

**UNE MÉTHODOLOGIE DE CARTOGRAPHIE DES ZONES
POTENTIELLEMENT INSTABLES.
APPLICATION À LA RÉGION DE BÉJAIA, ALGÉRIE**

**A METHODOLOGY FOR MAPPING POTENTIALLY UNSTABLE.
APPLICATION TO THE REGION OF BÉJAIA, ALGERIA**

H.BENDADOUCHE ¹, Y. HAMMADI ²

¹Université A.MIRA Béjaia Algérie e-mail : bendadouche@yahoo.fr

²Université A.MIRA Béjaia Algérie, e-mail : hammadi.younes@gmail.com

RÉSUMÉ : Implanté sur des terrains constitués de flancs de collines, la ville côtière de Béjaia est sujette à de nombreux glissements. Les observations montrent que ces événements sont dus à la surcharge excessive des terrains, à la présence d'eau et à la mauvaise qualité des sols. Afin de minimiser l'impact socio-économique du glissement de terrain, nous avons opté pour un SIG (système d'information géographique) qui constitue un outil d'aide à la décision relative aux choix de d'assiettes de terrains et des mesures préventives de réduction des risques. Une première base de données a été rassemblée à partir des documents existants, d'enquêtes et d'une campagne d'investigation du sol. Les différentes cartes existantes (topographie, géologie, zones habitées ...) sont numérisées et organisées dans le SIG pour pouvoir être superposées les unes aux autres. Il est alors très facile de comprendre l'organisation dans l'espace des différents objets. Le but du présent article est la cartographie des différentes instabilités et leur hiérarchisation en fonction du degré de risque potentiel.

Mots clés: lithologie, évaluation, instabilité, cartographie

ABSTRACT: Planted on land made of hillsides, the coastal town of Béjaia is subject to many landslides. Observations show that these events are due to excessive overload of the land, the presence of water and poor soil quality. To minimize the socio-economic impact of the landslide, we opted for a GIS (geographic information systems) as a tool for decision support on the choice of assignable building-sites and preventive measures to reduce risks. A first database was compiled from existing documents, surveys and a campaign investigation of the soil. Various existing maps (topography, geology, settlements ...) are digitized and organized in the GIS to be superimposed on each other. It is very easy to understand the spatial organization of different objects. The purpose of this paper is the mapping of various instabilities and their ranking according to degree of potential.

Key-words: lithology, evaluation, instability, cartography.

1. Introduction

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 de glissements de terrain. Une première base de données a été rassemblée à partir des documents existants, d'enquêtes et d'une campagne d'investigation du sol.

Les principaux objectifs de cette recherche peuvent se résumer ainsi :

- identifier, localiser et caractériser l'aléa mouvement de terrain pouvant engendrer des risques aux personnes et aux biens dans la région de Béjaia ;
- développer une méthodologie pour l'évaluation de l'aléa glissement de terrain basée sur l'utilisation des systèmes d'information ;
- créer une carte locale 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 afin de limiter le nombre de victimes et de réduire les pertes économiques.

2. Exemples de glissements à Béjaia

Implantée sur des terrains constitués de flancs de collines et de plaines marécageuses, la ville côtière de Béjaia est sujette à des glissements. Dans la majorité des sinistres, le relief du sol a connu de profondes modifications. Les observations montrent que ces événements sont dus à la surcharge excessive des terrains, à la présence d'eau et à la mauvaise qualité des sols. La ville de Béjaia compte pour elle seule cinq glissements spectaculaires : le glissement de la *Brise de mer*, celui de la mosquée de *Sidi Ouali*, celui de *Tizi* (Fig. 1), celui de *Smina*, et enfin celui de *Sid Ahmed* (blocs E14 et E16).

2.1. Le glissement de Tizi «La carrière», Béjaia

Situé sur le djebel Sidi Boudraham, le sol avec des pentes supérieures à 30% est composé d'éboulis de pente plaqués contre un substratum de compacité plus forte. Ces éboulis ont des caractéristiques mécaniques très médiocres. En outre, des circulations d'eaux d'origines diverses ont été observées in-situ.



