

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**

**Université Ferhat Abbas Sétif 1**  
**Institut d'Architecture et des**  
**Sciences de la Terre**  
**Département des Sciences de la Terre**

جامعة فرحات عباس - سطيف 1  
معهد الهندسة المعمارية وعلوم الأرض  
قسم علوم الأرض



---

**Mémoire**

**Présenté en vue de l'obtention du diplôme de**  
**Master en Géologie de l'Ingénieur**

**THEME:**

**Evaluation multi-échelle de la susceptibilité des**  
**terrains de la région de Béjaia aux mouvements**  
**de masse**

**Présenté par**

**LATRECHE Hocine**

**DEVANT LE JURY:**

|            |                                |            |             |                |
|------------|--------------------------------|------------|-------------|----------------|
| Président: | <b>Mr Zighmi Karim</b>         | <b>MCB</b> | <b>IAST</b> | <b>UFAS</b>    |
| Encadreur: | <b>Dr Hadji Riheb</b>          | <b>MCA</b> | <b>IAST</b> | <b>UFAS</b>    |
| Examineur: | <b>Boumazbeur Abderrahmene</b> | <b>Pr</b>  | <b>ULT</b>  | <b>Tébessa</b> |

**Promotion : 2016/2017**

**Résumé:** Notre travail consiste à entreprendre une évaluation multi-échelle de la susceptibilité des terrains de la région de Bejaia aux mouvements de masse. La première étape consiste à délimiter la zone d'étude et décrire les faciès affleurant dans la région. Une étude hydroclimatologique a ensuite été entreprise en utilisant des données pluviométriques de quatre stations environnantes entre 2007 et 2016. On obtient ainsi une carte des précipitations et on déduit finalement le bilan hydrologique de la région, paramètres nécessaires pour lier l'effet de l'eau aux instabilités des terrains. Après l'obtention de couches d'information, en utilisant un système d'information géographique (ArcGis), une interprétation multicritère et un traitement géospatial sont faits pour cartographier l'aléa étudié. Cette carte s'appuie sur les données de terrain ainsi que celles obtenues du laboratoire. On observe que les mouvements de terrain, principalement des glissements, sont plus présents dans la région Sud-est de notre zone. Un travail de calcul d'instabilité a ensuite été fait en utilisant la méthode Bishop simplifiée ainsi que le logiciel Slide, ceci permet d'avoir les valeurs du coefficient de sécurité selon l'existence d'une nappe ou d'une sollicitation sismique.

**Mots-clés:** SIG, Bejaia, mouvement de terrain, eau, instabilité.

**Abstract:** Our work consists in making a multi-scale assessment of the susceptibility of the lands of the Bejaia region to mass movements. The first step is to delineate the study area and describe the facies in the area. A hydroclimatological study was then carried out using rainfall data from four surrounding stations between 2007 and 2016. A precipitation map is then obtained and finally the hydrological balance of the region is deduced, parameters necessary to link the effect of water to the instabilities of the land. After obtaining information layers, using a geographic information system (ArcGis), a multicriteria interpretation and a geospatial treatment are made to map the hazard studied. This map is based on the field data as well as those obtained from the laboratory. It is observed that the movements of land, mainly landslides, are more present in the South-East region of our zone. A work of instability calculation was then done using the simplified Bishop method and the Slide software, this allows to have the values of the safety coefficient according to the existence of a seismic sheet or a seismic solicitation.

**Key words:** GIS, Bejaia, landslides, water, instability.

## الملخص :

الهدف من هذا العمل هو إجراء تقييم متعدد النطاق لمدى هشاشة أراضي منطقة بجاية بالنسبة للحركات الأرضية. تتكون المرحلة الأولى من تحديد منطقة الدراسة ووصف الصخور الموجودة فيها. بعد ذلك أجريت دراسة هيدرولوجية مناخية باستخدام بيانات تساقط الأمطار في المحطات المحيطة بالمنطقة مابين سنة 2007- 2016 وتم الحصول على خريطة التساقط. ومن ثم الميزان الهيدرولوجي للمنطقة وكذلك معرفة العوامل الأساسية لمعرفة حجم تأثير المياه على استقرار الأرضيات وهذا يتيح لنا الحصول على كل البيانات الضرورية من أجل نمذجتهم في خرائط وأشكال مختلفة. بعد الحصول على هذه الخرائط تم معالجتها بنظام (ArcGis) للحصول على خريطة الخطر وذلك بعد إجراء تفسيرات للبيانات المتحصل عليها ميدانيا ومن مخبر الصومام. لاحظنا أن الحركات الأرضية – أساسا الانزلاقات – هي الأكثر تمركزا في الجنوب الشرقي لمنطقتنا باستعمال طريقة Bishop ونظام Slide تم حساب معامل عدم الاستقرار وكذلك معرفة قيم معامل الأمان وفقا لوجود شبكة مائية أو ضغط زلزالي .

