



Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed
Faculté des Sciences de la Terre et de l'Univers
Département des Sciences de la Terre

MEMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de Master
En Sciences de la Terre
Option : Risques Géologiques

**Inventaire des sites exposés aux mouvements gravitaires et cartographie d'aléa de
densité des glissements encadrant les zones étudiées aux abords de l'Oranais.**

Présenté et soutenu par :
Mr: Mouadeb Merabet Mohamed ikbal

Devant le jury composé de :

M. Ablaoui Halima	M. A. A	Université d'Oran 2	Présidente
M. Nadji Abdelmansour	Professeur	Université d'Oran 2	L'encadreur
M. Roukh Zine El Abidine	Docteur	Université d'Oran 2	Co encadreur
M. Foukrache Mohamed	M. A. A.	Université d'Oran 2	Examineur

JUIN 2025

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciements

الحمد لله الذي وفقني إلى هذا البحث المتواضع

Avant tout nous remercions dieu qui nous a donné la patience de terminer ce travail

Mes remerciements vont, tout d'abord, à mon Co-encadreur Monsieur ROUKH ZINE EL ABIDINE de m'avoir proposé le thème de ce Mémoire. Il m'a encadré et encouragé pendant cette durée de sa réalisation en orientant ce travail

Jusqu'à sa réalisation.

Je remercie chaleureusement toutes les personnes qui m'ont aidé pendant L'élaboration de ma mémoire et notamment mon encadreur le Professeur NADJI ABDELMANSOUR, pour son intérêt durant la rédaction de ma Mémoire.

J'adresse mes remerciements à tous mes amis du Département des Sciences de la Terre.

Je remercie Monsieur Mohamed Foukrache et Monsieur Boursali Tewfik pour avoir accepté de présider le jury.

Je ne peux pas terminer sans remercier pleinement mes Parents, ma mère et Mon père pour leur sacrifices et l'éducation ; pour leur encouragement et leur patience durant toutes mes années d'étude.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail A ma très chère Mère et mon très cher Père qui
m'ont toujours encouragé pour que je réussisse dans mes études qui ont
veillé pour mon bien être qui m'ont soutenu dans les moments les plus
difficiles de ma vie A eux que j'aime et que je respecte infiniment, Le jour
est venu pour leur dire Merci...

A mes chers frères Ali, Ilyes, A mes chers soeur Ibtissem et Hba, tous mes
toutes mes collègues Iman et Nesrine.

et

A toute la famille Moudab Merbet

Inventaire des sites exposés aux mouvements gravitaires et cartographie d'aléa de densité des glissements encadrant les zones étudiées aux abords de l'Oranais.

Résumé :

Les mouvements de terrain présentent un risque géologique important, dont l'aléa reste encore problématique en vue d'une prévention responsable pour le développement d'un aménagement réglementaire. En effet, les autorités locales sont embarrassées avec les travaux publics et les services communaux envers l'entretien de la chaussée et notamment en zones accidentées. C'est dans ce contexte que s'impose le vif du sujet de cette étude qui s'inspire davantage de l'expertise des sites vulnérables aux mouvements gravitaires des terrains afin de réaliser a priori un inventaire exhaustif des sites affectés par les phénomènes de glissements et l'éboulement des massifs rocheux ainsi que pour cerner les zones à forte aléa d'instabilité de terrains sur l'ensemble de l'Oranais. A noter que le risque de glissement de terrain est un risque d'occurrence géologique qui provoque annuellement d'importants dégâts souvent associés à des pertes en vies humaines considérables. Dans ce travail, on propose une approche méthodique basée l'établissement d'une base de données sous l'égide du Système d'Information Géographique 'SIG' qui permet la localisation des sites vulnérables et d'apercevoir le calcul d'aléa spécifique à l'instabilité des sites, en termes de densité de d'occurrences de ce risque géologiques, sur la Wilaya d'Oran ; (NO de l'Algérie).

En premier lieu, un inventaire des affleurements exposés aux mouvements gravitaires a été réalisé à la base d'observations géologiques et l'exploitation de données multi-sources (thèses, mémoires, cartes topos, cartes géologiques, images satellites et d'expertise 'in-situ' (Stages-Terrain) avec quelques compléments via sites-web.

En second lieu, l'ensemble de ces données sont intégrées dans une base de gestion de données (SGBD qui comprend un effectif : 578 échantillons ; sujets de éboulis, de glissements de terrain, d'affaissement et/ou d'effondrement. La distribution spatiale de ces phénomènes à risque géologique à travers la Wilaya d'Oran montre que plusieurs communes sont vulnérables à l'instabilité des terrains ; en particulier on évoquera les zones d'Arzew, de Gdyl, les reliefs de Tafraoui, la frange maritime d'Oran-Ville, des zones éparses de Bir El-Djir, de Misserghin et de Mers El-Kebir.

Mot clés : Inventaire, Aléas géologiques, SIG, Wilaya d'Oran, Algérie.

Inventory of exposed sites to gravitational movement's and related mapping of landslides density hazards through studied areas over Oran's coastal.

Abstract:

Ground movement's carriage a significant geological risk along the Oran coastline, whose hazard remains problematic for responsible prevention and regulatory development. Indeed, local authorities are burdened with road maintenance, particularly in rugged areas, by public works and municipal services. It is in this context that the focus of this study arises, drawing primarily on expertise on sites vulnerable to gravitational ground movements in order to conduct an exhaustive inventory of sites affected by landslides and rock falls. Subsequently,

areas with a high risk of ground instability must be identified throughout the Oran region, thus providing a configuration for the instability zoning of the proposed sites. It should be noted that landslide risk is a geological hazard that annually causes significant damage, often associated with considerable loss of life. In this work, we propose an approach based on the establishment of a database under the aegis of the Geographic Information System 'GIS' which allows the location of vulnerable sites and to perceive the calculation of hazard specific to the instability of the sites, in terms of density of occurrences of this geological risk, on the Wilaya of Oran; (NO of Algeria).

Firstly, an inventory of outcrops exposed to gravitational movements was carried out on the basis of 'In-situ' geological observations and through the exploitation of multi-source data (theses, dissertations, topo maps, geological maps, satellite images and 'in-situ' expertise (Field Internships) with some supplements via websites. In the second stage, we integrated all of these data into a basic data management system (DBMS) which includes a sample of 578; subjects of all scree, landslides, subsidence and/or collapse. The spatial distribution of these geological risk phenomena; across the Wilaya of Oran shows that several municipalities are likely vulnerable to ground instability; in particular the coastal areas of Arzew, Gdyl, the reliefs of Tafraoui, the maritime fringe of Oran-Ville, also the scattered areas of Bir El-Djir, Misserghin and Mers El-Kebir.

Key-words: Inventory, Scree, Landslides, Density hazard, GIS, Database, Sectors vulnerable to gravitational movements, Wilaya of Oran, West Algeria.

جرد المواقع المعرضة للحركات الجاذبية ورسم خرائط لمخاطر كثافة الانهيارات الأرضية الخاصة بالمناطق المدروسة في وهران

تُشكل حركة الأرض خطراً جيولوجياً كبيراً على طول ساحل وهران، ولا يزال خطرها يُشكل إشكاليةً للوقاية المسؤولة والتطوير التنظيمي. في الواقع، تُثقل كاهل السلطات المحلية بصيانة الطرق، لا سيما في المناطق الوعرة، من قبل الأشغال العامة والخدمات البلدية. في هذا السياق، يبرز تركيز هذه الدراسة، بالاعتماد بشكل أساسي على الخبرة في المواقع المعرضة لحركات الأرض الجاذبية من أجل إجراء جرد شامل للمواقع المتضررة من الانهيارات الأرضية وسقوط الصخور. بعد ذلك، يجب تحديد المناطق ذات خطر عدم استقرار الأرض المرتفع في جميع أنحاء منطقة وهران، مما يوفر تكويناً لتقسيم المناطق غير المستقرة للمواقع المقترحة. تجدر الإشارة إلى أن خطر الانهيارات الأرضية هو خطر جيولوجي يُسبب سنوياً أضراراً جسيمة، وغالباً ما يرتبط بخسائر فادحة في الأرواح. في هذا العمل، نقترح نهجاً الذي يسمح بتحديد المواقع المعرضة للخطر "GIS" يعتمد على إنشاء قاعدة بيانات تحت رعاية نظام المعلومات الجغرافية وإدراك حساب المخاطر الخاصة بعدم استقرار المواقع، من حيث كثافة حدوث هذا الخطر الجيولوجي، على ولاية (الجزائر NO) وهران؛

أولاً، تم إجراء جرد للصخور المكشوفة المعرضة للحركات الجاذبية على أساس الملاحظات الجيولوجية "في الموقع" ومن خلال استغلال البيانات متعددة المصادر (الأطروحات والرسائل العلمية والخرائط الطبوغرافية والخرائط الجيولوجية والصور الفضائية والخبرة "في الموقع" (التدريب الميداني) مع بعض المكملات عبر مواقع الويب. في المرحلة الثانية، والذي يتضمن عينة من 578 موضوعاً لجميع (DBMS) قمنا بدمج كل هذه البيانات في نظام إدارة البيانات الأساسي الحطام والانهيارات الأرضية والهبوط و / أو الانهيار. يظهر التوزيع المكاني لهذه الظواهر الجيولوجية الخطرة؛ عبر ولاية وهران أن العديد من البلديات معرضة لعدم استقرار الأرض؛ الكلمات المفتاحية: جرد، حصي، انهيارات أرضية، خطر الكثافة، نظام المعلومات الجغرافية، قاعدة البيانات، القطاعات.. المعرضة لحركات الجاذبية، ولاية وهران، غرب الجزائر.

Tables des matières

Remerciements	3
Dédicaces	4
Résumé	5
Abstract.....	5
ملخص	6
Tables des matières	7
Introduction générale	12

Chapitre 1 : caractéristiques de la zone d'étude via l'aspect géo structural

1.1. Cadre géographique de l'Oranais :	14
1.2. Cadre géologique général du littoral Oranais :	14
1.2.1. Les zones externes :	15
1.2.2. Les nappes de flysch :	15
1.2.3. Les zones internes :	15
1.3. Cadre litho stratigraphique du littoral Oranais (socle-couverture) Les formations anti à synchro nappes (substratum) :	15
1.3.1. Paléozoïque :	15
1.3.2. Mésozoïque :	15
1.3.3. Trias :	15
1.3.4. Jurassique :	16
1.3.5. Lias (Jurassique inférieur) :	16
1.3.6. Dogger (Jurassique moyen) :	16
1.3.7. Malm (Jurassique supérieur) :	16
1.3.8. Crétacé :	16
1.4. Les formations post nappes (couverture) :	16
1.4.1. Formation basale :	16
1.4.2. Les formations médianes :	16
1.4.3. Formations marnes bleues.....	17
1.4.4. Formation marne-diatomitique :	17
1.4.5. Formations terminale (évaporitiques) :	17
1.4.6. Le Pliocène :	17
1.4.7. Le Quaternaire :	17
1.4.7.1. Pliocène terminal - Calabrien :	17
1.4.7. 2. Pléistocène Moyen :	17
1.4.7.3. Pléistocène supérieur	18

Tables des matières

1.4.7.4. Holocène.....	18
1.5. Géomorphologie du littoral Oranais :.....	18
1.5.1. Les plaines sub-littorales.....	18
1.5.2. Le tell Septentrional :	18
1.6. Aperçu structurale :	20
1.6.1 La direction N050-N070	20
1.6.2. La direction N010-N030	21
1.6.3. La direction EW et N 140 E.....	21

Chapitre 2 : Concept du risque lié aux mouvements gravitaires

2.1. Introduction	24
2.2. Les types de mouvements de terrain :	24
2.2.1. Les éboulements :	24
2.2.2. Les basculements :	25
2.2.3. Les glissements de terrain	25
2.2.3.1. Glissement rotationnel :	25
2.2.3.2. Glissement transnational :	25
2.3. Les tassements :.....	26
2.3.1. Tassement primaire (initial) :	27
2.3.2. Tassement secondaire (fluage):.....	27
2.3.3. Tassement par consolidation:.....	27
2.3.4. Tassement différentiel :.....	28
2.3.5. Tassement dû au retrait de fluides :.....	28
2.3.6. Tassement karstique ou effondrement par dissolution :.....	28
2.4. Les causes du risque envisagé :.....	29
2.5. Les effondrements géologiques :.....	30
2.5.1. Les effondrements karstiques :.....	30
2.5.2. Les effondrements miniers :.....	30
2.5.3. Les effondrements tectoniques :.....	30
2.5.4. Les effondrements volcaniques :.....	31
2.5.5. Les effondrements liés au gel/dégel :.....	31
2.6. Les causes des effondrements géologiques :.....	31
2.6.1.La dissolution des roches solubles (Karstiques) :	31
2.6.2.L'exploitation minière souterraine :.....	31
2.6.3.Les mouvements tectoniques :	31
2.6.4.La vidange des chambres magmatiques :.....	32
2.6.5.La fonte du pergélisol (thermo karst) :.....	32

Tables des matières

2.6.6.Les variations hydrogéologiques :.....	32
--	----

2.6.7.Les surcharges et défauts de conception	32
---	----

Chapitre 3 : Méthodes et techniques d’inventaire de l’instabilité des terrains étudiés.

3.1. Les méthodes conventionnelles d’inventaire des glissements de terrain :	34
--	----

3.1.1.Interprétation des photos aériennes :	34
---	----

3.2. Nouvelle méthode d’inventaire et de surveillance des glissements de terrain :	35
--	----

3.2.1.Stations totales :	36
--------------------------------	----

3.2.2.Le GPS :	36
----------------------	----

3.2.3.Le Laser :	36
------------------------	----

3.2.4.Le MNT LIDAR :	36
----------------------------	----

3.2.5.Les images satellites :	37
-------------------------------------	----

3.2.6.La photogrammétrie	37
--------------------------------	----

3.2.7.Di_In SAR	37
-----------------------	----

3.2.8.Les inclinomètres	37
-------------------------------	----

3.2.9.Les compteurs de fissures (Crack Meter-RST)	38
---	----

3.3. La méthode géophysique :	38
-------------------------------------	----

3.3.1.Gravimétrie :	38
---------------------------	----

3.3.2.Magnétométrie :	38
-----------------------------	----

3.3.3.Les méthodes électromagnétiques :	39
---	----

3.4. La méthode géotechnique :	40
--------------------------------------	----

3.4.1.Méthodes de reconnaissance in situ :	40
--	----

a) Sondages et forages	40
------------------------------	----

b) Essais de pénétration	41
--------------------------------	----

c) Essai pressiométrique géotechnique.....	41
--	----

d) Essai de perméabilité	41
--------------------------------	----

3.4.2.Méthodes de laboratoire :	41
---------------------------------------	----

a) Essais granulométriques.....	41
---------------------------------	----

b) Essais de résistance	41
-------------------------------	----

c) Essais de consolidation	42
----------------------------------	----

d) Essais de compaction	42
-------------------------------	----

e) Essai de retrait et de gonflement	42
--	----

3.4.3.Méthodes spécialisées (Géotechnique avancée) :	42
--	----

a) Essais de pression sur fondations.....	42
---	----

b) Géotechnique des sols contaminés.....	42
--	----

Tables des matières

c) Géotechnique environnementale.....	42
---------------------------------------	----

Chapitre 4 : Inventaire d'instabilité des terrains étudiés.

4.1. Inventaire des aléas géologiques :.....	44
4.2. Les éboulements du secteur de Kristel :	44
4.3. Les glissements de terrain de Mers El-Kebir :.....	47
4.3.1.Caractéristiques générales de la zone d'étude :	47
4.4. Expertise 'in-situ' :	48
4.4.1.Le glissement de terrain G2 :	48
4.4.2.Le glissement de terrain G3 :	50
4.5. Les glissements de terrain de la frange maritime	51
4.5.1.La morphologie de la frange maritime :	53
4.5.1.1.lissement de terrain G1_G2 :.....	55
4.5.1.2.éologie et stratification dans la zone des glissements G1 et G2 :.....	56
4.5.2Données piézométriques des sondages réalisés dans la zone d'étude :.....	58
4.5.3Type des glissements de terrain :	58
4.5.4Glissements de terrain G3, G4 et G5 :.....	60
4.5.5Mesures géotechniques via l'inclinomètre :.....	62
4.6. Type des mouvements de terrain :	64
4.6.1.Détection des glissements de terrain par le MNT LIDAR :	66
4.7. Glissement de terrain de la carrière d'extraction du tuf de Taфраoui :.....	67
4.7.1Interprétation du type de glissement étudié :	71
4.7.2La réactivation du glissement de la carrière :	72
4.8. Le glissement de terrain sis à Ras El-Aine 'Chaabat ' :.....	74
4.9. Introduction	75
4.9.1.Création d'une base de données via 'SIG':	76
4.9.2.Structure de la base de données réalisée:.....	76
4.10. Interprétation des résultats :	77
4.10.1 Représentation graphiques et distribution spatiale des glissements:.....	77
4.11. Interprétation des résultats :	80
4.11.1Source d'information :	80
4.11.2Les aléas de densité de glissement de terrains :.....	81
4.11.3La distribution spatiale des foyers de glissements:	82
4.12.1Mode de calcul de la densité de noyau	84
4.12.1.1.Pour les entités ponctuelles	84

Tables des matières

4.12.2 Formules de calcul de la densité de noyau	85
4.12.3 Rayon de recherche par défaut (bande passante).....	85
4.12.4 Distance non pondérée.....	86
4.12.5 Distance pondérée	87
4.13. Application sur la zone d'étude	87
Conclusion générale	92
Bibliographie	95
Annexes (catalogue d'inventaire des mouvements de terrain)	97
Tableaux	118
Liste des figures	119
Liste des tableaux	122

Introduction générale

Le risque des mouvements gravitaires présente l'un des problèmes matures et fréquent en zones montagnards et sur les abords de la frange maritime de l'Oranais. Ce risque géologique devient dangereux pour une population riveraine lorsqu'il menace la vie des gens prêtant quotidiennement les zones où l'activité sectorielle est active. En effet, la distribution spatiale des sites potentiels à ce risque est liée généralement au regroupement de plusieurs paramètres ; souvent indexés par les paramètres intrinsèques et extrinsèques. Ainsi, l'inventaire de ce phénomène devient nécessaire et forme l'étape fondamentale pour la gestion des risques géologiques, dont l'application des différents modèles et techniques constitue une étape cruciale pour l'échantillonnage et dénombrement d'informations liées aux attributs causatifs de sa distribution spatio-temporelle et des conséquences observés sur l'environnement. Au niveau du littoral oranais qui expose un milieu d'occurrence d'instabilité sismique, vue la fréquence des tremblements de terre et des mouvements gravitaires de terrains formant ainsi un théâtre à caractéristiques géologiques, morphologiques et climatiques variées. L'évènement extrême enregistré, au niveau du Sahel oranais, qu'on garde encore sa trace au niveau des vestiges historiques de l'ancienne ville d'Oran est le séisme 9 octobre d'Oran ; 1790. Ce modeste travail est basé sur l'application de plusieurs techniques d'échantillonnage des sites, en plusieurs contextes géomorphologiques qui nous ont permis l'établissement d'une carte d'inventaire du phénomène géologique enregistré sur plusieurs sites auscultés sur plusieurs zones potentielles au risque de glissement, d'éboulement et/ou d'effondrement sur le littoral oranais sis au Nord-Ouest de l'Algérie.

Il est à noter que ce document est structuré en quatre principaux chapitres à savoir :

- Dans le premier chapitre, Nous avons décrit les caractéristiques géologiques, géographiques, géomorphologiques, structurales et météorologiques de notre région d'étude.
- Le deuxième chapitre expose les différents phénomènes géologiques peuvent contribués a déclenché des catastrophes naturelles
- Le troisième chapitre montre les différents modèles et techniques d'inventaires des phénomènes pouvant provoquer des risques géologiques.
- Le quatrième chapitre, montre les résultats d'inventaire et leur distribution spatiale dans notre région d'étude ainsi qu'une analyse statistique et interprétation des résultats

Enfin une conclusion générale, expose les résultats essentiels de cette étude ainsi que les limites de cette carte d'inventaire et recommandation et perspectives.

CHAPITRE I

CARACTERISTIQUES DE

LA ZONE D'ETUDE

Via

l'Aspect Géo Structural.

Chapitre 1 : caractéristiques de la zone d'étude via l'aspect géo structural

1.1. Cadre géographique de l'Oranais :

Situation géographique de la zone d'étude La région considérée par cette thématique est désignée par la zone littorale de l'Oranais qui se situe au Nord-ouest d'Algérie. Elle est limitée au nord par la Mer Méditerranée, à l'ouest par le bassin bas Tafna, au sud par les flancs des monts de Tessala et Sebaa Chioukh et à l'est par les monts Dahra (**fig.1**). Du point de vue administratif, la zone d'étude se situe à l'intersection de cinq wilayas, trois wilaya sont dit littorales (Ain Temouchent, Oran et Mostaganem), les autres sont situées à l'intérieure dites internes (W. Mascara et W. Relizane).

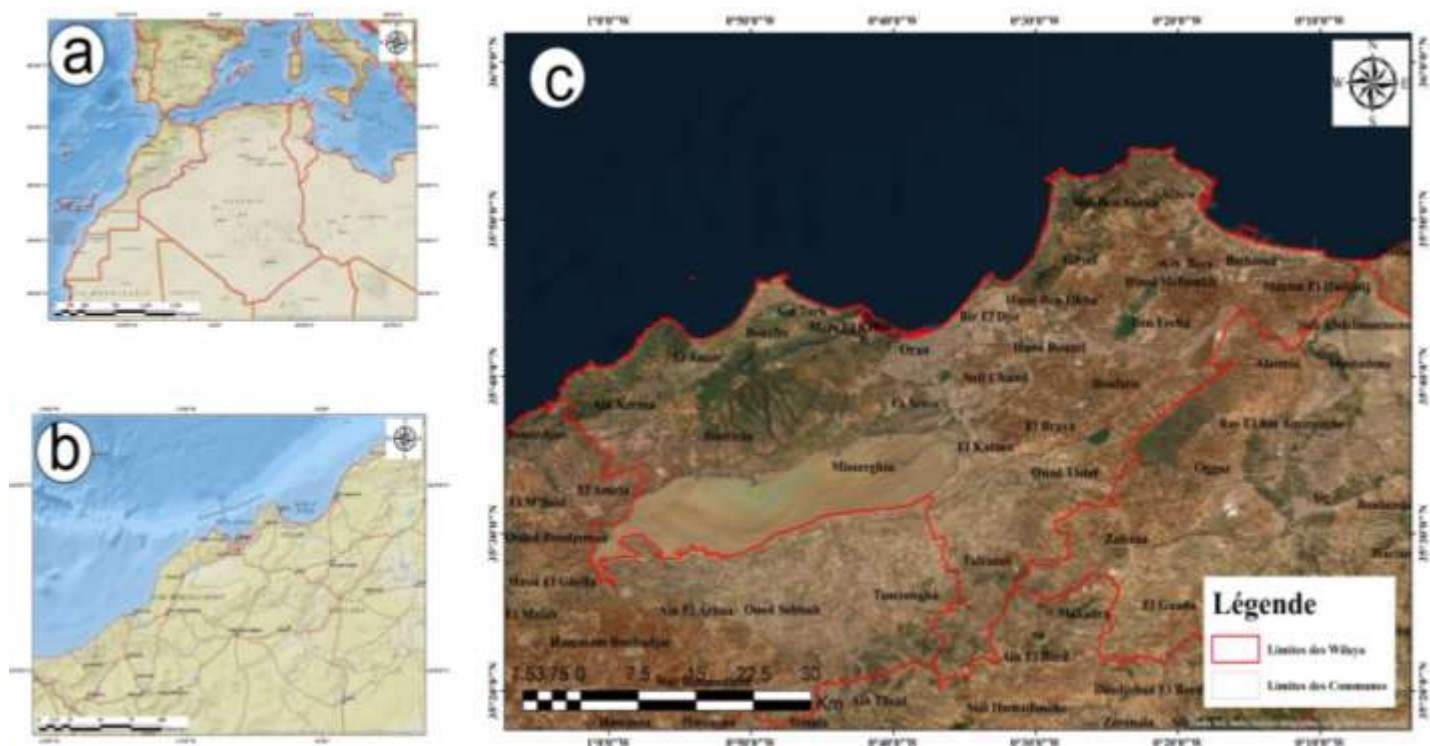


Figure 1 : localisation de la zone d'étude

1.2. Cadre géologique général du littoral Oranais :

Le secteur d'étude s'inscrit sur la marge littorale de l'Oranais. Il est lié à la chaîne des Maghrébines. Les travaux géologiques ont permis de caractériser la chaîne Tellienne, Sub-tellienne est d'y reconnaître trois grands domaines ; (Wildi 1983)

Chapitre 1 : caractéristiques de la zone d'étude via l'aspect géo structural

1.2.1. Les zones externes :

De la chaîne (zones telliennes) : Ces zones sont caractérisées par la présence de séries du Crétacé et du Paléogène à dominance marneuse, en plusieurs endroits décollées de leur substratum jurassique.

1.2.2. Les nappes de flysch :

Ces nappes chevauchent les séries de nappes telliennes. Ces flysch est constituée par des terrains d'âge crétacé et paléogène qui s'est déposé dans un sillon est situé entre les zones internes et les zones externes.

1.2.3. Les zones internes :

Ces zones qui chevauchent à leur tour les nappes de flysch, sont constituées par deux ensembles antérieurs au Miocène : (a) les massifs hercyniens et (b) les écaillés de terrains sédimentaires d'âge secondaire allant du Trias à l'Eocène.

1.3. Cadre litho stratigraphique du littoral Oranais (socle-couverture) Les formations anti à synchro nappes (substratum) :

1.3.1. Paléozoïque :

Il est daté au Paléozoïque. Ce dernier affleure au niveau du massif des Andalouses, Madagh, Cap-Falcon et Djebel Khar, différents termes du Stephano-Permo-Trias. Les terrains paléozoïques caractérisés par des schistes violacés, de bancs de quartzites blancs et de poudingues à dragées de quartz (Ciszak 1993)

1.3.2. Mésozoïque :

Il affleure dans les monts du Murdjadjo et du Khar (montagne des lions) . Ces terrains sont d'âge secondaire reposant sur des terrains d'âge paléozoïque (Ciszak 1993)

1.3.3. Trias :

Est formé essentiellement par de marnes et gypses et des argiles, affleure généralement sous forme de diapir.

Chapitre 1 : caractéristiques de la zone d'étude via l'aspect géo structural

1.3.4. Jurassique :

Les terrains jurassiques apparaissent au djebel Murdjadjo (Ain Keffri), à Cap Falcon, à Djerf El-Alia, Djebel Santon et Santa-cruz. Ces terrains présentent la série suivante (du plus ancien au plus récent)

1.3.5. Lias (Jurassique inférieur) :

Est formé par des calcaires bleus foncés en bancs épais puis minces et schistes jaunes ocres reposant sur des dolomies massives.

1.3.6. Dogger (Jurassique moyen) :

Est caractérisé par des schistes gris argentés calcaireux surmontant des schistes de l'ardoisière, fins et noirs.

1.3.7. Malm (Jurassique supérieur) :

Formé par des schistes rouges et verdâtres, avec des bancs de grès rouge.

1.3.8. Crétacé :

Il est formé par des schist-gréseux, plissé, avec des bancs de quartzites.

1.4. Les formations post nappes (couverture) :

1.4.1. Formation basale :

C'est un ensemble de faciès en grès et d'argile rouge avec des 16 lentilles de conglomérat réduite latéralement vers le Nord. Les conglomérats sont de taille centimétrique à décimétrique hétérogènes de différent nature (des grès, calcaires, schistes, calcites) arrondis à subarrondis, avec quelque élément anguleux, à granoclassement positive. Les bancs gréseux jaunâtres ravinés à la base. (plus des éléments à l'intérieur des conglomérats passe progressivement de grossier vers le fin (granoclassement négative). Les bancs des grès contient des faune benthique (des huitres, gastéropodes) .

1.4.2. Les formations médianes :

Ces formations succèdent au niveau détritique de base sous forme de marnes bleues et des diatomites, deux formations géologique

Chapitre 1 : caractéristiques de la zone d'étude via l'aspect géo structural

1.4.3. Formations marnes bleues :

Il affleure dans la Station de Koudiet Oum Hadjra et la Station Nord Aek M'Zara. Cette unité lithologique de 55 mètres d'épaisseur repose en discordance sur la précédente formation. Elle commence par des marnes conglomératiques de presque 4 mètres d'épaisseur. Ce niveau, passe à des marnes bleues sombres, plastiques, très riches en microfaune (Foraminifère). Un niveau cinéritique est signalé dans cette formation.

1.4.4. Formation marne-diatomitique :

Elle est constituée d'une alternance tantôt de marnes grises et de diatomites blanchâtres, tantôt de marnes grises et de marnes diatomitiques laminées.

1.4.5. Formations terminale (évaporitiques) :

Cette dernière repose en discordance sur la précédente. Elle est constituée d'une alternance marno-gypseuses d'une dizaine de mètres où s'intercale par endroits par un calcaire dolomitique à pseudomorphoses de gypse. Les gypses sont représentées par des gypses, en fer de lance, gypses saccharoïdes macrocristallines de couleur gris-bleuâtre. Les bancs de gypse s'étalent parfois sous forme de lentilles.

1.4.6. Le Pliocène :

Selon (Perrodon 1957) le Pliocène débute ici par des conglomérats à galets de gypse, ou par des grs peu consolidés et des sables grossiers glauconieux (reposent en transgression sur les couches à tripolis). Ces grés de base sont surmontés par des marnes glauconieuses.

1.4.7. Le Quaternaire :

Les affleurements quaternaires sont caractérisés de bas en haut par :

1.4.7.1. Pliocène terminal - Calabrien :

Le Pliocène est marqué par des grés lumachellique et/ ou grés dunaires conglomératique. Le Calabrien est formé par des grés coquilliers pouvant passer à des calcaires lumachelliques.

1.4.7. 2. Pléistocène Moyen :

Ils présentent par endroits des lambeaux de grés de plage conglomératiques à faune banale (Thomas 1985).

Chapitre 1 : caractéristiques de la zone d'étude via l'aspect géo structural

1.4.7.3. Pléistocène supérieur :

Se présentent sous forme de terrasses et glacis d'accumulation formés de limons sableux ou argileux rubéfiés et parfois part des tufs et travertins.

1.4.7.4. Holocène :

Est représenté par des grès dunaire éolienne consolidé (éolianite) affleurent au le long de la côte.

1.5. Géomorphologie du littoral Oranais :

Le secteur d'étude s'organise selon une zone déprimée présentée par les plaines sublittorales séparée par des structures de soulèvements dit Tell Septentrional et Méridional (Monts d'Arzew, Djebel de Murdjajou au Nord et les Monts de Beni Chougrane, Tessala et Sebaa Chioukh au Sud) (fig.2).