Figure 1 : Glissement de Tizi au niveau de l'ancienne carrière (Hauteurs de la ville de Béjaia)

3. Contexte géographique et géomorphologique

La ville de Béjaia 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 et plus de 45%. Cette région a un réseau hydrographique assez dense dont les principaux cours sont l'oued Soummam et l'oued Seghir.

Les constructions sur des terrains meubles et en pente, comme c'est le cas sur le flanc sud de la ville de Béjaia, peuvent conduire à des désordres de grande ampleur. Les instabilités ont été observées essentiellement dans les terrains altérés, saturés par les circulations d'eaux d'origines diverses : eaux météoriques, rejets urbains et résurgences naturelles.

L'agglomération de Béjaia est située en bordure de mer, à l'est d'Alger, entre les latitudes 36°15' et 36°55' Nord et les longitudes 4°20' et 4°30' Est. Sa population est de 176 000 habitants en 2008. Elle est en perpétuelle croissance. Cette croissance est marquée par une forte urbanisation.

3.1. Aperçu géologique

La partie habitée du flanc sud du djebel Gouraya est constituée de marnes et de marno-calcaires. Le flanc sud de Djebel Boudraham, plus stable, est constitué de brèches, conglomérats, éboulis et flyschs. La plaine est constituée d'alluvions, basses terrasses, dépôts limoneux, sables et cailloutis.

Sur le site, le Miocène post-nappes est représenté par une brèche polygénique discordance sur l'unité tellienne du Crétacé

supérieur formée d'alternances de pélites et de grès calcaires au sommet, de marnes et calcaires à la base.

3.2. Climatologie et hydrologie

La région de Béjaia se situe à proximité de la mer. Elle jouit d'un climat méditerranéen, avec des précipitations fortes et irrégulières avec un été plutôt chaud et humide. Elle est considérée comme l'une des régions les plus pluvieuses d'Algérie.

Le réseau hydraulique est constitué de cours d'eau temporaires alimentés par de nombreux torrents le long des pentes de montagnes (Fig. 2). Ces cours d'eau débouchent en majorité dans l'oued Seghir mis à part ceux situés au sud. Ceux-là sont pratiquement tous des affluents de l'Oued Soummam qui est le principal collecteur des eaux superficielles de la région présentant un écoulement régulier et se jette dans la baie de Béjaia.

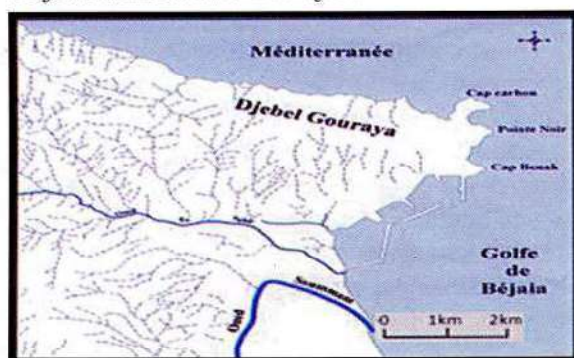


Figure 2 : Carte du réseau hydrologique

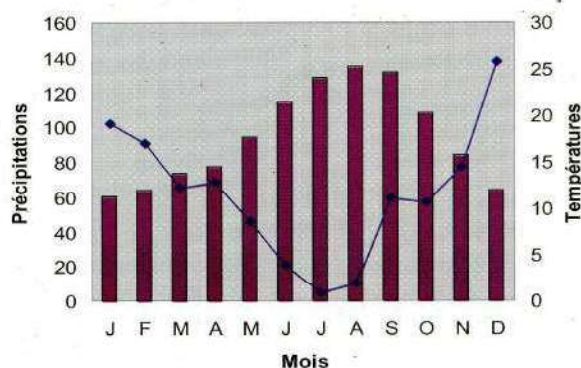


Figure 3 : Evolution des précipitations et des températures mensuelles au cours de l'année.

