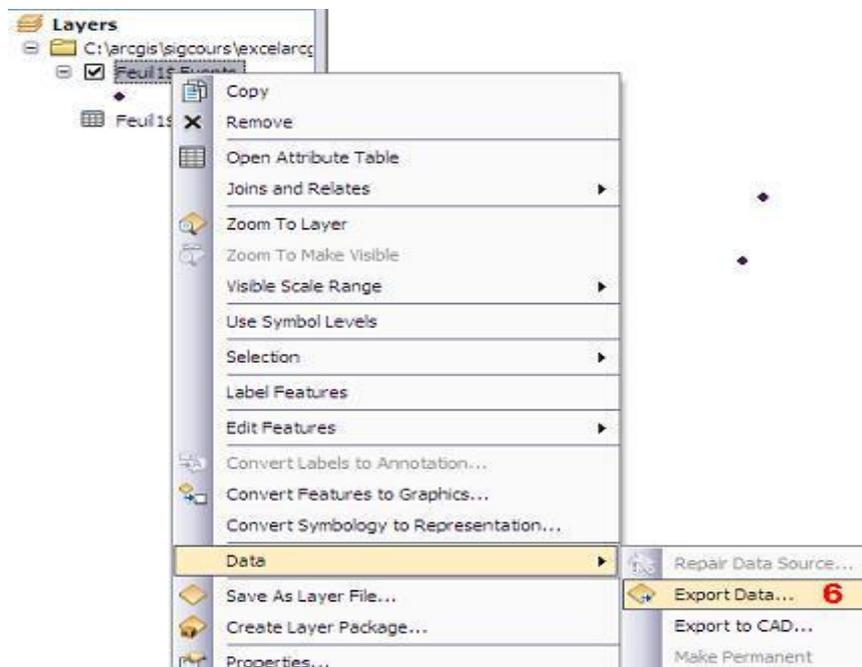


Figure20. Export des données Excel en fichier géographique

Chapitre IV Présentation générale de l'outil de travail ArcGis(SIG)

Dans la boîte de dialogue qui s'affiche, on définit le chemin de destination de notre nouveau fichier shapefile en n'oubliant pas à la fin de mettre **.shp** (à **ne surtout pas oublier**) à la fin du nom de notre fichier shapefile, puis on valide OK.

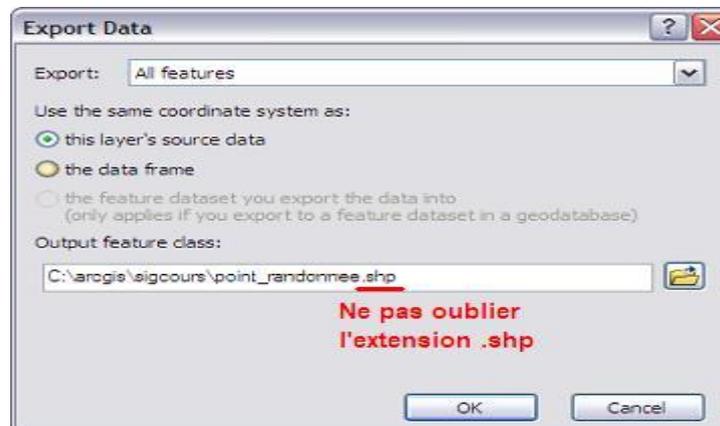


Figure21. Export des données Excel en fichier de forme shapefile

ArcMap nous demandera d'ajouter ce nouveau fichier dans la vue en cours. On choisit Oui pour visualiser notre nouveau fichier de données géographiques établi à partir du tableur Excel. [04]

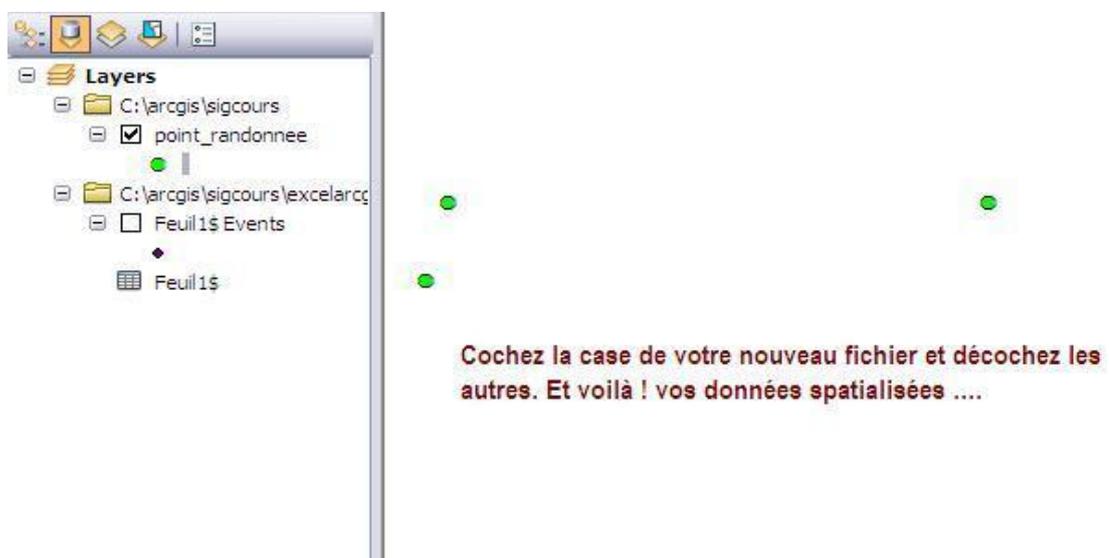


Figure22. Résultat exportation données Excel dans ArcMap

III.2-Structuration des données :

2-1-Copie, transfert, suppression de données :

Il est recommandé de faire les copies, transfert et suppression de données géographiques avec ArcCatalog plutôt qu'avec l'explorateur windows. ArcCatalog se charge de copier tous les fichiers d'une couche, si on le fait « à la main » avec l'explorateur windows nous risquons d'oublier certains fichiers.

Les mécanismes (copier, coller, couper, supprimer) sont les mêmes que sous l'explorateur windows, en cliquant avec le bouton droit de la souris sur le fichier.

Faisons un copier / coller de la couche régions.shp

Supprimons cette copie. [07]

2-2-Recherche de données :

L'outil de recherche d'ArcCatalog permet de faire des recherches sur les noms des fichiers mais aussi sur leurs métadonnées et sur leur localisation géographique. [04]

III.3-Ajout une nouvelle couche de forme :

Il est possible de créer une nouvelle couche directement dans ArcMap

Avec la boîte à outils

Sous ArcGIS , les boites à outil intégrées à ArcCatalog et ArcMap permettent de :

- Créer une classe d'entité ou un shapefile :
 - ArcToolBox/Data Management Tools/Classe d'entités/Créer une classe d'entité :
 - Choisir l'emplacement en sortie. En fonction de ce paramètre, un shapefile ou une classe d'entités sera créé :

Dossier choisi => shapefile.

Géodatabase ou jeu de classes d'entités choisi => classe d'entités.

- Donner un nom de couche (sans espace et sans accent de préférence) + Choisir un type d'entité (point, polyligne, polygone ou multipoint).
- Indiquer une couche qui servira de modèle pour la création des champs de la table attributaire (facultatif).

Chapitre IV Présentation générale de l'outil de travail ArcGis(SIG)

- Eventuellement indiquer une référence spatiale, si la couche contient des valeurs M ou Z, etc...
- Créer l'emplacement de la future couche (dossier, géodatabase, jeu de classes d'entités)

ArcToolBox/Data Management Tools/Espace de Travail/Créer un dossier OU Créer une géodatabase personnelle OU Créer un jeu de classes d'entités. [10]

III.4- Représentation d'un symbole couleur pour chaque type d'occupation de sol :

On utilise la représentation Valeurs uniques pour afficher chaque valeur de la couche raster à l'aide d'une couleur aléatoire. Par exemple, des catégories discrètes représentant des objets particuliers sur la surface de la Terre, comme ceux contenus dans une couche raster thématique, pourraient afficher les types de sols ou l'occupation des sols. Si nos données possèdent une palette de couleurs, on peut utiliser le moteur de rendu par palette de couleurs pour afficher nos données avec les couleurs attribuées.

Tous les moteurs de rendu intègrent un bouton Importer . On clique sur ce bouton pour importer la symbologie à partir d'un fichier de couches raster (*.lyr) ou à partir d'une couche raster figurant dans la table des matières. La représentation actuelle doit correspondre à la représentation de la couche importée.

1. Dans la table des matières, on clique avec le bouton droit sur la couche raster que nous souhaitons afficher en ne montrant que les valeurs uniques, puis cliquons sur Propriétés.
2. On clique sur l'onglet Symbologie.
3. On clique sur Valeurs uniques.
4. Si le raster est associé à une table attributaire de valeurs, on clique sur la flèche de la liste déroulante Champ des valeurs, puis on clique sur le champ que nous souhaitons mapper.

Si ce contrôle est désactivé, cela signifie qu'à l'exception du champ de valeurs spécifiant une valeur pour chaque cellule, nous ne pouvons utiliser aucun champ supplémentaire comme valeurs uniques pour représenter cette couche. Par exemple, la source de données de la couche peut être une grille à virgule flottante.

1. On clique sur la flèche de la liste déroulante Combinaison de couleurs, puis sur une combinaison de couleurs.

Chapitre IV Présentation générale de l'outil de travail ArcGis(SIG)

Facultativement, on clique avec le bouton droit sur la combinaison de couleurs pour

- Basculer entre une vue graphique et une vue de texte ;
 - Ouvrir les Propriétés afin de modifier des caractéristiques à propos du mode de génération de la combinaison de couleurs ;
 - Enregistrer la combinaison de couleurs.
2. On clique éventuellement sur Couleurs par défaut pour revenir aux couleurs affichées par défaut lors du premier ajout de la couche.
 3. Facultativement, on clique sur un enregistrement sous le champ Etiquette pour entrer une description différente.
 4. Nous pouvons modifier les valeurs dans la table de légende en cliquant sur :
 - Ajouter toutes les valeurs : ajoute toutes les valeurs disponibles à la table de légende.
 - Ajouter des valeurs : vous permet de sélectionner des valeurs spécifiques à ajouter à la table de légende.
 - Supprimer : supprime une ligne sélectionnée (valeur) de la table de légende, pour limiter votre carte à un ensemble défini de valeurs.
 - En clique avec le bouton droit et en modifiant un ou plusieurs champs sélectionnés.

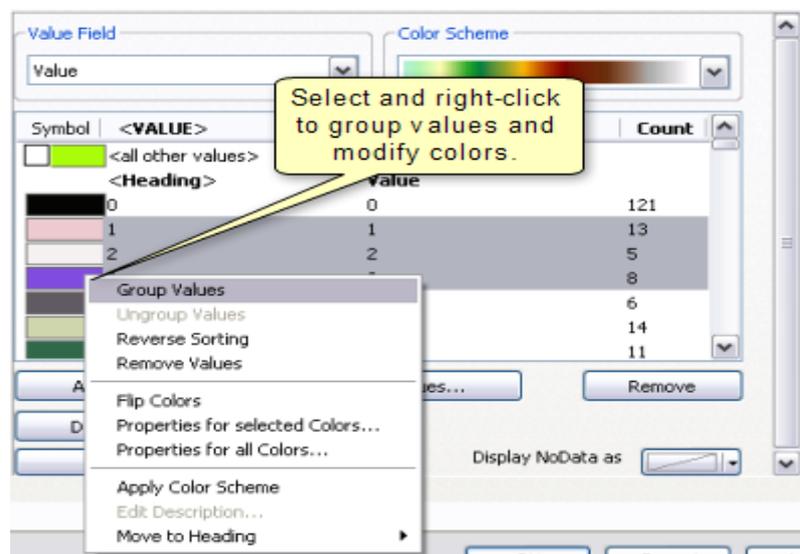


Figure23.Choix de sélections groupées

1. On clique éventuellement sur Palette de couleurs pour importer ou exporter une palette de couleurs.

2. On clique éventuellement sur le bouton Afficher NoData pour symboliser NoData à l'aide d'une couleur.
3. On clique sur OK. [05]

III.5- Utilisation du Gestionnaire d'étiquettes :

Le gestionnaire d'étiquettes permet de créer et de gérer les classes d'étiquettes dans la carte. Il permet également de consulter et modifier les propriétés d'étiquetage de toutes les classes d'étiquettes de votre carte sans avoir à accéder constamment aux boîtes de dialogue des propriétés des couches.

Le moteur d'étiquetage Maplex utilise le même gestionnaire d'étiquettes que le moteur d'étiquetage standard, mais propose de nouvelles options et fonctionnalités de placement d'étiquettes qui n'existent pas dans l'interface utilisateur d'étiquetage standard.

On peut créer des classes d'étiquettes pour les couches de notre carte en spécifiant les noms des classes d'étiquettes ou en créant les classes d'étiquettes à partir de la symbologie des couches. Après avoir créé des classes d'étiquettes, on peut en supprimer ou en renommer et copier les paramètres d'une classe, puis les coller dans une autre. Pour ce faire, on clique avec le bouton droit de la souris sur une classe d'étiquettes dans la liste et on utilise les commandes du menu contextuel.

Une fois que nous avons sélectionné une classe d'étiquettes dans la liste, on peut consulter et modifier les propriétés d'étiquetage.