1.5.1. Les plaines sub-littorales :

Présentées par i) La dépression de la M'léta El-Habra qui constitue le sillon central de l'Oranais qui est occupé par des dépressions endoréiques (Salines d'Arzew et la Grande sebkha d'Oran). ii) La plaine d'El-Andalous qui couvre une importante dépression topographique, dont la seule ouverture est située au Nord sur la mer de la Méditerranée. Ce site constitue un amphithéâtre, limité au Sud par les plateaux de Djebel Murdjajou et à l'Ouest par Djebel El-Andalous.

1.5.2. Le tell Septentrional :

Est constitué par les massifs littoraux ou affleurent du Paléozoïque et du Mésozoïque parautochtone de schistosité. La continuité de ces structures de soulèvements est interrompue par de petits bassins d'âge miocène à plio-pléistocène, vers le sud de Djebel Murdjajou s'étend le plateau d'Oran et vers le l'Est de la Bais d'Arzew s'étend le plateau de Mostaganem. Vers l'Ouest de ces structures se développé un complexe volcanique calco-alcalin d'âge miocène supérieur.

La complexité géomorphologique du littoral Oranais contribué à la naissance de plusieurs risques naturels, cette variété s'exprimé par i) les zones déprimées qui constituant les endroits les plus susceptibles aux inondations des eaux de ruissèlements et ii) les zones montagneuses qui représentent les endroits les plus susceptibles aux mouvements de versant.

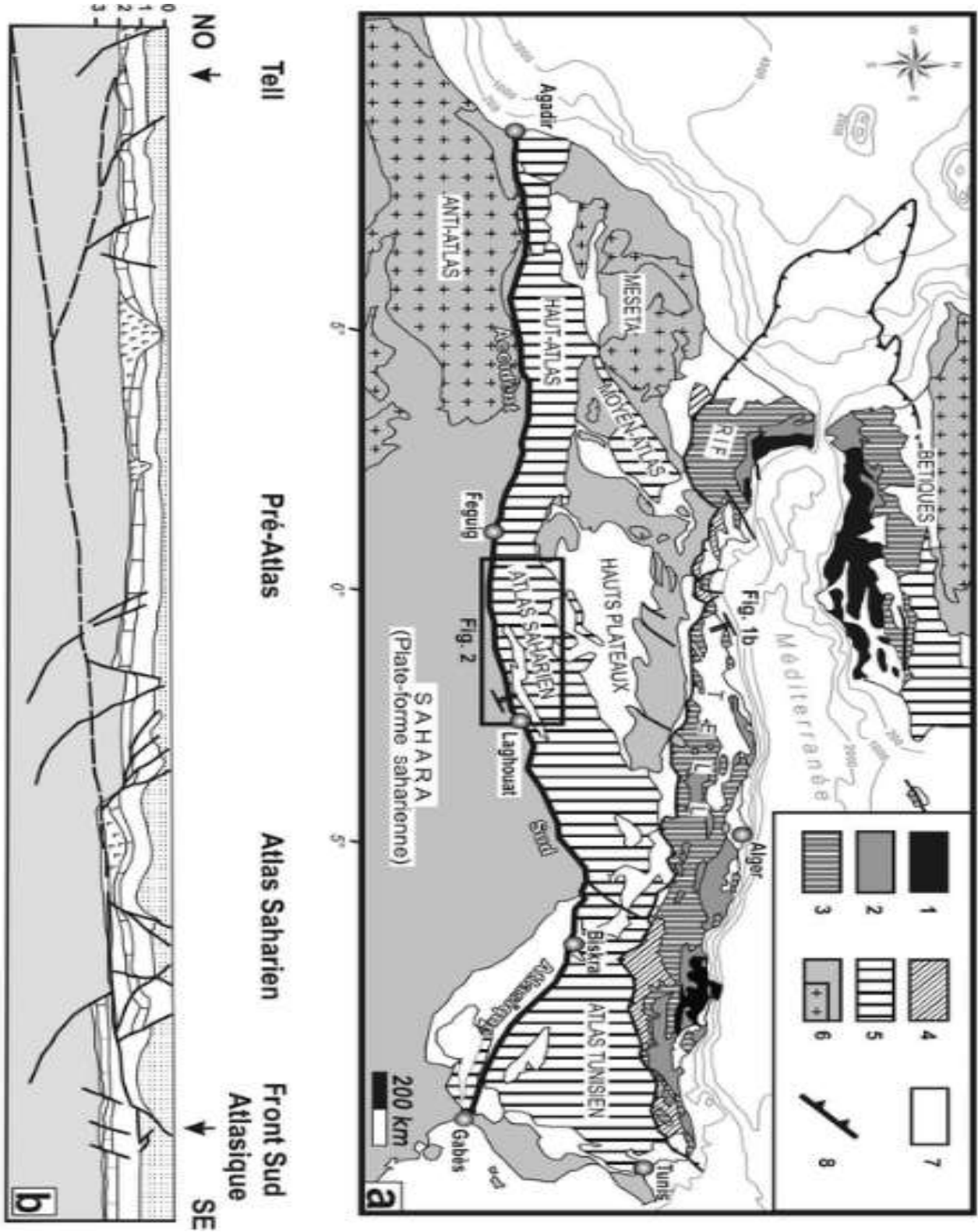


Figure 2 : carte mentre le cadre geologique de la zone d'étude (Wildi1983)

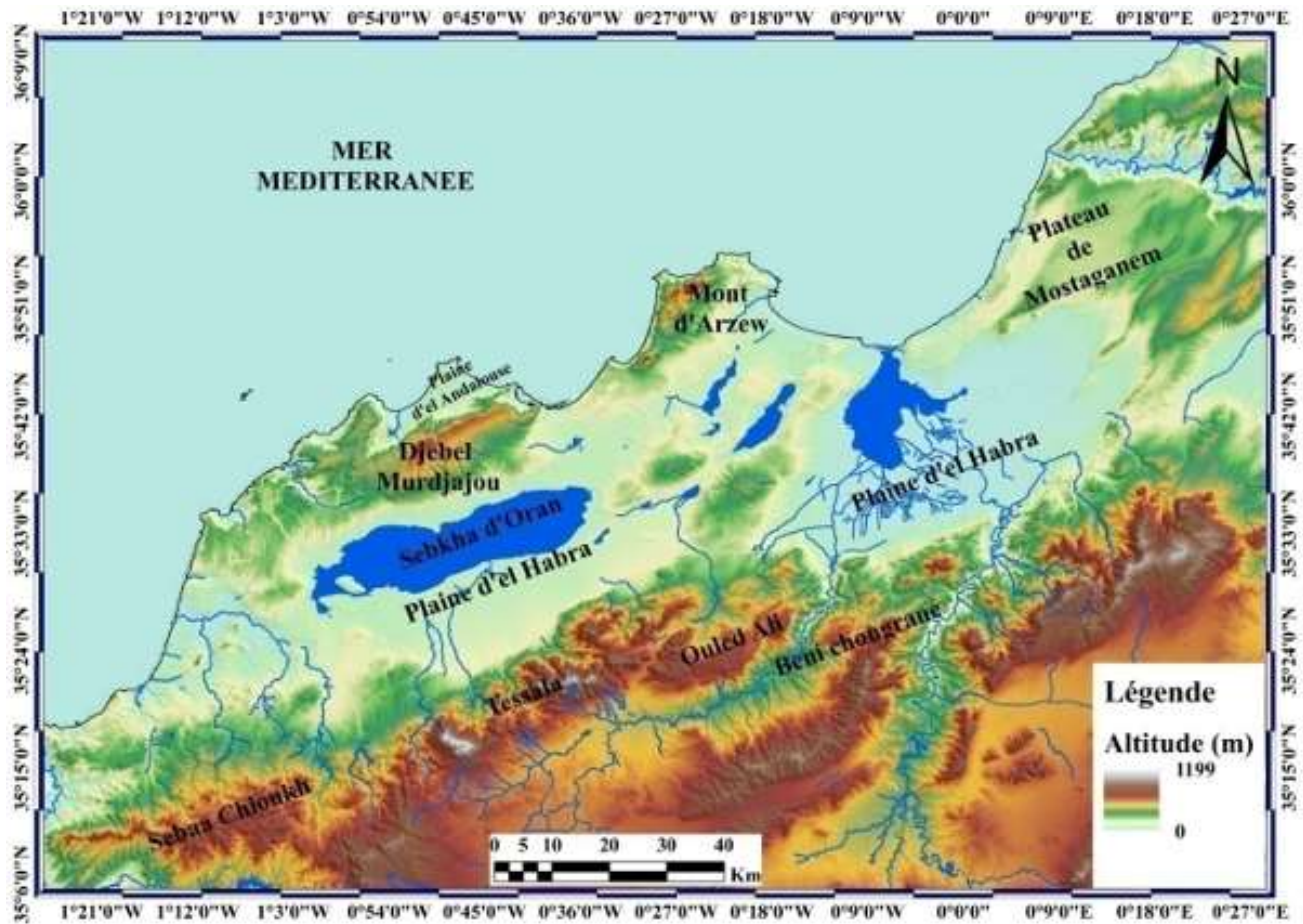


Figure 3 : carte montre les différentes unités géomorphologiques

1.6. Aperçu structurale :

Le bassin du Bas Chélif est lié à la tectonique dite Alpine, ou la sédimentation est contrôlée par la tectonique synsédimentaire. (Thomas 1985) présumé les grandes lignes structurales en trois grandes directions (fig.4) :

1.6.1 La direction N050-N070 :

ces structures compressives affectent la majorité des terrains néogènes du Bas Chélif, la direction moyenne N60 semble être liée à une flexure profonde, générée lors des réactivations des blocs crustaux qui agissent simultanément en compression et en distension au sein d'une zone à cisaillement (NADJI 2010). Cette direction correspondant à des plis et des failles inverses associées en faisceaux hectométriques

Chapitre 1 : caractéristiques de la zone d'étude via l'aspect géo structural

; tel que le faisceau de Beni- Chougrane, Tessala-Oueld Ali, le faisceau bordière des massifs littoraux et le faisceau de Chéelif.

1.6.2. La direction N010-N030 :

Cette direction correspond à des discontinuités déduites de l'orogénèse Alpine ayant affecté l'Afrique du Nord. Ces discontinuités sont matérialisées par des grands couloirs de décrochements. Nous mentionnons : i) le couloir occidental qui comprend l'affleurement d'un grand décrochement senestres, la faille des massifs des Traras présente une des limites du bassin de Basse Tafna, ii) le couloir médiane comprend l'affleurement de deux principaux accidents à savoir : l'accident du Djebel Khar-Tamazourah (AKT) et la faille profonde reliant les Monts d'Arzew et les Mont de Daïa (FAD) et iii) le couloir oriental correspondant aux deux principaux accidents qui découpent l'axe Beni- Chougrane-Dahra, l'accident Mascra-Sidi Ali et l'accident Cap Magroua-Oued Moussa (Fig4).

1.6.3. La direction EW et N 140 E :

Correspond à des failles associées à des structures plissées qui s'ordonnent conformément à ces directions. Plusieurs accidents majeurs orientés E-W découpent le bassin dont celui de (FIV).

Alors que, les failles N140 introduisent des décalages dextres dans les structures hecto à déca kilométriques orientées NE-SW, marquant l'effet de distension à l'échelle régionale, comme elle pourrait être à l'origine d'une activité sismique.

Chapitre 1 : caractéristiques de la zone d'étude via l'aspect géo structural

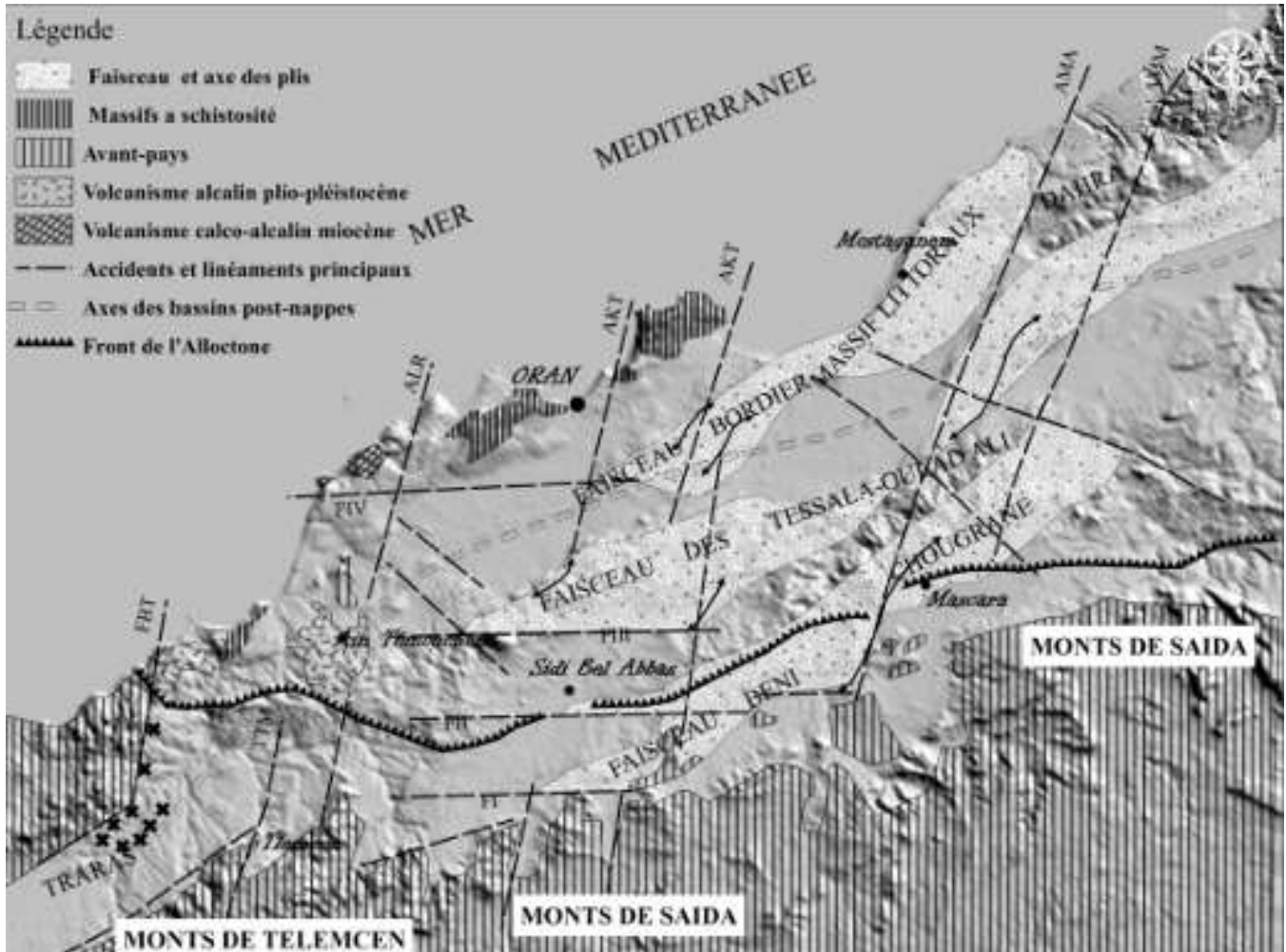


Figure 4 : carte structural du bassin de Bas Chélif, d'après (Thomas 1985)

CHAPITRE II

**Concept du risque
Lié aux
Mouvements gravitaires.**

Chapitre 2 : Concept du risque lié aux mouvements gravitaires.

2.1. Introduction

Les mouvements de versants sont liés à plusieurs phénomènes naturels, se manifestant au déplacement brutal d'une masse rocheuse ; le long d'une pente sous l'effet de la gravité, appelées aussi mouvements de versant. Les causes de ces phénomènes sont dues à plusieurs facteurs, naturels : les fortes précipitations, les séismes, la fonte de neige...etc. Parfois anthropique : lors de la réalisation des routes, des projets, des infrastructures, l'extraction des granulats et déforestations ...etc. A noter qu'ils existent plusieurs classifications de glissements de terrain, La classification la plus utilisée celle de (Fig5) cette classification est fondée sur le type de mouvement et sur le matériau concerné (Table 2.1).

Tableau1 : classification des mouvements de terrain selon (Varnes 1978)

Type de mouvement		type de matériaux		
		Rocher	Débris	Sols
Eboulement (Fall)		Chute de pierre	Chute de débris	Chute de formations superficielles
Basculement (Topple)		Basculement de rocher	Basculement de débris	Basculement de formations superficielles
Glissement (Slide)	Rotationnel	Glissement de rocher	Glissement de débris	Glissement de formations superficielles
	Translationnel	Glissement de rocher	Glissement de débris	Glissement de formations superficielles
Déplacement latérale (Spread)		Déplacement latérale de rocher	Déplacement latérale de débris	Déplacement latérale de formations superficielles
Coulées (Flow)		Coulées de rocher	Coulées de débris	Coulées de formations superficielles
Complexe		Combinaison du deux ou plusieurs types principaux		

2.2. Les types de mouvements de terrain :

1.2.1. Les éboulements :

Présentent des chutes de pierres, débris et formation superficielle (matériaux géologiques) détachées d'une pente abrupte ou d'une falaise (fig.5a), ils se produisent généralement sous forme de chute libre, rebondissant et en roulant. Ces types de chutes sont favorisés par l'impact de la fracturation, l'altération différentielle, l'excavation ou l'érosion des cours d'eau et le gel et le dégel.

Chapitre 2 : Concept du risque lié aux mouvements gravitaires.

2.2.2. Les basculements :

Un basculement est une action spontanée de masse rocheuse qui bascule ou tourne en avant sur un joint ponctuel ou articulaire, puis se sépare de la masse principale qui tombe avant de reculer ou de rouler librement sur la pente (fig.5b).

2.2.3. Les glissements de terrain :

Caractérisés par une surface de décollement, plus ou moins profond. Ils se déclenchent dans les roches meubles ou dans les roches très fracturées. Deux types de glissement sont distingués à savoir

2.2.3.1. Glissement rotationnel :

Dans ce cas la surface de rupture est incurvée de manière concave vers le haut et ou le mouvement de la masse glissée est plus ou moins rotatif autour d'un axe parallèle au contour de la pente et suivis en aval par une coulée avec des lobes et des bourrelets (fig.5c).

2.2.3.2. Glissement transnational :

La masse glissée se déplace vers le bas sur une surface relativement plane et présente peu de mouvement de rotation ou de basculement vers l'arrière (fig.5d). Ces mouvements se développent sur : i) une discontinuité lithologique ou ii) au contact des formations superficielles/ roche saine.

- Le déplacement latéral Se définit comme un glissement latéral d'un sol en pente douce due à la liquéfaction du sol à des profondeurs relativement faibles, et ne fait pas référence aux grands écoulements horizontaux associés à des défailances de liquéfaction profondes (fig5).
- Les coulées boueuses Sont des phénomènes lents ou rapides affectant des masses de matériaux remaniés, soumis à de forte concentration en eau, sur de faibles épaisseurs généralement de 0 à 5 mètres. Les coulées de boue constituent le type de glissement de terrain le plus fluide (fig.5f). Les pluies torrentielles peuvent provoquées ce genre de phénomène dans les régions montagneuses avec une vitesse qui peut atteindre les 90 km/h.
- Les glissements de terrain complexe La combinaison de deux ou plusieurs types de mouvements de terrain est dite mouvement de terrain complexe.

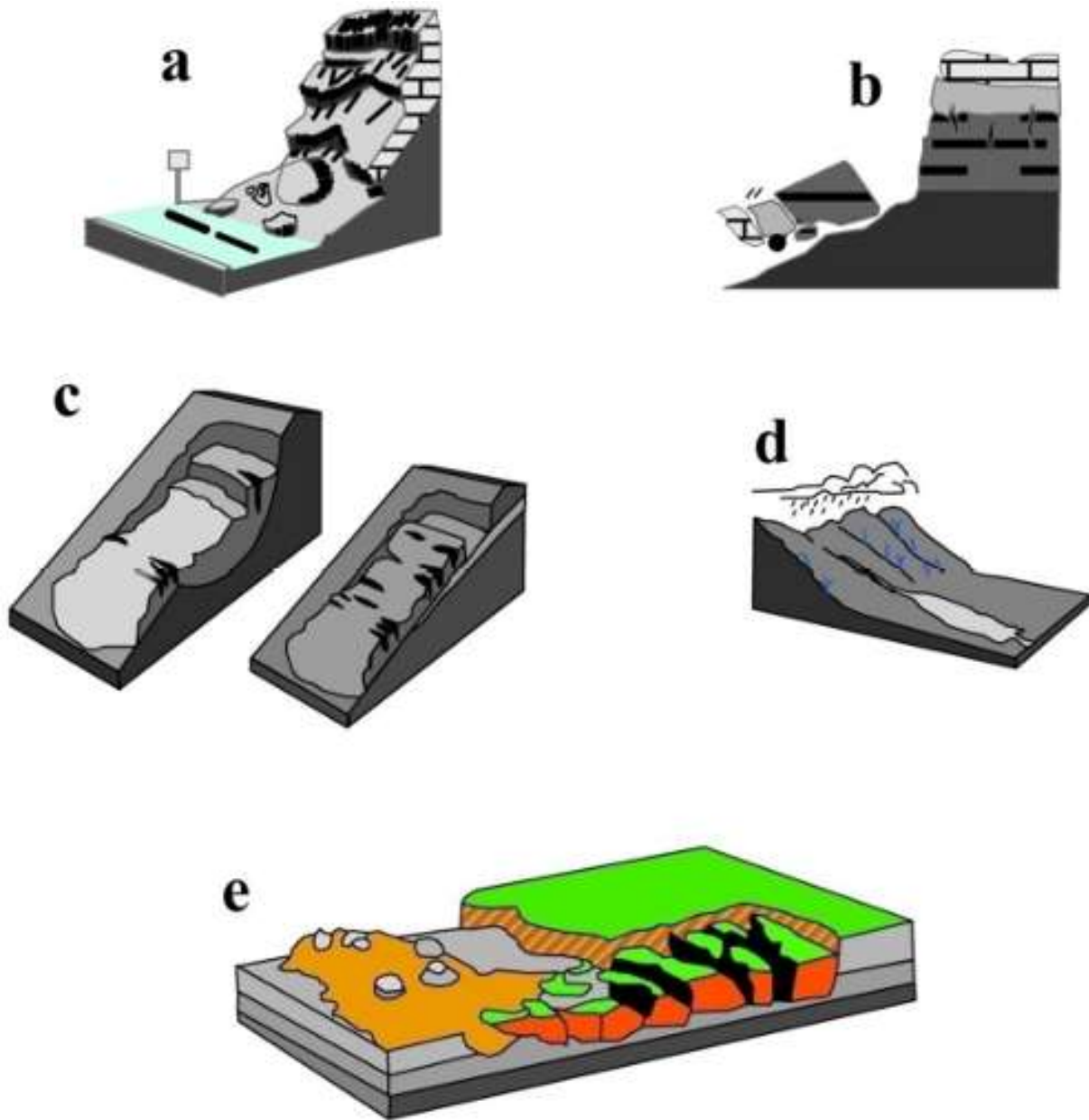


Figure 5 : les types de mouvement de terrain selon la classification de (Cruden and Varnes 1996) (Varnes 1978). (a) éboulement, (b) basculement, (c) glissement de terrain rotationnel et translationnel, (d) coulée boueuse, (e) déplacement latéral.

2.3. Les tassements :

En géologie, le tassement désigne la descente progressive d'une masse de terrain sous l'effet de son propre poids ou d'une charge supplémentaire (naturelle ou artificielle), souvent liée à une perte de volume dans le sous-sol. Il existe plusieurs types de tassements, que l'on peut classer selon leur origine ou leur mécanisme. Voici les principaux :

Chapitre 2 : Concept du risque lié aux mouvements gravitaires.

2.3.1. Tassement primaire (initial) :

Le tassement primaire, également appelé tassement initial, survient principalement à la suite d'une surcharge ou d'une compression mécanique directe. Ce phénomène est typiquement observé lors de la construction de bâtiments, du dépôt sédimentaire ou même d'épisodes de glaciation. Il est particulièrement fréquent dans les terrains meubles comme les argiles, les sables ou les limons. Le processus repose sur un réarrangement des grains de sol, entraînant une réduction significative de la porosité et l'expulsion de l'eau interstitielle. Ce type de tassement est souvent rapide et marque la première phase de déformation du sol sous charge.

Origine : surcharge ou compression mécanique directe (par exemple, construction d'un bâtiment, dépôt sédimentaire, ou glaciation).

Contexte : surtout observé dans les terrains meubles comme les argiles, sables, limons.

Processus : réarrangement des grains : réduction de porosité : expulsion de l'eau interstitielle.

2.3.2. Tassement secondaire (fluage):

Le tassement secondaire, ou tassement de fluage, correspond à une déformation lente et progressive du sol qui se produit après le tassement primaire. Il résulte du réarrangement continu des particules solides dans des milieux riches en matières organiques ou en argiles compressibles. Ce tassement est influencé par des facteurs physico-chimiques tels que les réactions minéralogiques ou la dissipation résiduelle de la pression interstitielle. Il se manifeste sur le long terme et peut engendrer des mouvements différés importants pour les structures implantées.

- Origine : réarrangement lent des particules solides après le tassement primaire.
- Contexte : milieux argileux ou organiques riches en matières compressibles.
- Processus : long terme, souvent influencé par des facteurs physico-chimiques (réactions minéralogiques, pression interstitielle résiduelle).

2.3.3. Tassement par consolidation:

Le tassement de consolidation est un phénomène fondamental en géotechnique. Il concerne principalement les sols saturés et se caractérise par l'expulsion progressive de l'eau interstitielle sous l'effet d'une charge appliquée. Ce processus est bien décrit par la théorie de la consolidation unidimensionnelle de Terzaghi. Avec le temps, le sol se densifie, ce qui entraîne une diminution de son volume. Ce phénomène est essentiel à prendre en compte dans la conception des fondations afin de prévenir les affaissements différés susceptibles de compromettre la stabilité des ouvrages. (Terzaghi, 1943).

- Origine : expulsion progressive de l'eau interstitielle dans les sols saturés.
- Théorie associée : loi de Terzaghi (consolidation unidimensionnelle). (Terzaghi, 1943).
- Très important : en géotechnique pour la conception des fondations. (Das, 2010).

Chapitre 2 : Concept du risque lié aux mouvements gravitaires.

2.3.4. Tassement différentiel :

Le tassement différentiel survient lorsque le sol de fondation présente une hétérogénéité soit dans sa composition, soit dans la charge qu'il supporte. Ce type de tassement engendre des déformations asymétriques qui peuvent provoquer des fissures dans les structures bâties. Il est particulièrement problématique dans les cas où un bâtiment repose partiellement sur des sols de nature différente, comme une moitié sur de la roche et l'autre moitié sur de l'argile molle. La gestion de ce risque nécessite une étude géotechnique approfondie et une conception adaptée des fondations.

- Origine : hétérogénéité du sol ou de la charge.
- Effets : déformations asymétriques, fissures dans les structures.
- Contexte typique : fondations posées sur différents types de sols (par exemple : moitié sur roche, moitié sur argile molle).

2.3.5. Tassement dû au retrait de fluides :

Ce type de tassement est associé à l'extraction excessive de fluides souterrains tels que l'eau, le pétrole ou le gaz. La réduction de la pression interstitielle entraîne un effondrement progressif de la structure poreuse du sol, provoquant ainsi un affaissement de surface. Un exemple emblématique est celui de la vallée centrale de Californie, où des pompages agricoles intensifs ont engendré des tassements considérables. Ce phénomène peut avoir des conséquences dramatiques sur les infrastructures et les ressources en eau.

- Origine : extraction d'eau souterraine, de pétrole ou de gaz.
- Effets : effondrement progressif des pores : affaissement de surface.
- Exemple célèbre : la vallée centrale de Californie (fort affaissement à cause de pompages agricoles intensifs).

2.3.6. Tassement karstique ou effondrement par dissolution :

Le tassement karstique, ou effondrement par dissolution, est lié à la présence de roches solubles telles que le calcaire, le gypse ou le sel. Lorsque ces roches se dissolvent au contact de l'eau, des cavités souterraines se forment. À terme, le toit de ces cavités peut s'effondrer, provoquant des affaissements localisés appelés dolines ou fontis. Ce phénomène est souvent brutal, difficilement prévisible et représente un risque majeur pour les constructions implantées dans des zones karstiques.

- Origine : dissolution de roches solubles (calcaire, gypse, sel).
- Mécanisme : formation de cavités : effondrement ou affaissement : dolines ou fontis.
- Danger : souvent brutal et imprévisible.

Chapitre 2 : Concept du risque lié aux mouvements gravitaires.

2.4. Les causes du risque envisagé :

Les causes des tassements sont multiples et souvent interdépendantes. L'une des causes majeures est la dessiccation des couches superficielles du sol. Durant les périodes de sécheresse prolongée, l'évaporation de l'eau contenue naturellement dans les sols entraîne une réduction significative de leur volume. Ce phénomène est accentué par l'hétérogénéité du sol d'assise, les différences d'exposition au soleil selon les façades d'un bâtiment, ou encore la présence de terrasses et annexes. Le retrait du sol sous les fondations peut alors provoquer des désordres structurels visibles.

Une autre cause fréquente est la présence d'arbres à proximité immédiate des constructions. Leurs systèmes racinaires peuvent puiser l'eau en profondeur, asséchant localement le sol sous les fondations. De même, les variations du niveau de la nappe phréatique peuvent induire des tassements, notamment lorsque la charge mécanique sur le sol n'est plus uniformément répartie.

Par ailleurs, les fuites dans les réseaux enterrés peuvent provoquer un affouillement du sol de fondation, réduisant sa capacité portante. L'apport de liquides dans les zones proches d'un bâtiment peut saturer localement le sol, ce qui le rend plus vulnérable aux tassements différentiels.

La conception des fondations joue également un rôle crucial. Des fondations mal dimensionnées ou reposant sur des sols compressibles ou sous-consolidés peuvent entraîner des tassements progressifs. Ces derniers ne se manifestent parfois qu'après plusieurs années, notamment dans les sols organiques très compressibles.

Les remblais mal compactés ou instables sont aussi à l'origine de tassements différés. Leur comportement à moyen ou long terme peut induire des désordres importants, surtout s'ils sont utilisés pour stabiliser une construction.

D'autres facteurs tels que les glissements de terrain, les vibrations dues au trafic ou aux machines, la modification des régimes hydriques à la suite de travaux voisins (drains, rabattement de nappe), ou encore la cohabitation de différents types de fondations dans un même ouvrage (sous-sol d'un côté, vide sanitaire de l'autre) peuvent également causer des tassements.