الكلمات المفتاحية : SIG - بجاية - الإنزلاقات الأرضية - المياه - عدم الاستقرار.

## Table des matières

| Chapitres         | Titres                                        | Pages    |
|-------------------|-----------------------------------------------|----------|
|                   | <b>INTRODUCTION GENERALE</b>                  | <b>1</b> |
| <b>CHAPITRE I</b> | <b>Géologie</b>                               | <b>3</b> |
|                   | 1. Introduction                               | 3        |
|                   | 2. Cadre géologique locale (1/50000)          | 4        |
|                   | 3. Unités épitelliennes du secteur d'étude    | 4        |
|                   | 3.1. Unité Brek-Gouraya (ou Aghbalou-Gouraya) | 5        |
|                   | 3.2. Unité de Barbacha                        | 5        |
|                   | 3.3. Unité de Draâ el Arba                    | 5        |
|                   | 3.4. Unité des flysch                         | 5        |
|                   | 4. Litho-stratigraphie                        | 5        |
|                   | 4.1. Quaternaire                              | 6        |
|                   | 4.2. Pliocène                                 | 7        |
|                   | 4.3. Mio-Pliocène                             | 7        |
|                   | 4.4. Miocène supérieur                        | 7        |
|                   | 4.5. Miocène inférieur                        | 7        |
|                   | 4.6. Burdigalien helvétique                   | 7        |
|                   | 4.7. Aquitanien-Burdigalien                   | 8        |
|                   | 4.9. Paléocène-éocène inférieur               | 8        |
|                   | 4.10. Crétacé supérieur                       | 8        |
|                   | 4.11. Maestrichtien                           | 8        |
|                   | 4.12. Campanien-maestrichtien                 | 8        |
|                   | 4.13. Cénomanién                              | 9        |
|                   | 4.14. Sénonien                                | 9        |
|                   | 4.15. Santonien- maestrichtien                | 9        |
|                   | 4.16. Cénomanién-turonien                     | 10       |
|                   | 4.17. Albien supérieur-cénomanién             | 10       |
|                   | 4.18. Albo-aptien                             | 10       |
|                   | 4.19. Néocomien                               | 10       |
|                   | 4.20. Valanginien-hauterivien                 | 10       |
|                   | 4.21. Barrémien-albien                        | 10       |

|                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------|----|
| 4.22. Aptien                                                      | 10 |
| 4.23. Néocomien-albien inferieur                                  | 10 |
| 4.24. Néocomien                                                   | 10 |
| 4.25. Néocomien                                                   | 10 |
| 4.26. Jurassique sup                                              | 10 |
| 4.27. Callovien à tithonique                                      | 10 |
| 4.28. Domerien à bathonien                                        | 11 |
| 4.29. Bajocien-Bathonien                                          | 11 |
| 4.30. Lias supérieur dogger                                       | 11 |
| 4.31. Lias moyen et inferieur                                     | 11 |
| 4.32. Sinemmurien à carixien                                      | 11 |
| 4.33. Lias supérieur                                              | 12 |
| 4.34. Trias                                                       | 12 |
| 4.35. Rétien a hettangien                                         | 12 |
| 4.36. Keuper                                                      | 12 |
| 5. Contexte sismologique                                          | 12 |
| 5.1. Sismicité locale                                             | 13 |
| 6. Conclusion                                                     | 14 |
| <b>CHAPITRE II Hydroclimatologie</b>                              | 15 |
| 1. Introduction                                                   | 15 |
| 2. Analyse des précipitations                                     | 15 |
| 3. Analyse des températures                                       | 17 |
| 4. Relation Précipitations-Températures Graphe<br>Ombro-thermique | 19 |
| 5. Détermination des indices climatiques                          | 20 |
| 5.1. Climagramme d'Emberger :                                     | 20 |
| 5.2. Aridité                                                      | 21 |
| 6. Évaluation dubilan hydrologique                                | 22 |
| 6.1. Calcul de l'évapotranspiration potentielle (ETP)             | 22 |
| 6.2.Calcul del'etpsuivant la formule de C.W<br>Thornthwaite       | 22 |
| 6.3. Calcul de l'évapotranspiration réelle (ETR)                  | 23 |
| 6.4. Estimation dela lame d'eau ruisselée                         | 24 |