L'image ci-dessous illustre le gestionnaire d'étiquettes lorsque le moteur d'étiquetage standard est activé. [05]

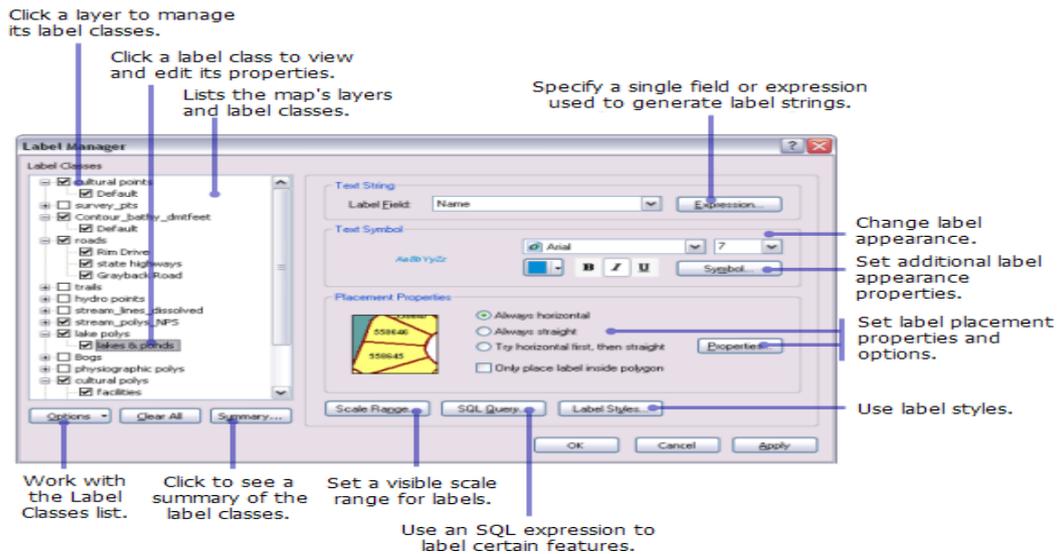


Figure24. Gestionnaire d'étiquettes lors d'utilisation de moteur d'étiquetage standard

L'image ci-dessous illustre le Gestionnaire d'étiquettes lorsque le moteur d'étiquetage Maplex est activé. La seule différence est que la zone Propriétés de placement est activée et comporte les paramètres du moteur d'étiquetage Maplex. [05]

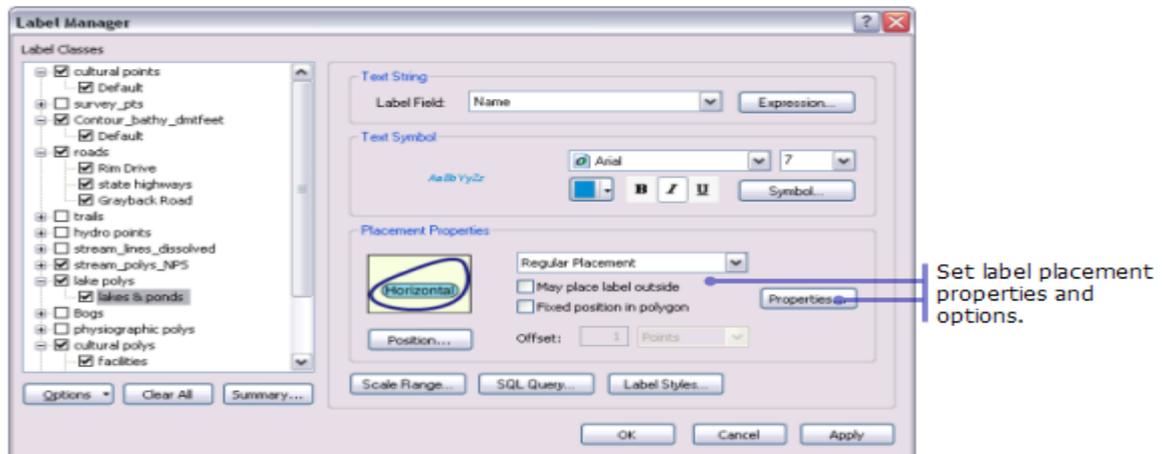


Figure25. Gestionnaire d'étiquettes lors de l'utilisation de moteur d'étiquetage Maplex

1. On clique sur le bouton Gestionnaire d'étiquettes  de la barre d'outils **Etiquetage**.
2. On active la case à cocher située en regard de la couche à étiqueter.
Vous pouvez également sélectionner la couche et créer des classes d'étiquettes.
3. On choisit une classe d'étiquettes sous la couche.

Chapitre IV Présentation générale de l'outil de travail ArcGis(SIG)

4. On clique sur la flèche de la liste déroulante Champ d'étiquette puis, dans la liste, sur le champ d'attribut que vous voulez utiliser comme étiquette.
5. On définit éventuellement d'autres paramètres de placement d'étiquette pour la classe d'étiquettes.
6. On clique sur OK

IV. Géo-référencement :

Le géoréférencement reste l'une des tâches principales pour un analyste SIG ou un cartographe.

En effet cela permet parfois de s'affranchir des coûts élevés de certaines cartes en créant sa propre base de données géographiques.

Cette opération reste cependant relativement simple sur ArcGIS et il faut s'assurer de bien connaître les différentes projections à utiliser. [03]

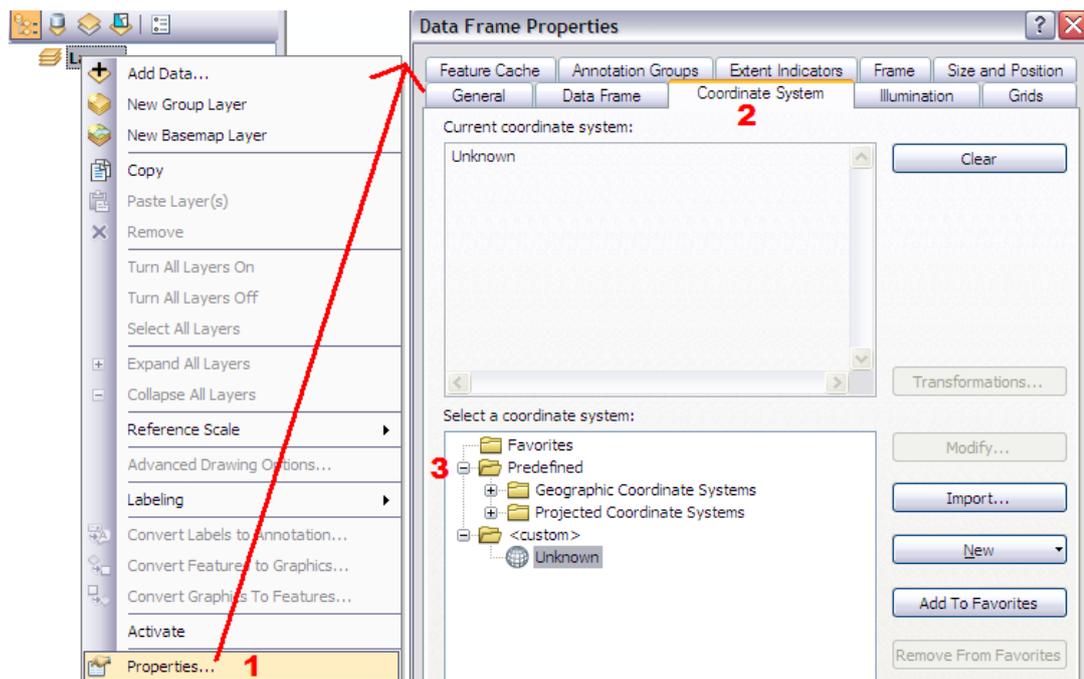


Figure26. Propriétés <Data frame properties >

Alors, pour commencer il faut définir la projection de notre session de travail par un clic droit sur **Layers** dans la table des couches à gauche. Puis on sélectionne **Properties** (1). Dans l'onglet **Coordinate System** (2), on développe le dossier, si ce n'est déjà fait, **Predefined** (3) en cliquant sur le petit plus à gauche de ce dernier. Maintenant à nous de spécifier n&g ca<os coordonnées de référence entre les coordonnées

Chapitre IV Présentation générale de l'outil de travail ArcGis(SIG)

géographiques (**Geographic Coordinate Systems – GCS**) et les coordonnées projetées (**Projected Coordinate Systems – PCS**). Validons nos paramètres avec **OK** autant de fois que nécessaire.

On ouvre par la suite notre fichier de référence qui possède les coordonnées requis. C'est sur celui-ci que le géoréférencement sera calibré avec le bouton **Add Data (image en dessous)**. [03]



Figure27. ArcMap – ArcInfo

Ajouter notre image non référencé par le biais toujours du bouton **Add Data**. On navigue jusqu'au dossier contenant l'image et on clique sur ouvrir. Deux messages d'avertissement apparaîtront. La première concerne la construction de pyramides dans l'affichage de l'image dans le logiciel SIG. On valide avec **Oui**. La boîte de dialogue suivante nous informe que l'image n'a pas de références spatiales. Validons **OK** encore là. L'image est maintenant présente dans la vue d'ArcMap. Il faut maintenant activer le composant de géoréférencement d'ArcMap. Faisons un clic droit dans le vide gris à droite des barres d'outils au-dessus et dans la liste on clique sur **Georeferencing**. [03]

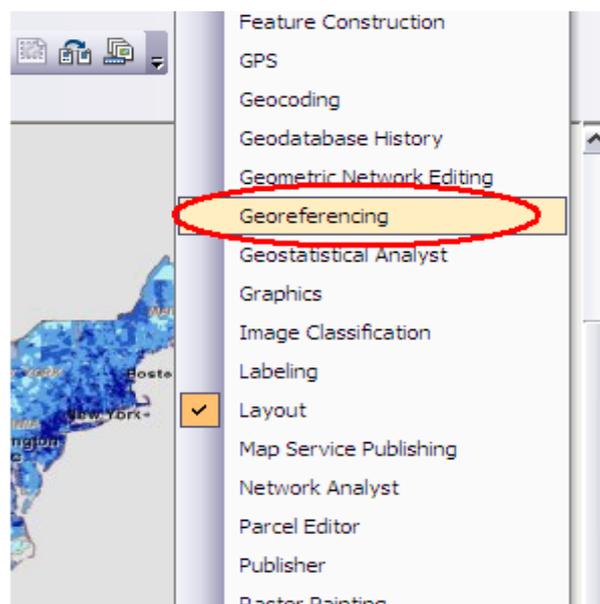


Figure28. Le composant géoréférencement d'ArcMap

Chapitre IV Présentation générale de l'outil de travail ArcGis(SIG)

La barre d'outils **Georeferencing** se met en place. On clique sur le bouton **Add Control Points** de cette barre d'outils.

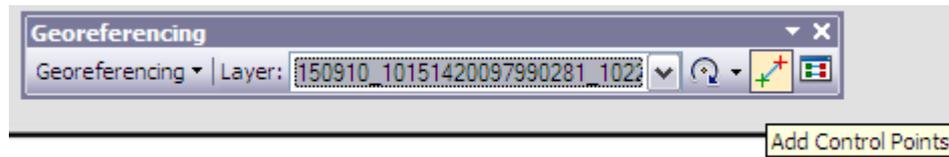


Figure29. Barre d'outils géoréférencement

Ensuite on oriente le pointeur de la souris sur un des points de références sur l'image non référencée et on clique ; un point vert apparaît. Ensuite on cherche le point similaire sur le fichier de référence et on clique une deuxième fois sur ce point de référence. Le point sur l'image non référencée se déplace pour correspondre avec celui du fichier de référence.

On répète cette opération autant de fois que nécessaire pour ajuster tous les points nécessaires au bon géoréférencement de notre image.

Une fois satisfait, faisons un clic droit sur le nom du fichier image à référencer dans la table des couches à gauche, on sélectionne **Data > Export Data**.

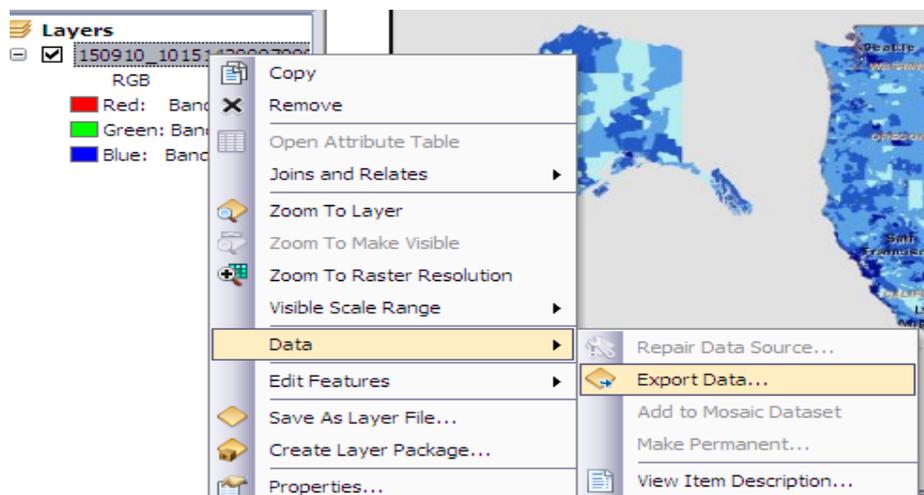


Figure30. Fenêtre Layers

Dans la fenêtre qui s'affiche, on choisit l'**emplacement où enregistrer notre nouveau fichier géoréférencé (4)**, et on clique sur **Save (5)** pour finir. Et voilà. [03]

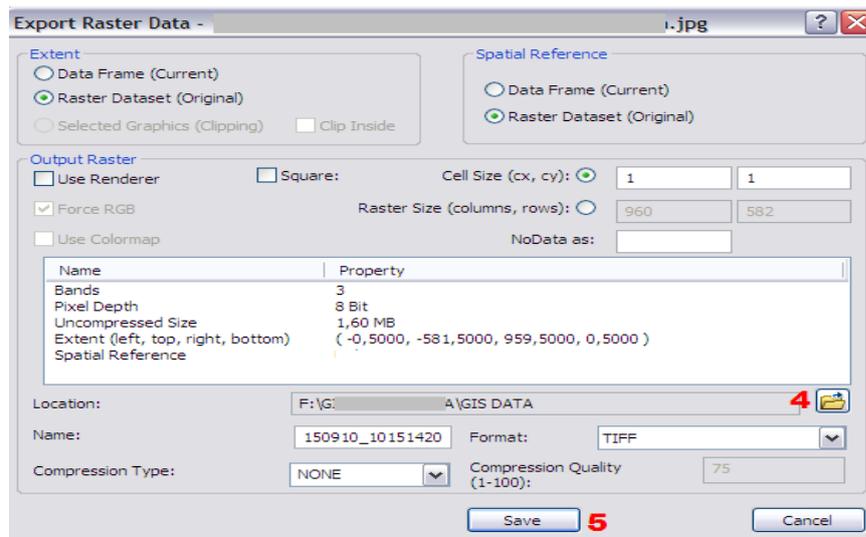


Figure31. La fenêtre ou se registre le nouveau fichier géoréférencé

V. Création des fichiers de formes :

V.1- Création d'un fichier sous ArcCatalogue :

On peut créer des fichiers de formes dans ArcCatalog ou à l'aide de l'outil Créer une classe d'entités. Lorsque nous créons un fichier de formes, on doit définir le type d'entités qu'il contiendra, si ces entités définissent des itinéraires (valeurs m) et si elles sont en trois dimensions (valeurs z). Ces propriétés ne peuvent pas être modifiées une fois que le fichier de formes est créé. On peut également définir le système de coordonnées du fichier de formes. Si on choisit de définir le système de coordonnées du fichier de formes ultérieurement, il sera classé en attendant comme étant Inconnu.