L'histogramme (Fig.3) montre l'existence de deux périodes climatiques au cours de l'année :

- une première période pluvieuse allant de Novembre à Mars avec un maximum de 140 mm (Janvier).

- une seconde période sèche allant d'Avril à Octobre avec un minimum de précipitation de 4.5 mm au mois de Juillet. L'eau constitue un facteur déterminant dans la dégradation des propriétés physico-mécanique d'un sol. La compréhension de l'origine des eaux et les quantités affluentes vers la zone d'étude est nécessaire.

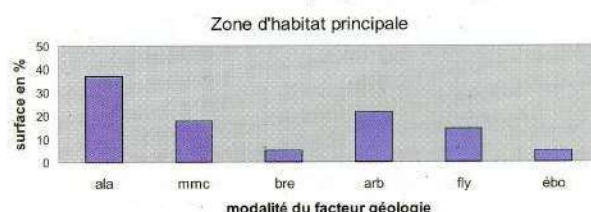
4. Analyses des facteurs causaux

Cette analyse a pour objectif la visualisation de la structure des facteurs causaux et l'étude des modalités en présence et leur répartition dans les deux zones.

4.1 Zone d'habitat principale

Les marnes schisteuses occupent 18% de la zone d'habitat principale et sont localisées dans les parties habitables avec des pentes variant entre 5% et 35%. Ces sols sont très sensibles à l'eau et sont souvent le siège de glissements. Deux glissements ont eu lieu dans ce type de sol. Les surcharges, les terrassements, les eaux d'infiltration et les pentes favorisent davantage ces mouvements de terrain.

La majeure partie de la zone d'habitat principale, soit 45%, sont dans des terrains plats donc inondables. Ils sont d'ailleurs complètement urbanisés. On remarque que les zones à fortes pentes (>45%) sont très peu urbanisées. Il représente une infime partie de la zone d'habitat soit 3%. (Fig. 4, 5 et 6).



avec : *ala* : alluvions récentes ; *mmc* : marnes schisteuses à calcaire ; *bre* : brèches ; *arb* : argile bleue ; *fly* : flysch ; *ébo* : éboulis

Figure 4 : Etendue des surfaces en fonction du facteur géologie



Figure 5 : Etendue des surfaces en fonction du facteur pente

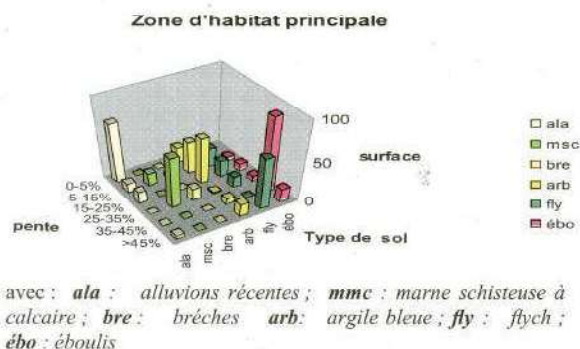


Figure 6 : Etendue des surfaces en fonction du type de sols et de la pente en zone d'habitat principale

5. Méthodologie

Une première base de données sur les événements qui constituent les facteurs permanents comme la géologie, la topographie, la végétation, les facteurs déclenchant, le climat et l'hydrogéologie est exposée.

Données

- Carte géologique de la région de Béjaia, (Fig. 7) ;
- Carte topographique de la région de Béjaia 1:500000, de 1985, (Fig. 8) ;
- Plan de la ville de Béjaia Algérie 1:7500, 1983 ;
- Fichier (RGPH) Recensement Général de la Population et de l'Habitat de Béjaia.

Pour approcher ces paramètres, on a utilisé des facteurs de vulnérabilité largement disponibles comme la géologie, la pente et la densité de population.