Enfin, certains bâtiments anciens sont construits sans fondations ou sur des remblais surchargés, ce qui augmente considérablement le risque de désordre structurel. Tous ces éléments nécessitent une analyse géotechnique approfondie afin de prévenir ou corriger efficacement les tassements. (Massarsch & Fellenius, 2002).

2.5. Les effondrements géologiques :

Un effondrement géologique est un phénomène de rupture du sol, pouvant se produire de manière brutale ou progressive, en raison de la perte de matériau ou de support en profondeur. Ces effondrements peuvent toucher aussi bien les terrains meubles que les formations rocheuses consolidées. Ils constituent un risque géotechnique majeur, notamment dans les zones urbaines, industrielles ou minières. Dans ce qui suit, nous présentons les principaux types d'effondrements ainsi que leurs caractéristiques, origines et contextes géologiques associés.

2.5.1. Les effondrements karstiques :

Les effondrements karstiques se produisent dans les formations géologiques composées de roches solubles, principalement le calcaire, le gypse ou le sel. La dissolution progressive de ces matériaux par les eaux souterraines engendre la formation de cavités. Lorsque la voûte de ces cavités ne peut plus supporter le poids des terrains sus-jacents, un effondrement soudain peut survenir. Ces phénomènes sont fréquents dans les régions à forte karstification, et peuvent entraîner la formation de dolines ou d'effondrements de grande ampleur. Ce type d'effondrement est difficilement prévisible et peut avoir des conséquences importantes sur les infrastructures locales.

2.5.2. Les effondrements miniers :

Les effondrements miniers sont directement liés aux anciennes exploitations souterraines de ressources telles que le charbon, le fer, ou encore le sel. L'abandon de galeries sans comblement adéquat ou la dégradation progressive des piliers de soutènement peut conduire à un affaissement généralisé du toit des cavités. Ce phénomène est particulièrement présent dans les anciens bassins miniers de l'est algérien. Les dégâts structurels peuvent être considérables, allant jusqu'à l'effondrement total de bâtiments situés en surface.

2.5.3. Les effondrements tectoniques :

Les effondrements tectoniques résultent des mouvements de l'écorce terrestre dans les zones de failles normales ou de rift. Ils se manifestent souvent sous forme de subsidence progressive de grandes zones, en lien avec une extension tectonique. Ce type d'effondrement est lent et peut s'étaler sur plusieurs décennies. Il est néanmoins à prendre en considération dans les zones sismiques actives comme celles du nord de l'Algérie, où la tectonique des plaques induit une activité continue.

Chapitre 2 : Concept du risque lié aux mouvements gravitaires.

2.5.4. Les effondrements volcaniques :

Les effondrements volcaniques se produisent lors de l'évacuation rapide d'une chambre magmatique, généralement à la suite d'une éruption explosive. La disparition soudaine du support interne provoque un effondrement du toit de la chambre, formant ainsi une caldeira. Bien que ce phénomène soit rare en Algérie, il est courant dans les zones volcaniques actives comme en Islande, en Indonésie ou dans la ceinture de feu du Pacifique.

2.5.5. Les effondrements liés au gel/dégel :

Ce type d'effondrement se manifeste dans les zones de pergélisol, où les sols restent gelés en permanence. Le réchauffement climatique ou des variations saisonnières provoquent la fonte de la glace interstitielle, entraînant une perte de volume et la formation de dépressions. Ce phénomène est observé dans les régions arctiques et subarctiques, mais pourrait également concerner certaines régions montagneuses d'Algérie dans un contexte futur de changement climatique.

L'ensemble de ces effondrements géologiques représente un danger réel pour les infrastructures et les populations. La compréhension de leurs mécanismes, la surveillance active des zones sensibles, ainsi que la prise en compte des risques lors de la planification urbaine et industrielle sont des éléments essentiels pour limiter les impacts de ces phénomènes naturels ou induits par l'homme.

2.6. Les causes des effondrements géologiques :

Les effondrements géologiques résultent d'une variété de mécanismes naturels et anthropiques. Ces processus peuvent être soudains ou progressifs et dépendent fortement de la nature géologique du sol, des conditions hydrologiques, et des activités humaines. Voici les causes principales documentées :

2.6.1. La dissolution des roches solubles (Karstiques) :

Dans les milieux calcaires ou gypsifères, l'infiltration des eaux provoque une dissolution lente des roches, menant à la formation de cavités souterraines. Lorsque ces cavités atteignent un seuil critique de stabilité, leur toit peut s'effondrer. Ce phénomène est courant dans les Hauts Plateaux algériens.

2.6.2. L'exploitation minière souterraine :

Les activités minières anciennes, souvent mal encadrées, ont laissé un héritage de galeries non soutenues. La dégradation de ces cavités peut causer des fontis ou affaissements généralisés, notamment dans les bassins miniers de l'est algérien.

2.6.3. Les mouvements tectoniques :

Les failles normales, les extensions de croûte ou les glissements tectoniques lents peuvent générer des affaissements structuraux. Des cas ont été documentés dans les zones sismiques d'Algérie et du Maghreb.

Chapitre 2 : Concept du risque lié aux mouvements gravitaires.

2.6.4. La vidange des chambres magmatiques :

Lors d'éruptions volcaniques, la vidange rapide de la chambre magmatique provoque l'effondrement de son toit. Ce processus crée des caldeiras, observées dans les régions volcaniques d'Afrique de l'Est (RDC, Éthiopie) .

2.6.5. La fonte du pergélisol (thermo karst) :

Dans les régions arctiques ou en altitude (ex. les montagnes d'Afrique de l'Est), la fonte du pergélisol affaiblit les sols gelés, causant leur effondrement.

2.6.6. Les variations hydrogéologiques :

Le pompage excessif d'eau souterraine ou les fuites d'assainissement peuvent entraîner une perte de pression interstitielle, favorisant les tassements et effondrements.

2.6.7. Les surcharges et défauts de conception

Des structures mal adaptées à la nature du sol (fondations superficielles sur sols compressibles) peuvent générer une concentration de charges menant à des effondrements localisés.

CHAPITRE III

METHODES ET TECHNIQUES D'INVENTAIRE DE L'INSTABILITE DES TERRAINS ETUDIES.

Chapitre 3 : Méthodes et techniques d'inventaire de l'instabilité des terrains étudiés.

3.1. Les méthodes conventionnelles d'inventaire des glissements de terrain :

3.1.1. Interprétation des photos aériennes :

L'interprétation visuelle des photos aériennes ou des orthophotoplans (**fig.6a**) présente l'une des méthodes les plus utilisées dans les études des glissements de terrain. L'application de cette méthode fournit des résultats fiables et précis en positionnement à la délimitation et le suivi des mouvements de terrain.

Actuellement, suite au développement technologique, (photos aériennes à haute résolution atteindre 0.13*0.13 pixel) les images DMC (Digital Mapping Camera, photos aériennes de haute résolution 0.13*0.13 pixel) sont considérées comme des supports de base à la cartographie des glissements de terrain. Les levées de terrain : Les levées de terrain (in situ) présentent une étape fondamentale dans la cartographie géomorphologique et complémentaire pour la photogrammétrie (**fig6.b**).

Dans le cas où l'accessibilité est difficile sur terrain, la présence du couvert végétal, l'agriculture et l'érosion, la reconnaissance des glissements de terrain devient plus difficile pour le géomorphologue ou le géologue. Les investigations et les travaux de terrain permettent d'identifier la position, le type et les causes du glissement (Guzzetti and Cardinali 1990), ainsi pour valider des cartes d'inventaire établies par d'autres techniques.



Figure 6 : Inventaire des mouvements de terrain par les méthodes conventionnelles. (a) création d'une carte d'inventaire par l'interprétation des photos aériennes. (b) investigation et enquête sur terrain

Chapitre 3 : Méthodes et techniques d'inventaire de l'instabilité des terrains étudiés.

3.2. Nouvelle méthode d'inventaire et de surveillance des glissements de terrain :

La mesure et l'enregistrement de données relatives aux caractéristiques physiques de la surface de la Terre constituent une phase critique pour tout grand projet d'aspect préventif. Plusieurs méthodes et instruments peuvent être utilisés dans la détection ou la surveillance des mouvements de terrain. Ces techniques et instruments peuvent être classés en techniques de télédétection ou techniques satellitaires, techniques photogrammétriques, techniques géodésiques ou d'observation, et travaux géotechniques (fig.6) ; (Savvaidis 2003).

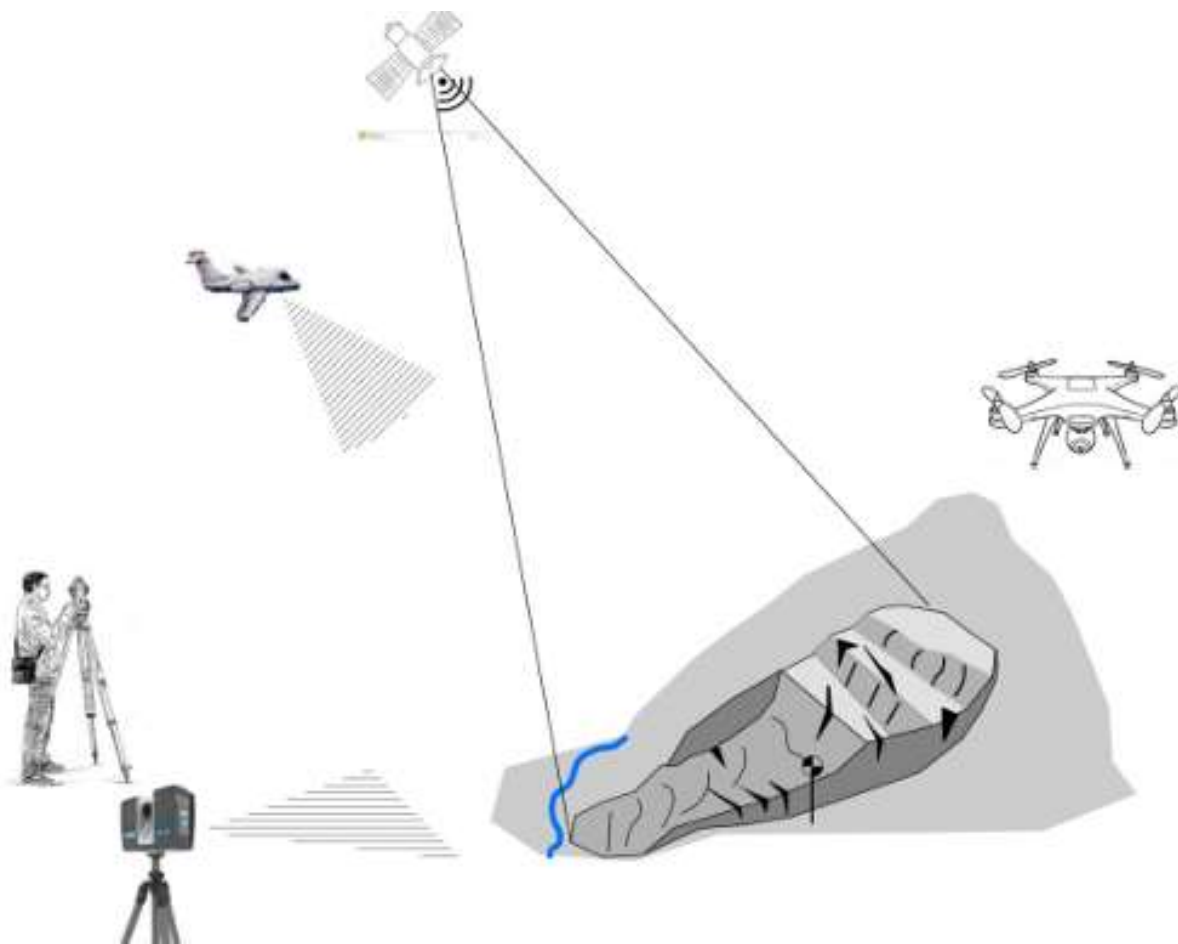


Figure 7 : Nouvelle méthodes d'inventaire et de surveillance des glissements de terrain

Chapitre 3 : Méthodes et techniques d'inventaire de l'instabilité des terrains étudiés.

3.2.1. Stations totales :

Les stations totales permettent la mesure de nombreux points sur une surface surveillée au sein d'une courte période de temps. Par exemple, une surface qui est surveillée par la mise en place de 200 prismes prendrait environ 17 minutes pour mesurer la Coordonnées en 3 dimensions de chaque point, l'utilisation des stations totales robotiques peuvent être programmées pour un auto-pointage séquentiel vers un ensemble de cibles de prisme à des intervalles de temps prédéterminés, peuvent mesurer des distances et des angles horizontaux et verticaux et peuvent transmettre les données à l'ordinateur de bureau via un lien de télémétrie. Le traitement des données acquis par ces techniques permettant de détecter les déformations lie aux mouvements de terrain, telle qu'au niveau des barrages et les mines à ciel ouvertes.

3.2.2. Le GPS :

Le système de positionnement global offre des avantages par rapport aux autres méthodes terrestres. Les mesures peuvent être effectuées indépendamment la nuit ou le jour, par temps variable qui rend les mesures GPS plus économiques, surtout lorsque plusieurs récepteurs peuvent être déployés sur le site du glissement de terrain (au cours de l'enquête). Avec les techniques de positionnement statique est rapide, le temps de mesures à chaque station est bien réduit à quelques minutes.

3.2.3. Le Laser :

Le laser présente une nouvelle technologie qui permet la mesure rapide et à distance de millions de points, fournissant ainsi une quantité importante d'informations spatiales. Cela permet une prévision plus précise des forces agissant sur une structure. En tant que technologie émergente, elle peut certainement être utilisée dans la surveillance des glissements de terrain.

3.2.4. Le MNT LIDAR :

Fournie une formation très détaillée sur la topographie de la partie ou la zone à étudier. Cette technique est très utile dans la détection et la surveillance des glissements de terrain. L'utilisation des MNT LIDAR multi date permet d'estimer la vitesse de déplacement, la fréquence et la magnitude des mouvements de terrain.

Chapitre 3 : Méthodes et techniques d'inventaire de l'instabilité des terrains étudiés.

3.2.5. Les images satellites :

Les images satellites, à haute résolution spatiale, sont utilisées pour produire des cartes d'inventaire des glissements de terrain et des facteurs liés à l'occurrence de glissements de terrain, tels que la morphologie de surface, les propriétés structurales et lithologiques, l'occupation du sol et les changements temporels de ces facteurs. Les données satellitaires sont utilisées en complément de la photographie aérienne ou les substituer si aucune photo aérienne récente n'est disponible. De plus, pour le zonage des risques à des échelles régionale et nationale,

L'imagerie par satellite est une donnée fondamentale plus économique. Un autre avantage de la télédétection par satellite réside dans la possibilité d'effectuer des observations répétées, ce qui entraîne une mise à jour des informations sur les caractéristiques des glissements de terrain.

3.2.6. La photogrammétrie :

Les techniques photogrammétriques sont considérées comme un outil efficace pour surveiller les glissements de terrain en mouvement actif et pour analyser la vitesse de déformation. Ces techniques permettent de déterminer les déplacements du sol sur une longue période en comparant une série de photographies aériennes.

3.2.7. Di_In SAR :

Les déplacements liés aux mouvements de terrain peuvent être estimés par le traitement des images Radar par différentes techniques de la télédétection. Ces techniques présentent un outil performant dans la détection et la surveillance des glissements de terrain à distance.

3.2.8. Les inclinomètres :

Ce sont des instruments installés dans les trous de forage forés dans la masse du glissement de terrain. Ils mesurent la courbure des trous de forage initialement droits, détectant ainsi toute modification de l'inclinaison du tubage. Ils peuvent aider à déterminer les surfaces de glissement ou les zones de mouvement et révèlent la profondeur du (des) plan (s) de défaillance.

Chapitre 3 : Méthodes et techniques d'inventaire de l'instabilité des terrains étudiés.

3.2.9. Les compteurs de fissures (Crack Meter-RST) :

Les compteurs de fissures sont considérés comme des outils très utiles pour la détection de mouvements de masse déformable. Ces appareils mesurent le déplacement entre deux points de la surface présentant des signes de séparation. Ils peuvent être des appareils très simples et peu coûteux, ils sont donc souvent utilisés comme des systèmes d'alerte.

3.3. La méthode géophysique :

La géophysique est une discipline des sciences de la terre qui par l'étude des propriétés physiques du sous-sol, permet d'en améliorer la connaissance. En géophysique on distingue habituellement quatre grandes familles de techniques :

Les méthodes gravimétriques

Les méthodes magnétométriques

Les méthodes électriques et électromagnétiques

Les méthodes sismiques (qui ne seront pas détaillées ici)

3.3.1. Gravimétrie :

La gravimétrie est une technique visant à mesurer les variations de densité dans le sous-sol. Les objectifs sont variés : prospection minérale par identification de roches plus ou moins denses, recherches de cavités naturelles (karts) ou anthropiques (anciennes carrières sous-terraines). L'outil principal est le gravimètre.

3.3.2. Magnétométrie :

La magnétométrie est l'étude des variations du champ magnétique terrestre. En géologie appliquée on met en relation ces variations avec les propriétés magnétiques du sous-sol. Les principaux domaines d'application sont :

La recherche minérale par détermination directe de minerais aux propriétés magnétiques (certains minerais de fer, de titane) ou indirecte par amélioration de la connaissance du contexte géologique (profondeur du socle, réseau de failles) etc...

La détection d'objets métalliques enfouis dans le sol (UXO, cuves métalliques, canalisations, câbles etc.)

L'outil utilisé est le magnétomètre.

Chapitre 3 : Méthodes et techniques d'inventaire de l'instabilité des terrains étudiés.

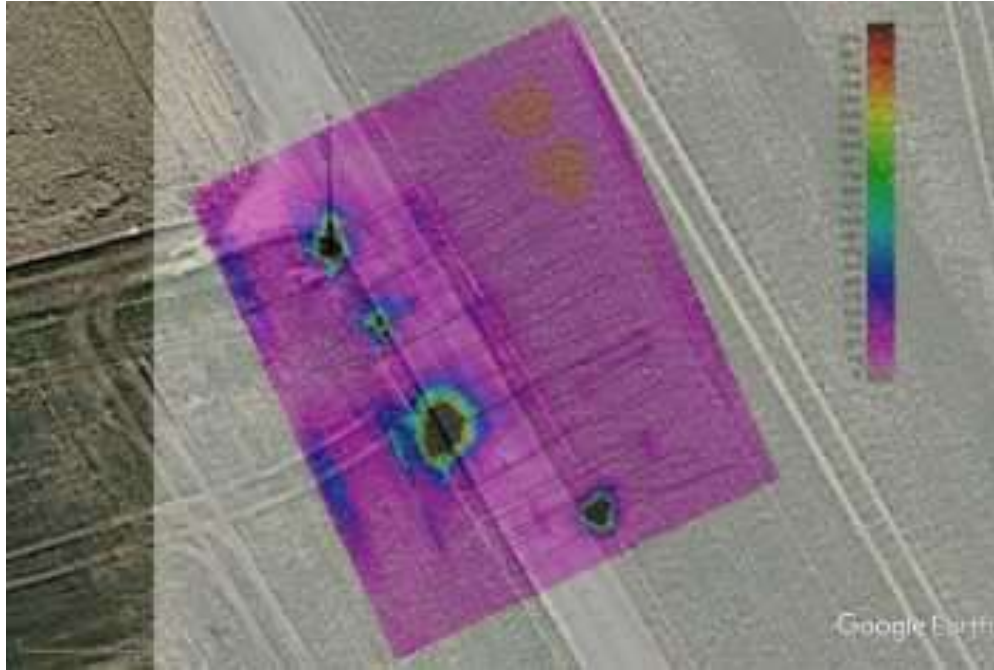


Figure 8 : Méthodes électriques et électromagnétiques

Ces méthodes consistent à injecter un courant dans le sol et à en étudier la réponse. Le type de courant injecté, sa fréquence, vont permettre de déterminer les variations de propriété électrique du sol avec la profondeur : résistivité, conductivité, permittivité, chargeabilité. Les méthodes les plus courantes sont :

La résistivité électrique (panneau électrique, tomographie) : cette méthode consiste à injecter un courant électrique via des électrodes d'injection et de mesures espacées régulièrement le long d'un profil linéaire. Le résultat est une coupe de résistivité du sous-sol que l'on peut relier à la géologie.

3.3.3. Les méthodes électromagnétiques :

Le géoradar, un courant électromagnétique haute fréquence (100 à 1000 MHz) est injecté dans le sol et les ondes se réfléchissent sur les contacts de zones de permittivité diélectrique différentes (capacité à se charger). Le radar a une faible profondeur d'investigation (de quelques dm à dizaines de mètres). Il est très utilisé en détection de réseaux (non métalliques) mais aussi en dépollution de sols.

L'électromagnétisme basse fréquence : le principe est le même (injection d'un courant électromagnétique) mais la fréquence plus basse permet d'observer des contrastes de conductivité plutôt que de permittivité. Cette méthode de profondeur d'investigation plus

Chapitre 3 : Méthodes et techniques d'inventaire de l'instabilité des terrains étudiés.

grande est très utilisée pour la détection de réseaux mais aussi en environnement ainsi qu'en géologie.

Certaines de ces méthodes sont mises en œuvre au sol, d'autres en aéroporté (ou héliporté) dans le cadre d'études plus régionales ; enfin certaines sont utilisées dans les forages : les diagraphies.

3.4. La méthode géotechnique :

La méthode géotechnique est une démarche performante à l'investigation du sous-sol qui combine de nombreux test de reconnaissance 'in-situ' via les différents outils d'investigation ; tels que les : forages, sondages, essais de pénétration, ... etc. Ainsi que d'autres analyses de laboratoire issues d'étude granulométrique, de limites d'Atterberg et d'essais de compression sont cernées pour mieux caractériser : la nature, structure, résistance et la stabilité des terrains. Ces tests sont utiles et nécessaires pour évaluer le comportement du sol face aux charges et contraintes induites pour un projet d'aménagement donné.

Les causes ou raisons qui justifient l'utilisation de ces méthodes géotechniques sont multiples et concernent principalement la sécurité, la durabilité, et la rentabilité des projets de construction et/ou d'aménagements urbains. Par-ailleurs, il existe d'autres méthodes géotechniques spécifiques pour l'évaluer des propriétés géo mécaniques (sous-sol) sélectionnées en fonction du type de terrain, de l'objectif du projet et du nombre de contraintes impliquées. Cette catégorie de méthode peut être classée comme méthodes de reconnaissance de laboratoire. Dont voici les principaux types :

3.4.1. Méthodes de reconnaissance in situ :

Ces méthodes permettent d'observer et de tester le sol directement sur le terrain, sans avoir besoin de prélèvement d'échantillons. Elles sont particulièrement utiles pour évaluer le comportement du sol dans des conditions réelles.

a) Sondages et forages

Sondages carottés : Prélever des échantillons cylindriques de sol ou de roche pour les analyser en laboratoire.

Sondages à l'eau ou à l'air : Réaliser des forages pour extraire des échantillons ou évaluer la structure du sol.

Chapitre 3 : Méthodes et techniques d'inventaire de l'instabilité des terrains étudiés.

b) Essais de pénétration

Essai de pénétration standard (SPT) : Un marteau fait tomber sur une tige pour pénétrer dans le sol, ce qui permet de mesurer la résistance du sol à la pénétration.

Essai de pénétration conique (CPT) : Un cône est enfoncé dans le sol et mesure la résistance à la pénétration pour déterminer la compacité et la stratigraphie du sol.

c) Essai pressiométrique géotechnique

Essai pressiométrique : Permet de mesurer la déformabilité et la compressibilité du sol à l'aide d'un dispositif qui applique une pression sur le sol et mesure la déformation induite.

d) Essai de perméabilité

Essai de perméabilité (test de Darcy) : Mesurer la capacité du sol à laisser passer l'eau qui constitue un paramètre important en hydrogéologie du site ; qui s'implique directement à l'étude de fondations des géo structures tels que les tunnels et barrages.

3.4.2. Méthodes de laboratoire :

Les méthodes de laboratoire sont réalisées sur des échantillons prélevés pendant les reconnaissances in situ, afin d'analyser plus en détail leurs caractéristiques physiques et mécaniques.

a) Essais granulométriques

Analyse granulométrique : Détermine la répartition des tailles des particules dans le sol, ce qui influence sur la portance et la compacité du sol.

Limites d'Atterberg : Permet de déterminer les limites de consistance d'un sol argileux (limite de liquidité, limite de plasticité).

b) Essais de résistance

Essai tri-axial : Utilisé pour déterminer la résistance et la déformabilité des sols sous différents niveaux de pressions (σ_1 , σ_2 , σ_3) .

Essai de compression uni-axiale: Mesure la capacité d'un sol ou d'une roche à résister à une charge compressive.

___ Chapitre 3 : Méthodes et techniques d'inventaire de l'instabilité des terrains étudiés.

c) Essais de consolidation

Essai de consolidation œdométrique : Mesure la capacité d'un sol à se comprimer sous une charge, ce qui est essentiel pour évaluer le coefficient de tassement/compactage à savoir qu'un bâtiment ou un substrat subit un affaissement en raison de la densité du sol juste sous sa fondation. La dépression induite peut engendrer des fissures (bâties).

d) Essais de compaction

Essai Proctor : Permet de déterminer la densité optimale de compactage d'un sol, afin de garantir sa stabilité pour les constructions.

e) Essai de retrait et de gonflement

Test de gonflement des argiles : Évalue le comportement des sols argileux qui se dilatent ou se contractent en fonction de l'humidité.

3.4.3. Méthodes spécialisées (Géotechnique avancée) :

Ces méthodes sont souvent utilisées dans des contextes spécifiques ou pour des études plus approfondies, comme la géotechnique des grandes structures, des sols instables ou des sites contaminés.

a) Essais de pression sur fondations

Essais sur plaque (ou plate-load test) : Mesurer la réponse du sol lorsqu'une charge est appliquée directement sur une plaque, afin de simuler la contrainte exercée par un bâtiment ou une autre infrastructure.

b) Géotechnique des sols contaminés

Analyse chimique des sols : Permet de déterminer la 'présence de contaminants et d'évaluer les risques pour les fondations et l'environnement.

c) Géotechnique environnementale

Études de stabilité des pentes : Analyser les risques de glissements de terrain, en utilisant notamment des méthodes de modélisation numérique.

CHAPITRE IV

INVENTAIRE D'INSTABILITE DES TERRAINS ETUDIES.

4.1. Inventaire des aléas géologiques :

Dans ce travail, l'inventaire des aléas géologiques est réalisé a priori sur l'expertise 'in-situ' à la base de l'inventaire les phénomènes de glissements géologiques observés sur les sites. Cette technique permettant de localiser et faire des mesures sur l'étendue de ces phénomènes ainsi que déterminé la nature et la structure des roches affectées par ces aléas. A l'instar, plusieurs sites remarquables sont décrits dans les paragraphes suivants

4.2. Les éboulements du secteur de Kristel :

C'est phénomènes sont affectée plusieurs sites de la zone de Kristel, ces phénomènes sont remarquables le long de la route liée la zone de Belgaid vers Kristel et le secteur de Kristel- Gedyel Wilaya d'Oran. L'expertise qu'on vient d'effectuer montre à l'affleurement plusieurs faits remarquables en considérant que ces endroits forment les sources d'éboulis ; ainsi la nature détritique gréseuse et/ou carbonatée (karstique) est dominante au niveau des formations géologique néogènes (Miocène). Notamment en ces endroits accidentés, le déclenchement d'éboulement est spectaculaire, sur le long des versants des monts côtiers de Kristel ; sis à la partie orientale du littoral oranais. Notre observation souligne que sur la trajectoire des talus, le phénomène s'amplifie davantage en présence d'importants blocs détachés, qui sont de différentes formes et volume qui peuvent atteindre des blocs décimétriques ; de taille parfois supérieure à 27 mètre-cubes (27 m³.) La distribution spatiale de ce phénomène d'éboulis est surtout reliée à la pente des versants témoignés via le couvert végétal abondant sur les secteurs envisagés. La forte densité de végétation est en relation avec l'énergie de la propagation d'éboulis ; qui devient plus ou moins faible vis-à-vis aux pentes modérées. Quant aux sols dénudés de toute végétation, le phénomène se caractérise cependant par une densité faible et que l'énergie d'éboulement favorise la propagation pour atteindre le rivage de la mer de Kristel. Les figures (fig.9-11) illustrent la dynamique du phénomène d'éboulement envisagé.