Le processus de définition des attributs d'un nouveau fichier de formes est distinct de la création du fichier de formes proprement dit. Une fois l'élément créé, on définit ses attributs en cliquant avec le bouton droit dessus dans ArcCatalog, puis en cliquant sur Propriétés. Puisque le fichier de formes doit contenir au moins une colonne attributaire, ArcCatalog lui ajoute une colonne par défaut lors de sa création. Dans les fichiers de formes, une colonne de nombres entiers intitulée " Id " est insérée en tant qu'attribut. On insère une fois les nouveaux attributs ajoutés en tant que partie du fichier de formes, on peut supprimer la colonne par défaut si on décide de ne pas l'utiliser.

On sélectionne un dossier ou une connexion à un dossier dans l'arborescence du Catalogue.

On clique sur le menu **Fichier**, on pointe sur **Nouveau**, puis on clique sur **Fichier de formes**.

On clique dans la zone de texte **Nom** et saisissons le nom du nouveau fichier de formes.

Chapitre IV Présentation générale de l'outil de travail ArcGis(SIG)

On clique sur la flèche de liste déroulante **Type d'entités**, puis sur le type de géométrie que le fichier de formes doit contenir.

On clique sur **Edition** pour définir le système de coordonnées du fichier de formes.

On sélectionne, importe ou définit un nouveau système de coordonnées.

Nous vous conseillons vivement de définir le système de coordonnées du fichier de formes maintenant ; on peut toute fois reporter cette étape à plus tard. Pour plus d'informations, reportez-vous à la rubrique Notions de base du système de coordonnées d'un fichier de formes.

On clique sur **OK**.

Si le fichier de formes doit stocker des poly lignes représentant des itinéraires, on coche la case **Coordonnées avec valeurs M (données d'itinéraires)**.

S'il doit stocker des entités à trois dimensions, on coche la case **Les coordonnées doivent contenir les valeurs Z**.

On clique sur **OK**.

Le nouveau fichier de formes apparaît dans le contenu du dossier. [03]

V.2- Utilisation de champs dans les fichiers de formes :

ArcGIS nous permet de modifier la structure des fichiers de formes et des tables de BASE en ajoutant ou supprimant des champs ou des colonnes attributaires. Le nom et le type de données d'un champ existant ne peuvent pas être modifiés ; on doit ajouter un nouveau champ portant le nom et le type de données appropriés. Le nom d'un champ ne doit pas excéder 10 caractères ; au-delà de ce nombre, les caractères sont tronqués. Une fois que nous avons ajouté les champs, on doit ouvrir une session de mise à jour dans ArcMap pour définir leurs valeurs d'attribut.

On peut également ajouter des champs à l'aide de l'outil Ajouter un champ.

Les types de données de champ pris en charge par ArcGIS sont présentés dans la rubrique Types de données de champ de géodatabase. La rubrique Modalités de conversion des données à l'importation comporte des tables indiquant comment les types de données correspondant à diverses sources de données sont appariés avec les types de données de champ de géodatabase ArcGIS.

Chapitre IV Présentation générale de l'outil de travail ArcGis(SIG)

Dans ArcCatalog, on clique sur le fichier de formes ou la table dBASE où ajouter un champ.

On clique sur le menu Fichier, puis sur Propriétés.

On clique sur l'onglet Champs.

On clique dans la ligne vide sous la dernière entrée sous Nom du champ et saisissez-y le nom du nouveau champ.

On clique sous Type de données en regard du nom du nouveau champ et on clique sur le type de données approprié dans la liste.

Les propriétés correspondant au type de données du nouveau champ s'affichent dans la liste Propriétés du champ.

On clique dans la liste Propriétés du champ et saisissez les propriétés. Elles peuvent comprendre les éléments suivants :

Précision - nombre de chiffres pouvant être stockés dans un champ numérique. Par exemple, la valeur numérique 56,78 a une précision de 4.

Echelle - nombre de chiffres à droite de la virgule d'un nombre contenu dans un champ de type Réel simple ou Réel double. Par exemple, le nombre 56,78 a une échelle de 2. L'échelle est utilisée uniquement pour les types de champ réel simple et réel double.

Longueur - longueur d'un champ de texte, exprimée en nombre de caractères.

On clique sur OK [04]

VII. Mise en page de la couche :

Lorsqu'un projet ArcGIS est ouvert, recherchez l'onglet **Insertion** puis, dans le groupe **Projet**, cliquez sur la flèche de la liste déroulante **Nouvelle mise en page** et sélectionnez une page dans la galerie, créez une taille personnalisée ou sélectionnez une page de votre imprimante. Une fois la mise en page ajoutée à votre projet, vous pouvez commencer à organiser la page avec vos cartes, scènes et éléments d'habillage de la carte. [03]

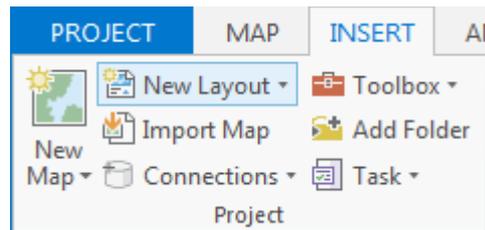


Figure32. Nouvelle mise en page

VIII. Conclusion :

Les données SIG sont souvent involontairement enfermées au sein des organisations SIG et ne sont ni accessibles ni utilisables par la collectivité en général. Il y a un avantage considérable à créer ces contenus officiels et les conserver dans une communauté SIG mondiale. La nouvelle version d'ArcGIS est une plate-forme pour le déverrouillage, l'ouverture, le partage, et la meilleure utilisation de cet ensemble incroyable d'informations.

En tant qu'utilisateur existant d'ArcGIS et membre de la communauté SIG, vous savez déjà qu'ArcGIS est le produit à utiliser pour réaliser un travail SIG professionnel. Au cours des dernières années, ArcGIS est également devenu un serveur et une infrastructure Cloud utilisables pour produire des cartes d'autorité et d'autres informations géographiques destinées à un large public au moyen des clients légers et d'applications. Maintenant sur la nouvelle version, nous étendons et ouvrons encore davantage ArcGIS afin qu'il devienne un véritable système de gestion de contenu basé sur le Cloud pour utiliser les informations géographiques.

Tout le monde peut utiliser cette nouvelle plate-forme pour rechercher, utiliser, créer et partager des cartes, collaborer avec d'autres dans des groupes et des communautés, déployer des applications à base de cartes avec des modèles faciles à configurer et de créer des applications personnalisées au moyen d'un ensemble riche d'API pour développeur. Un atlas mondial de fonds de carte et images splendides est intégré à cette plate-forme et est utilisable par tous, avec des milliers de jeux de données et de services cartographiques partagés et enregistrés dans ArcGIS par des utilisateurs comme vous, partout dans le monde. La nouvelle version d'ArcGIS fournit une infrastructure en ligne pour mettre des cartes et des informations géographiques à la disposition de toute l'organisation, à travers une communauté et ouverte sur le web. Cette nouvelle vision d'ArcGIS complète, intègre et étend parfaitement les workflows SIG professionnels existants que vous connaissez déjà bien.

I. Etude géologique

I.1. Limites Géographiques

La ville de Bejaia est caractérisée par une morphologie irrégulière. On distingue deux zones distinctes : une partie très accidentée et une autre plate qui correspond à l'embouchure de l'oued Soummam. Le point culminant est situé à djebel Gouraya (672m) les pentes variant de 0 à 55%. Géographiquement la feuille de Bougie est limitée au sud par la vallée de l'Oued Soummam, tandis que la mer s'étend au Nord et à l'Est. Une ligne de crête de 500 m d'altitude, joignant le djebel Gouraya à l'Est au djebel Aghbalou à l'Ouest, sépare deux régions naturelles bien distinctes. Le djebel Aghbalou culmine à 1.317m. Ce relief calcaire se dresse au milieu d'un pays schisteux aux molles ondulations. Le versant nord s'élève progressivement. Tandis que le versant sud retombe en deux falaises déchiquetées séparées par le replat d'Ibarissène. Entre le djebel Aghbalou et le djebel Gouraya, court une ligne de basse crête constituée par un chapelet discontinu de petits massifs calcaires. De nombreux petits villages se groupent sur leurs versants sud à l'abri des vents Nord et du Nord-Est.

A l'Est, le djebel Gouraya ou Farnou forme haut relief de 8 Km le long dont le sommet atteint 660 m. la mer découpe dans les calcaire du versant nord de nombreuses petits criques. Le cap carbon forme une petite presqu'île aux pentes abruptes. La ville de bougie située sur le flanc sud djebel est protégée des vents du Nord-Ouest et des brumes marines. De ce fait elle jouit de conditions climatiques locales très favorables. Au Nord de la crête orographique Aghbalou-Gouraya, la région est profondément découpée par de nombreux oueds. Les plus importants sont l'oued Saket et L'oued Mraid. Les reliefs constituent des massifs aux pentes abruptes culminant respectivement à 563 m au Takarouit N'Charah et à l'adrar Abrarés. La côte nord est très découpée ; les grés forment des caps et des falaises, tandis que les marnes et schistes donnent des criques avec des plages de sable et de galets. Au Sud, un pays schisteux mollement ondulé, sans lignes orographiques bien distinctes, s'étale jusqu'aux reliefs gréseux de Sidi BouDrahem et de Manchar Trilast. Immédiatement au Nord de l'oued Soummam se dressent les hauteurs des djebels Sidi BouDrahem (490 m) et de Manchar Trilast (681 m). Ces reliefs sont couverts de forêts de chênes-lièges et de maquis très dégradés. La vallée de l'oued Soummam s'élargit progressivement ; vers son embouchure, l'oued décrit de nombreux méandres sans cesse corrigés au cours des crues d'hiver et de printemps [06].

I.2. Géologie régionale

Notre terrain fait partie de la petite Kabylie, qui fait partie de l'ensemble géologique de l'Atlas Tellien. Cette zone est caractérisée par sa complexité lithologique, et structurale, et qui fait partie de la zone septentrionale de l'orogénie littorale Nord Africain. La région a fait l'objet de plusieurs travaux notamment de M.ROUBAULT (1974), M.DURAND DELGA (1996), M.J.BUILIN (1977) et J M Vila 1981....

La région dont l'étude est présentée, correspond à la partie orientale du domaine des Babors située à l'Ouest de l'axe du golfe de Bejaïa. Ses paysages grandioses retiennent l'attention des premiers géologues algériens, qui y remarquèrent l'ancienneté des premières manifestations tectoniques alpines et la complexité structurale qui fait l'originalité de cette région.

II. Structures et évolution structurale

II.1. Etude tectonique

La région de Bejaïa montre deux domaines séparés par l'accident d'Achelouf (M. Hassissène, 1989) :

- Le domaine septentrional, composé d'éléments structuraux appartenant aux zones internes des Maghrébides, où les nappes de flysch reposent en contact anormal sur un substratum composé de terrains anciens et de leur couverture tertiaire.

- Le domaine méridional où les unités allochtones de type flysch chevauche un parautochtone tellien, appartenant aux zones externes. Selon Leikine, 1971, le dispositif actuel des nappes de flysch de la région de Bejaïa est issu principalement de formations allochtones provenant du Sud. Leur recouvrement, sur le domaine septentrional d'une part et sur le domaine méridional d'autre part est scellé par des dépôts d'âge du Langhien inférieur à moyen. Cette couverture allochtone se trouve être sur une zone d'accidents profonds. L'étude de la déformation qui affecte cette allochtone, montre l'existence de deux accidents, d'âge postérieur au Langhien : L'accident de l'Aghbalou, de direction N070, incliné vers le Nord, décrochant et senestre en surface, correspondrait à un accident de socle. L'accident d'Achelouf, orienté E-W, décrochant et dextre, apparaît comme étant le plus important (divergence des structures contemporaines soit vers le Sud, soit vers le Nord). Le parautochtone des Babors (Aghbalou, Ifri Ou Erzene et Gouraya) montre qu'il doit sa structure principalement à l'accident de l'Aghbalou). Le secteur du Gouraya – Aghbalou apparaît comme un dispositif structural réalisé avant le Langhien.

Il a été ensuite déformé par une déformation de type cassante, qui serait postérieure aux déformations Langhiennes.