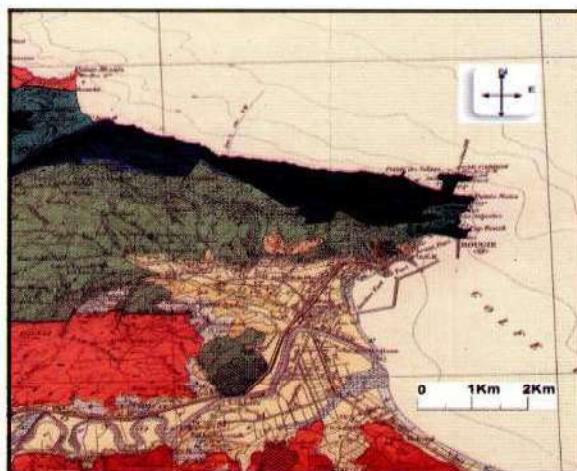


Figure7 : Carte Géologique.



Figure 8 : Carte Topographique.

6. Cartographie des différents facteurs.

Pour cette étude, nous avons identifié les facteurs largement disponibles que nous avons jugés importants. Ce sont :

- la géologie ;
- la pente ;
- la densité de la population.

6.1. Modalité du facteur géologie

L'intégration de ce facteur est dicté par la nature du sol (ou roche), sa tenue donc de sa compacité, son altération, sa nature et l'espacement entre les discontinuités (joints) des roches. En présence d'eau, certains matériaux évolutifs comme les schistes, y sont très sensibles et perdent leur résistance de cisaillement quand la teneur en eau augmente. Nous avons ainsi procédé au classement des formations géologiques selon leur qualité lithologique et géotechnique, donc en fonction de leur compacité. Cette carte est illustrée à la figure 9.

1. Très peu compacte : éboulis non consolidés, alluvions marécageuses ;
2. Peu compacte : marnes schisteuses, brèches argileuses, grès... ;
3. Compact : argiles bleues, marnes, marno-calcaires... ;
4. Compacité importante : alluvions anciennes, conglomérats cimentés... ;
5. Très compacte : flyschs, roches intrusives,...

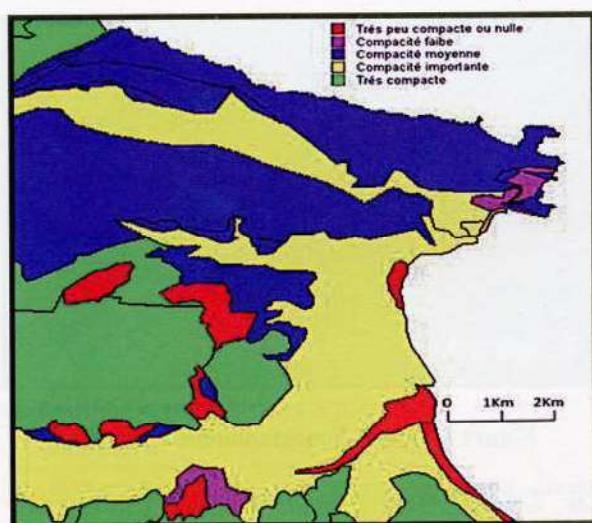


Figure 9: Cartographie du paramètre géologie.

6.2. Modalité du facteur densité de population

Ce paramètre intègre les éventuelles surcharges. Il est associé à la densité de la population et/ou des bâtisses (Fig. 10) et comprend 05 classes, à savoir:

1. Zones très denses : habitations > 08 étages par tour, constructions très denses ;
2. Zones denses : habitations < 08 étages par bloc, constructions denses ;
3. Moyennement denses : habitations < 02 étages par bloc, constructions moins denses ;
4. Peu dense : constructions éparses ;
5. Densité très faible : constructions très éparses.