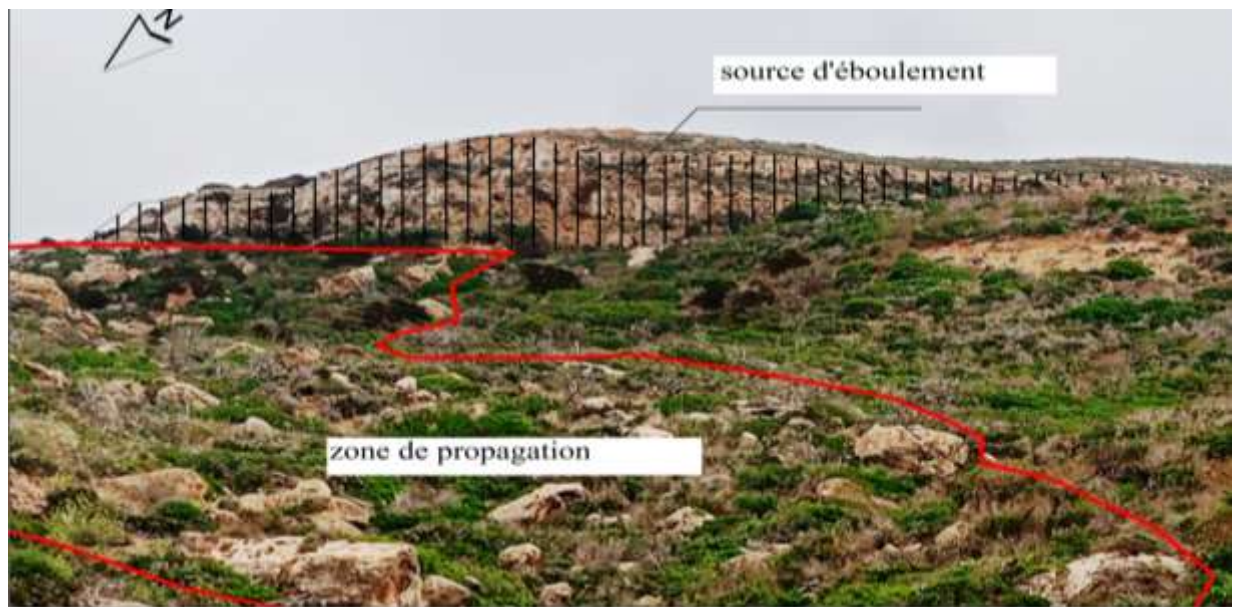


Figure 9 : Eboulements sur le long de la route d'Ain-Franine _Kristel (site1)

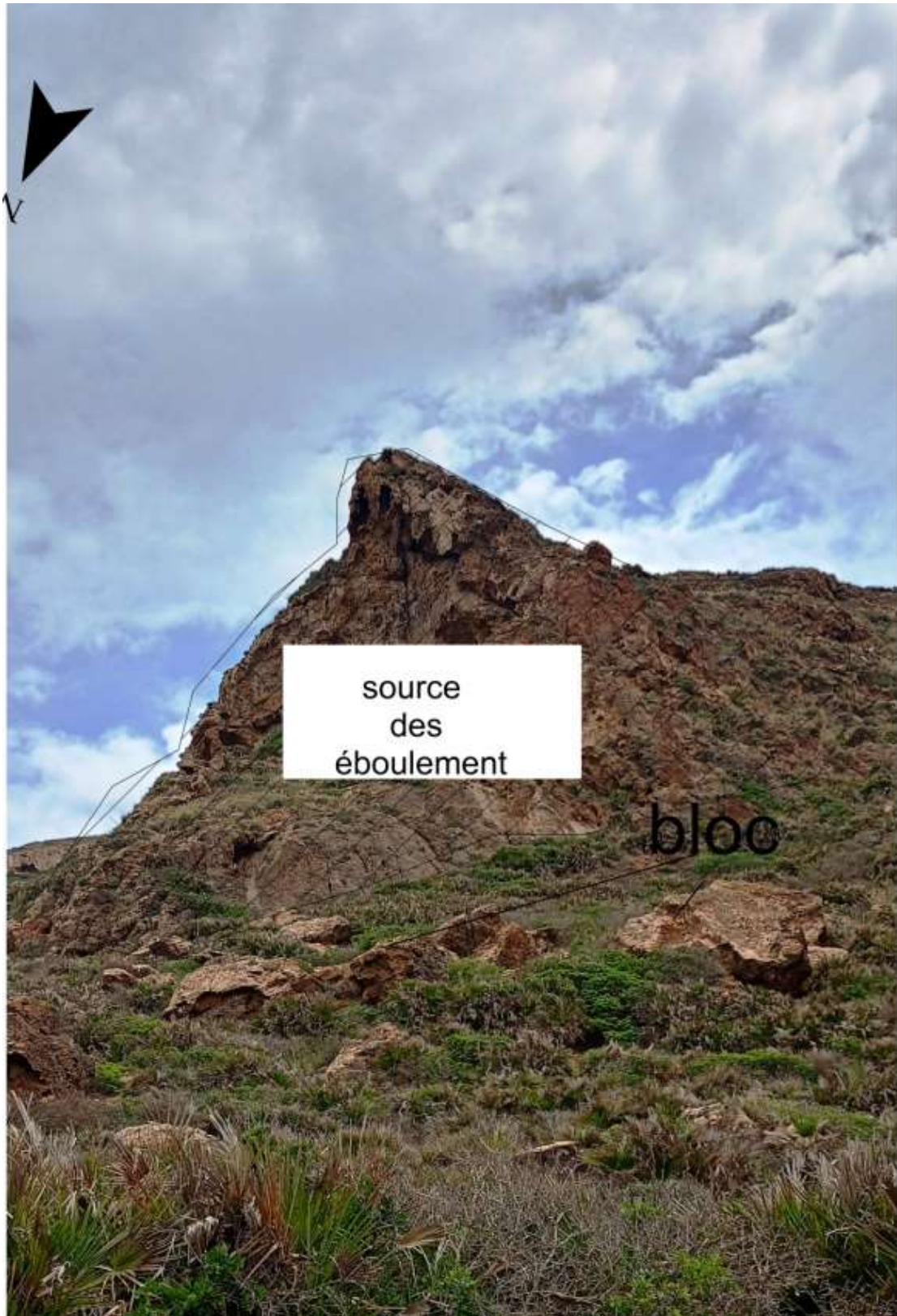


Figure 10 : Exemple de source nourricière d'éboulis ; Site- 2



Figure 11 : Tailles et formes d'éboulis aux abords de Kristel

4.3. Les glissements de terrain de Mers El-Kebir :

Le 16 mai 2020 un glissement de terrain est survenu dans la commune de Mers El Kebir, le site affecté par ce phénomène dit douar Et tine (traduction du nom Argile en Arabe), les habitants de ce endroit se réveillés suite à un bruit anormal, ils observent qu'une grande masse du terre se déplace le long du versant. L'expertise insitu, montre que plusieurs glissements de terrain affectant le nouvel évitement (Mers el Kebir –d Ain El Turck). L'objectif de ce travail est d'étudier les mouvements de terrain par l'emploi des observations sur le terrain afin de déterminer le type et les causes de ces instabilités de pente.

4.3.1. Caractéristiques générales de la zone d'étude :

La commune de Mers el Kebir est situé dans la partie Nord-Ouest de la wilaya d'Oran (N-O de l'Algérie), Elle occupe une superficie totale de 1098 Ha, cette zone bénéficie d'une façade maritime d'environ 7 km. Elle est limitée au Nord par la Mer Méditerranée, a l'Est par le Djebel Murdjadjo qui arrive jusqu'à la mer au niveau de fort Lamoune, au sud par la chaine montagneuse d'El Murdjadjo qui culmine à plus de 500 mètres, a l'Ouest, Par Djebel Santon qui culmine à plus de 300 mètres

Du point de vu morphologique le territoire de cette commune couvre une dépression topographique, dont la seule ouverture est située au Nord sur la Mer Méditerranée. Ce site constitué un géant amphithéâtre, limité au sud par les plateaux de Djebel Murdjadjo, orienté Est –Ouest. A l'Ouest c'est le Djebel Santon qui culmine à plus de 300, orienté du Sud-ouest vers le Nord-est, et qui plonge dans la mer au niveau de l'ancien fort.

Selon la carte géologique d'Oran n°127, de l'échelle 1/50000, la région d'étude fait partie de la zone Nord du massif Murdjadjo du qui se caractérisée géologiquement par des formations calcaire d'âge Miocène, qui affleure par endroits. Le substratum est identique à celle grandes formation littoral Oranais. Le plateau de Murdjadjo est constitué de calcaires miocènes discordant sur les schistes primaires, ces schistes affleurent sur le haut des versants qui donnent ces fortes pentes, la partie base des versant constitué essentiellement par des marnes bleues et des marnes sableuses, surmontées de grés lumachèlliques .

Le territoire de Mers El Kebir se caractérisé par un climat méditerranéen à tendance semi-aride, chaud est sec en été, froid et humide en hiver.

Chapitre 4 : Inventaire d'instabilité des terrains étudiés.

Cette zone se caractérise par l'existence d'un réseau hydrographique plein de ravin (Chaabat) très actif, dont le sens d'écoulement va du Sud –ouest vers e Nord-est, du versant Nord de la chaine montagneuse du Murdjadjo vers la partie base et puis vers la mer.

La région d'Oran est caractérisée par une sismicité modérée

4.4. Expertise 'in-situ' :

La corniche oranaise a connu annuellement est surtout dans la période estivale un embouteillage le long de la route Oran Ain El Turck vu le grand nombre d'estivants. La direction des travaux publics de la wilaya d'Oran réalisé des nouvelles routes afin de minimiser l'encombrement des véhicules afin de régler l'épineux problème de saturation de la corniche oranaise, à savoir la liaison autoroutière qui relié l'évitement de Mers El Kebir à la Corniche supérieure (CW44-CW 45). Un chantier est ouvert le long d'une 5 kilomètres, pas moins de 150 engins sont installés le long du tracer, un volume plus de 2 millions de m³, dont 60% de type rocheux sont extraire par les engins et l'explosifs (<https://dzayer24.com/l-evitement-de-mers-el-kebir-en-voie-d-achevement-vers-une-nouvelle-corniche-superieure-553b7039ac2e4cb3458b7246-a#>) (consulté le 19/05/2020)

L'expertise in situ, montre l'existence de plusieurs mesures de protection sont implantées afin de fixer les mouvements de pente au niveau de la route national n° 2 à savoir les digues de protections et les réseaux d'assainissement drainant les eaux superficielles.

Les constats sur le long du nouvel évitement de Mers El Kebir –Ain El Turck mon permis d'identifier 4 glissements de terrain depuis 2018 jusqu'à 2020. Ces instabilités de terrain sont généralement survenues durant et après la réalisation de cette route.

4.4.1. Le glissement de terrain G2 :

Suite aux travaux d'excavation, une superficie d'environ 1 Ha d'une masse de terre est glissée (fig.12), l'endroit se situe exactement dans l'amont du (ex, Hai Hark Touil) dans l'altitude est varié entre 70 et 98 mètres. L'exploitation des données topographiques (dérivée de la carte topographique à l'échelle 1/25000) du secteur étudié ainsi l'expertise in situ montre que la partie affectée par le glissement de terrain caractérisé par une pente modérée varie entre 9.6 et 20 °.

Le glissement de terrain recensé affectant les formations superficielles et atteignant les matériaux sous-jacents, ce mouvement de masse composé de l'amont vers l'aval par : i)

Chapitre 4 : Inventaire d'instabilité des terrains étudiés.

Une zone d'ablation (niche d'arrachement principal) à la forme semi-circulaire suivie par ii) une succession de niche d'arrachement secondaire de forme semi-circulaire et iii) une zone d'accumulation dit bourrelet. Le glissement de terrain inventorié est de type complexe, avec une succession des glissements rotationnels (multi-rotationnel) (fig.13).

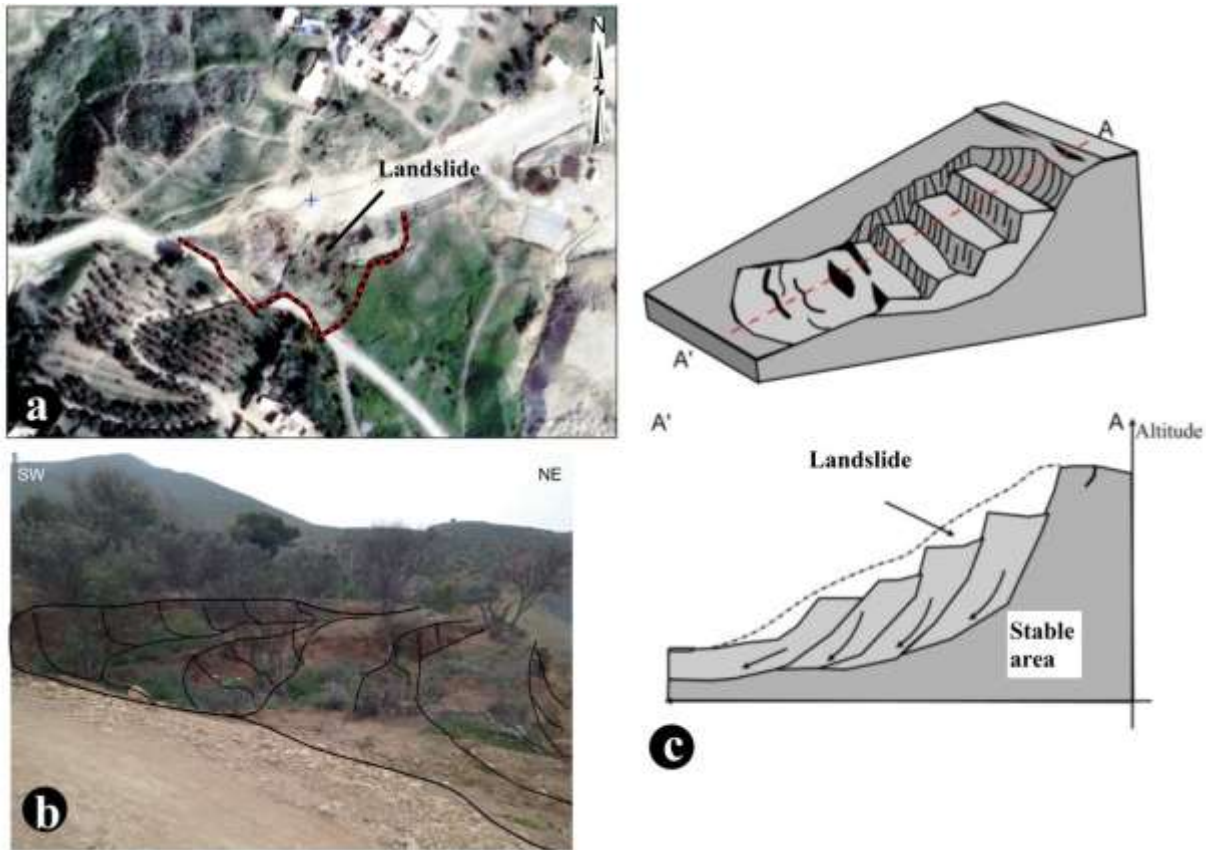


Figure. 12 : glissement de terrain L1, a) vue aérienne de la zone instable, b) vue sur terrain de la partie amont du glissement de terrain, c) vue 3d du glissement de terrain avec un profile 2D de la morphologie du versant selon la direction AA'.

Un mur de protection est réalisé afin de fixer ce glissement de terrain et minimiser la propagation de la masse de terre glissée vers l'évitement. Les chutes de pluies du 17/05/2020 qui ont duré plus de 4 heures au niveau de la région d'Oran, ont inondé plusieurs endroits. Au niveau de Mers El Kebir, l'effondrement du mur d'une habitation a causé le décès d'une fillette de deux ans et des blessures à sa mère de 42 ans. L'infiltration des eaux météoriques contribuées a réactivé le glissement de terrain L1, ou le déplacement d'une grande masse de terre détruit les glissières de sécurité en béton situés dans l'aval du talus.



Figure.13 : réactivation du glissement de terrain L1 suite aux précipitations du 18/05/2018

4.4.2. Le glissement de terrain G3 :

Le 16/05/2020 les habitants du quartier 'Douar Et tine' se réveillent suite un craquement due au déplacement d'une grande masse de terre. Après deux jours de l'apparition de ce phénomène, l'investigation sur site et l'interview avec les habitants nos a permis de localiser le glissement de terrain (fig.14). Suite à la panique de la progression de ce glissement, la population de ce quartier restant éveillées tous la nuit mais heureusement il n'y avait pas de dégâts enregistrés. L'un des citoyens indique que les remblais dégagés suite a la réalisation du nouvel évitement est l'un des causes principales de ce phénomène. Notre constat sur le site montre que le déplacement vertical d'une grande masse du remblai s'exerce une forte charge sur les formations argileuse affleurant dans ce site

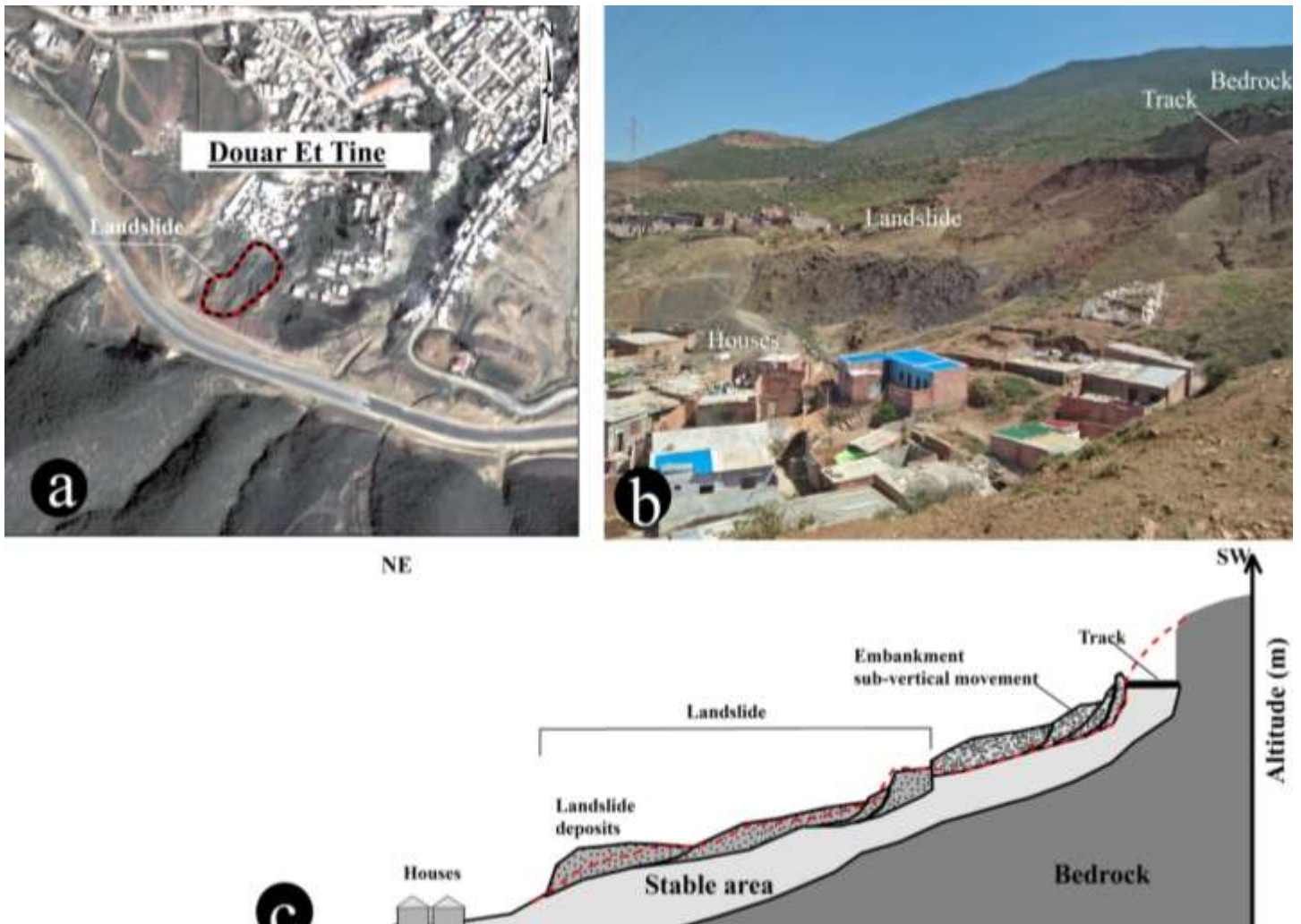


Figure .14 : Le glissement de terrain G3

4.5. Les glissements de terrain de la frange maritime

D'après les travaux (roukh ;2020), Dans cette zone littorale constituée par des formations rocheuses sont d'âge Mio_Pliocène, composées essentiellement de marne, des calcaires et des grès poreux d'âge Pléistocène. Les grès et les grès-marneux (disposés en alternance) sont les formations les plus représentatives et plus fréquemment observées en cette zone. Les hauteurs de la falaise caractérisant la région de Canastel sont constituées de grès calcaires avec des alternances de marnes en position horizontale à subhorizontale d'âge Pliocène. Ces formations sont observées à la fois sous forme massive et vacuolaire. D'autre part, les dépôts récents, sont représentés par des sables siliceux et du gravier recouvert de terre végétale (fig.15)

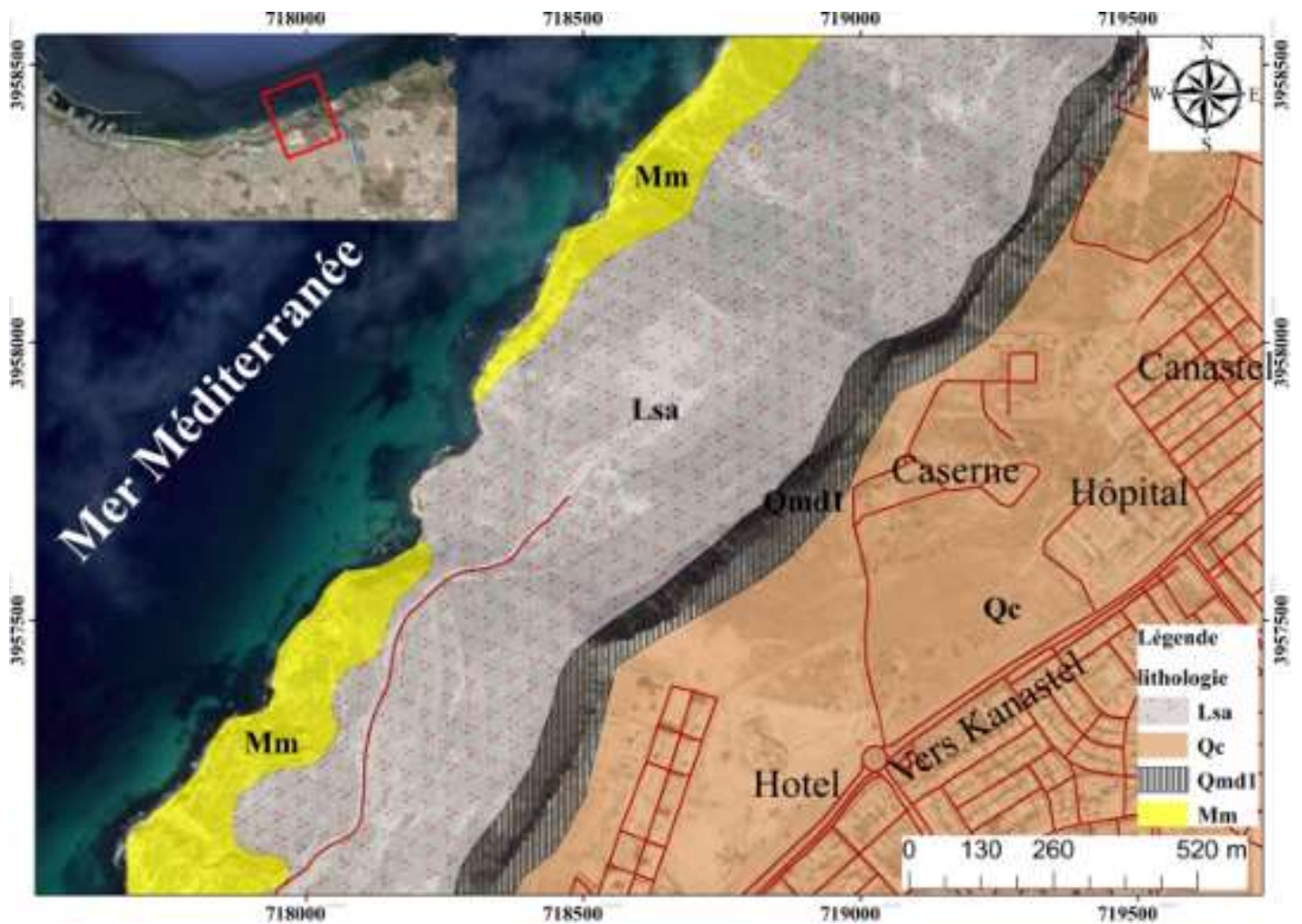


Figure .15 : Carte géologique du site étudié (Lsa) Matériaux des glissements, (Qmd1) Pléistocène marin niveau ancien, (Qc) Quaternaire Continental, (Mm) Miocène supérieur (Gourinard 1952)

4.5.1. La morphologie de la frange maritime :

L'étude des formes du relief est une science souvent revendiquée à la fois par les géographes et les géologues. Ces formes sont en effet, le résultat après l'action de plusieurs agents météoriques érosifs (le vent, l'eau...etc.), et d'action internes (plissements, etc.). L'exploitation des données topographiques tels que les cartes topographiques, les levées topographiques de terrain et le Model Numérique de Terrain (MNT) permettant de mieux comprendre l'état et la morphologie du terrain. Dans cette zone d'étude le MNT donné en (fig.16.a) est extrait par la restitution de la carte topographique, en utilisant la méthode de Triangulation comme moyenne d'interpolation. Les profils topographiques réalisés au niveau du secteur d'étude établis selon les segments (AA', BB', CC', DD') (fig.16.b) montrent clairement la présence de trois niveaux ou unités bien distinctes : (i) la première unité qui forme le plateau de Canastel dont les altitudes sont supérieures à 180 m avec une pente plus ou moins faible (**fig16.b**), (ii) la deuxième unité caractérisée par une pente raide formée au contre bas de la falaise d'Oran dont l'épaisseur est de l'ordre de 40 mètre, (iii) une troisième unité constituée le versant de la frange maritime dont l'altitude varie entre 0 et 140 mètre.

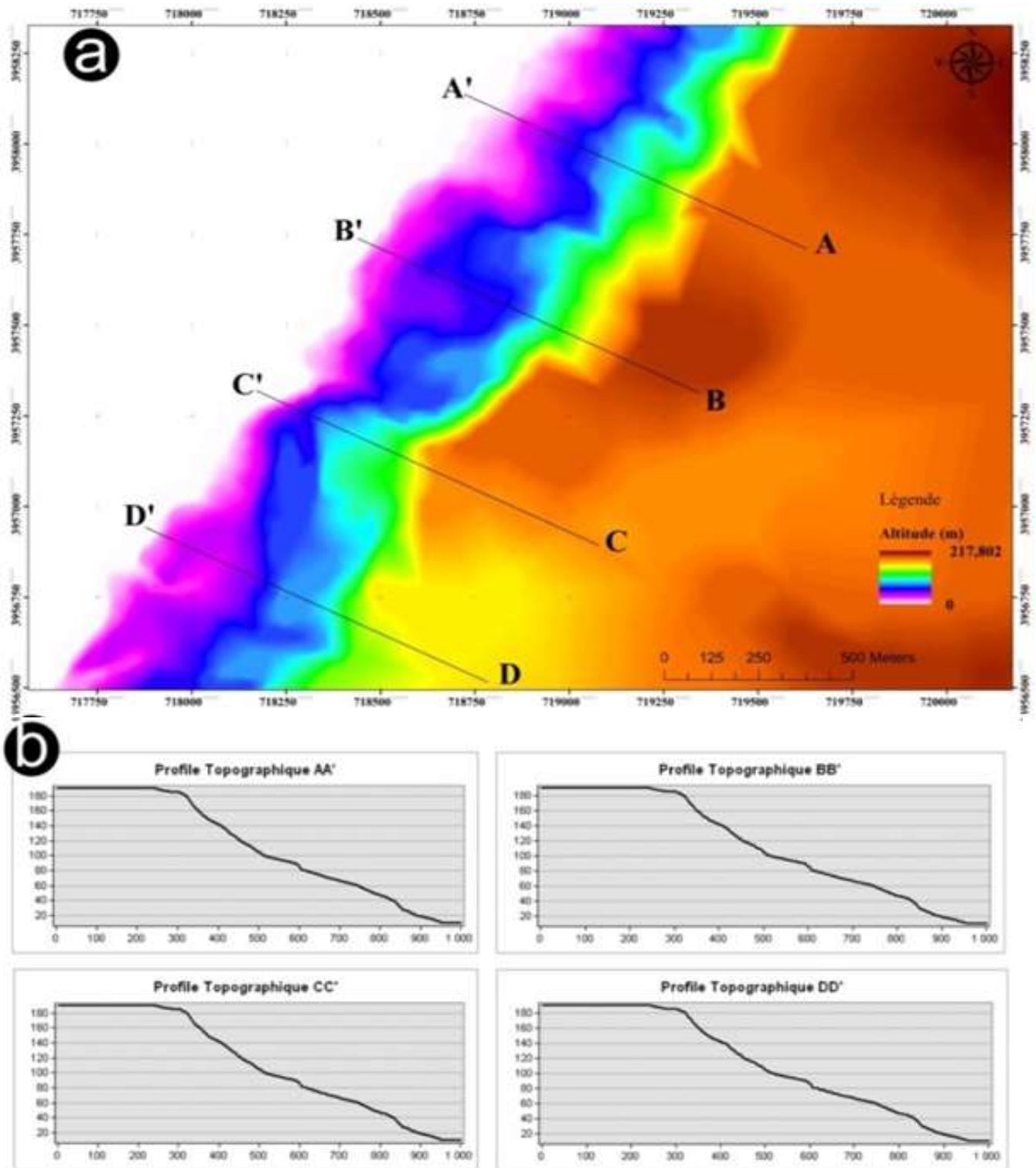


Figure .16 : la topographie de la zone d'étude ; (a) MNT du secteur d'étude, (b) profils en travers ; des sections [AD].

Chapitre 4 : Inventaire d'instabilité des terrains étudiés.

Lors des travaux du projet 'Liaison Autoroutière Reliant Le Port d'Oran à l'Autoroute Est Ouest Sur les 26 Km 1ère Tranche Sur 08 Km' des glissements de terrain sont observés aux niveaux de quelque site du tracé, il s'agit des glissements de terrain indexés G1, G2, G3, G4 et G5 Cette partie porte sur des études géologiques, géotechniques et des mesures d'inclinomètre et piézométriques récents de quelque glissement de terrain inventoriés dans la même zone suite à des bases de données disponibles au niveau des services (ANA 2019)

4.5.1.1. Glissement de terrain G1_G2 :

Les glissements de terrain G1 et G2 sont situés dans la partie basale de la falaise d'Oran (fig.17), ils s'étendent sur une superficie de 310154 m². Les investigations sur la zone G1 et G2 comprenant 8 sondages afin de déterminer la nature des formations lithologiques en profondeur, ainsi que 5 inclinomètres notifiés au (tab.2) pour estimer la vitesse de déplacement, de l'emplacement et la profondeur des sondages et les inclinomètres sont ainsi donnés par le même tableau.