II.2. Dispositif tectonique

Le domaine tellien des Babors, édifice tectonique complexe, est constitué d'unités charriées, préalablement plissées et écaillées. La présentation rapide qui suit, dégagera les caractéristiques essentielles de chaque unité. En allant du Sud vers le Nord, de l'extérieur vers l'intérieur de l'orogène :

1. L'unité Babor – Beni Ourtilane comporte deux ensembles structuraux :

- Au Sud, un domaine essentiellement sénonien, la nappe de Djemila de J.M. Vila et al. (1975), déformé en plis amples dans la partie méridionale, serrés et déversés vers le Sud le long de sa bordure septentrionale. Ces formations supportent des klippes à matériel sénono-éocène, mais où l'Eocène domine. Ces klippes, signalées par J. Glaçon (1967), pourraient être originaires, dans les limites du terrain étudié, des unités septentrionales ; - au Nord, deux massifs jurassiques – éocrétaqués : l'Adrar-ou-Mellal à l'Ouest dans lequel l'Oued Agrioun a entaillé les gorges de Kherrata, et le Dj. Babor, point culminant de la région. Ces deux massifs montrent des déformations des niveaux jurassiques en plis aigus et le crétaqué inférieur, schistosé, y est discordant sur son substratum jurassique.

2. L'unité Draa el Arba – Erraguène qui chevauche la précédente et dont la partie orientale, où s'étend le lac d'Erraguène, forme un vaste synclinorium où n'affleurent que les niveaux crétaqués. Elle s'oppose à la moitié occidentale où s'élève un anticlinorium d'orientation WSW-ENE dont les plis primaires sont cisailés et chevauchants vers le Sud, le Nord ou l'Ouest.

3. L'unité Brek-Gouraya chevauche également l'unité précédente. Le contact, jalonné d'écaillés de terrains épimétamorphisés, est cacheté par les dépôts miocènes de Lalla-Kouba (Burdigalien-Langhien). Les plis qui les affectent sont tordus par des déformations d'axe vertical liées au jeu d'un accident décrochant senestre reprenant le front de chevauchement. L'unité elle-même est la plus déformée de tout le domaine : plis droits, déversés, couchés ou cisailés (Draa Haimran) sur les synclinaux. Des plis importants déversés ou couchés vers le Nord, caractérisent le chaînon littoral. Ceux-ci constituent la partie septentrionale de plissements en éventail encore bien visibles dans la partie médiane. Le sénonien localement

discordant sur le lias et le crétacé inférieur montre que l'essentiel de ces déformations était acquis au crétacé supérieur.

4. Le charriage des unités baboriennes. Le domaine des Babors disparaît, au NE et au NW, sous le recouvrement des nappes de flyschs (massylien et maurétanien) qui masquent ainsi la partie radicale des charriages baboriens. On ne peut donc évaluer avec précision l'ampleur du charriage de ceux-ci. Néanmoins la zone d'affleurement de mélange à Trias s'étalant au Sud de Tizrarane supporte des lambeaux de l'unité du Brek tronqués basalement. Cet affleurement peut être considéré comme représentant la semelle tectonique de l'unité charriée dont le déplacement minimal serait donc de l'ordre de 6 km. La vergence N-S du recouvrement des unités est localement mise en défaut par des rетроcharriages locaux : au Sud d'Erraguène où du Trias chevauche vers le nord les schistes éocrétacés et à l'Adrar el Alem où les restes d'une lame liasique reposent sur le flanc sud du chaînon, accompagnés de lambeaux de mélange à Trias.

5. Les décrochements. L'édifice structural est traversé d'accidents coulissants dont seuls les plus récents sont nettement visibles. Le plus important reprend le contact frontal de l'unité Brek-Gouraya ; de jeu senestre, il est associé à des chevauchements à vergence ouest. Bien visible parce que tardif (postlanghien), on peut aussi le considérer comme relique, parce que déplacé tangentiellement majeur. On peut y observer un effet des écailles de socle profond, qui auraient été arrachées lors du jeu antécharriage de cet accident. Ce décrochement est décalé à son tour de façon senestre par un accident oblique NE-SW ; là encore ce rejoue représenterait la réactivation d'un accident profond plus ancien. Son rejet, relativement réduit, a été partiellement absorbé par les niveaux incompetents de la couverture. Ce phénomène fut décrit par M. Leikine (1971) qui, s'agissant de la couverture, parle des « décrochements souples » qui affectent l'unité de Barbacha. Ceux-ci représentent des failles satellites de l'accident majeur ou « failles des Babors » dont l'importance paléogéographique est signalée par W. Wildi (1983). Cette faille sépare Babors occidentaux et Babors orientaux dont les séries crétacées présentent des différences d'épaisseur notables. Elle expliquerait la terminaison occidentale apparente des faciès ultra-telliens du crétacé inférieur. Elle sépare aussi la zone bibanique du domaine néritique constantinois. Ainsi, bien que leurs jeux aient été masqués en partie par les charriages récents, ces accidents constituent un élément important des structures paléotectoniques des Babors [06].

III. CONDITIONS NATURELLES

III.1. Sismicité de la Région

La Kabylie se caractérise par une activité sismique relativement modeste au regard des données de la sismicité historique et instrumentale. Cette constatation est en contradiction apparente avec les observations qui mettent en évidence de nombreux indices d'activité tectonique durant le Quaternaire. Les analyses basées sur les modèles numériques de terrain et la télédétection (images satellites et photos aériennes) ont permis d'observer et d'étudier les indices d'une activité tectonique récente le long de la rupture de pente entre les reliefs du massif Kabyle et l'étroite vallée de l'oued Sahel-Soummam. Sur la rive gauche de cette vallée, des escarpements de pente, d'origine tectonique, sont observés dans le glaciaire quaternaire, et suggèrent que ces déformations sont associées à des séismes de forte magnitude ($M \geq 6.0$).

III.2. Zones Sismiques

Le règlement parasismique Algérien, élaboré en 1983 (R.P.A. 83) après le séisme d'El Asnam survenu en Octobre 1980, révisé en 2003 après le séisme de Boumerdes (arrêté n° 08 du 08 février 2004), divise le territoire Algérien en cinq régions sismiques :

- Zone III : Sismicité élevée.
- Zone II a et II b : Sismicité moyenne.
- Zone I : Sismicité faible.
- Zone 0 : Sismicité négligeable.

La wilaya de Bejaia est classée comme une zone de sismicité moyenne, c'est-à-dire en zone II.

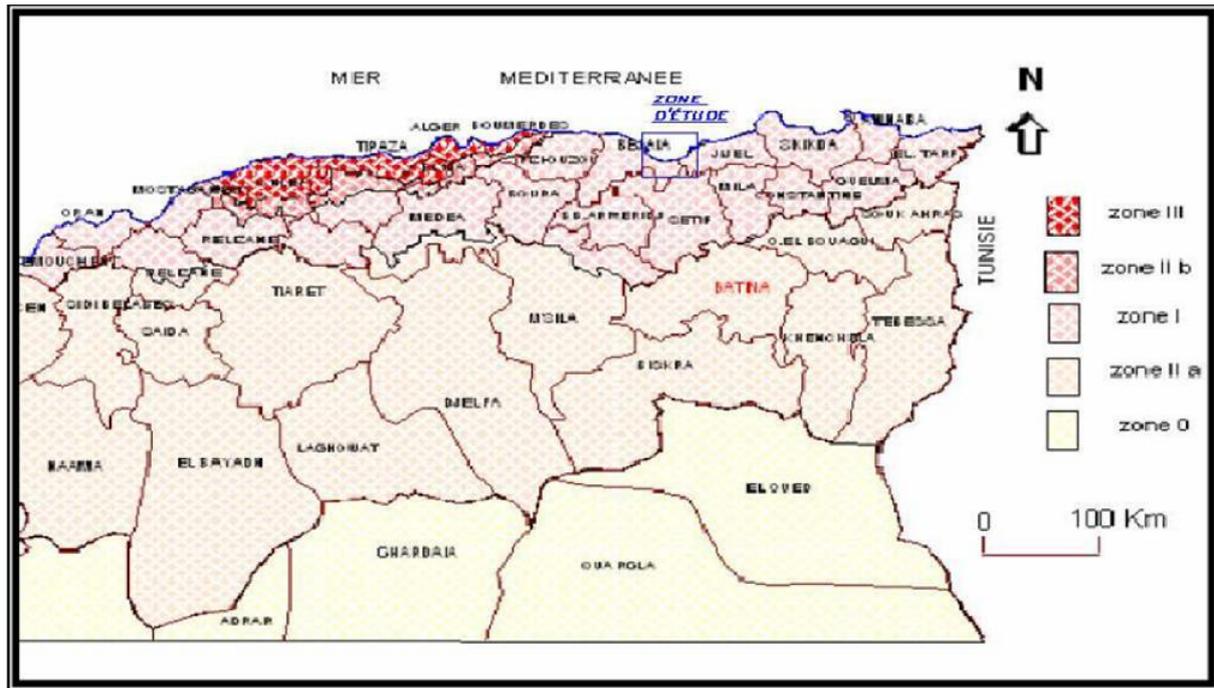


Figure 33. Degré des zones sismiques (règles parasismiques Algérienne version 2003).

IV. Etude hydrologique

La wilaya de Bejaia fait partie de la région côtière Centre-Est de l'Algérie assez arrosée, traversée par plusieurs Oueds drainant les eaux superficielles de ruissellement vers la mer.

IV.1 Hydrographie

Faisant partie d'une région assez arrosée, la ville de Bejaia est constituée essentiellement par des cours d'eau à ruissèlement intermittent, avec un régime le plus souvent sec en été, et parfois de fortes crues en hiver. Ces cours débouchent généralement dans l'Oued Seghir et du côté sud à l'Oued Ighil Ouazoug qui est le prolongement du Oued Seghir avec une connexion à l'université (Tazeboujt) et aussi raccordé au Oued Soummam qui déverse vers la mer.

Selon la carte pluviométrique établie par l'Agence nationale des ressources hydrauliques (ANRH), les précipitations moyennes annuelles varient entre 800 et 1 500 mm par an. La moyenne des températures minimales quotidiennes du mois le plus froid (m), varie entre - 2,2 et 1,5 °C. Celle des températures maximales quotidiennes du mois le plus chaud (M) se situe entre 25,8 et 29,1 °C. Selon le système d'Emberger, la partie méridionale de la région

d'étude, se situerait dans l'étage bioclimatique humide frais à froid entre 1 000 et 1 400 m d'altitude et dans l'humide froid entre 1 400 et 2 000 m.

Les versants nord seraient dans une ambiance bioclimatique humide à période humide, avec des variantes à hiver frais à froid. La période sèche est inférieure à 3 mois et la fréquence du brouillard, au niveau de ces massifs, surtout durant la période estivale, atténue l'intensité de la sécheresse.

La wilaya de Bejaia a des potentialités de mobilisation des eaux de surface d'environ 320 3, 3 Hm le volume mobilisé en 2006 est de l'ordre de 110 Hm .

* Nombre de barrage en exploitation = 01 à Ighil-Emda (par Sonelgaz)

- Capacité initiale = 154 Hm³

- Capacité actuelle = 109 Hm³

- Taux d'envasement = 30%

Mis à part le lac (parc national de Gouraya) La région de Bejaia ne dispose d'aucune autre retenue d'eau superficielle, l'eau exploitée au niveau de la région est mobilisée soit par des forages, des sources ou des puits.

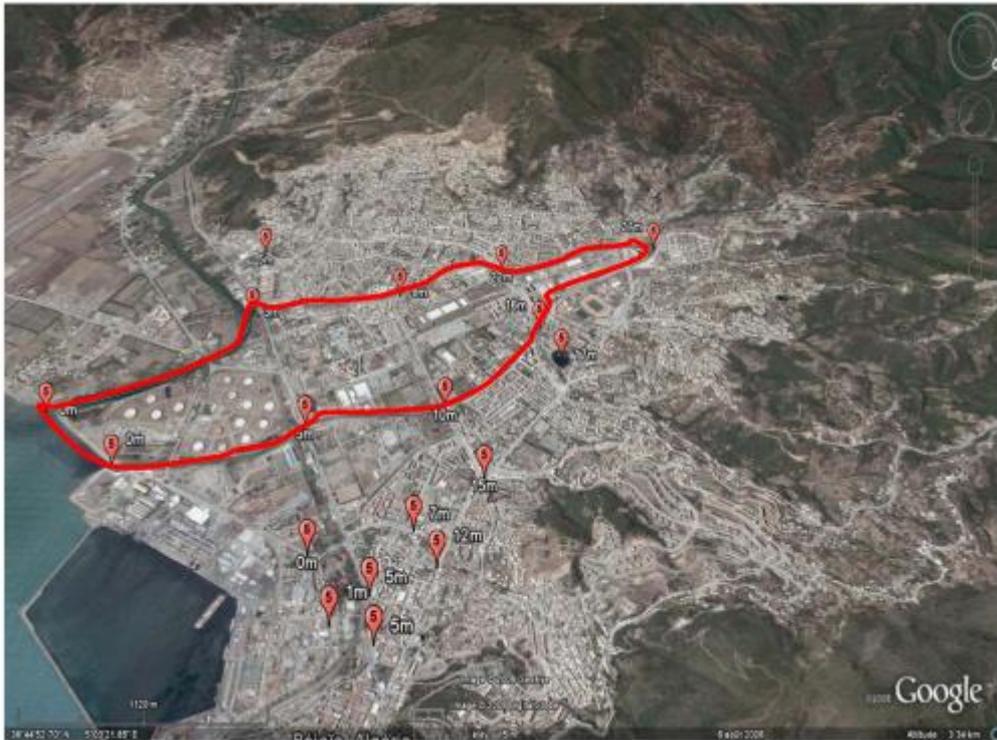


Figure 34. Bassin versant de l'Oued Soummam

VI.2 Hydro-Climatologie

L'étude hydro-climatologique nous permettra de déterminer les potentialités en eau des nappes. Dans ce chapitre, l'étude portera sur l'analyse des données climatiques et permettra de dégager les caractéristiques principales du bilan hydrologique.