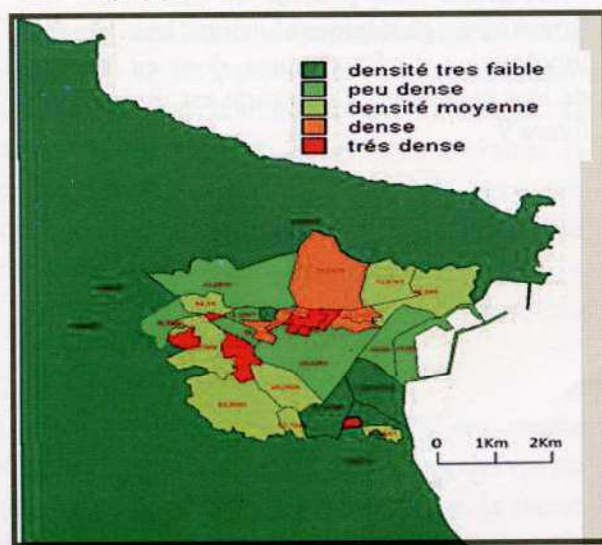


Figure 10: Cartographie du paramètre population.

6.3. Modalité du facteur pente

Le terme Φ est un terme facile à identifier. Il dépend de la géométrie du glissement. On distinguera ainsi 05 classes de pentes (Fig. 11) à savoir :

- 1- > 45%
- 2- 30% - 45%
- 3- 15% - 30%
- 4- 5% - 15%
- 5- 0% - 5%

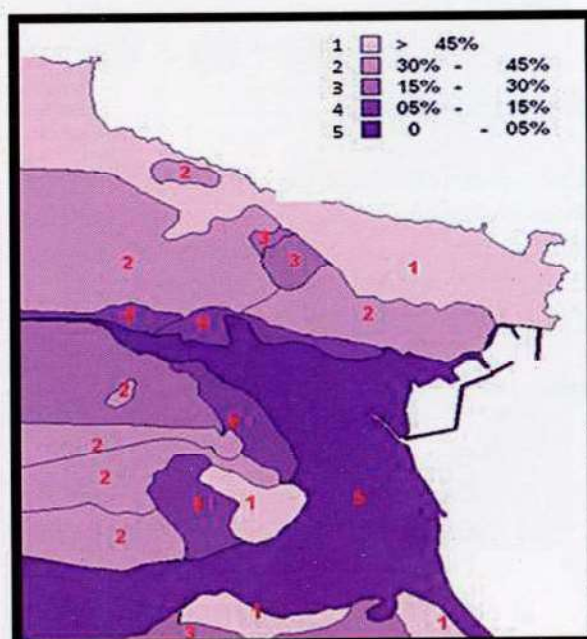


Figure 11: Cartographie du paramètre pente.

7. Indexation des paramètres

Nous avons donc indexé à chaque classe les valeurs suivantes :

Tableau 1 : Indexation des paramètres.

Modalités	Classes				
Pente	0-5%	5-15%	15-30%	30-45%	>45%
Indexation	5 points	4 points	3 points	2 points	1 point
Densité de la population	Très peu dense	Densité faible	Moyennement dense	Dense	Très dense
Indexation	5 points	4 points	3 points	2 points	1 point
Géologie	Marno-calcaire Flyschs	Alluvions	Argiles bleues	Marnes schisteuses, brèches	éboulis
Indexation	5 points	4 points	3 points	2 points	1 point

8. Cartographie des zones potentiellement instables

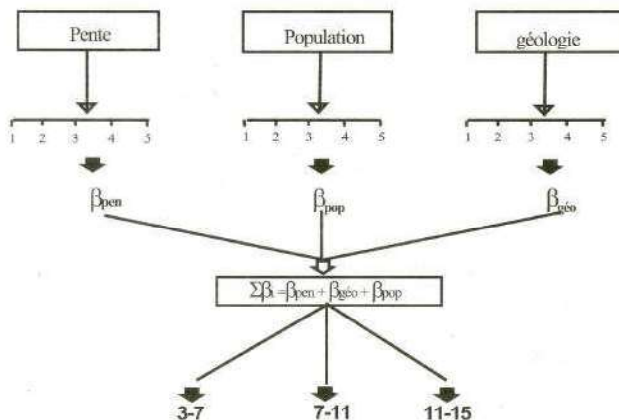


Figure 12 : Méthodologie d'estimation des potentialités d'instabilité

En combinant les différents facteurs d'instabilité, nous avons fait ressortir 3 zones d'instabilités potentielles (Fig. 13). L'examen de la carte montre que la plaine avec des pentes variant entre 0-15% est le secteur qui présente le moins de risque d'instabilité. Elle est essentiellement constituée d'alluvions anciennes.