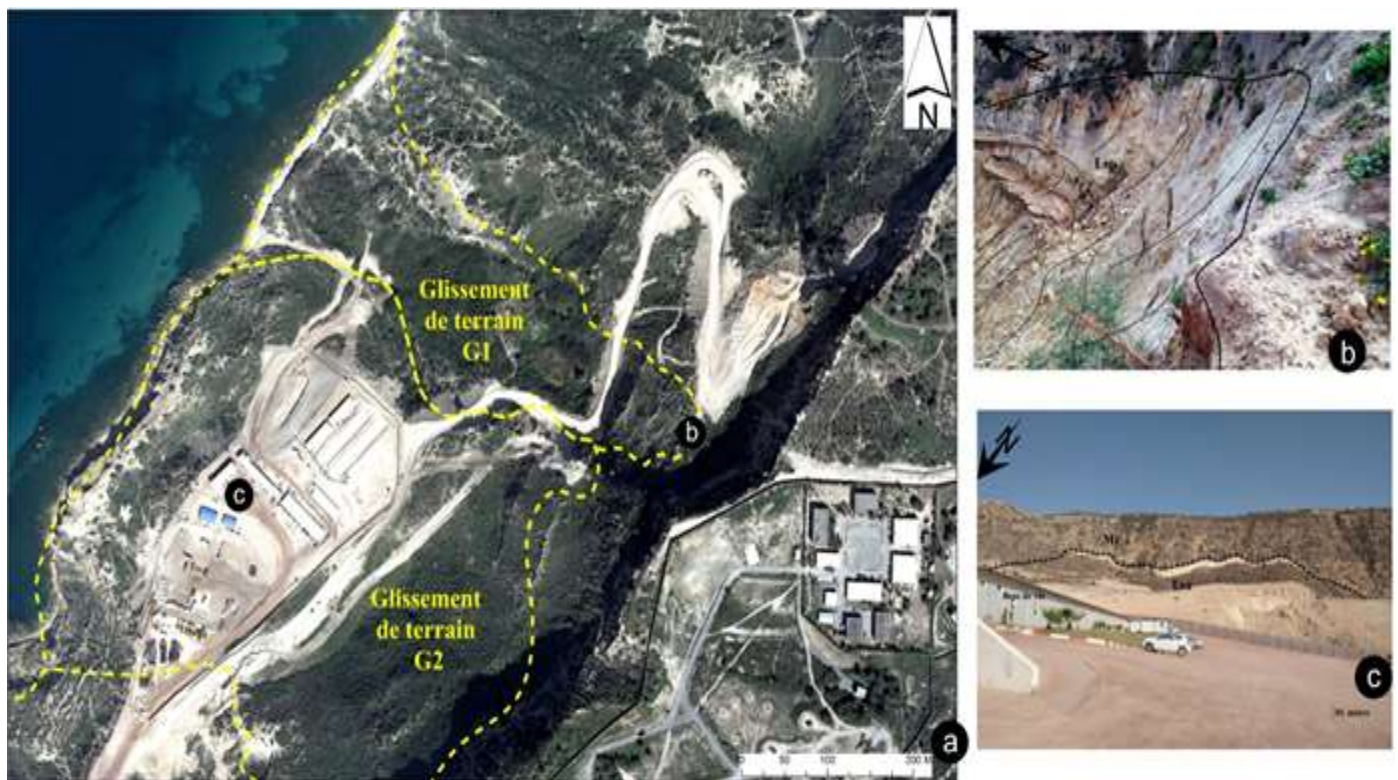


Figure 17 : Glissements de terrain G1 et G2, (a) vue aérienne des glissements de terrain G1 et G2 (Image DMC 0.13*0.13), (b) et (c) illustrations photographiques des conséquences directes des glissements de terrain G1 et G2

Tableau 2 : Récapitulatif des données de sondage et inclinomètre pour les glissements G1 et G2

Sondage/inclinomètre	Coordonnées (Utm_WGS84_Fuseau 30N)			Profondeur (m)
	X	Y	Z	
BH-37	718959.483	3958065.384	079.300	30.00
BH-38	718982.870	3958059.630	081.230	30.45
BH-39	719019.220	3958123.380	048.730	30.05
BH-40-P	719045.800	3958098.150	111.040	40.00
VBH-11	718866.763	3958004.659	082.666	33.00
VBH-12	718903.676	3958013.268	089.799	35.85
VBH-13	718918.357	3958046.368	087.824	37.00
VBH-14	718964.660	3958061.675	071.412	27.00
VBH-15	718996.006	3958097.793	075.675	24.00
VBH-16	719046.859	3958099.340	110.783	63.00
INC-9	718862.842	3958142.160	058.651	29.50
INC-10	718962.371	3958082.817	071.709	34.50
INC-G	718997.463	3958057.638	082.701	46.00
I5	719057.658	3958058.983	121.277	60.00
I4	718935,961	3958032,979	092,125	28.00

4.5.1.2. Géologie et stratification dans la zone des glissements G1 et G2 :

Les différents sondages (fig.18) montrent que la zone des glissements de terrain G1 et G2 appartient quatre unités géologiques :

4.5.1.2.1. Matériau du glissement (Lsa) :

Cette unité est constituée de sable de couleur beige jaunâtre et de ciment calcaireux contenant des passages centimétriques de sable à grains fins à moyens de couleur beige à beige jaunâtre, Il comprend la masse en mouvement du glissement en question.

4.5.1.2.2. Matériau de glissement (Lsp) :

Cette zone est définie comme un matériau potentiel de glissement (Lsp) car cette masse est sujette à des problèmes de stabilité, Ce matériau comprend du sable fin de couleur jaunâtre à beige légèrement graveleuse et du grès moyennement dur de couleur beige à jaunâtre avec du ciment calcaire.

4.5.1.2.3. Grès - Grès calcaire –et Alternances de calcaire sableux (Mt) :

Cette unité est composée de sable (Mt (W5)) de couleur jaunâtre à beige, dense, fin à moyen et de grès fin à moyen, jaunâtre à beige (Mt) avec du ciment calcaire qui se présente sous forme concassée à certains endroits, avec la présence de cavités et intercalation d'un passage de sable fin.

4.5.1.2.4. Marne - Alternance d'argile (Mm) :

L'unité 'Mm' sous-jacente au 'Lsa' qui consiste en facies de marnes de couleur grise oxydées par endroits.

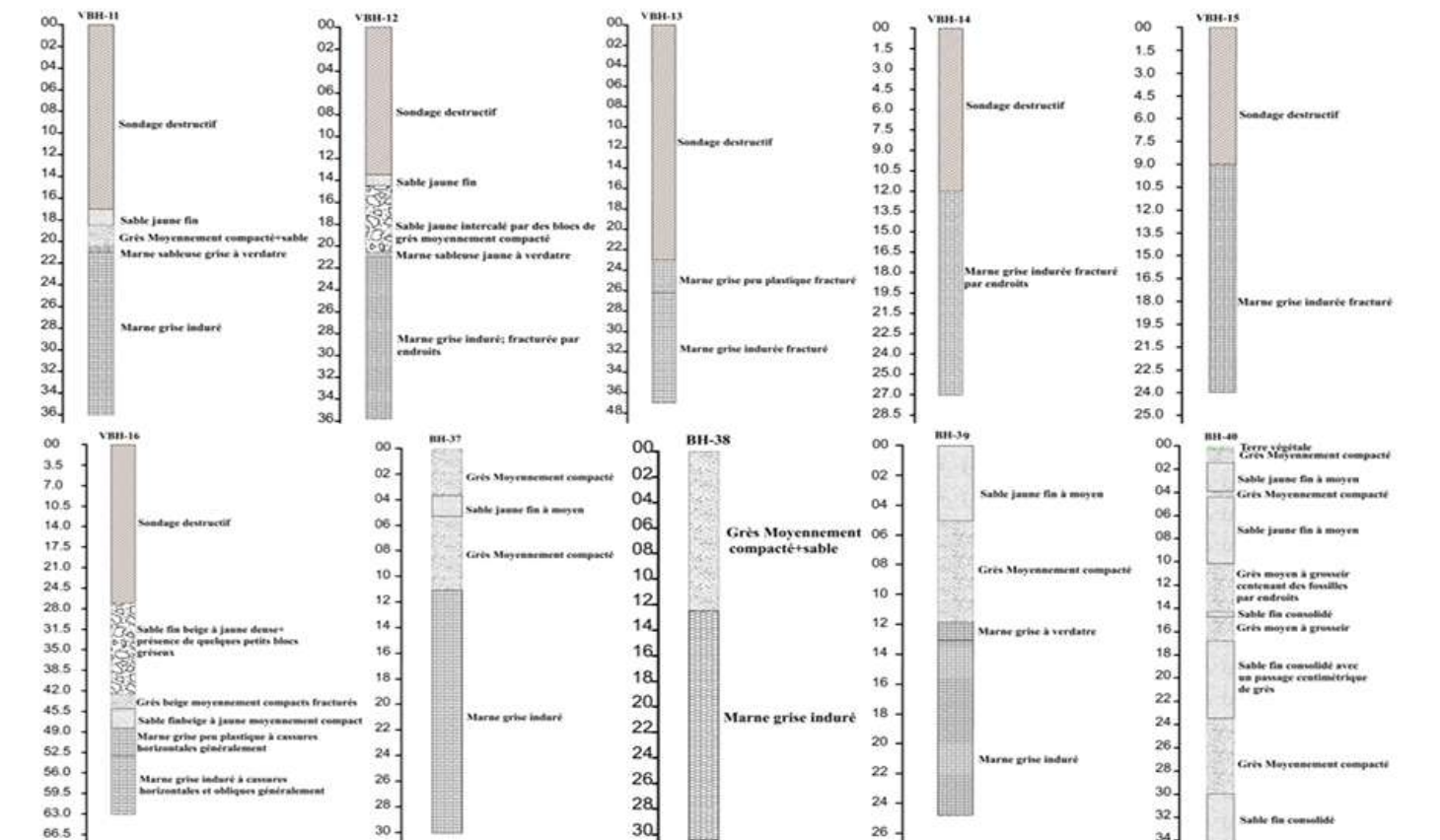


Figure .18 : Logs des sondages réalisés au niveau de la zone des glissements G1 et G2.

4.5.2. Données piézométriques des sondages réalisés dans la zone d'étude :

Au niveau de la zone d'étude quatre sondages sont réalisés afin de suivre le niveau piézométrique des eaux souterraines (fig.19). Le tableau 3 donnera les profondeurs, le niveau de la marne ainsi que les dates et les lectures piézométriques correspondant aux sondages VBH14, VBH16, VBH18 et VPR15.

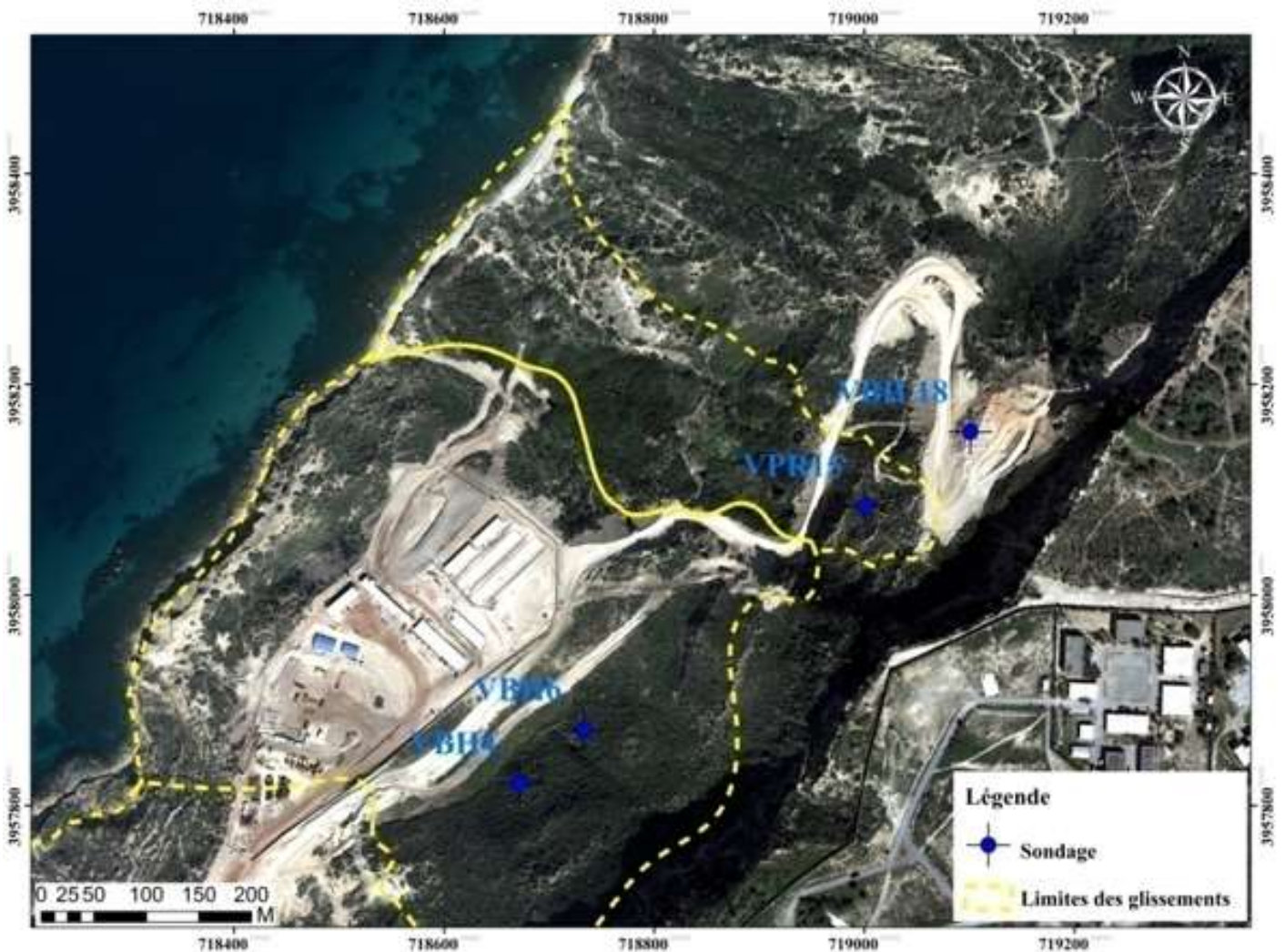


Figure .19 : Position des sondages réalisés pour suivre le niveau piézométrique

4.5.3. Type des glissements de terrain :

L'analyse des données précédentes montre que les glissements de terrains G1 et G2 interviennent dans les matériaux des glissements Lsa et Lsp déposés sur la partie médiane du versant à une formation marneuse, suite à la classification de Varnes 1978 et les coupes interprétatives établies de la structure interne (fig.20), les glissements de terrain G1 et G2 sont de type rotationnel ou la surface de rupture forme généralement

Chapitre 4 : Inventaire d'instabilité des terrains étudiés.

une structure circulaire. La profondeur de la surface de rupture varie entre 20 et 25 mètres, indiquant que ces deux glissements sont plus moins profonds. La vitesse de déplacement estimée par les données inclinomètres des zones G1 et G2 varie entre 0.18 et 0.45 mm/ jour traduisant la rapidité des glissements de terrain G1 et G2. Le niveau piézométrique mesuré dans quelques points, nous indique la présence d'eau en ce milieu. Ce facteur joue un rôle très important dans le processus des glissements de terrain. **Les glissements de terrain G1 et G2 sont considérés comme des glissements rotationnels, profonds et actifs.**

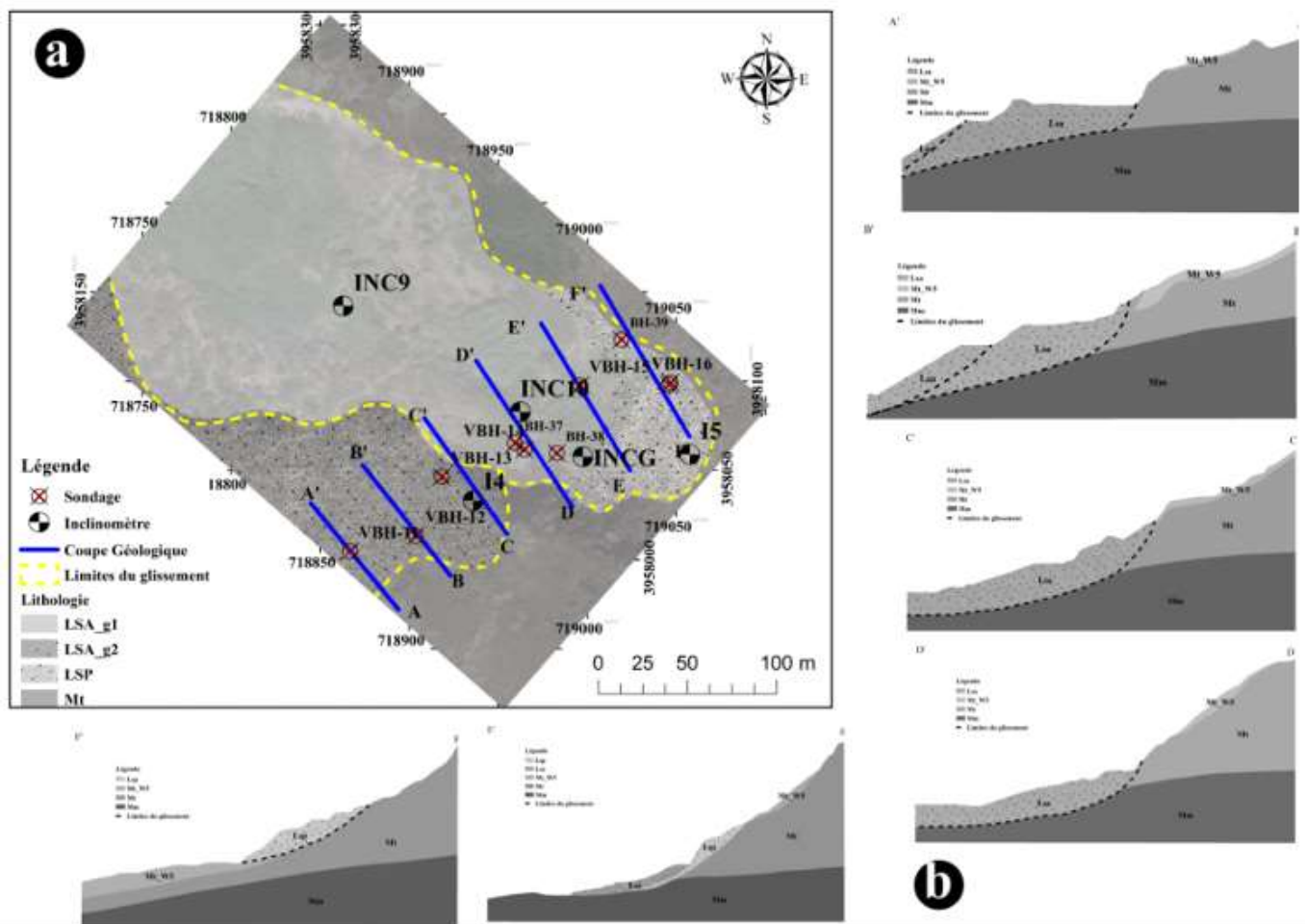


Figure .20 : Interprétation géologique (a) géologie de la zone G1 et G2 et tracé section des coupes géotechniques, (b) coupes interprétatives de la structure interne des glissements de terrain (frange maritime).

4.5.4. Glissements de terrain G3, G4 et G5 :

A proximité des glissements de terrain G1 et G2 deux autres glissements de terrain sont recensés dans cette zone côtière (fig.21), sur ce site, une auscultation détaillée associée aux études précédentes, les constats in-situ ainsi que d'autres mesures inclinométriques sont réalisés au niveau de cette zone. Les trois glissements de terrain occupés une superficie relativement assez importante.

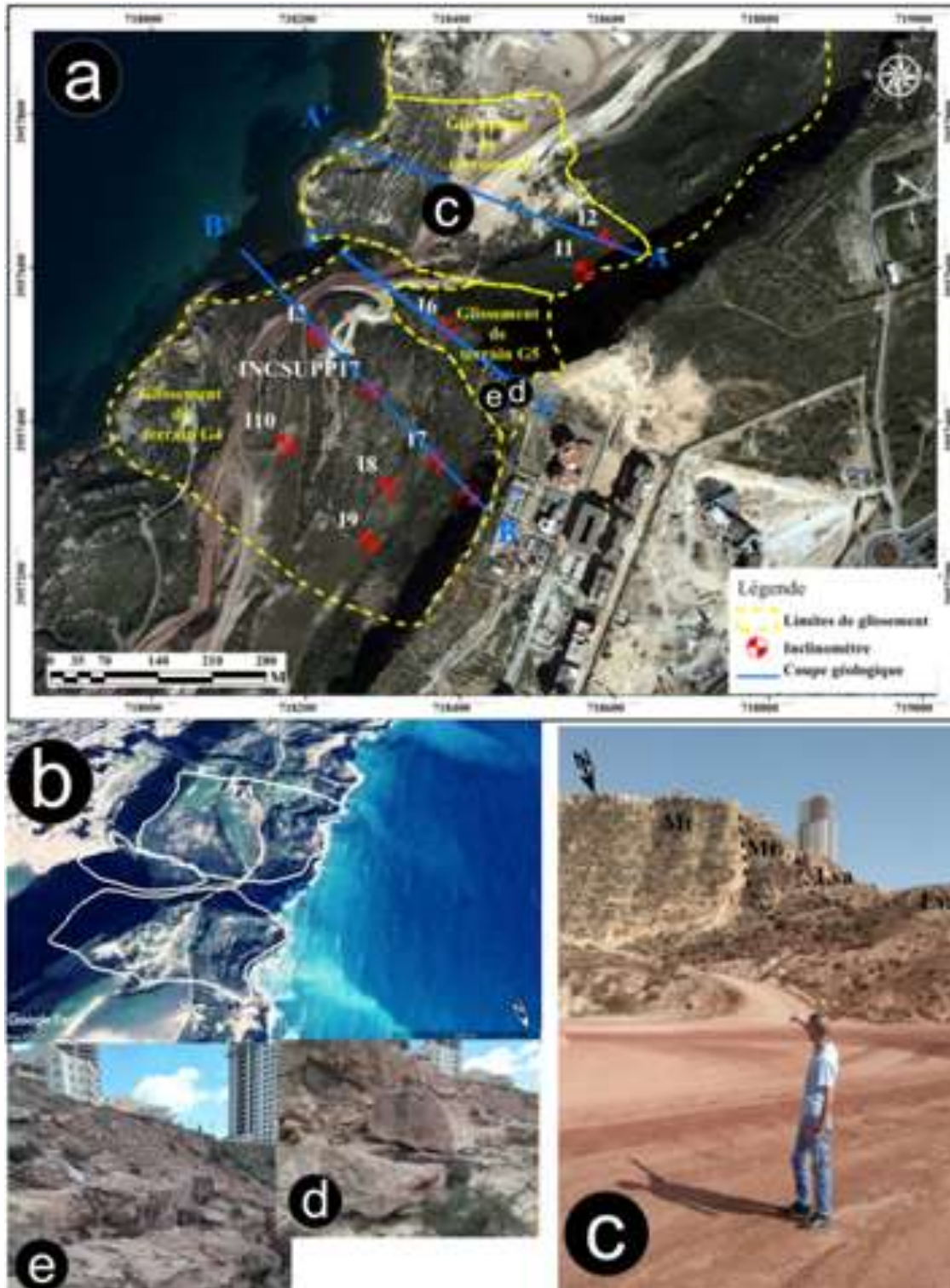


Figure .21 : Glissement de terrain G3, G4 et G5 ;(a)limites des glissement de terrain et position des inclinomètres réalisés, (b) image 3D Google Earth des glissements de terrain, (c) vu du glissement de terrain de terrain G5, (d) Eboulement au sommet du G5, (e) Basculement de terrain G5.

4.5.5. Mesures géotechniques via l'inclinomètre :

Dans cette section de la zone d'étude plusieurs inclinomètres sont installés, ou les données de dix inclinomètres disponibles sont utilisées. Il s'agit de (I1, I2, I3, I6, I7, I8, I9, I10, INCSUPP17 et INCSUPP12), la figure 2.28 montre la distribution spatiale des inclinomètres installés.

Les lectures des valeurs enregistrées par l'inclinomètre I2 (fig.22) montrent qu'au niveau de la zone de glissement G3 les déformations sont enregistrées à une profondeur de 13.5 et 31.5 mètre ; avec une vitesse de 0.36 mm/jour. Au niveau de la zone G5, les données de l'inclinomètre I6 montrent que la déformation est enregistrée à une profondeur de 25.5 avec une vitesse de 0.52 mm/jour pour une période de surveillance de 49 jours.

L'interprétation des résultats enregistrés par les inclinomètres (I3, I9, I10, INCSUPP17 et INCSUPP12) installés au niveau de la zone G4, montre que la vitesse de mouvement de terrain varie entre 0.08 et 0.63 mm/jour avec une profondeur de 16.5 à 61 m. le tableau suivant présume les résultats dérivés suite aux lectures des données d'inclinometrie (tab.3).

Chapitre 4 : Inventaire d'instabilité des terrains étudiés.

Tableau 3 : résultats des mesures inclinomètres

Inclinomètre N°	Date d'installation	Profondeur total (m)	Profondeur de la marne (m)	Mouvement de masse			
				Période de mesure (j)	Profondeur Du glissement (m)	Quantité (mm)	Vitesse (mm/jour)
I1	12/01/2017	32	21	171	-	-	-
I2	22/01/2017	36	30,5 16	49	11	17.7	0.36
					13.5		
I3	16/03/2017	24	22,5	128	16.50	10.7	0.08
I6	24/01/2017	30	22,5	49	25.50	25.9	0.52
I7	23/02/2017	54	47	143	-	-	-
I8	14/03/2017	59	54	122	-	-	-
I9	13/03/2017	51	44	128	31.00	47.8	0.37
I10	15/03/2017	50	40	48	46	30.40	0.63
INCSUPP17	?	57	?	?	61.00	-	0.29
INCSUPP12	?	63	?	?	49.50	-	0.18

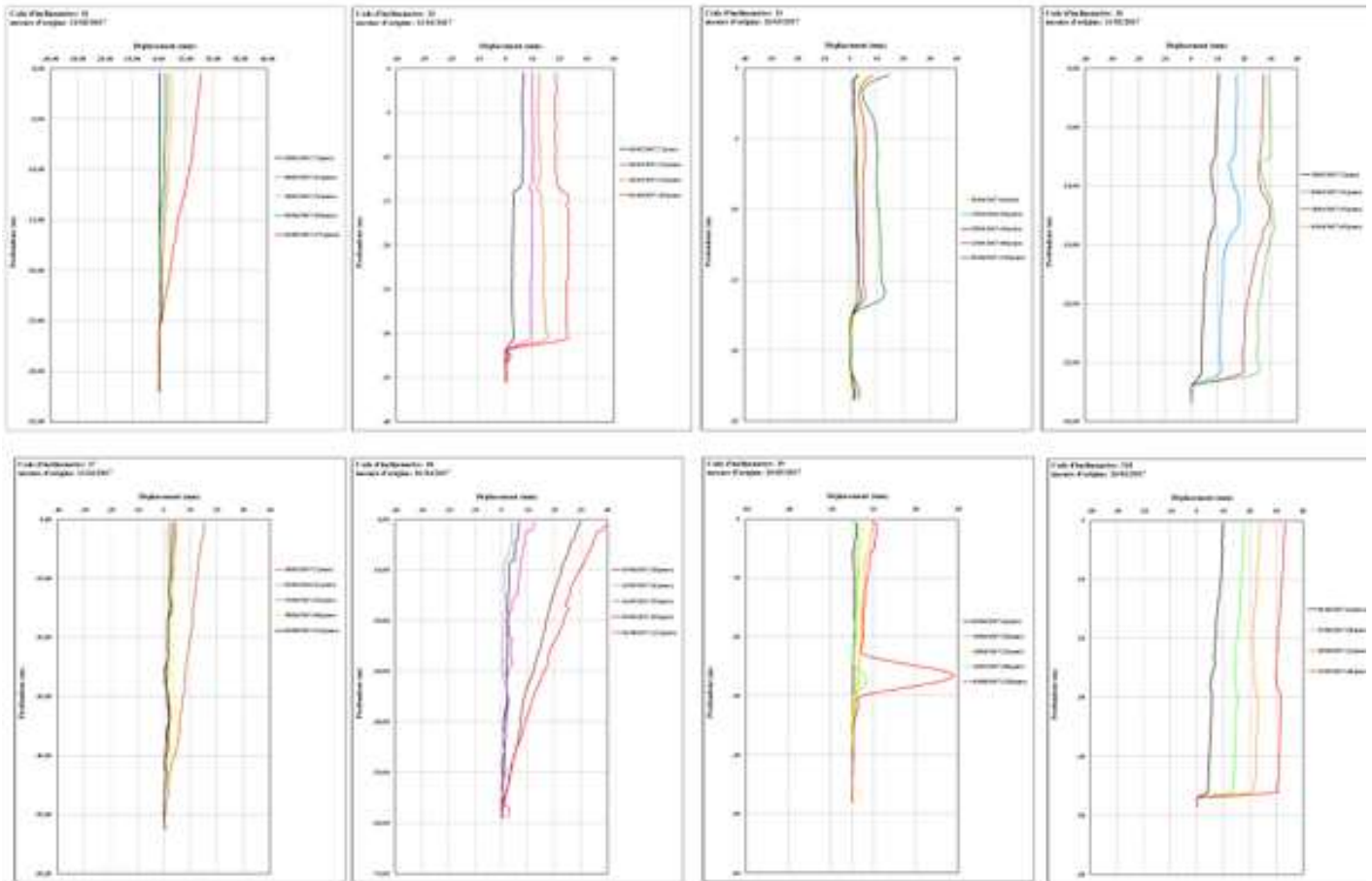


Figure .22 : les données des inclinomètres I, I2, I3, I4, I5, I6, I7, I8, I9, I10, INCSUPP12 et INCSUPP17.

4.6. Type des mouvements de terrain :

L'intégration des données multi sources ainsi que l'expertise in-situ permettant de mieux comprendre le mécanisme des trois mouvements de terrain recensés dans cette zone. Les coupes interprétatives (fig.23) et les lectures d'inclinomètres montrent que les mouvements de terrain **G3 et G4 considérés comme des glissements de terrain rotationnelles, profondes et actifs.** Le glissement de terrain **G5 présente un cas particulier**, dont l'application des autres méthodes supplémentaires est nécessaire pour mieux comprendre le mécanisme et la typologie de ce phénomène.