VI.3. Etude Des Paramètres Climatiques

VI.3.1. La Température

La température est un élément majeur dans les phénomènes de condensation et d'évaporation de l'eau et constitue aussi, un terme essentiel dans la définition du déficit d'écoulement. Dans le bassin versant considéré, nous possédons des relevés de températures recueillies auprès de l'office de l'office national de la météorologie durant la période 1967/1997. Le tableau n° donne les valeurs moyennes mensuelles et annuelles des températures minimales, maximales et moyennes.

Tableau02. Températures mensuelles. Station de Béjaia (1967/1997).

Mois T° c	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy
T° (min.moy)	7.50	7.60	8.54	10.1	13.2	16.9	19.5	20.5	18.6	15.2	11.2	8.6	13.12
T°(moy.Men)	11.9	12.1	13.2	14.7	17.7	21.2	23.7	24.9	23	19.8	15.8	12.9	17.61
T° (max.moy)	16.3	16.6	17.8	19.3	22.3	25.5	28	29.3	27.8	24.3	20.4	17.3	22.10

La température moyenne annuelle à la station de Béjaia est de 17, 61 °C. On constate que les mois les plus chauds sont Juillet, Août, Septembre et les plus froids sont Décembre, Janvier et Février. Les minima sont compris entre 7.5°C (Janvier) et 20.5°C (Août). Leur moyenne annuelle est de 13.1°C ; alors que les maxima oscillent entre 16.30°C (Janvier), 29.3°C (Août), avec une moyenne annuelle de 22.1°C. Il existe un écart important entre la température moyenne du mois le plus chaud et celle du mois le plus froid. Il est de 130°C.

- **Température moyenne dans le bassin versant de la basse Soummam**

Seltzer a défini pour la période 1913/1938 un gradient thermique de l'ordre de 0,25°C pour 100 m de dénivelée. Ce gradient a été établi à partir des données enregistrées au niveau des stations du bassin versant de la Soummam et des bassins voisins. Nous avons utilisé ce résultat pour déterminer la température moyenne à l'échelle de zone d'étude. La température moyenne à la station de Bejaia (située à 2 m d'altitude) est de 17.61°C et l'altitude moyenne du bassin versant étudié par la méthode hypsométrique étant de 442 m. d'après ce gradient, une température moyenne de 16.5°C.

VI.3. 2 Humidités Relatives (%)

L'humidité relative représente 1 degré de saturation de l'air en vapeur d'eau. Elle est exprimée en pourcentage. Le bassin en question est caractérisé par une humidité élevée. Le tableau N°2 regroupe les variations moyennes mensuelles de l'humidité relative à la station de Bejaia durant la période 1968/1997.

Tableau 03. Variation moyenne mensuelle de l'humidité relative station de Bejaia (1968 - 1997)

I-Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy
Humidités relative En%	76	76	77.7	77.6	78.3	76.7	74.2	74.8	74.7	75.2	75	75.9	76

La région de Bejaia a un climat humide caractérisé par deux saisons, l'une humide et froide et l'autre sèche et chaude. Pour bien préciser les différents facteurs qui le composent, nous allons étudier en détail les paramètres climatiques notamment les précipitations et les températures.

VI.3.3 Les vents

Le vent est une des caractéristiques les plus importantes du climat. Son action s'accompagne d'une évaporation plus ou moins accentuée à la surface du sol. Dans le bassin de la basse Soummam, le vent est de vitesse modérée. Le maximum est enregistré au mois de Décembre avec une vitesse moyenne mensuelle de 6,98 m/s et le minimum est de l'ordre de 3,82 m/s. La direction prédominante des vents est NE-SW.

Tableau04. Moyennes mensuelles des vitesses du vent station de Bejaia (1968/1997 ONM)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy
V(m/s) du vent	4.63	4.65	3.82	3.84	4.50	4.59	4.38	3.85	4.49	5.42	6.13	6.95	4.77

VI.3.4 La grêle

Sur le tableau n°4 sont portées les moyennes mensuelles et annuelles du nombre de jour de grêle enregistré à la station de Bejaia durant la période 1968/1997. Les plus nombreuses fréquences apparaissent en hiver (décembre, janvier et février).

Tableau05. Nombre de jour de grêle (N.J.M) station de Bejaia (1968/1997 ONM)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy
N.J.M de grêle	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.01	0.015

VI.3.5 Insolation

On appelle insolation ou radiation solaire globale, la période durant laquelle le soleil brille en supposant un ciel dégagé de nuages. Le maximum est atteint au mois de juillet avec une durée de 10,67 heures et un minimum en décembre de 4,52 heures seulement.

Tableau06. Insolation moyennes mensuelles station de Bejaia (1968/1997 ONM)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy
Duré insolation	4.96	5.94	6.09	6.96	8.25	9.25	10.6	9.84	7.82	6.57	5.42	4.52	7.21

VI.3.6 .Les orages

Le tableau n° montre que le nombre de jour d'orage est maximum au mois de septembre avec 4,2 jours et minimum au mois de juillet avec 1,5 jour.

Tableau07. Nombre de jours moyen (N.J.M) station de Bejaia (1968/1997 ONM)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy
N.J.M D'orages	2.79	2.43	2.59	3.23	2.48	2.39	1.5	1.66	4.18	3.62	2.02	2.74	2.64

V. Conclusion

Cette étude nous a permis de déterminer les principales caractéristiques climatologiques de la région d'étude.

Les données pluviométriques présentent des lacunes d'observation, les précipitations à l'échelle du bassin versant.

Le ruissellement et l'infiltration sont respectivement de 95 mm et 65 mm.

I. Introduction

Après avoir présenté le logiciel ArcGis, la description général de l'environnement immédiat et la typologie des glissements et leur confortement, nous détaillerons en ce qui suit la méthodologie du travail de création des cartes et leurs données.

Dans la composition (superposition des cartes) de la Carte des Risques de Glissements, le choix est justifié par le fait que la nature géologique des sols constituant les pentes naturelles et les données géotechniques (cohésion) sont des paramètres intrinsèques à la reconnaissance ou au déclenchement des glissements

Cette carte est composée par la superposition de :

- la carte géologique,
- la carte des pentes,
- la carte des cohésions.

II. Méthodologie

Une première base des données sur événements qui constituent les facteurs permanents comme la géologie, la topographie, la végétation, les déclenchant, le climat et l'hydrogéologie. Pour approcher ces paramètres, on a utilisé la géologie, la pente, la cohésion.

Différentes méthodologies de cartographie de l'aléa mouvements de terrain peuvent être mises en œuvre en fonction du contexte. Mais, quelle que soit l'approche, l'élaboration d'une carte d'aléa comporte deux phases principales :

II.1 La phase analytique : faisant l'objet d'un zonage de l'aléa, la phase analytique consiste en la mise en œuvre autant que possible des points suivants :

- Analyse des instabilités figurant et des données topographiques et cartographiques disponibles.
- Recherche documentaire relative au secteur d'étude et des photographies aériennes disponibles.
- Réalisation de reconnaissances de terrain avec parcours systématique des routes et chemins et observation des affleurements.
- Elaboration d'une carte géologique des sols, des roches, des colluvions et des alluvions.

II.2 La phase de synthèse : et d'interprétation qui vise à déduire des données de base ou à produire à partir de celle-ci, une information nouvelle concernant l'aléa. Parmi les méthodes

mises en œuvre dans la phase de synthèse et d'interprétation, on distingue les méthodes qualitatives des méthodes déterministes.

- **Les méthodes qualitatives** : consistent à partir de règles d'expert (basées sur l'expérience et l'observation) ou de règles empiriques, à délimiter des zones homogènes en termes de niveau d'aléa. La formulation de règles peut permettre une cartographie assistée par ordinateur. L'approche qualitative ne permet pas toujours une grande précision dans la définition des contours et des niveaux d'aléa. Elle est plus appropriée pour des échelles de zonage de 1/10 000 ou moins.
- **Les méthodes déterministes** : reposent sur la mise en œuvre de modèles physiques et mathématiques reproduisant plus ou moins fidèlement la réalité. Les résultats sont a priori plus précis que précédemment, à condition que les données de base du modèle aient un niveau de précision compatible avec celui du modèle. L'aléa est exprimé de façon quantitative, ce qui n'empêche pas une traduction sous forme qualitative plus facilement compréhensible. L'approche déterministe convient d'avantage pour les grandes échelles (1/10000 et plus) et en général mise en œuvre ponctuellement ou sur des territoires d'extension limitée, étant donné les fortes contraintes liées à la qualité des données de base.

❖ **Indexation**

Les facteurs d'instabilité sont classés qualitativement (très favorable, favorable, moyenne, faible, défavorable, très défavorable). On a ensuite cherché à évaluer l'importance de chacun des facteurs gradué de manière simple, arithmétique, en fonction du classement selon une échelle numérique au nombre de six pour la carte des cohésions, pentes et la géologie.

On donne la valeur de 1 pour le cas favorable et 6 pour le cas très défavorable au glissement pour la carte des cohésions et la pente ; et 1 pour le cas défavorable et 6 pour le cas très favorable au glissement pour la carte géologique.

Cependant il faut préciser que les indices de contribution indiqués ci-dessous (1, 2, 3, 4, 5, 6) sont affectés à la qualité sous la quelle chaque facteur défavorable à la stabilité pourrait se présenter. Par exemple pour un même facteur : dans une zone donnée, s'il se présente l'aspect le plus défavorable à la stabilité, on lui affecte la contribution la plus importante : dans une autre zone s'il se présente sous la forme qui n'influe guère la stabilité, il sera classé d'importance très défavorable.

Cette méthodologie a pour objectif de prendre en compte un certain nombre de paramètres primaires et de définir leurs contributions respectives aux mouvements de sol.

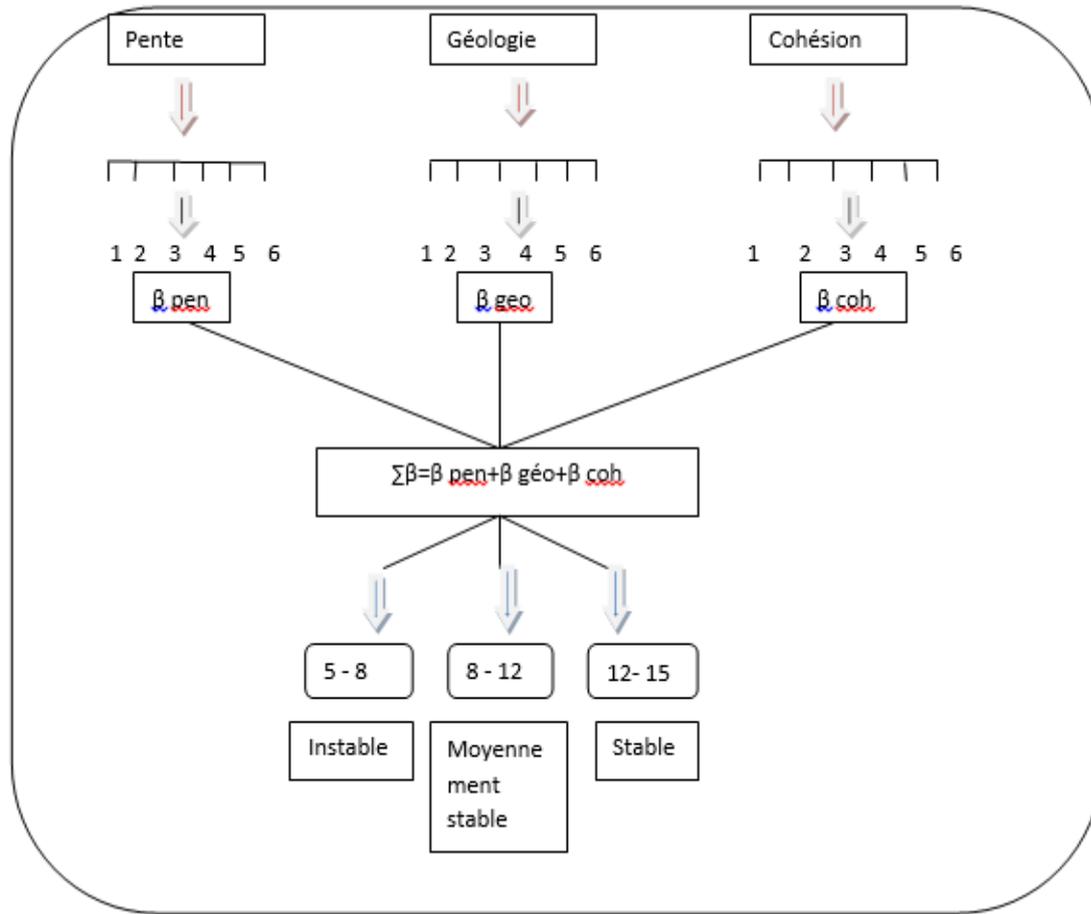


Figure 35. Schéma d'indexation des paramètres

III. Présentation des cartes sur ArcGis

III. 1. Carte géologique de secteur d'étude

La carte géologique de Bejaia, est d'abord numérisée par l'intermédiaire d'un scannage avec une grande résolution, puis callée selon des coordonnées terrestres ou (UTM).