Les secteurs à risque correspondent à des pentes variant entre 15% et 45%. Ils sont constitués de marnes schisteuses et d'éboulis. Ce sont les principales zones d'habitat.

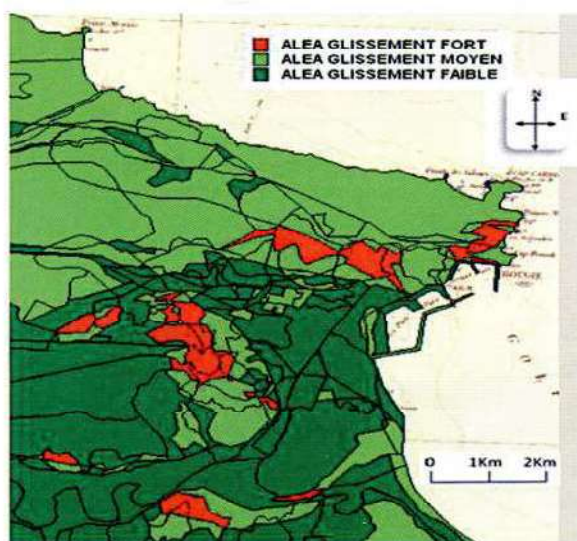


Figure 13 : Cartographie des zones potentiellement instables.

9. Conclusion

Les collectivités locales, confrontées à une multitude de problèmes sociaux ont occulté l'aspect urbanistique et sécuritaire de la ville. Il est actuellement difficile de quantifier et de gérer le passif. En outre, l'expansion rapide des villes et la forte croissance de la population en milieu urbain mettent une pression énorme sur le patrimoine agricole et sur toute parcelle vacante d'où la prolifération de constructions illicites.

Il appartient aux collectivités de prévenir les risques de glissement par une politique de prévention (zoning en fonction du type de sol). La création d'un POS (Plan d'occupation du sol) adapté aux impératifs du sol et interdisant les constructions dans les secteurs menacés contribuera dans une large mesure à réduire l'ampleur des catastrophes.

Mais certains sinistres, notamment ceux dus aux séismes, sont difficiles à prévoir et à éviter. Un plan de secours type ORSEC est alors nécessaire pour intervenir avec efficacité et promptitude par la mobilisation des moyens appropriés et spécifiques.

10. Références bibliographiques

- [1] Bendadouche, H., Lazizi, S., *Le bâti et le sol*, Séminaire sur l'urbanisme à Béjaia, 1999.
- [2] Hammadi, Y., *Cartographie géotechnique des risques de Glissements (CRG) et des risques d'Inondations (CRI) de la ville de Béjaia*, Thèse de magistère, Université A. Mira Béjaia, 2011.
- [3] Chrea B., *Etude sur les glissements, cas de Sidi Ahmed Béjaia*, Mémoire de fin d'études. Université de M'sila, 1999.
- [4] Flageollet, J.C., *Les mouvements de terrain et leur prévention*, Editions Masson LNHC 1988. Béjaia, Etudes de sols, 1999.
- [5] Gilles, S., Frank, R., *Etude expérimentale de la stabilisation d'un glissement de terrain par des pieux de gros diamètre*, Bulletin de liaison, Laboratoire des ponts et chaussées, N° 204, Juillet- Août 1996.
- [6] Djediat, Y., Mekboul., *Etude sur le site de Sidi-Ahmed (Béjaia)*, Etude de sol, 1984.