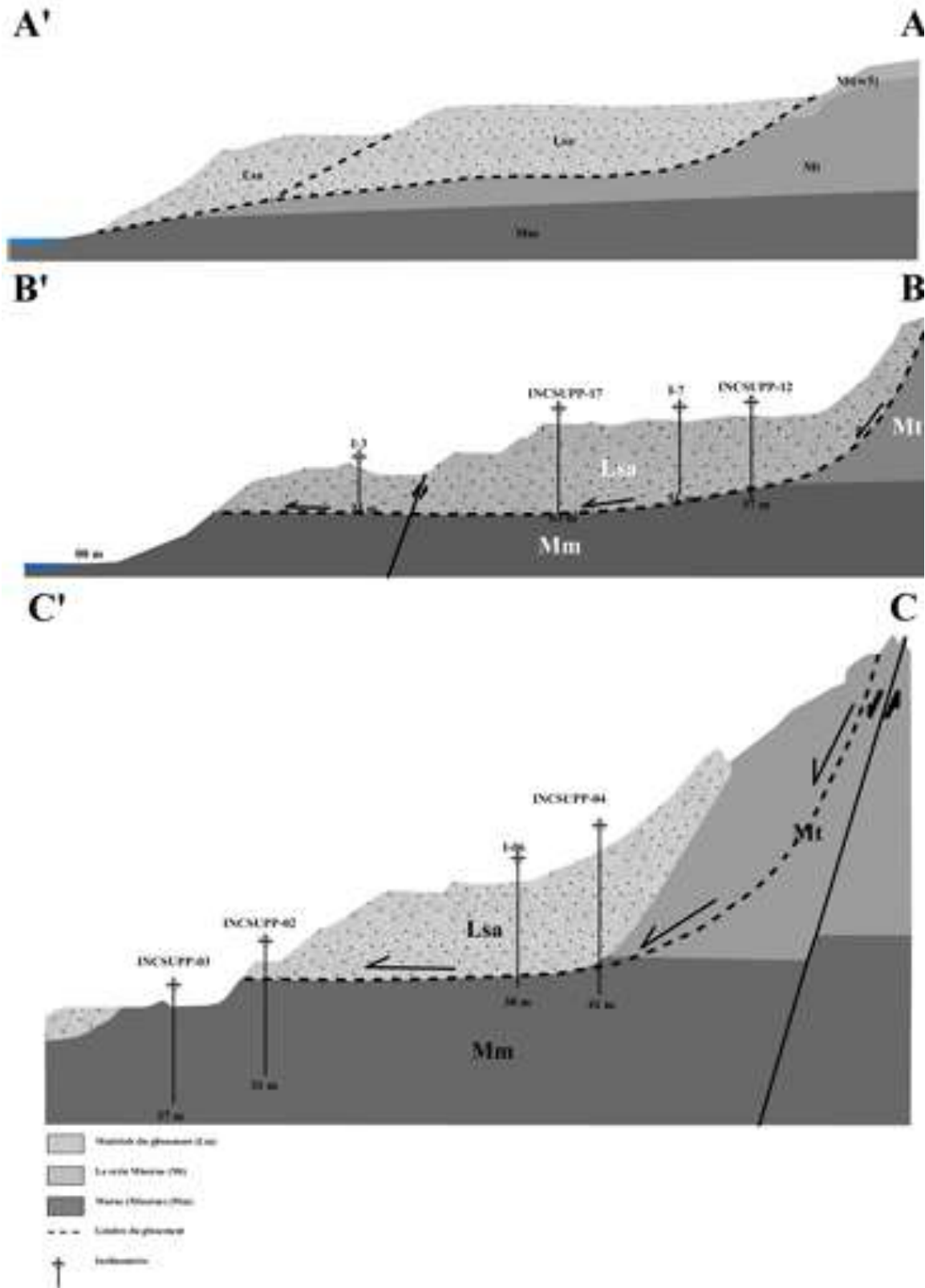


Figure .23 : Coupes géotechniques interprétatives de la structure interne des glissements de terrain G3, G4, G5.

4.6.1. Détection des glissements de terrain par le MNT LIDAR :

L'interprétation des données topographiques à haute résolution a permis de détecter les déplacements liés aux glissements de terrain. Le MNT LIDAR acquis par les techniques aéroportées et/ou terrestres a donné des informations très précises de la morphologie des terrains. La visualisation et l'interprétation de ces données en 2D et 3D ont servi à mieux cerner la zone des glissements de terrain envisagés. L'emploi du MNT LIDAR (d'une résolution de 1 mètre) (SEOR 2015) et leurs dérivés dans notre étude ont permis de recenser plusieurs glissements de terrain dans la zone comprise entre la partie bas de la Montagne des Lions et l'extrémité ouest de la frange maritime (Port d'Oran), le présent passage décrit quelques exemples des glissements de terrain détectés le long de la frange maritime d'Oran Est. La figure 25 montre clairement la présence d'un déplacement d'une masse importante de sol dont la superficie glissée est de 7Ha 81 Are et 35 Ca, la morphologie du terrain est caractérisée de l'amont vers l'aval par i) une zone de très forte pente dont l'altitude varie entre 140 et 190 mètre (falaise), ii) une zone de glissement de terrain située entre l'altitude 50 est et 140 mètres est caractérisée par une pente modérée et iii) une zone d'accumulation qui formera une topographie bosselée ; située à l'aval du glissement de terrain ausculté.

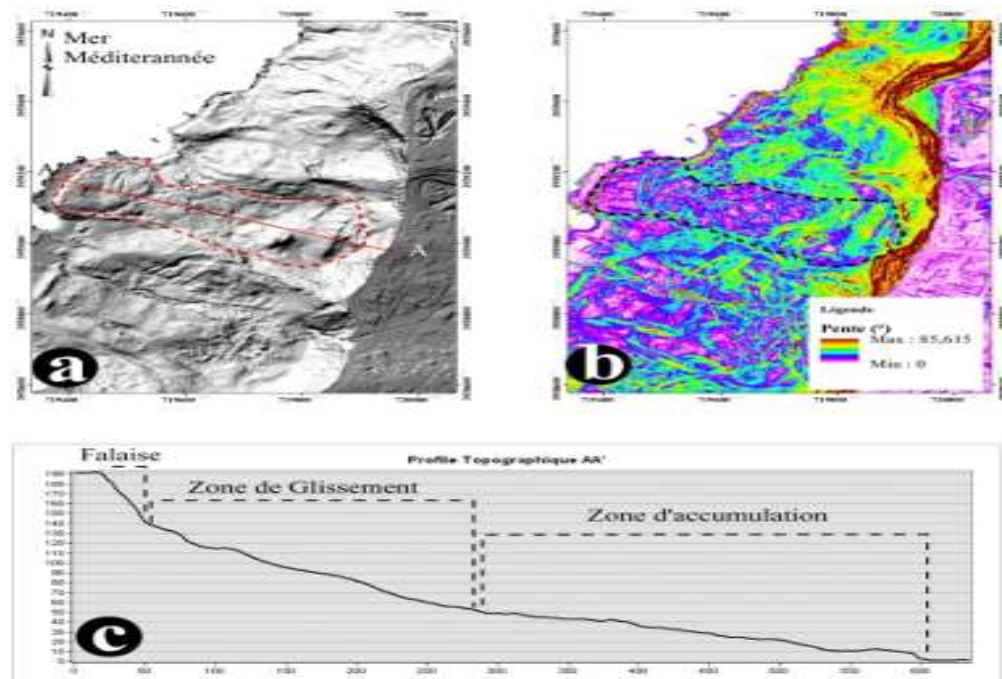


Figure .24 : Glissement de terrain détecté par le MNT LIDAR ; a) image ombrée à 45°, b) carte des pentes, c) profil topographique AA'.

Au niveau du flan Nord du Douar Belgaid, une série de glissements de terrain est observée, l'interprétation du MNT LIDAR en 3D (**fig.25**) nous a permis de déterminer plusieurs glissements de terrain de différents types, ces événements sont généralement manifestés au niveau des formations géologiques d'âge Miocène qui représentées par les marnes et les matériaux des glissements anciens. La réactivation de ces glissements forme des mouvements gravitaires récents, ces glissement de terrain sont classifié en i) coulée boueuse et ii) glissement transrationalnel (**Benabdellah 2010**)

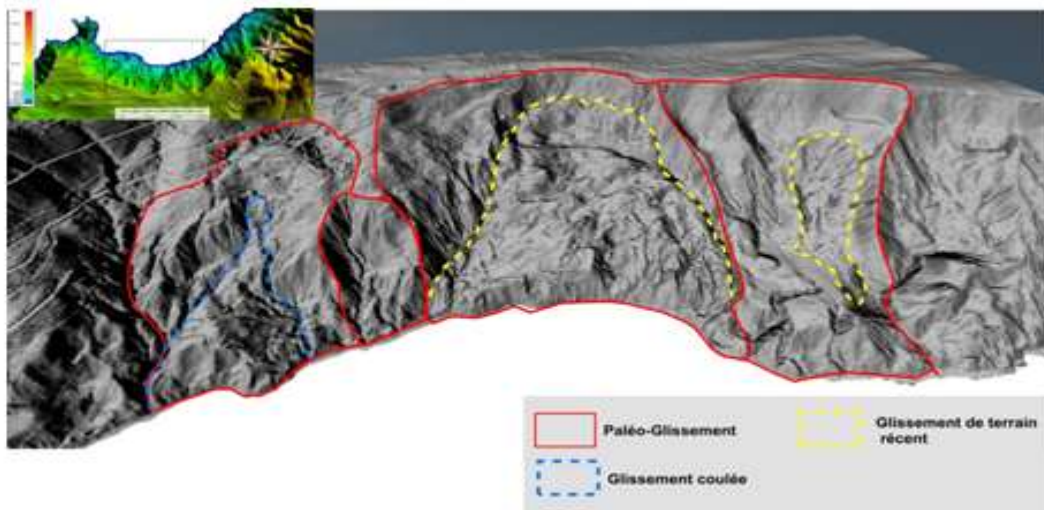


Figure .25 : Vue 3D du flan Nord du Douar Belgaid montrant les glissements de terrain détectés par le MNT LIDAR (base de données SEOR). 3.8.

4.7. Glissement de terrain de la carrière d'extraction du tuf de Tafraoui :

Selon le travail (**bendahou d ;2021**) ; L'activité de la carrière au cours des dernières années a provoqué le déclenchement d'un glissement de terrain qui affecter les formations affleurant dans la carrière en première place et les formations qui se situent au-dessus de la carrière.

La présence sur terrain dans le côté Est de la carrière nous a permis de bien observer l'état des lieux. Les sols ont été décrochés et fragmentés les uns des autres d'où les fissures sont bien remarquées (**Fig. 25A, B et D**). En allant vers le haut, des fissures sont remarquables d'une façon perpendiculaire au glissement au niveau des roches consolidées telles que les calcaires à Lithothamniées (**Fig. 26C, E**). Au niveau des formations qui se situent au-dessus de la carrière (**Fig.27A**), le glissement se manifeste d'une façon agressive (**Fig. 29**).

Chapitre 4 : Inventaire d'instabilité des terrains étudiés.

On remarque plusieurs niveaux de glissement dans cette surface, ceci prouve que le glissement a affecté ces formations plusieurs fois au cours des dernières années où les terrasses ont été effondrées (**Fig. 27B**), ainsi des masses ont été glissées (**Fig. 28A et B**).

Le glissement a affecté quelques formations marneuses intercalées dans les calcaires à Lithothamnées. Ce glissement est très localisé. Une masse importante de matériaux meubles a été glissée. Le glissement se prolonge le long d'une pente très importante vers l'aval (**Fig. 28C**).

La partie ouest de la carrière a été récemment exploitée, c'est pour cela qu'elle ne possède pas des surfaces de glissement, bien qu'elle soit représentée par le même faciès que celui de la partie affectée par ces glissements. L'absence des glissements dans cette partie s'explique également par la présence d'une pente abrupte (pente rompue) (**Fig. 29**)



Figure 26 : Impact de glissement sur les formations géologiques (partie Est de la carrière).

A, B et D) fragmentation des sols. C et E) fissurations des calcaires à Lithothamnées.

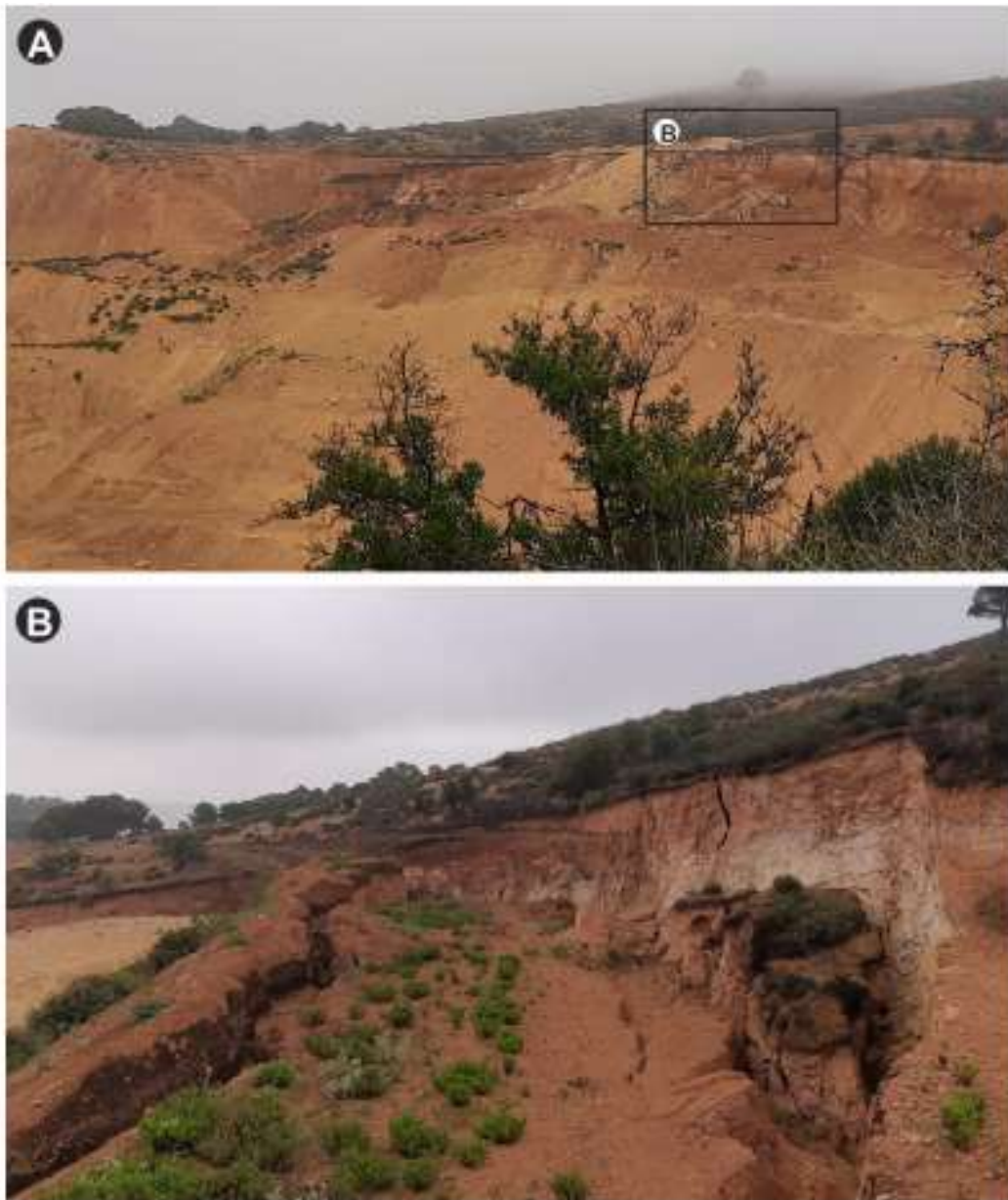


Figure27 : Impact de glissement sur la partie haute de la carrière ; A) vue panoramique de la partie haute de la carrière ; B) l'effondrement des terrasses.

Le glissement de la carrière de Taфраoui marque un danger imminent dans la zone. Sachant que la mort de deux ouvriers entre les années 2009 et 2012 a eu lieu, suite à un effondrement d'une masse de la partie qui se trouve au dessus de la carrière.

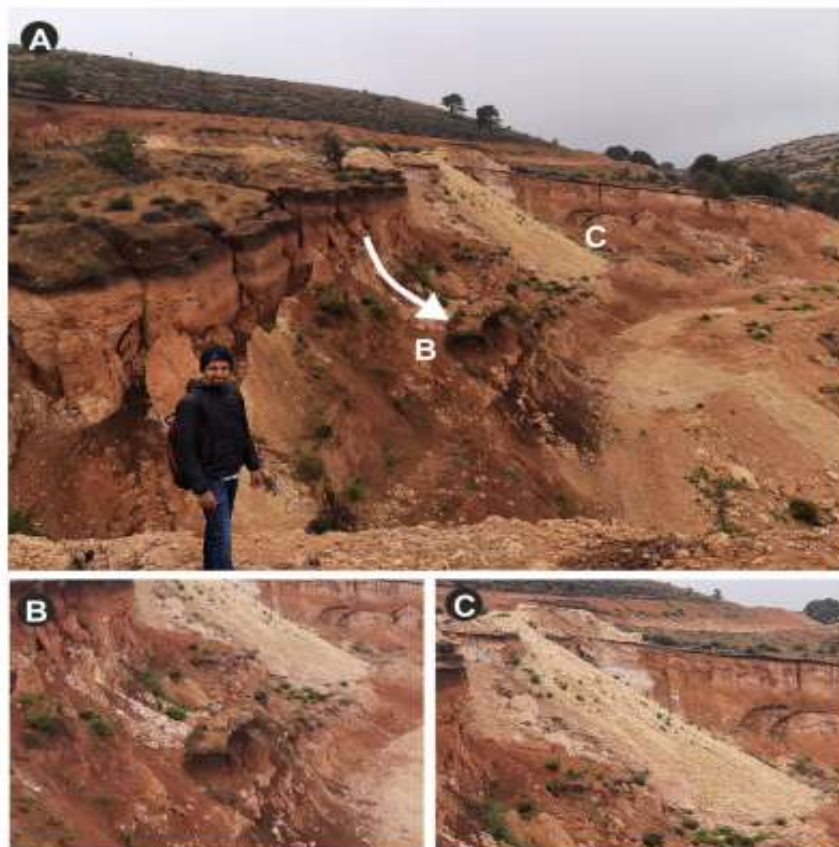


Figure 28 : L'ensemble affecté par les glissements des marnes et l'éboulement des masses ; A) Prise de photo pour l'ensemble ; B) Eboulement de masses ; C) Glissements des matériaux meubles.

A ce jour-là, le danger reste mortel pour les bergers et leurs troupeaux ainsi que pour les gens qui visitent souvent les lieux pour arriver à une source d'eau qui émerge au cœur de la carrière.



Figure 29 : La partie Ouest de la carrière.

4.7.1. Interprétation du type de glissement étudié :

Notre visite sur terrain nous a permis de parler un peu sur le type de glissement étudié. Selon la classification de VARNES (1978), on peut dire que nous avons un glissement complexe qui comporte plusieurs types. Parmi ces types, on distingue des glissements translationnels actifs et qui ont manifesté plusieurs fois, suivis par des éboulements de masses rocheuses et des glissements de matériaux meubles. Pour mieux comprendre le type de glissement, des photos et des schémas représentatifs ont été présentés.

Le premier schéma (**Fig. 30**), montre d'une façon plus explicative le comportement de l'un des glissements de terrain qui affectent la zone, dans une première phase, un glissement translationnel a affecté la formation superficielle, dont le déplacement du sol vers le bas est bien observé avec la présence de la niche d'arrachement principale (1), dans la seconde phase, une partie de la formation a été effondrée des deux cotés pour identifier le deuxième glissement (2), le corps glissé possède des fissures qui représentent des glissements probables dans le futur, la présence d'un petit glissement dans ce corps glissé est bien marquée (3). Les glissements (2) et (3) marquent la présence des niches d'arrachement secondaires.



Figure 30 : 1 ère interprétation du glissement de terrain de la carrière de Tafraoui.

Le deuxième schéma (**Fig. 31**), montre les autres types de glissement suggérés qui affectent la zone, le premier s'observe parfaitement avec l'éboulement de grandes masses rocheuses (1) et (3). Des matériaux meubles se glissent le long d'une pente très importante marquant un autre type de glissement (2)

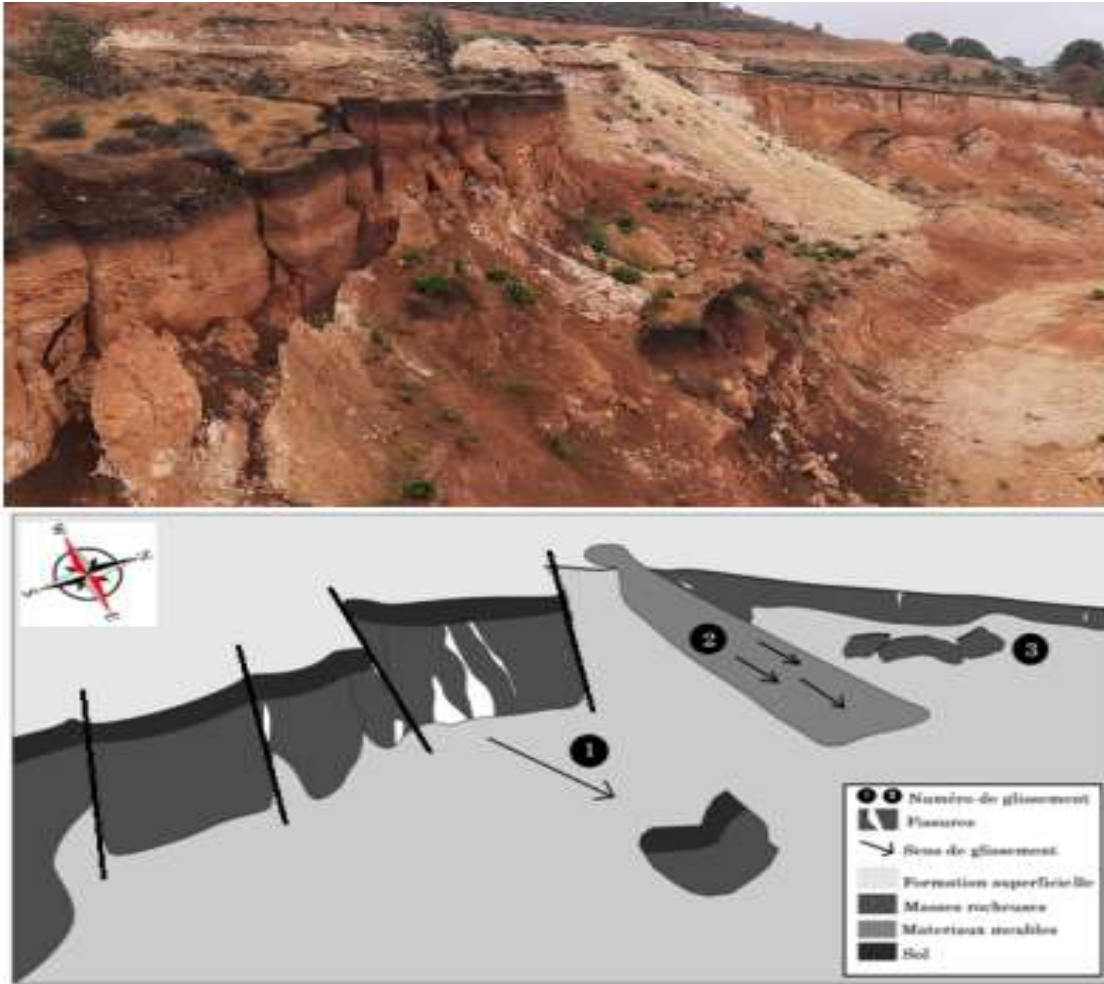


Figure 31 : 2 e interprétation du glissement de terrain de la carrière de Taфраoui.

Les schémas réalisés et les photos observées, ainsi que les indices collectés, prouvent que la zone est affectée par un glissement complexe et actif jusqu'à aujourd'hui et qu'il marque toujours un danger pour l'environnement.

4.7.2. La réactivation du glissement de la carrière :

Pour vérifier si le glissement de la carrière de Taфраoui est actif ou non, des photos de comparaisons ont été préparées pour bien observer la différence afin de décider sur l'activité de ce glissement. Avant la dernière visite sur terrain, une visite a été faite le 21/12/2019 par l'équipe de RNG (risque naturels et gestion), l'expertise et l'observation de l'état des lieux ont permis de bien évaluer la situation de glissement de terrain. La dernière visite faite le 05/06/2021, a permis de faire une autre évaluation sur l'état de glissement afin d'établir une comparaison par les photos prises lors des deux visites faites (Fig. 32).



Figure 32 : Comparaison par photos entre les deux visites sur terrain.

4.8. Le glissement de terrain sis à Ras El-Aine 'Chaabat ':

Le glissement de terrain survenu la nuit de samedi à dimanche dans le quartier Les Planteurs, plus précisément au lieu-dit Ard Chaabat et qui a provoqué la mort de quatre personnes, issues d'une même famille et 13 blessées.

Le constat sur site montre qu'un effondrement d'une masse rocheuses constitué essentiellement par des calcaire d'âge miocène, ce phénomène est provoqué essentiellement par l'effet anthropique présenté par le surcharge des bâtis construites sur l'amont du Kaf ainsi que la circulation des eaux infiltrées qui se dégage par les habitants. La figure suivante montre les dégâts et l'effet d'effondrement sur le site.

L'enquête entamée avec les habitants du quartier, montre que des fissures ont été remarquées depuis janvier 2025 dans les murs de leurs maisons suivies par des petites fissures centimétriques dans la rue en février 2025. Selon les témoins les fissures sont devenues de plus en plus grandes. Une semaine avant la catastrophe, les habitants déclarent aux collectivités locales que leur habitation commence à s'effondrer, avant la catastrophe, la protection civile avertit la population et d'ordonner de quitter leur maison.

Dans la même journée, un séisme de magnitude 3.2 a frappé la région d'Arzew, ce séisme a été ressenti même par les habitants du quartier, ainsi que par une grande population de la ville d'Oran. Ce tremblement de terre semble être le déclencheur de l'affaissement ayant affecté le site considéré ; voir son impact (fig 33).



Figure 33 : l'effondrement du site de Chaabat planteur

4.9. Introduction

Dans ce travail une approche méthodologique basé sur l'application de plusieurs méthodes et techniques fondu essentiellement sur :

- La consultation des anciens documents (thèses_ mémoire_ article _ rappot_ journaux _ réseaux sociaux ...).
- Expertise in situe (sortie de terrain).
- Interprétation et consultation des anciennes cartes.
- Interprétation des photos aériennes.
- Interprétation des images satellite Alsat 2AA.

Chapitre 4 : Inventaire d'instabilité des terrains étudiés.

4.9.1. Création d'une base de données via 'SIG':

Le système d'information géographique SIG est un outil prometteur dans la cartographie d'inventaire d'aléas géologiques ; dont l'utilisation des logiciels performants devient un outil nécessaire pour tout genre d'étude portant sur les phénomènes géologiques. Dans ce contexte un ensemble des logiciels tels que Arcgis, Global Mapper, Geomatica est utilisé afin d'établir une base de données des aléas géologiques.

4.9.2. Structure de la base de données réalisée:

Suite aux travaux de (Sardou et al 2016, Roukh 2020) notre base de données est composée de six colonnes (numéro (ID), la commune, type de phénomène, Altitude, pente, coordonnées longitudinales, coordonnées latitudinales. (Voir annexe).

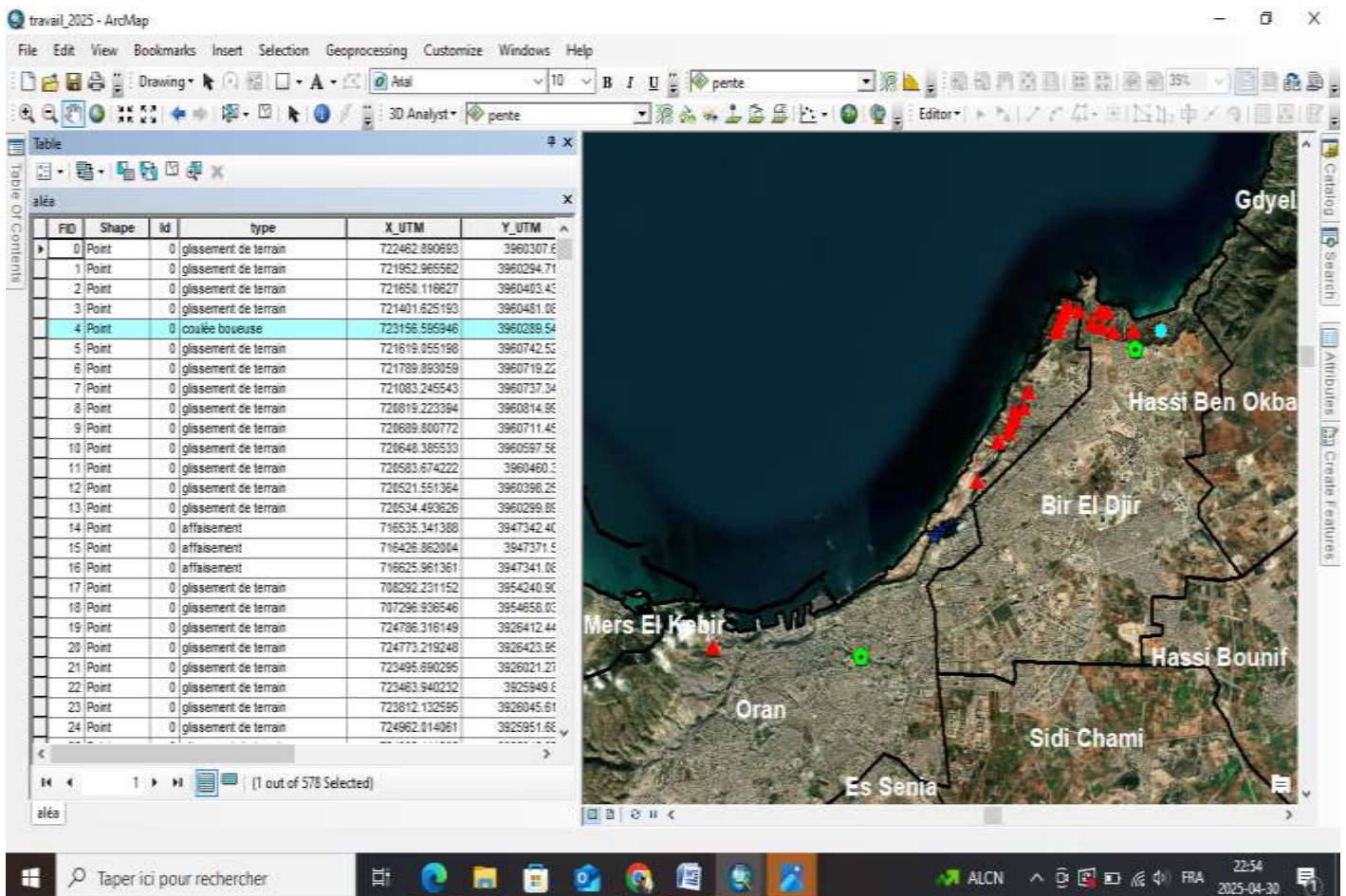


Figure 34 : Représentation de la base de données SIG via l'outil Arc GIS

4.10. Interprétation des résultats :

4.10.1 Représentation graphiques et distribution spatiale des glissements:

La projection des données sur un support de base cartographiques permettant de mieux distinguer les zones les plus affectées par les phénomènes géologiques liées aux mouvements de pente, cette information cartographique présente un outil indispensable dans la cartographie d'aléa ou de susceptibilité au glissement de terrain. La projection des données selon un système de projection dit Nord Sahara 1959 zone 30 montre la position de chaque phénomène inventorié sur notre zone d'étude. Les figures suivantes montrent clairement que les zones montagneuses sont les plus affectées par le mouvement de pente on mentionne celle de Tafraoui, Arzew, la frange maritime d'Oran et les monts de Murdjadjo et celle de mers el Kebir. La cartographie d'inventaire d'aléas géologiques permettant de localiser les différents phénomènes ainsi leur type. Cette information présente un outil important dans la gestion des risques dans la wilaya d'Oran. L'exploitation des données de cette carte par les collectivités locales régionales permettant de minimiser les dégâts et les pertes humains ainsi que de préserver les futurs projets.