Figure 36. Carte géologique du secteur d'étude

Légende de la carte géologique de Bougie au 1/50 000 (DUPLAN, 1960)

	A	Eboulis de pentes, non consolidés
	As	Solifluxions
	Ad	Dunes et sable des plages
	a3	Alluvions récentes, dépôt limoneux de l'oued Soummam et cônes de déjections torrentiels
	a2	Alluvions marécageuses
	a1	Alluvions anciennes, basses terrasses, dépôts limoneux, sables et cailloutis
	MP4	Miocène supérieur- pliocène
	Oe	Nummulitique supérieur
	C7-B	Crétacé supérieur
	CV	Néocomien
	J4-B	Jurassique supérieur
	L4- Jm	Lias supérieur- jurassique moyen
	L1-3	Lias inférieur- moyen

L'inclue de ce facteur est dicté par la nature du sol (ou roche) sa tenue donc de sa compacité son altération, sa nature et les l'espace entre les discontinuités des roches,

Nous avons ainsi procédé au classement des formations géologique selon leur qualité lithologique et géotechnique, donc en fonction de leur compacité

- **Elaboration de la carte géologique sur Arc Gis:**

La première étape d'abord consiste le géoréférencement de la carte géologique de Bejaia après dans la fenêtre Arc Catalogue, on a créé un fichier de forme (Shape file) et on a lui donne un nom (géologie) après on a sélectionné éditeur, et on a ouvrir une session de mise à jour et on va choisir Dans cette fenêtre, le type de figure:

- polyligne : tracé de lignes ;
- polygone : tracé de figures fermées ;
- points.

Et dans notre cas on a utilisé polygone pour la digitalisation de la carte. Après on a donné des poids (notes) de 1 à 6 pour chaque polygone

Tableau 08. Classification et notations des paramètres de la carte Géologique

Application vis-à-vis de la stabilité		Très favorable	Favorable	Moyenne	Faible	Défavorable	Très défavorable
Carte géologie	Nature roche/sol	Eboulis solifluxion	Alluvions ancienne	Brèche, argile bleues	Flysch, marno et marnocalcaire	Flysch, brèches et conglomérats	Calcaires et dolomies
	Poids	1	2	3	4	5	6

Table 01 : géologie de Béjaia

N° Zone	Nature sol-roche	Note géologique
1	Brèche, Argile bleues	3
2	Brèche, Argile bleues	3
3	Brèche, Argile bleues	3
4	Brèche, Argile bleues	3
5	Eboulis, Solifluxion	1
6	Flysch, Marnes et marno-calcaires	4
7	Flysch, Brèches et conglomérats	5
8	Brèche, Argile bleues	3
9	Eboulis, Solifluxion	1
10	Alluvions anciennes	2
11	Brèche, Argile bleues	3
12	Brèche, Argile bleues	3
13	Brèche, Argile bleues	3
14	Brèche, Argile bleues	3
15	Flysch, Marnes et marno-calcaires	4
16	Calcaires et dolomies	6
17	Brèche, Argile bleues	3
18	Alluvions anciennes	2

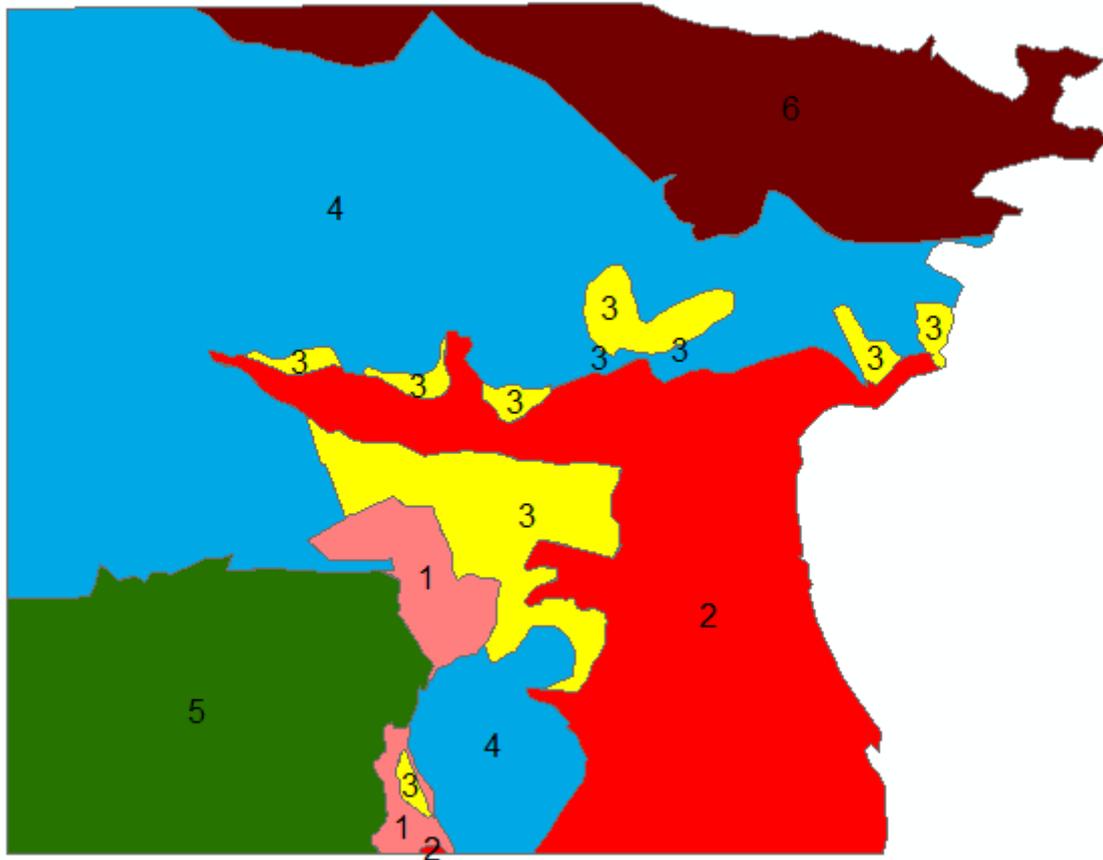


Figure 37. Carte géologique (notes géologie)

- 1 Eboulis, Solifluxion
- 2 Alluvions anciennes
- 3 Brèches, Argiles bleues
- 4 Flysch, Marno et marnocalcaire
- 5 Flysch, Brèches et conglomérats
- 6 Calcaires et dolomie

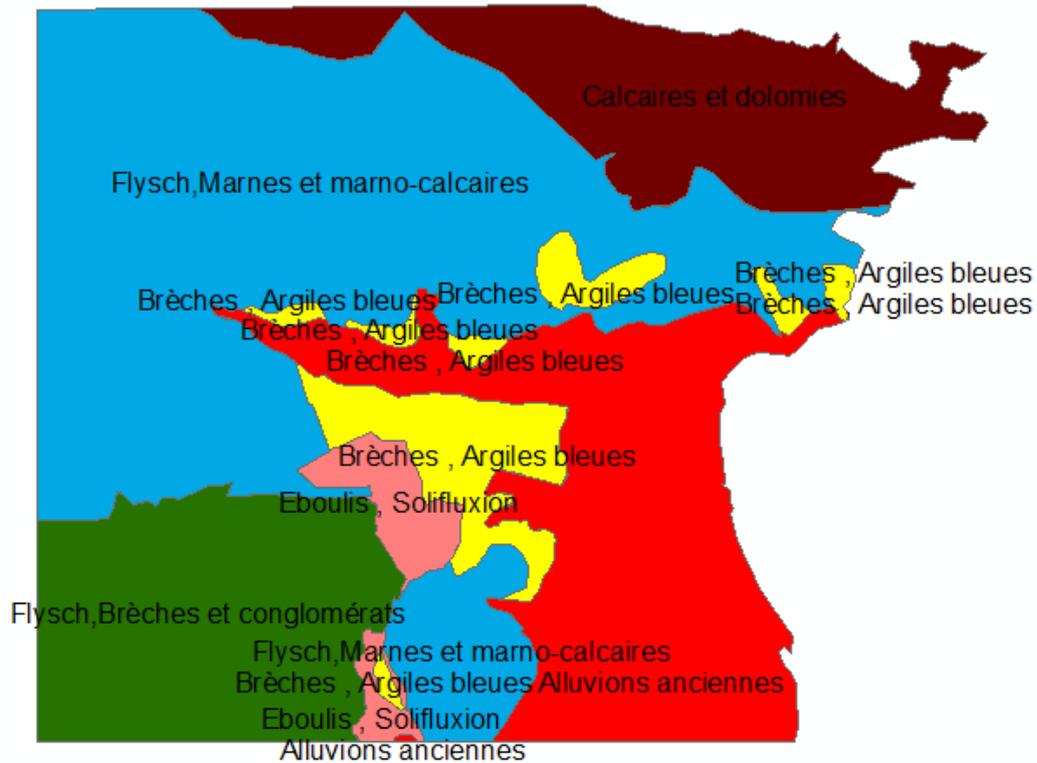


Figure 38. Carte géologique (Sols)

- 1** Très favorable
- 2** Favorable
- 3** Moyenne
- 4** Faible
- 5** Défavorable
- 6** Très défavorable

III. 2. Carte des pentes

La carte définissant les différentes pentes de la zone d'étude de la ville de Béjaia est établie à partir de la carte topographique de la ville.

En effet, les lignes des courbes de niveau sont l'outil par lequel on a résumé les zones de pentes qui sont de l'ordre de seize. Le tableau 10 résume l'ensemble de ces pentes, au dessous la carte des pentes avec leur notes.



Figure 39. Carte topographique de Béjaia

Tableau 09. Classification et notation des paramètres de pentes de la ville de Bejaia

Application a la stabilité	Très favorable	Favorable	Moyenne	Faible	Défavorable	Très défavorable
Pentes %	0 – 5	5 – 15	15 - 25	25 - 35	35 – 45	>45
Poids	6	5	4	3	2	1

Table 02 : Pentes de Béjaia

N° Zone	Pentes Zones %	Notes Pentes
1	35	3
2	20	4
3	40	2
4	10	5
5	10	5
6	10	5
7	20	4
8	35	3
9	50	1
10	40	2
11	50	1
12	50	1
13	35	3
14	35	3
15	40	2
16	5	6

On a choisit les poids par rapport a la stabilité des pentes tel que on a donné le 6 pour les pentes [0 – 5]% ou la stabilité est très favorable, jusqu'à le 1 pour les pentes de supérieur a 45% ou la stabilité est négligeable.

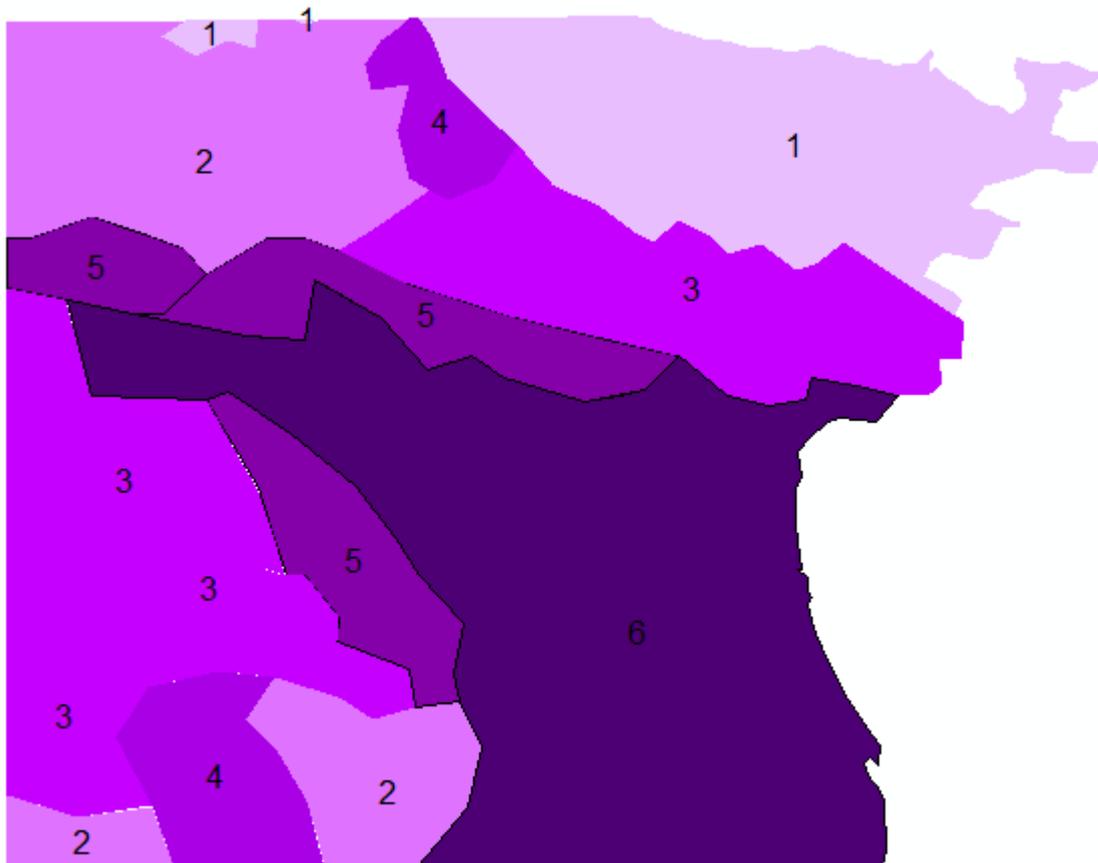


Figure 40. Carte des pentes (notes pentes)

- 1** Très défavorable
- 2** Défavorable
- 3** Faible
- 4** Moyenne
- 5** Favorable
- 6** Très favorable