|                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------|----|
| 6.5. Estimation de la lame d'eau infiltrée                      | 25 |
| 7. Hydrologie : Le réseau hydrographique de la zone d'étude     | 25 |
| 7.1. Le bassin versant des côtiers Algérois (N°02)              | 25 |
| 7.2. Le bassin versant de l'oued Soummam (N°15)                 | 25 |
| 7.3. Le bassin versant des côtiers Constantinois (N°03)         | 26 |
| 8. Hydrogéologie                                                | 26 |
| 9. Conclusion                                                   | 26 |
| <b>CHPITRE III Typologie des glissements de la zone d'étude</b> | 27 |
| 1. Introduction                                                 | 27 |
| 1.1. Le glissement plan                                         | 27 |
| 1.2. Le glissement rotationnel                                  | 27 |
| 1.3. Glissement quelconque                                      | 27 |
| 2. Cas du glissement Oumlil commune de Tala Hamza               | 29 |
| 2.1. Les caractéristiques lithostratigraphiques locales         | 29 |
| a. Quaternaire                                                  | 30 |
| b. Mésozoïque                                                   | 30 |
| 2.2. Geomorphologie de site                                     | 30 |
| 2.3. Hydrogéologie de site                                      | 30 |
| 2.4. Hydrologie de site                                         | 31 |
| 3. Description du glissement                                    | 31 |
| 3.1. Zone 01                                                    | 31 |
| 3.2. Zone 02                                                    | 32 |
| 3.3. Zone 03                                                    | 33 |
| 4. Reconnaissances géotechnique                                 | 34 |
| 4.1. Les moyens de reconnaissance                               | 34 |
| 4.1.1. Les essais in-situ                                       | 35 |
| 5.1. Méthode d'analyse à surface circulaire                     | 35 |
| a. Les Sondages carottés                                        | 35 |
| b. Interprétation des résultats des essais<br>préssiométriques  | 35 |
| c. Relevé piézométrique                                         | 36 |
| 4.1.2 Essais au laboratoire                                     | 36 |

|                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.2. Profile géologique entre les sondages carotte                         | 38 |
| 5. Etude de stabilité                                                      | 39 |
| 5.1. Méthode d'analyse à surface circulaire                                | 39 |
| 5.2. Analyse de glissement par calcul manuel                               | 40 |
| 5.3. Analyse de glissement par logiciel SLIDE                              | 41 |
| a. Présentation du logiciel                                                | 41 |
| b. Application au glissement étudié                                        | 41 |
| d. Les différents cercles enveloppent au coefficient de sécurité           | 42 |
| 6. Conclusion                                                              | 43 |
| <b>CHAPITRE IV Cartographie thématique de l'aléa glissement de terrain</b> | 44 |
| 1. Introduction                                                            | 44 |
| 2. L'évaluation de la susceptibilité                                       | 44 |
| 2.1. Les méthodes déterministes                                            | 44 |
| 2.2. Les méthodes statistiques                                             | 44 |
| 2.3. Les approches heuristiques                                            | 44 |
| 3. Caractéristiques des glissements de terrain étudiés                     | 45 |
| 4. L'aléa glissement de terrain                                            | 45 |
| 5. Elaboration du SIG glissement de terrain de la zone d'étude             | 46 |
| 5.1. Acquisition des données                                               | 46 |
| 5.2. Composition du SIG de La zone d'étude                                 | 46 |
| 6. Cartographie et inventaire des aléas géologiques                        | 46 |
| 6.1. Carte lithologique                                                    | 46 |
| 6.2. Carte réseau routier                                                  | 47 |
| 6.3. Carte des accidents tectoniques                                       | 48 |
| 6.4. Carte répartitions des pendages                                       | 49 |
| 6.5. Carte d'inventaire glissements de terrain                             | 49 |
| 6.6. Les cartes de base                                                    | 50 |
| 6.7. Carte des pentes                                                      | 51 |
| 6.8. Carte d'exposition des versants                                       | 53 |
| 6.9. Carte du réseau hydrographique                                        | 54 |

---

|                                                   |    |
|---------------------------------------------------|----|
| 6.10. La carte hypsométrique                      | 55 |
| 7. Les Cartes pondéré de la zone d'étude          | 57 |
| 7.1. Réseau routier                               | 57 |
| 7.2. Carte pluviométriques                        | 57 |
| 7.3 carte réseau hydrographique                   | 58 |
| 7.4. Les cartes dérivées                          | 59 |
| 7.4.1. La carte des pentes                        | 59 |
| 7.4.2. Carte d'exposition                         | 59 |
| 7.4.3. Carte hypsométrique pondéré                | 59 |
| 7.5. Carte d'inventaire pondéré                   | 61 |
| 7.6. Carte susceptibilité des unités lithologique | 62 |
| 8. La carte de susceptibilité                     | 63 |
| 9. Conclusion                                     | 64 |
| <b>CONCLUSION GENERALE</b>                        | 65 |
| <b>Bibliographie</b>                              |    |
| <b>ANNEXE 1</b>                                   |    |
| <b>ANNEXE 2</b>                                   |    |
| <b>ANNEXE 3</b>                                   |    |
| <b>ANNEXE 4</b>                                   |    |
| <b>ANNEXE 5</b>                                   |    |
| <b>ANNEXE 6</b>                                   |    |
| <b>ANNEXE 7</b>                                   |    |
| <b>ANNEXE 8</b>                                   |    |
| <b>ANNEXE 9</b>                                   |    |

---