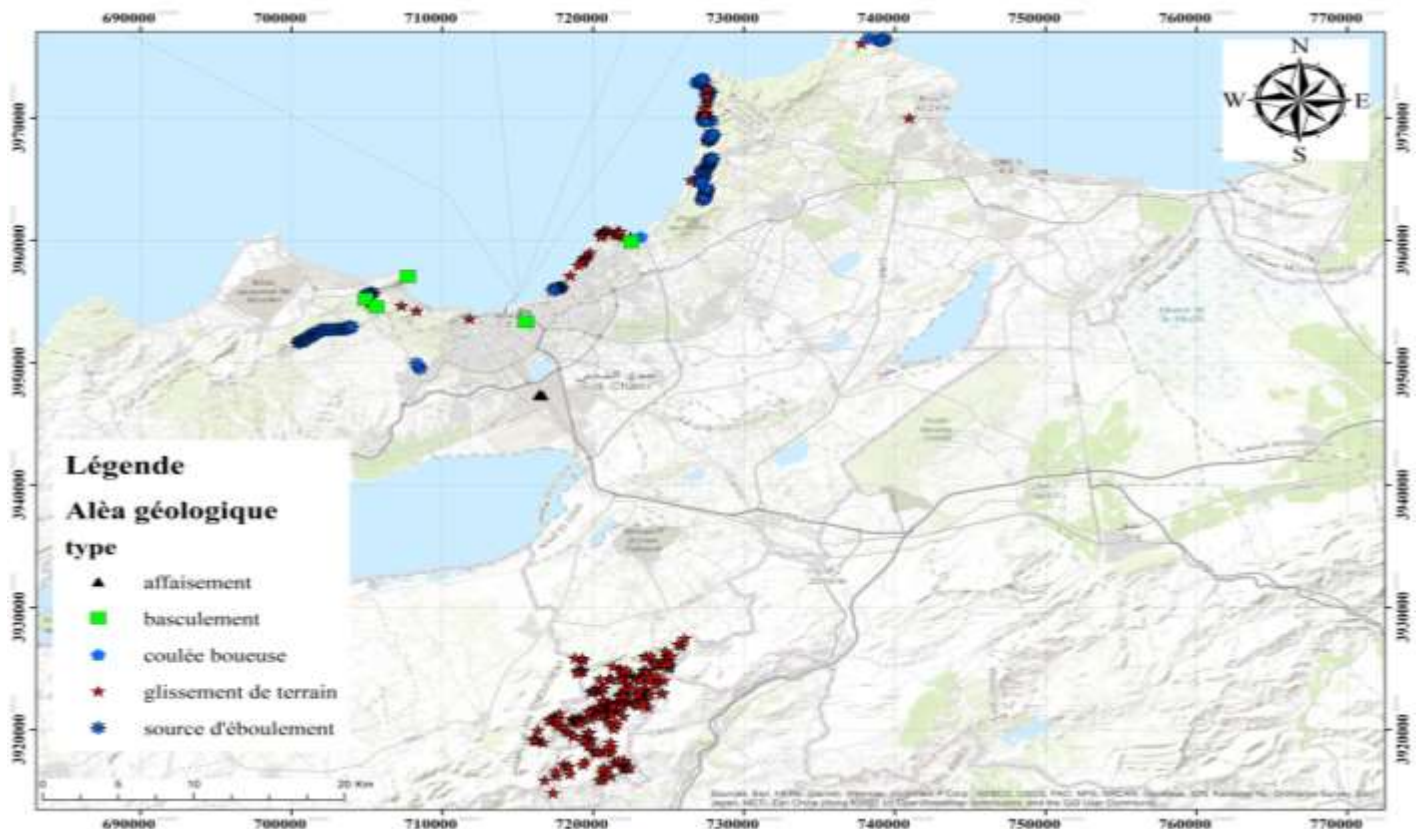


Figure 35 : distribution spatiale des aléas géologiques dans la wilaya d'Oran

Chapitre 4 : Inventaire d'instabilité des terrains étudiés.

La figure suivante montre que la partie nord du littoral est affectée par plusieurs phénomènes tels que les glissements de terrain, les éboulements et basculements

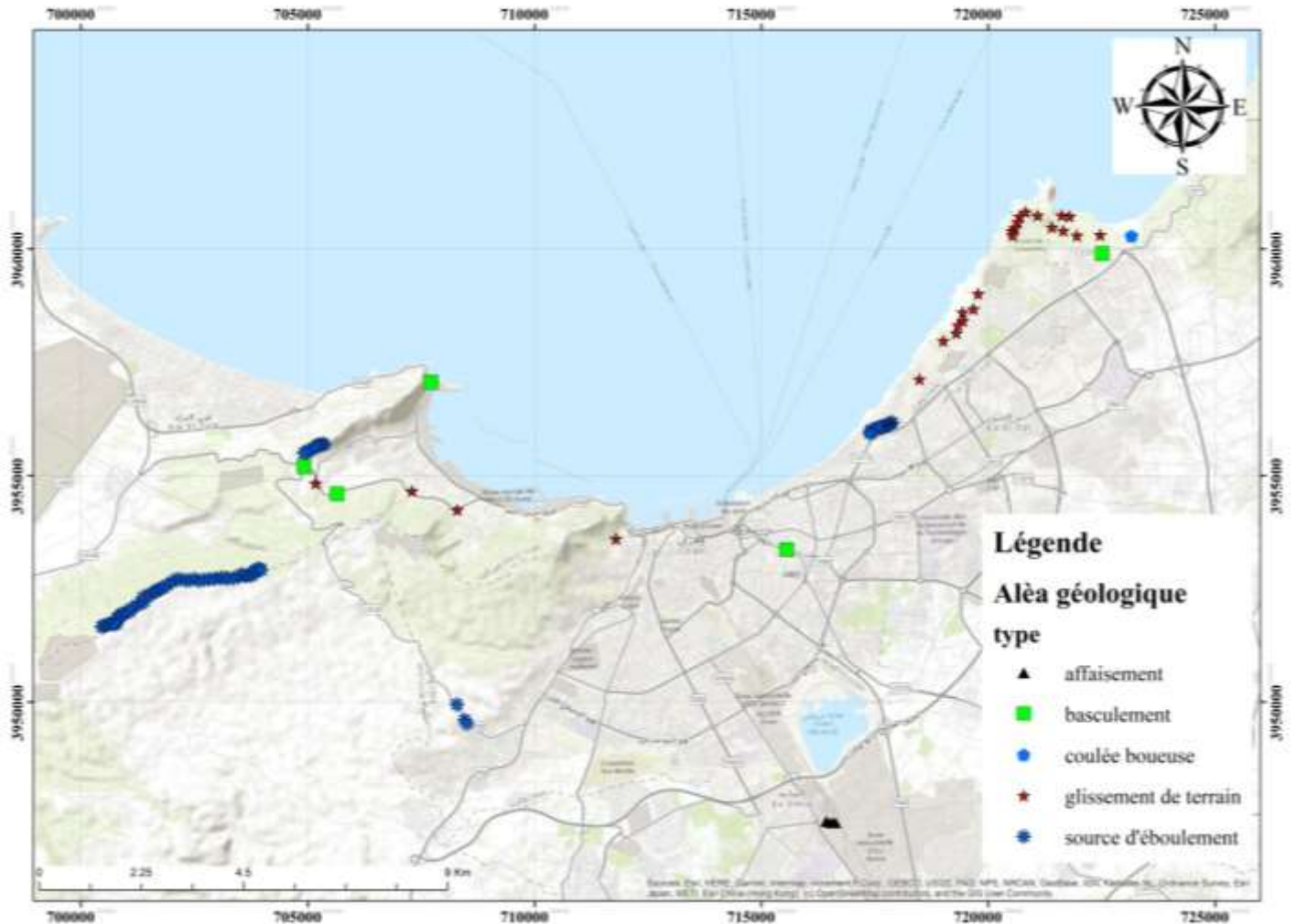


Figure 36 : distribution spatiale des mouvements de terrain dans la partie centrale d'Oran.

Vue la nature des formations géologiques et la géomorphologie de la partie Est d'Oran présenté par les monts d'arzew et les mont de kristel, un ensemble de phénomènes géologiques sont présentées sur la figure , ces phénomènes sont généralement de type éboulement.

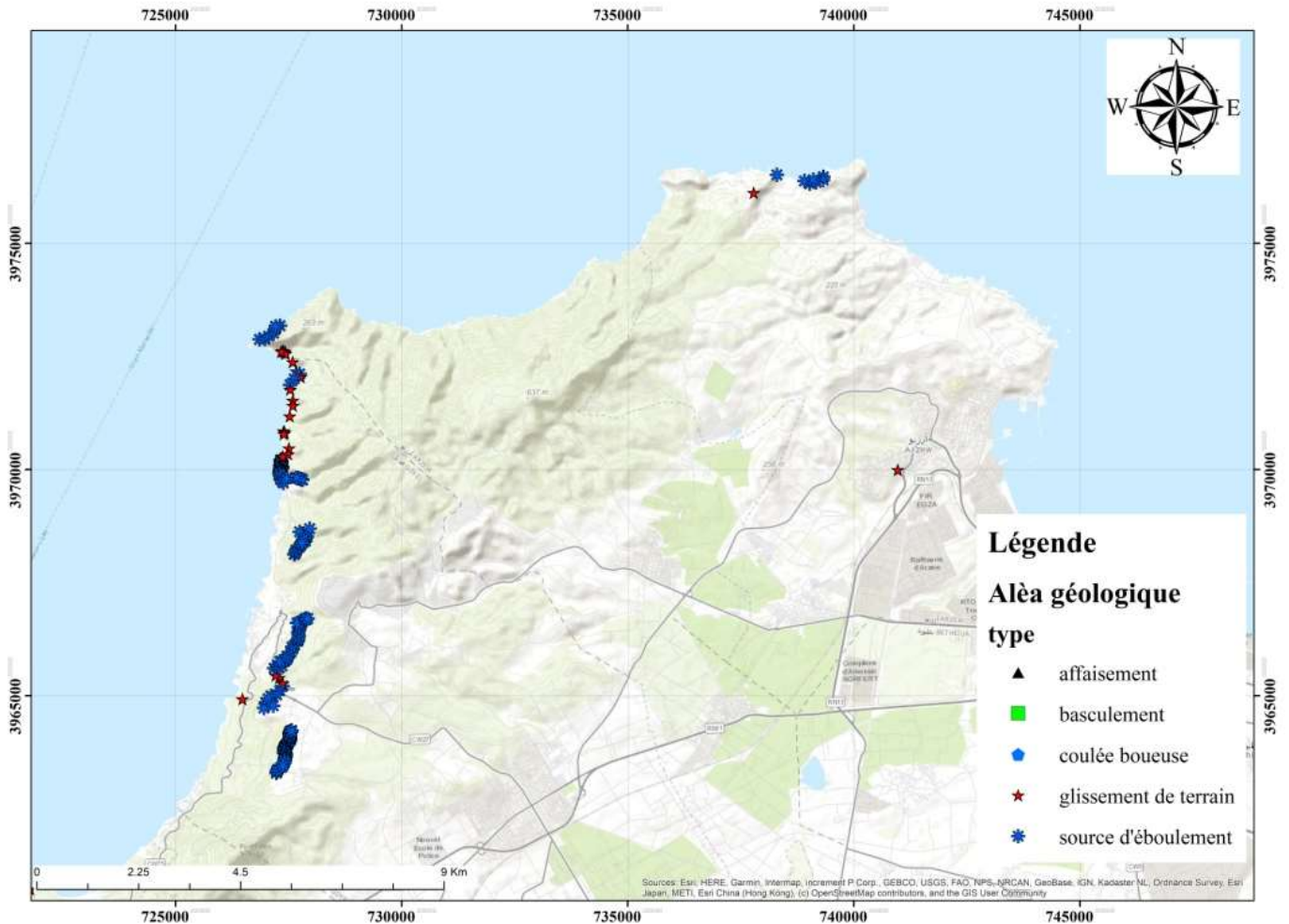


Figure 37 : distribution spatial des mouvements de pente sur la partie Est d'Oran (Mont d'Arzew)

Les formations marneuses et argileuses caractérisant le mont de Tafraoui ainsi que la géomorphologie et le climat de la zone et la présence d'eau souterrain rendent plusieurs endroits susceptibles aux mouvements de pente et notamment les glissements de terrain, la figure présente la distribution spatiale de 222 glissements de terrain inventoriés dans la partie centrale de la commune de Tafraoui.

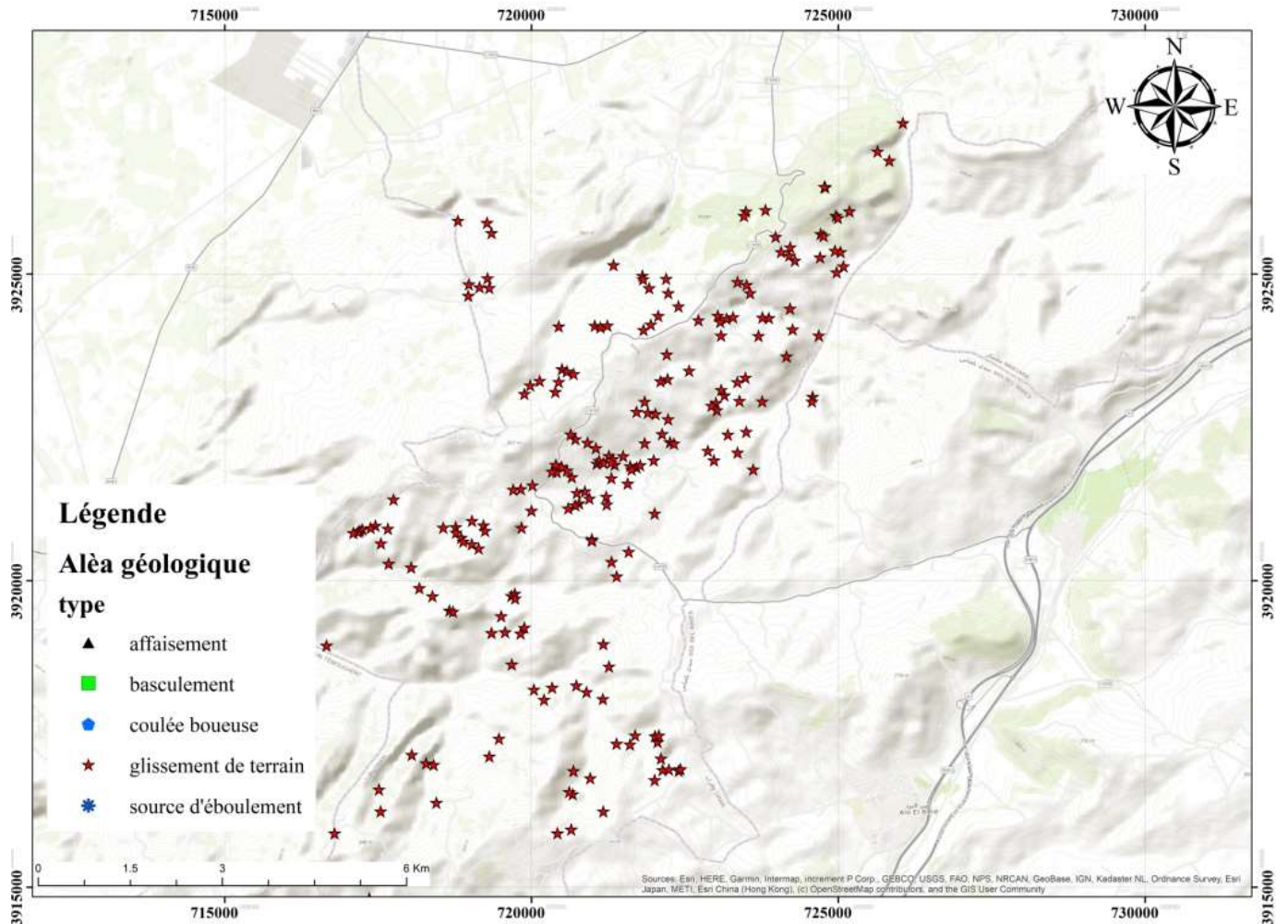


Figure 38 : distribution spatiale des glissements de terrain dans la partie sud d'Oran (mont de Tafraoui)

4.11. Interprétation des résultats :

4.11.1. Source d'information :

Dans notre travail, le catalogue des aléas géologiques de la wilaya d'Oran est entamé par l'exploitation d'anciens catalogues réalisés, des enquêtes sur terrain ainsi que par les thèse de doctorat, les projet de memoires de fin d'étude realiséé par les etudiant de la specialité du risque geologique et les sites Web. La majorité des information obtenue sans collecter par l'exploitation les thèses de doctorat et l'expertise in situ fig (39).

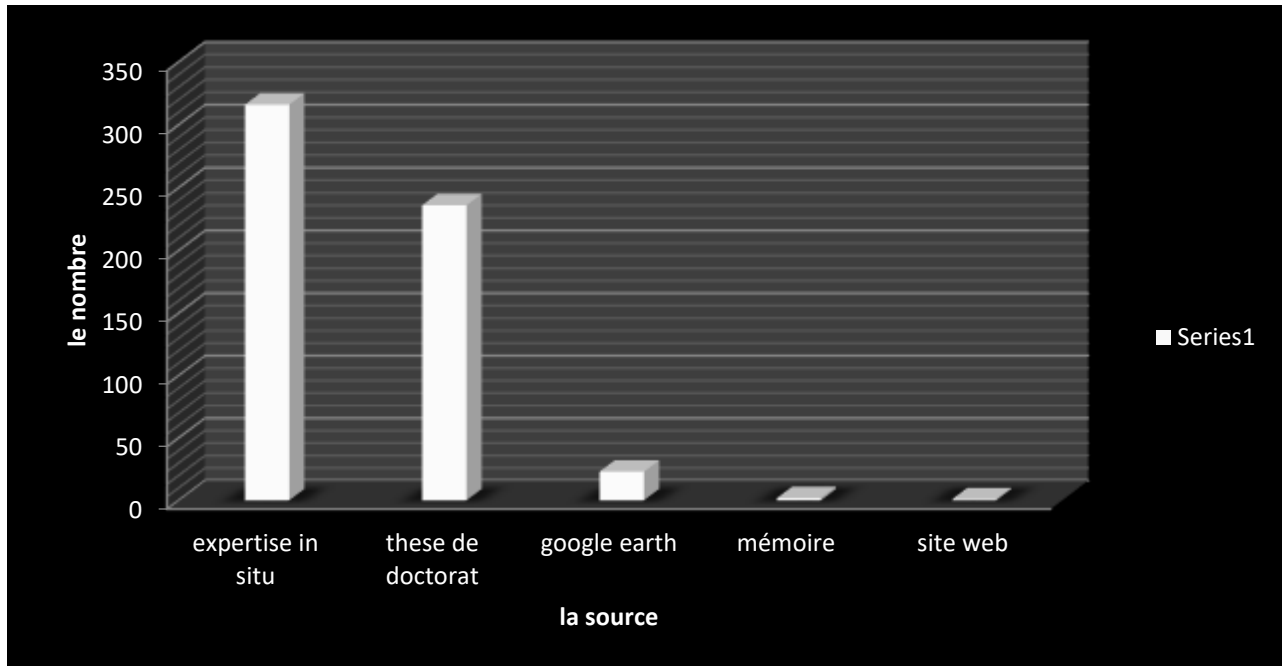


Figure 39 : répartition des sources d'information

4.11.2. Les aléas de densité de glissement de terrains :

Dans l'inventaire réalisée 578 phénomènes, inventories au niveau de la wilaya d'Oran comme site de recherche. La figure (40) montre clairement que la majorité des phénomènes affectant la wilaya d'Oran sont les glissements de terrain et des éboulements, tandis les affaissements. Ces aléas géologiques sont liés généralement au condition géologiques, géomorphologiques, tectonique et climatique caractérisant la région d'Oran.

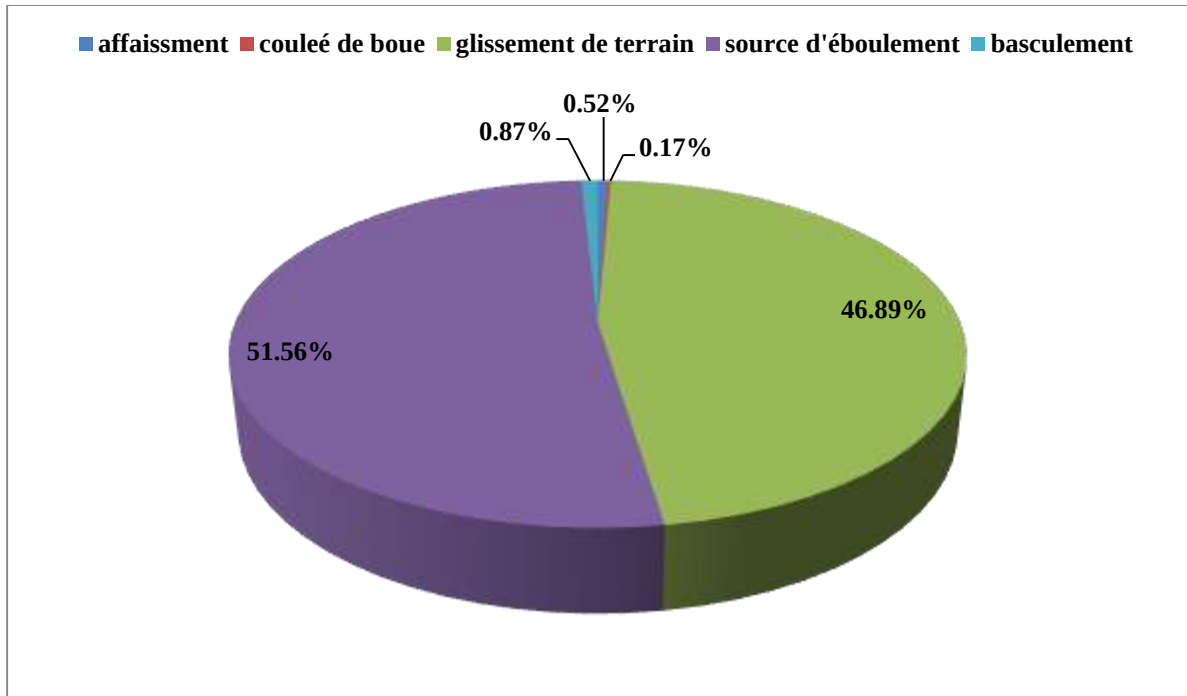


Figure 40 : répartition des classes de mouvements de terrain

4.11.3. La distribution spatiale des foyers de glissements:

La distribution spatiale des aléas géologique au niveau du territoire de la wilaya d'Oran figure (42) montre que plusieurs communes sont affectées par une ou plusieurs aléas géologiques recensées dans ce travail. La commune de Gdyl a été exposée aux phénomènes d'éboulement notamment dans la partie ouest où les conditions géologiques et topographiques sont favorables. On mentionne que la partie sud de la commune de Taфраoui est aussi susceptible par les phénomènes de glissements de terrain vu les conditions géologique, géomorphologiques, tectonique, climatique et hydrogéologique exposée et rendre cette commune plus vulnérable.

Vu les conditions géomorphologiques et géologiques de certains endroits de la commune d'Oran marquant la présence des aléas géologiques de différents types, les sites les plus remarquables sont la partie Nord et la partie West de la frange maritime.

Les terrains de Mers El Kebir sont exposés aux glissements de terrains dont la partie centrale de la commune et notamment dans le Chef-lieu de Mers El-Kebir. Ainsi qu'à Ain El-Turk ; bâtis essentiellement sur les dépôts de marnes et d'argiles d'âge miocène ; les éboulements sont emballés notamment dans la partie méridionale de Djebel Santon ; constitué principalement par les formations secondaires constituant un substratum

Chapitre 4 : Inventaire d'instabilité des terrains étudiés.

tectonisées d'Age Jurassique & Crétacé. Où le réseau des linéaments de failles est évident.

Quant à la commune de Misserghin, les formations géologiques constituées par des calcaires karstifiés sont exposé au phénomène de basculement et d'éboulement ce qui est rond compte que cette commune est susceptible d'être affectée par une densité de glissement de terrains notable. Par ailleurs, les formations gypseuses et les nappes phréatiques de la commune d'Es-Senia forment des endroits susceptibles au phénomène d'affaissement qui présente également un danger pour les infrastructures privées ou étatiques. Les autres communes sont faiblement affectées par cet aléa ; vues la présence d'interaction des conditions géomorphologiques, géologiques et les changements climatiques qui ont un impact direct sur l'instabilité des terrains. Si on compare les zones plus ou moins internes (Sud) tel que la commune de Oued-Telélat, Boufatis , Hassi Bounif , Sidi Chahmi , Boutelilis avec les zones littorales telles que : Mers El-Hadjadj , Benfriha , El- Kerma et Ain El-kerma 'Madagh'. on constate d'importantes anomalies dans l'aléa de densité de glissement de terrain (fig-41).

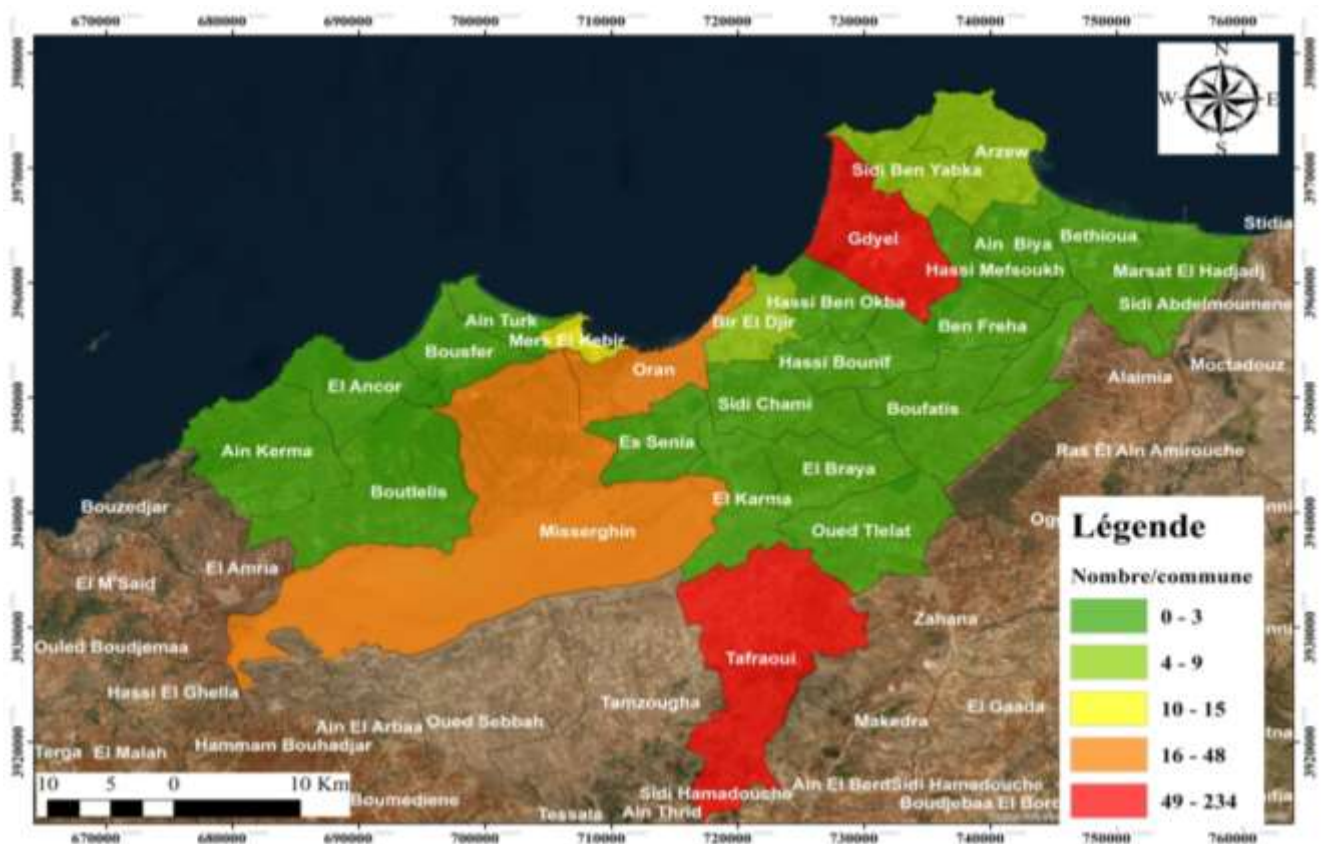


Figure 41 : distribution des aléas géologiques par commune

4.12. Calcul de la densité des mouvements gravitaires de terrains

Le paramètre de densité du noyau, calcule la densité des éléments dans un voisinage proche autour de ces éléments. Il peut être calculé pour des entités ponctuelles ou linéaires. Parmi les utilisations possibles, citons l'analyse de la densité des maisons pour la planification communautaire, ou l'étude de l'influence des routes ou des lignes de services publics sur un habitat faunique. Le champ population peut être utilisé pour pondérer certaines caractéristiques plus fortement que d'autres, ou pour permettre à un point de représenter plusieurs observations. Pour les caractéristiques linéaires, une autoroute à chaussée séparée peut avoir plus d'impact qu'un chemin de terre étroit.

4.12.1. Mode de calcul de la densité de noyau

4.12.1.1. Pour les entités ponctuelles

La densité de noyau calcule la densité des entités ponctuelles autour de chaque cellule matricielle de sortie.

Conceptuellement, une surface courbée et lisse est ajustée sur chaque point. La valeur de la surface est la plus élevée à l'emplacement du point et diminue à mesure que l'on s'éloigne du point, pour atteindre zéro à la distance du rayon de recherche du point. Seul un voisinage circulaire est possible. Le volume sous la surface est égal à la valeur du champ Population pour le point, ou à 1 si NONE est spécifié. La densité de chaque cellule matricielle de sortie est calculée en ajoutant les valeurs de toutes les surfaces du noyau à l'endroit où elles recouvrent le centre de la cellule matricielle. La fonction de noyau est basée sur la fonction de noyau quartique décrite dans Silverman (1986, p. 76, équation 4.5).

Si un paramètre de champ de population autre que NONE est utilisé, la valeur de chaque élément détermine le nombre de fois où le point doit être compté. Par exemple, une valeur de 3 signifie que le point est compté comme trois points. Les valeurs peuvent être des nombres entiers ou des nombres à virgule flottante.

Par défaut, une unité est sélectionnée sur la base de l'unité linéaire de la définition de la projection des données d'entités de points d'entrée ou comme spécifié dans le paramètre d'environnement Système de coordonnées de sortie. Si une unité de surface est sélectionnée, la densité calculée pour la cellule est multipliée par le facteur approprié avant d'être écrite dans le raster de sortie.