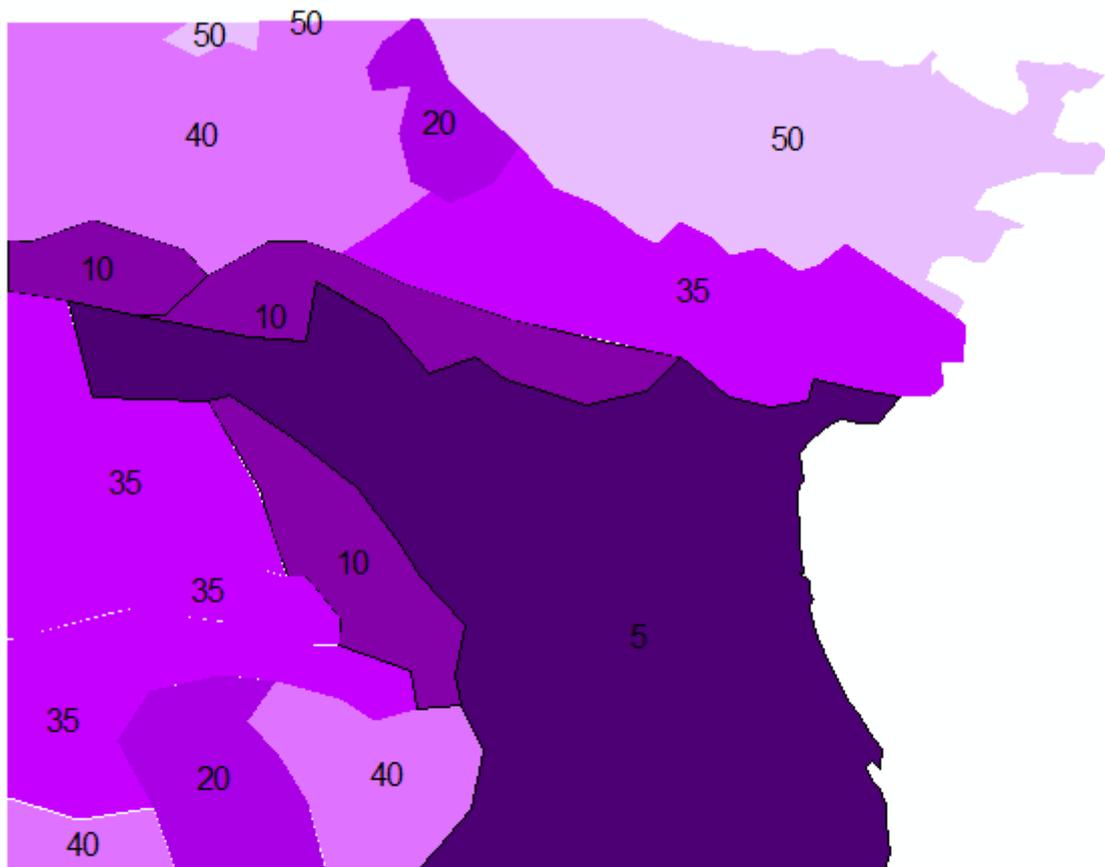


Figure 41. Carte des pentes (pentas)

- 1** >45%
- 2** [35 – 45]%
- 3** [25 – 35]%
- 4** [15 - 25]%
- 5** [05 – 15]%
- 6** [00 – 05]%

III. 3. Carte des cohésions

Le choix du paramètre à prendre en considération sur l'analyse thématique et reporté sur la Carte des Risque de Glissements est porté sur la Cohésion vu que ce paramètre est le plus déterminant en matière d'impacte sur le comportement des sols à la rupture.

Voire les tableaux ci-après.

- **Travail sur ARC GIS :**

On a créé un nouveau fichier de forme (Shipefile) dans la fenêtre Arc catalog et on a ouvrir la table attributaire ou on a ajouté un champ et on a saisir les valeurs des cohésions

Après on clique sur Arc toolbox _Analyse spatial_ Idw _krigage après digitalisation.

Tableau 10. Classification et notation Carte géotechnique (Cohésion)

Application vis-à-vis de la stabilité	Très favorable	Favorable	Moyenne	Faible	Défavorable	Très défavorable
Cohésion (kPa)	170 - 204	137 – 170	103 – 137	70 - 103	37 – 70	3 - 37
Poids	6	5	4	3	2	1

Localisation	Intitulé Projet	Cohésion (KPa)	Notes cohésions
Arrière Port	Cevital	10	1
Cité douanière		20	1
Remla	Ecole des sourds	20	1
Remla	Technicum	188	6
Rue de la liberté	Mouhafadha	60	2
Cité Sghir	20logts	11	1
Bir Asselam	Classes	50	2
Targa Ouzamour	02 Blocs	12	1
Sidi Ali Alabhar	170 logt	70	2
Cité douanière	Bâtiment	99	3
Ighil Ouzoug	Ecole	204	6
Les 1000 ihddaden	2*8 log	172	6
Jute	ENCG Bej	3	1
1000 ihddaden	1000 log	75	3
1000 log	1000 log	7	1
Quartier Seghir	Promotion	115	4
Quartier Seghir (01)	20 log	21	1
Oued Seghir	Centrale ADE	33	1
Naceria	09 classes	50	2
Cité tobale	150 logts OPGI	10	1
Stade	Siège de DJS	45	2
Université	Mur de clôture	19	1
Arrière port/port	Silos métalliques	18	1
Haute ville	Résidence INES	59	2
Sidi ouali	Glissement	18	1
Impasse Zaouche	Bâtiment R+4	3	1
Sidi Ahmed	Stabilité glissement	80	3
04 Chemins	Résidence Assefsaf	58	2
Souk el Asser	Urbanisation du marché	40	2
Sidi Ahmed	Bouyblatene R+5	60	2
Port	Ecole Martime	20	1

Table 03 : Géotechnique des projets recensés de la ville de Bejaia (Cohésion-Notes)

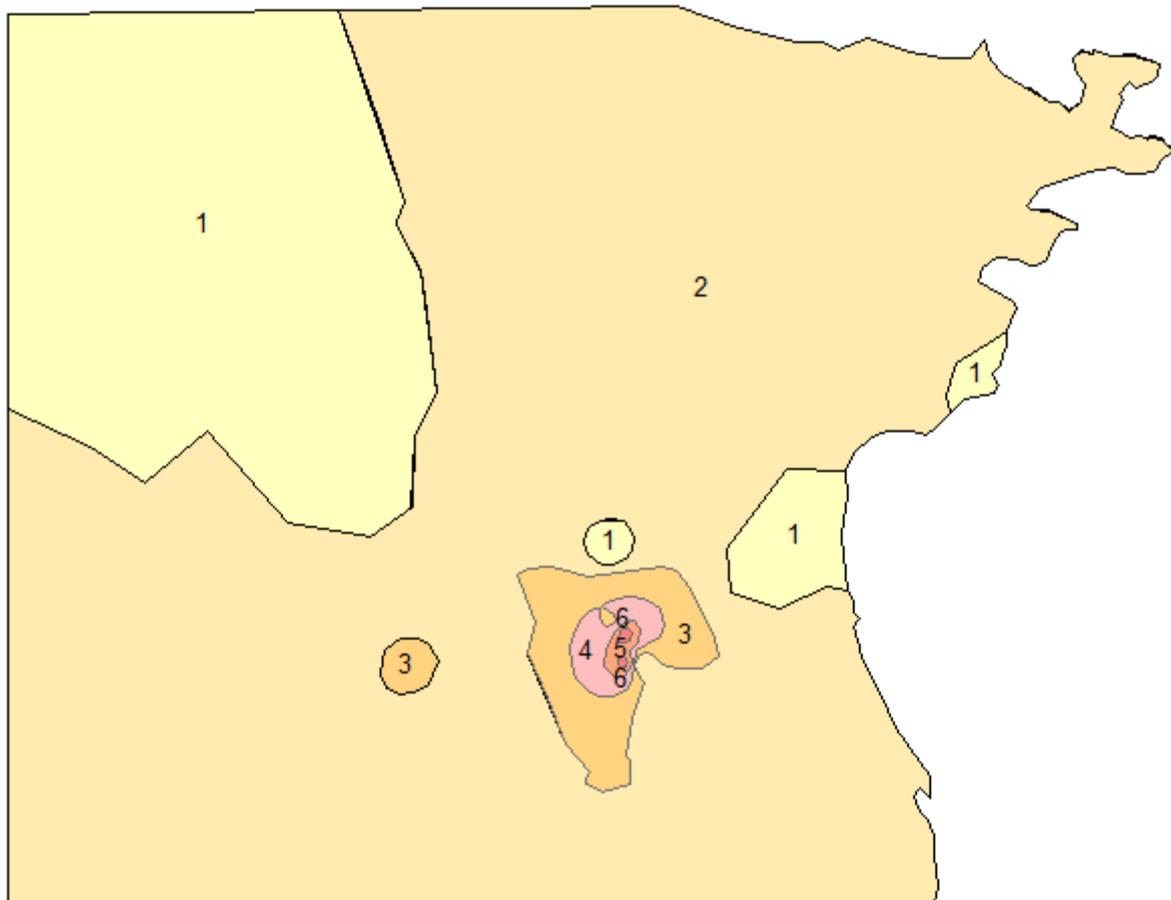


Figure 42 : Cartes des cohésions (notes cohésion)

 1	[03 – 37] kPa	Très défavorable
 2	[37 – 70] kPa	Défavorable
 3	[70 – 103] kPa	Faible
 4	[103 – 137] kPa	Moyenne
 5	[137 – 170] kPa	Favorable
 6	[170 – 204] kPa	Très favorable

III. 4. Carte des risques de glissements (aléa) :

Cette carte de risque de glissement, est réalisée suite à la superposition des différentes couches (cartes) : la carte de géologie, la carte des pentes et la carte des cohésions.

La table récapitulative des paramètres déterminants des cartes superposées en couches, et qui ont fait l'objet des analyses thématiques respectivement. Qui sont :

- La nature géologique des sols (au sens large du terme, car en géotechnique sol signifie aussi roche) et leurs notes correspondantes,
- Les pentes Naturelles des zones avec leurs notes correspondantes,
- Les cohésions de la carte géotechnique et leurs notes correspondantes.
 - on a introduit les numéros de parcelles et leurs surfaces respectives pour faciliter la recherche et la lecture dans ces cartes.

✓ **Travail sur ArcGis**

Après l'obtention des trois cartes, pour les superposées d'abord on a passés par la fenêtre géotraitement, et sur Union puis Entités entrée et la on a choisit nos trois cartes et on a cliqué ok. On obtient la superposition des trois cartes des risques Aléa, a la fin on a fait une légende

Tableau11 : Classification et notation Carte géologie, cohésion, pentes

Appréciation vis-à-vis de la stabilité		Très favorable	favorable	moyenne	Faible	Défavorable	Très défavorable
Carte Pentas	Pentes% Poids	0-5 6	5-15 5	15-25 4	25-35 3	35-45 2	>45 1
Carte Cohésion	Cohésion En [kPa] Poids	170-204 6	137-170 5	103-137 4	70-103 3	37-70 2	3-37 1
Carte géologie	Nature Roche/sol Poids	Eboulis solifluxion 1	Alluvions ancienne 2	Brèche, argile bleues 3	Flysch, marno et marnocalcaire 4	Flysch, brèche conglomérat 5	calcaires et dolomies 6

Tableau 12 : Classification et notion carte aléa

Niveau	Aléa faible	Aléa moyen	Aléa fort
Valeurs	12 – 15	08 - 12	05 - 08
Poids	1	2	3

Table04 : Risque des glissements de la ville de Béjaïa

Polygone	Géologie	Note. géologie	Pente %	Note. pente	Cohésion (KPa)	Note. cohésion	Aléa. Somme	Note. aléa
1	Brèches, argiles bleues	3	5	6	3-37	1	10	2
2	Brèches, argiles bleues	3	5	6	3-37	1	10	2
3	Brèches, argiles bleues	3	10	5	3-37	1	9	2
4	Brèches, argiles bleues	3	5	6	3-37	1	10	2
5	Alluvions ancienne	2	5	6	3-37	1	9	2
6	Flysch, Marnes et marno-calcaires	4	10	5	3-37	1	10	2
7	Flysch, Marnes et marno-calcaires	4	10	5	3-37	1	10	2
8	Flysch, Marnes et marno-calcaires	4	10	5	3-37	1	10	2
9	Flysch, Marnes et marno-calcaires	4	35	3	3-37	1	8	3
10	Flysch, Marnes et marno-calcaires	4	40	2	3-37	1	7	3
11	Flysch, Marnes et marno-calcaires	4	50	1	3-37	1	6	3
12	Flysch, Marnes et marno-calcaires	4	35	3	3-37	1	8	3
13	Flysch, Marnes et marno-calcaires	4	5	6	3-37	1	11	2
14	Calcaires et dolomies	6	40	2	3-37	1	8	3
15	Calcaires et dolomies	6	50	1	3-37	1	8	3
16	Calcaires et dolomies	6	50	1	3-37	1	8	3
17	Brèches, argiles bleues	3	5	6	3-37	1	10	2
18	Alluvions ancienne	2	35	3	3-37	1	6	3
19	Alluvions ancienne	2	5	6	3-37	1	9	2
20	Brèches, argiles bleues	3	35	3	3-37	1	7	3
21	Flysch, Marnes et marno-calcaires	4	35	3	3-37	1	8	3
22	Brèches, argiles bleues	3	35	3	3-37	1	7	3
23	Eboulis, Solifluxion	1	10	5	70-103	3	9	2
24	Flysch, Brèches et conglomérats	5	35	3	70-103	3	11	2
25	Flysch, Brèches et conglomérats	5	10	5	70-103	3	13	1
26	Brèches, argiles bleues	3	10	5	37-70	2	10	2
27	Brèches, argiles bleues	3	5	6	37-70	2	11	2
28	Brèches, argiles bleues	3	5	6	37-70	2	10	2
29	Brèches, argiles bleues	3	10	5	37-70	2	10	2
30	Brèches, argiles bleues	3	5	6	37-70	2	11	2
31	Eboulis, Solifluxion	1	10	5	37-70	2	8	3
32	Eboulis, Solifluxion	1	5	6	37-70	2	9	2
33	Flysch, Marnes et marno-calcaires	4	40	2	37-70	2	8	3
34	Flysch, Marnes et marno-calcaires	4	10	5	37-70	2	11	2
35	Flysch, Marnes et marno-calcaires	4	5	6	37-70	2	12	2
36	Flysch, Brèches et conglomérats	5	35	3	37-70	2	10	2
37	Flysch, Brèches et conglomérats	5	20	4	37-70	2	11	2
38	Flysch, Brèches et conglomérats	5	40	2	37-70	2	9	2
39	Flysch, Brèches et conglomérats	5	10	5	37-70	2	12	2
40	Flysch, Brèches et conglomérats	5	35	3	37-70	2	10	2
41	Flysch, Brèches et conglomérats	5	40	2	37-70	2	9	2
42	Brèches, argiles bleues	3	40	2	37-70	2	7	3
43	Eboulis, Solifluxion	1	40	2	37-70	2	5	3
44	Eboulis, Solifluxion	1	5	6	37-70	2	9	2
45	Alluvions ancienne	2	10	5	37-70	2	9	2
46	Alluvions ancienne	2	35	3	37-70	2	7	3
47	Alluvions ancienne	2	5	6	37-70	2	10	2
48	Brèches, argiles bleues	3	35	3	37-70	2	8	3
49	Brèches, argiles bleues	3	5	6	37-70	2	11	2
50	Brèches, argiles bleues	3	10	5	37-70	2	10	2
51	Brèches, argiles bleues	3	35	3	37-70	2	8	3
52	Flysch, Marnes et marno-calcaires	4	10	5	37-70	2	11	2
53	Flysch, Marnes et marno-calcaires	4	10	5	37-70	2	11	2
54	Flysch, Marnes et marno-calcaires	4	20	4	37-70	2	10	2

55	Flysch, Marnes et marno-calcaires	4	35	3	37-70	2	9	2
56	Flysch, Marnes et marno-calcaires	4	50	1	37-70	2	7	3
57	Flysch, Marnes et marno-calcaires	4	40	2	37-70	2	8	3
58	Flysch, Marnes et marno-calcaires	4	35	3	37-70	2	9	2
59	Flysch, Marnes et marno-calcaires	4	35	3	37-70	2	9	2
60	Flysch, Marnes et marno-calcaires	4	5	6	37-70	2	12	2
61	Calcaires et dolomies	6	20	4	37-70	2	12	2
62	Calcaires et dolomies	6	35	3	37-70	2	11	2
63	Calcaires et dolomies	6	50	1	37-70	2	9	2
64	Calcaires et dolomies	6	40	2	37-70	2	10	2
65	Brèches, argiles bleues	3	35	3	37-70	2	8	3
66	Alluvions ancienne	2	5	6	37-70	2	10	2
67	Brèches, argiles bleues	3	5	6	170-204	6	15	1
68	Brèches, argiles bleues	3	5	6	137-170	5	14	1
69	Alluvions ancienne	2	5	6	137-170	5	13	1
70	Alluvions ancienne	2	5	6	170-204	6	14	1
71	Brèches, argiles bleues	3	5	6	103-137	4	13	1
72	Flysch, Marnes et marno-calcaires	4	5	6	103-137	4	14	1
73	Alluvions ancienne	2	5	6	103-137	4	12	2
74	Brèches, argiles bleues	3	5	6	70-103	3	12	2
75	Flysch, Marnes et marno-calcaires	4	5	6	70-103	3	13	1
76	Alluvions ancienne	2	5	6	70-103	3	11	2
77	Alluvions ancienne	2	5	6	37-70	2	10	2
78	Alluvions ancienne	2	5	6	3-37	1	9	2
79	Alluvions ancienne	2	5	6	37-70	2	10	2
80	Brèches, argiles bleues	3	5	6	37-70	2	11	2
81	Brèches, argiles bleues	3	5	6	37-70	2	11	2
82	Brèches, argiles bleues	3	10	5	37-70	2	10	2
83	Flysch, Marnes et marno-calcaires	4	35	3	37-70	2	9	2
84	Calcaires et dolomies	6	35	3	37-70	2	11	2

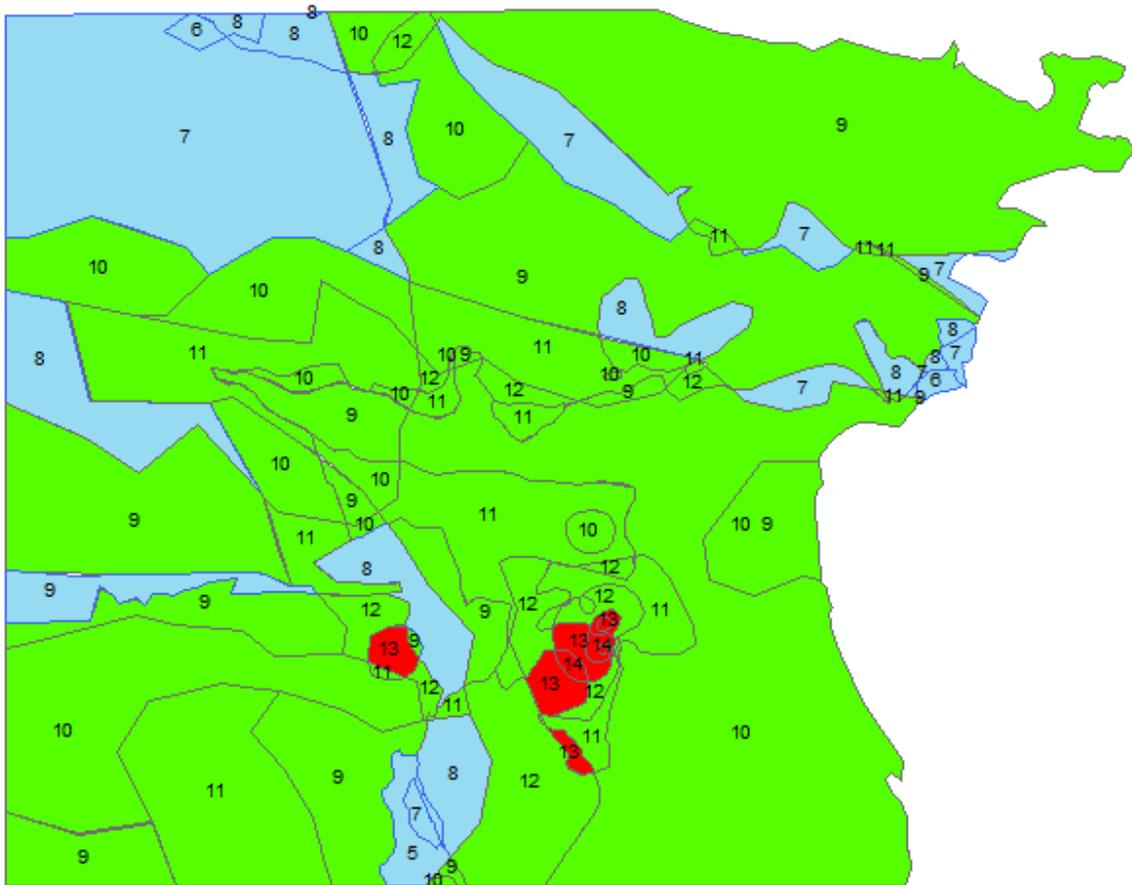


Figure 43. Carte des risques de glissement (Aléa ; somme)

Niveau de l'aléa

	1	[12 - 15]	Faible
	2	[08 - 12]	Moyen
	3	[05 - 08]	Fort

IV. Analyse des données et interprétations

La cartographie réalisée à la ville de Bejaia vise à identifier et à délimiter des entités territoriales homogènes, qu'il est possible de caractériser en terme de niveau d'aléa. L'homogénéité est exprimée vis-à-vis de divers paramètres : la pente moyenne, la géologie, et les cohésions. Les principales entités retenues à l'échelle utilisée sont :

➤ **les versants (vallée, talweg)**

- **Les versants secondaires** : sont de faibles hauteurs (inférieures à 100 mètres) et de pentes plus ou moins fortes (de 15 à 35° en moyenne). On distingue les versants secondaires rocheux, les versants secondaires de faible extension (hauteur inférieure à 30 mètres) et de plus grande extension (hauteur entre 50 et 100 mètres) Les indices de mouvements de terrain sont peu nombreux. L'aléa est généralement faible à modéré.
- **Les versants principaux** : sont des versants de 100 à quelques centaines de mètres de hauteur, formant les bords des montagnes de part et d'autre des cours d'eau principaux. On classe ces versants en fonction de leur nature, de leur morphologie et de leur situation. Sont ainsi distingués les versants rocheux à pentes modérées à fortes, les versants à pentes modérées, les versants de la zone sud, les versants composites de nature béchique (ou présentant des plaquages volumineux de matériaux béchiques). Des mouvements de terrain ainsi que indices d'instabilité sont répertoriés. L'aléa est en général moyen à fort.
- **Les grands versants** : sont des versants de plusieurs centaines de mètres de haut, de pente forte, de toute nature. L'aléa éboulement / glissement-coulée sur forte pente est élevé.

➤ **la plaine**

- **Les plaines** : qui rassemblent enfin des zones plus ou moins planes en altitude ne correspondant pas piedmonts. Il y est une plaine étendue comme par exemple les parties dépôts Alluvionnaires anciennes, résultant du remplissage en pied de zone d'effondrement, de somment tabulaires d'intrusions diverses. L'aléa y est faible.

V. Zonage des aléas

Dans cette zone nous étudions les glissements qui sont exceptés tous les autres mouvements qui sont cartographiés : l'affaissement, les éboulements boueux, ou rocheux ; qui sont concernés par cette cartographie.

Aléa faible : la somme des notes est entre 12 à 15 en nombre de 8 secteurs

- Géologique : sont généralement les formations de éboulis solifluxion alluvions ancienne ;
- Topographique des pentes : sont entre 0 à 15 ;
- Géotechnique : sont variable de 70 à 204 kPa.

Aléa moyen : la somme des notes est entre 8 à 12 ;

- Géotechnique : sont généralement les formations de brèche, argile bleues et Flysch marno et marnocalcaire ;
- Topographique des pentes : sont entre 15 à 35 ;

- Géotechnique : sont variable de 70 à 137 kPa.

Aléa fort : la somme des notes est entre 5 à 8.

- Géotechnique : sont généralement les formations de flysch brèche conglomérats et calcaires et dolomies ;
- Topographique des pentes : sont supérieure à 35 ;
- Géotechnique : sont variable de 3 à 70 kPa.

VI. Conclusion :

Les collectivités locales des cartes confrontées à une multitude de problèmes sociaux ont acculé l'aspect urbanistique et sécuritaire de la ville. Cette carte des zones exposées aux risques de mouvement de sols permet d'effectuer un zonage de la région de Bejaia en fonction de la vulnérabilité du terrain, ce zonage a nécessité une analyse des événement passées et des facteurs d'instabilité, la carte servira de base à l'établissement des plans d'exposition aux risques qui ont pour mission d'intégrer le risque de mouvement de sols.

CONCLUSION GENERALE

La ville de Bejaia présente des zones relativement stables et d'autres instables sujettes à des mouvements de terrain. Ces instabilités sont localisées et caractérisées par des facteurs géotechniques défavorables.

Trois zones d'aléas sont mises en évidence à savoir, la première catégorie concerne les zones à risque faibles à nul, la deuxième concerne les zones à Aléa moyen, la troisième concerne les zones à Aléa fort. La méthode de zonage appliquée est simple et pratique, malgré certaines limites. Elle offre un grand intérêt dans le choix d'un certain nombre de facteurs déterminants et dans la définition de leurs contributions individuelles au mouvement de sol. Le zonage obtenu reste de portée générale. Il permet d'éviter les grosses erreurs pratiques et pourrait servir de support au schéma directeur d'aménagement de la ville de Bejaia.

Cependant des lacunes restent encore à combler, pour cela, il est recommandé de :

- Déterminer le poids relatif des facteurs déterminants, dans le déclenchement des mouvements de terrains, et leurs hiérarchisations. Césure la ville de Béjaia la permettrait d'améliorer la conception de notre méthodologie ;
- Réactualisation des données du terrain du point de vue géologique, géotechnique afin : d'examiner tous les mécanismes et les facteurs qui influencent l'instabilité ; et de confectionner des cartes d'évaluation de risques de mouvement de terrain plus précises ;
- Mettre au point des outils méthodologiques rigoureux. Un système d'information géographique notamment, pour la mesure de la vulnérabilité de la région aux risques naturels et la prévision dans le temps.

Bibliographies

[01]: BENDADOUCHE. H, LAZIZI. S ; Glissement de Terrain et Confortement ; copyright Page Bleues Internationales 2013

[02]: Bobo-Dioulasso <<Initiation a ArcGis>>

[03]: Copyright Environmental systems Research Institute 2016

[04]: Copyright www.sigcours.com 2017

[05]: desktop.arcgis.com

[06]: HAMMADI. Y; Cartographie géotechnique des risque de glissements (CRG) et des risques d'Inondation (CRI) de la ville de Béjaia ;Thèse de magistère, Université A.Mira Béjaia, 2011

[07]: JEAN-MARC GILLIOT Grand école européenne d'ingénieurs et de managers dans le domaine du vivant et de l'environnement (2014-2015)

[08]: www.graphland.fr/wp-content/uploads/que-ce-que-arcgis.pdf ; 10/2012

[09]: www.portalsig.org <<copyright 2017>>

Annexes



Carte géologique de Béjaia

Annexes



Carte topographique de Béjaia