Par exemple, si les unités d'entrée sont des mètres, les unités de sortie seront par défaut des kilomètres carrés. Si l'on compare un facteur d'échelle de mètres à un facteur de kilomètres, les valeurs seront différentes d'un multiplicateur de 1 000 000 (1 000 mètres x 1 000 mètres).

4.12.2. Formules de calcul de la densité de noyau

Les formules suivantes définissent le mode de calcul de la densité de noyau pour les points et le mode de détermination du rayon de recherche par défaut dans la formule de densité de noyau.

4.12.3. Prévion de la densité pour les poids

La densité prévue à un nouvel emplacement (x, y) est déterminée par la formule suivante :

$$Density = \frac{1}{(radius)^2} \sum_{i=1}^n \left[\frac{3}{\pi} \cdot pop_i \left(1 - \left(\frac{dist_i}{radius} \right)^2 \right)^2 \right]$$

For $dist_i < radius$

où :

i = 1,...,n sont les points d'entrée. Les points ne sont inclus dans la somme que s'ils se trouvent dans la distance du rayon de l'emplacement (x, y).

pop_i est la valeur du champ de population du point I, qui est un paramètre facultatif.

dist_i est la distance entre le point i et l'emplacement (x, y).

La densité calculée est ensuite multipliée par le nombre de points, ou par la somme du champ de population s'il a été fourni. Cette correction rend l'intégrale spatiale égale au nombre de points (ou à la somme ou au champ de population) au lieu d'être toujours égale à 1. Cette implémentation utilise un noyau quartique (Silverman, 1986). La formule devra être calculée pour chaque endroit où vous souhaitez estimer la densité. Étant donné qu'un raster est créé, les calculs sont appliqués au centre de chaque cellule du raster de sortie.

4.12.3. Rayon de recherche par défaut (bande passante)

Pour ArcGIS 10.2.1, le mode de calcul du rayon de recherche par défaut a été amélioré.

L'algorithme utilisé pour déterminer le rayon de recherche par défaut, également appelé largeur de bande, est le suivant :

Chapitre 4 : Inventaire d'instabilité des terrains étudiés.

Calculer le centre moyen des points d'entrée. Si un champ Population a été fourni, ce calcul, ainsi que tous les calculs suivants, seront pondérés par les valeurs de ce champ.

Calculer la distance par rapport au centre moyen (pondéré) de tous les points.

Calculez la médiane (pondérée) de ces distances, D_m .

Calculez la distance standard (pondérée), SD .

la formule suivante a été utilisé pour calculer la largeur de bande.

$$SearchRadius = 0.9 * \min \left(SD, \sqrt{\frac{1}{\ln(2)}} * D_m \right) * n^{-0.2}$$

où :

D_m est la distance médiane (pondérée) par rapport au centre moyen (pondéré).

n : est le nombre de points si aucun champ de population n'est utilisé, ou si un champ de population est fourni, n est la somme des valeurs du champ de population.

SD : est la distance standard.

Il existe deux méthodes pour calculer la distance standard : la méthode non pondérée et la méthode pondérée.

4.12.4. Distance non pondérée

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{n} + \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{Y})^2}{n} + \frac{\sum_{i=1}^n (z_i - \bar{Z})^2}{n}}$$

où :

- x_i , y_i et z_i sont les coordonnées de l'élément i
- $\{\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}\}$ représente le centre moyen des éléments
- n est égal au nombre total d'éléments.

4.12.5. Distance pondérée

$$SD_w = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n w_i (x_i - \bar{X}_w)^2}{\sum_{i=1}^n w_i} + \frac{\sum_{i=1}^n w_i (y_i - \bar{Y}_w)^2}{\sum_{i=1}^n w_i} + \frac{\sum_{i=1}^n w_i (z_i - \bar{Z}_w)^2}{\sum_{i=1}^n w_i}}$$

où :

- w_i est le poids de la caractéristique i
- $\{x_w, y_w, z_w\}$ représente le centre moyen pondéré

4.13. Application sur la zone d'étude

La cartographie de la densité des mouvements de terrain affectant la zone d'étude a pu mettre en évidence les zones fréquemment sujette aux instabilités de terrain. La figure suivante montre clairement que ces événements sont très fréquents dans la partie est de la wilaya d'Oran, où une densité très élevée caractérisant la zone située entre la frange maritime d'Oran et le secteur de Kristel dans la partie Nord du zone d'étude figure (42). Un autre endroit dit les monts de Taфраoui est aussi exposé aux phénomènes géologiques liées aux instabilités de terrain figure (43). La zone Ouest présentée par la commune de Mers El Kebir Et les monts de Murdjadjo (commune de Messereghine) présente un endroit vulnérable aux mouvements de terrain vu les caractéristiques géologiques et géomorphologiques en premier lieu figure (44). Les autres communes sont généralement caractérisées par une faible à très faible densité ; traduisant ainsi les caractéristiques topographiques spécifiques, l'absence d'information liée aux mouvements de terrain spécialement dans les zones plates. On signale que la présente carte figure (45) de densité des mouvements de terrain peut être considérée comme une carte d'aléa des mouvements de terrain établie à l'échelle régionale.

Chapitre 4 : Inventaire d'instabilité des terrains étudiés.

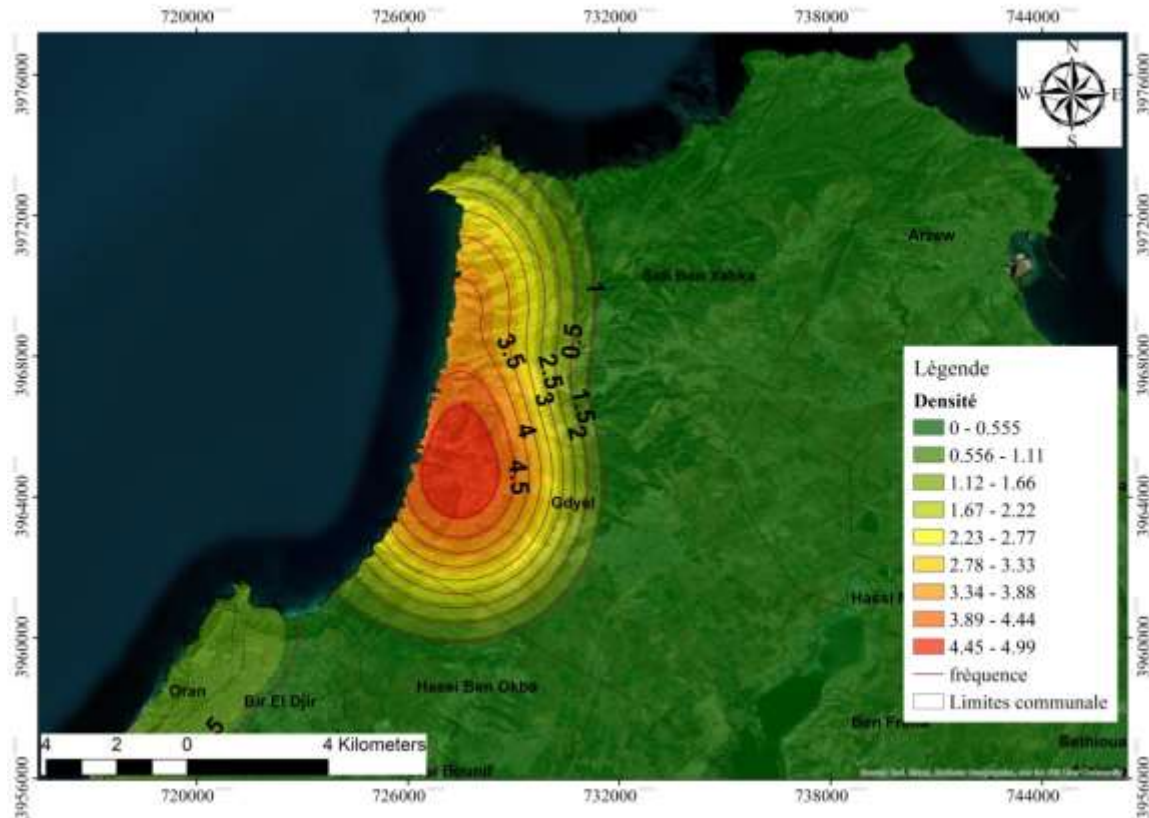


Figure 42 : Densité des mouvements de terrain du secteur de Kristel

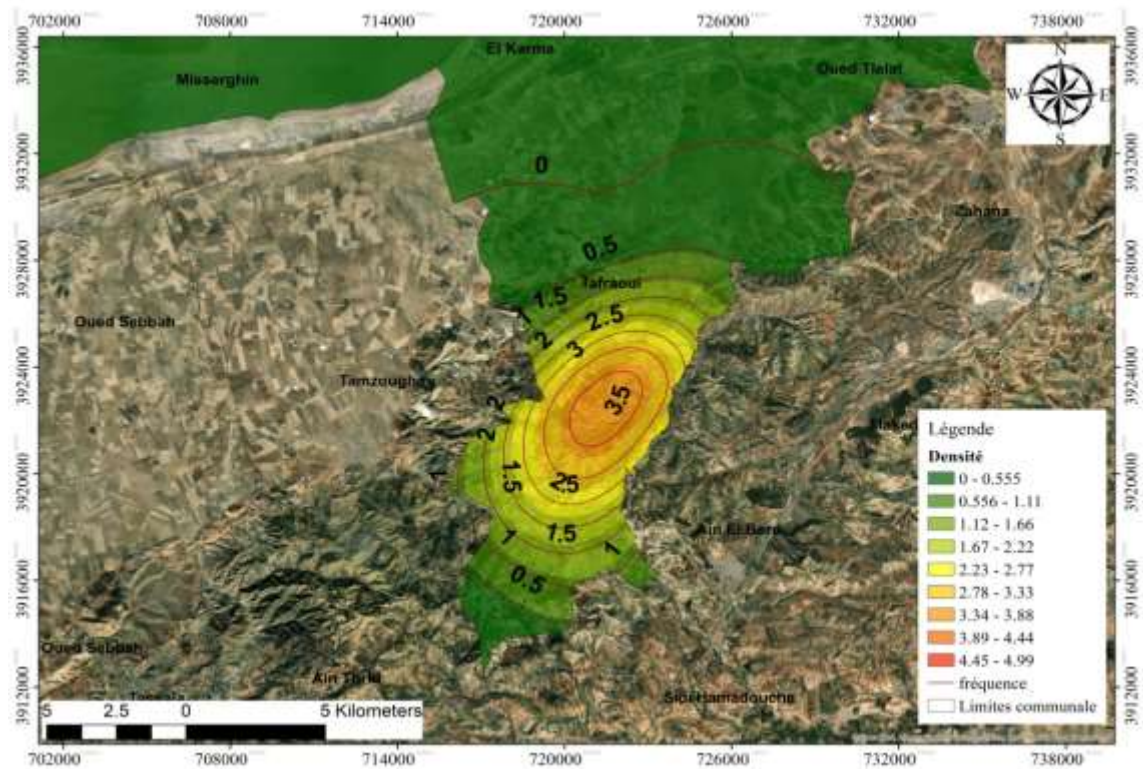


Figure 43 : Densité des mouvements de terrain du secteur de Taфраoui

Chapitre 4 : Inventaire d'instabilité des terrains étudiés.

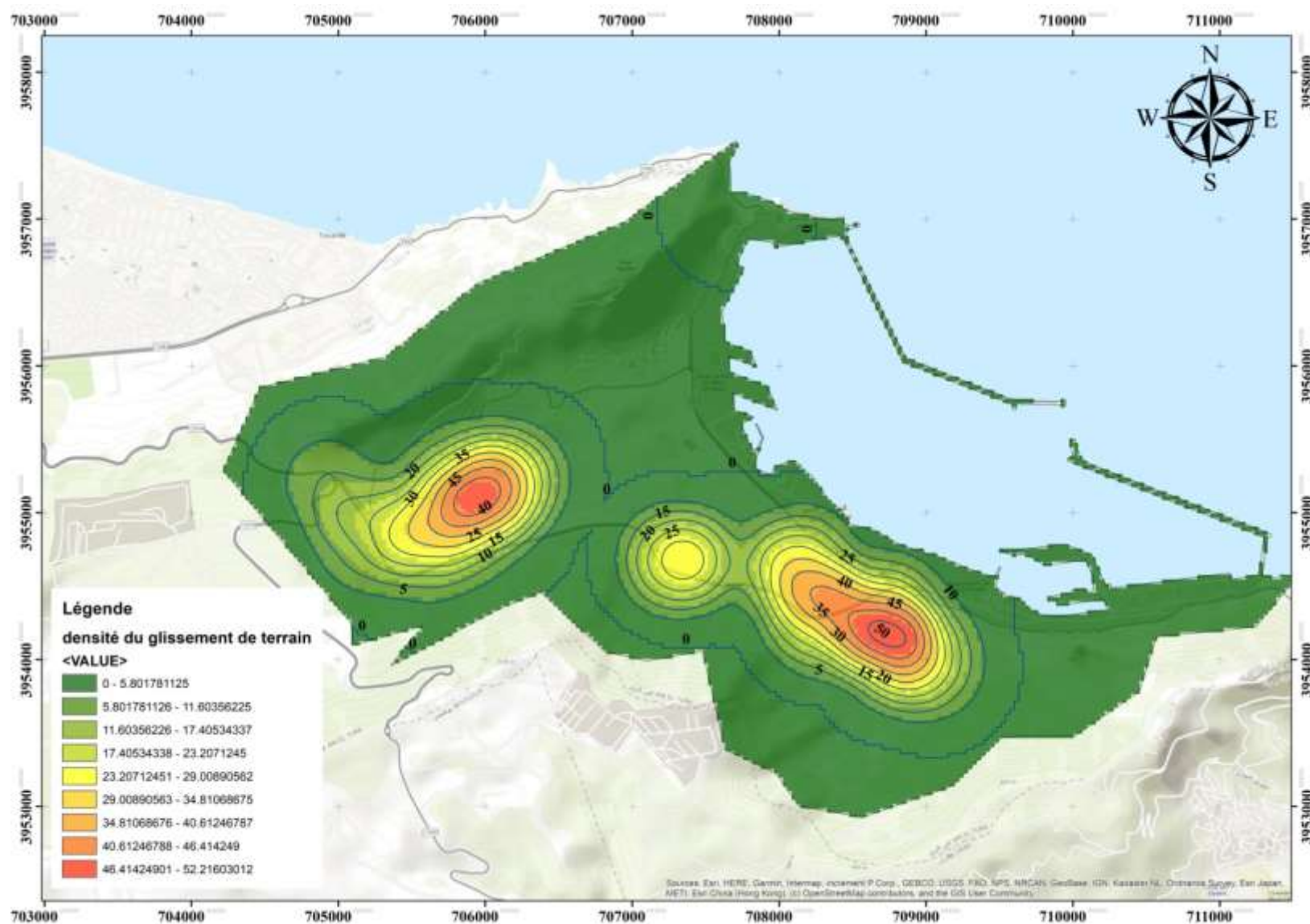


Figure 44 : Densité des mouvements de terrain du secteur de Mers el Kebir

Chapitre 4 : Inventaire d'instabilité des terrains étudiés.

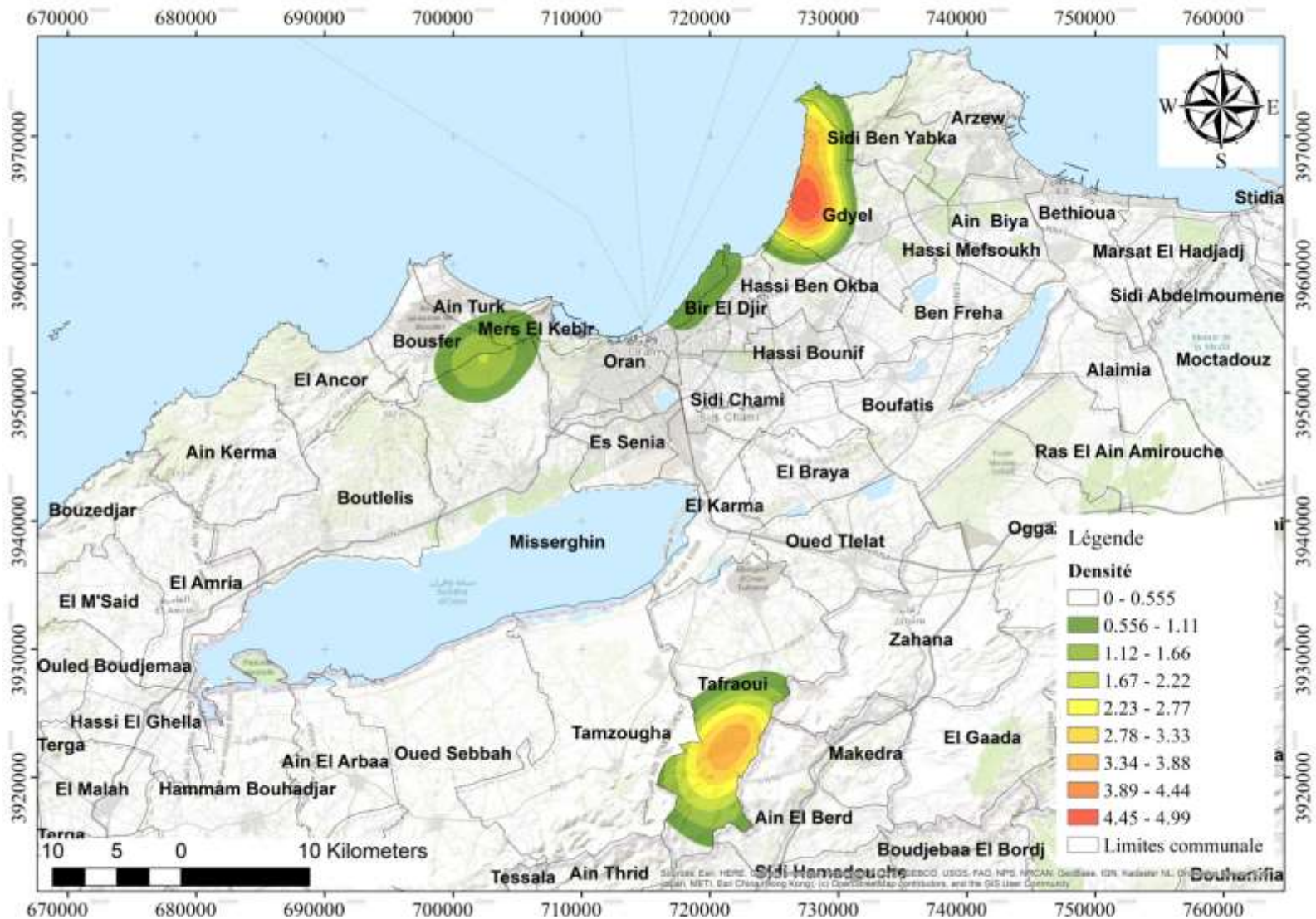


Figure 45 : carte d'aléa des mouvements de terrain de la région d'étude

CONCLUSION GENERAL

Conclusion générale :

Les mouvements gravitaires de terrain présentent l'un des aléas le plus fréquent sur le littoral oranais de l'Ouest algérien car elles engendrent annuellement d'importants dégâts matériels avec quelques pertes en vies humaines. La non maîtrise des normes d'urbanisation et l'absence d'une stratégie adéquate via l'instauration du plan de prévention sectoriels contre le risque de mouvements gravitaire constituent un important handicap envers la résolution des problèmes d'aménagement territorial de cet énigme d'occurrence géologique. En effet, les enseignements sur la prévision de ce risque ainsi que le plan de prévention contribuent favorablement à l'optimisation des scénarios décisifs à la compréhension des conditions d'aggravation ou d'atténuation d'une situation de crise pour et surtout pour éviter les niveaux extrêmes 'catastrophiques'.

Au niveau de notre étude, sur le littoral Oranais, les mouvements gravitaires de terrain ; observés 'in-situ' s'intègrent à plusieurs niveaux : soit aux collectivités locales, sectorielles et/ou régionales pour contribuer à l'établissement d'un plan de prévention des risques géologiques qui menacent d'avantage les zones exposées au danger de glissement, d'effondrement et d'éboulis.

Rappelons qu'en premier lieu, sous l'encadrement de mes enseignants, nous avons travaillé sur l'élaboration d'un catalogue des mouvements gravitaires qui comprend un effectif de 578 échantillons, de différentes sources documentaires et pratiques réalisés sur le terrain. Cet inventaire nous a permis de réaliser le positionnement des sites auscultés au niveau de leur emplacement géographique et leur attribution administrative (communes) voir les annexes d'informations liées à l'inventaire de mouvements de terrains au niveau des différentes zones de notre étude. Cette démarche objective est destinée pour i) compilation du catalogue des mouvements gravitaires de terrain (multi sources), ii) création d'une base de données synthétique du risque géologique via 'SIG', iii) traiter et analyser les données collectées via le Système de Gestion de Base de Donnée, iv) cartographier l'aléa de densité de glissement des zones vulnérables aux mouvements de terrain.

Dans une seconde étape, sous l'encadrement de mes enseignants, nous avons réalisé la segmentation des zones spécifiques à l'étude du risque lié aux mouvements gravitaires des terrains répartis sur plusieurs zones sises aux abords proche de l'Oranais et qui répondent parfaitement au modèle de glissement physique 'multicritères' regroupant : variations d'altitudes, nature du faciès géologique et la présence de fracturation tectonique (Surfaces Discontinuités). Sachant que ces critères forment les paramètres intrinsèques nécessaires à l'exercice d'un mouvement gravitaire comme ils favorisent la production de nouvelles données engendrant le calcul d'indice de la stabilité des versants qui s'ajoute au système d'information géographique. Par ailleurs, la compilation de ces données liées au paramètre de la densité de glissement (calculée) évoquera que le taux d'aléa densité de mouvements gravitaires est représentatif au risque géologique pour les différentes zones étudiées à l'échelle régionale de la Wilaya d'Oran.

En conséquence plusieurs cartes thématiques représentatives d'aléa de densité de mouvements gravitaires de terrain sont établies via l'outillage informatique et par les algorithmes mathématiques intégrés au programme ArcGis Version 10.8. A ce stade d'information on peut souligner que la répartition spatiale des mouvements de terrains est intimement liée un ensemble de caractéristiques : géologiques, géomorphologiques, tectonique, hydrogéologiques et climatiques dont les communes les plus affectées par ces mouvements gravitaires de terrain sont situées géographiquement à Gdyl, Oran ville, Arzew, Bir El-Djir, Misserghin, Mers El Kebir et à Tafraoui. Voir les cartes fig-41, fig-42 et fig-43 ;

Comme recommandation on peut aviser les collectivités locales et les utilisateurs de cartographie thématique de faire valoriser les résultats obtenus lors de cette étude pour mieux introduire l'avènement d'un plan de prévention régional spécifique aux mouvements gravitaires et aux glissements de terrains 'PPRG' dont l'approbation de ce document apportera un grand intérêt envers la planification de nouveaux projets et aux décideurs gouvernementaux d'urbanisme et d'aménagement du territoire. Sur le plan pédagogique ce modeste travail vient d'apporter une importante contribution pour la recherche en domaine des risques géologiques ; notamment sur le plan de la cartographie d'aléa du risque géologique et constitue un outil performant pour investir au développement de cette filière prometteuse pour les décideurs gouvernementaux et les planificateurs des futurs projets.

BIBLIOGRAPHIE

Références bibliographiques :

- Bendahou, D. (2021). Impact de la carrière d'exploitation de tufs sur l'instabilité du site de djebel Grabis (apc Tafraoui), mémoire de fin D'étude, université Oran 2 Mohamed ben Ahmed, 72p.
- Bétournay, M. C. (2011). Underground mining and its surface effects. In Event Mines Fourth Biennial Abandoned Underground Mine Workshop (pp. 02-021).
- Burland, J. B., & Wroth, C. P. (1975). Settlement of buildings and associated damage (No. CP 33/75).
- Das, B.M. Principles of Geotechnical Engineering, 7th ed.; Cengage Learning: Boston, MA, USA, 2009.
- Das, B.M., (1994). Principles of Geotechnical Engineering. PWS Publishing Co., third edition.
- Ford, D., & Williams, P. D. (2007). Karst hydrogeology and geomorphology. John Wiley & Sons.
- Foster, S. S. D., & Chilton, P. J. (2003). Groundwater: the processes and global significance of aquifer degradation. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences, 358(1440), 1957-1972.
- Gharbi, A. (2019). Gestion des catastrophes et des risques majeurs en Algérie. Mémoire de Master, Université de Guelma.
- Lambe, T. W., & Whitman, R. V. (1969). Soil mechanics. John Wiley & Sons, Inc., New York, 553.
- Legg, S. (2021). IPCC, 2021: Climate change 2021-the physical science basis. Interaction, 49(4), 44-45.
- Massarsch, K. R., & Fellenius, B. H. (2002). Deep compaction of granular soils. Ground Improvement, 6(4), 165-172 .
- Nadji Abdelmansour (2010) ; Etude sismotectonique du littoral oranais. Contribution à l'aléa sismique; thèse de doctorat d'état.
- Roukh.ZEA (2020). Cartographie d'aléa multirisques du littoral oranais (NO de l'Algérie) (risque sismique, inondation ,glissement de terrain). Thèse de doctorat. Université Oran 2 Mohamed Ben Ahmed. 289p
- Terzaghi, K. Theoretical Soil Mechanics (WileyBlackwell, 1943).
- Tilling, R. I. (2008). The critical role of volcano monitoring in risk reduction. Advances in Geosciences, 14, 3-11.
- Voigt, T., Füssel, H. M., Gärtner-Roer, I., Huggel, C., Marty, C., & Zemp, M. (2010). Impacts of climate change on snow, ice, and permafrost in Europe: Observed trends, future projections, and socio-economic relevance. ETC/ACC Technical Paper, 13, 1-117.
- Silverman, B. W. Density Estimation for Statistics and Data Analysis. New York: Chapman and Hall, 1986.

ANNEXES

Catalogue d'inventaire des mouvements de terrain

Id	type	commune	X_UTM	Y_UTM	source	Altitude (m)	Pente (°)
1	glissement de terrain	Bir El Djir	722462.8907	3960307.6605	Google Earth	85.18	10.13
2	glissement de terrain	Bir El Djir	721952.9656	3960294.7182	Google Earth	126.11	20.56
3	glissement de terrain	Bir El Djir	721650.1166	3960403.4332	Google Earth	132.88	18.00
4	glissement de terrain	Bir El Djir	721401.6252	3960481.0868	Google Earth	161.91	14.07
5	coulée de boue	Bir El Djir	723156.5959	3960289.5413	Thèse de Doctorat	112.86	21.27
6	glissement de terrain	Bir El Djir	721619.0552	3960742.5205	Thèse de Doctorat	52.11	28.95
7	glissement de terrain	Bir El Djir	721789.8931	3960719.2244	Thèse de Doctorat	42.86	19.36
8	glissement de terrain	Oran	721083.2455	3960737.3436	Google Earth	183.82	27.40
9	glissement de terrain	Oran	720819.2234	3960814.9972	Google Earth	180.47	26.76
10	glissement de terrain	Oran	720689.8008	3960711.4591	Google Earth	179.49	37.52
11	glissement de terrain	Oran	720648.3855	3960597.5672	Google Earth	191.28	30.75
12	glissement de terrain	Oran	720583.6742	3960460.3792	Google Earth	184.05	29.15
13	glissement de terrain	Oran	720521.5514	3960398.2563	Google Earth	160.50	23.68
14	glissement de terrain	Oran	720534.4936	3960299.8952	Google Earth	190.47	26.96
15	affaissement	Essenia	716535.3414	3947342.4099	expertise in situ	86.77	2.43
16	affaissement	Essenia	716426.8620	3947371.5141	expertise in situ	86.79	1.65
17	affaissement	Essenia	716625.9614	3947341.0870	expertise in situ	88.70	1.73
18	glissement de terrain	Mers El kebir	708292.2312	3954240.9049	Thèse de Doctorat	92.39	11.97
19	glissement de terrain	Mers El kebir	707296.9365	3954658.0399	expertise in situ	103.12	22.73
20	glissement de terrain	Tafraoui	724786.3161	3926412.4426	Mémoire	455.30	16.21
21	glissement de terrain	Tafraoui	724773.2192	3926423.9520	Mémoire	450.59	15.96
22	glissement de terrain	Tafraoui	723495.6903	3926021.2753	Thèse de Doctorat	409.66	18.57
23	glissement de terrain	Tafraoui	723463.9402	3925949.8377	Thèse de Doctorat	436.81	24.28
24	glissement de terrain	Tafraoui	723812.1326	3926045.6171	Thèse de Doctorat	420.22	12.98
25	glissement de terrain	Tafraoui	724962.0141	3925951.6898	Thèse de Doctorat	399.71	23.24
26	glissement de terrain	Tafraoui	724992.4412	3925915.9710	Thèse de Doctorat	392.54	18.16

27	glissement de terrain	Tafraoui	724714.6282	3925656.6788	Thèse de Doctorat	370.54	20.00
28	glissement de terrain	Tafraoui	724759.6074	3925624.9287	Thèse de Doctorat	365.13	20.31
29	glissement de terrain	Tafraoui	725181.0895	3926024.9795	Thèse de Doctorat	397.19	26.22
30	glissement de terrain	Tafraoui	725084.1195	3925127.3788	Thèse de Doctorat	267.33	6.94
31	glissement de terrain	Tafraoui	724973.6558	3925030.1442	Thèse de Doctorat	282.55	10.44
32	glissement de terrain	Tafraoui	722720.1950	3924247.3728	Thèse de Doctorat	545.70	8.66
33	glissement de terrain	Tafraoui	723037.6956	3924320.3980	Thèse de Doctorat	512.02	10.10
34	glissement de terrain	Tafraoui	723076.8540	3924219.8561	Thèse de Doctorat	515.79	16.68
35	glissement de terrain	Tafraoui	723179.5126	3924273.3021	Thèse de Doctorat	527.53	16.23
36	glissement de terrain	Tafraoui	723285.3461	3924297.6438	Thèse de Doctorat	503.90	20.22
37	glissement de terrain	Tafraoui	723869.5473	3924282.8271	Thèse de Doctorat	395.96	18.47
38	glissement de terrain	Tafraoui	724255.8397	3924097.6184	Thèse de Doctorat	413.75	22.77
39	glissement de terrain	Tafraoui	723700.2136	3923990.7265	Thèse de Doctorat	486.92	15.73
40	glissement de terrain	Tafraoui	724681.2906	3923997.0765	Thèse de Doctorat	308.22	13.48
41	glissement de terrain	Tafraoui	724155.2979	3923658.4092	Thèse de Doctorat	448.18	23.04
42	glissement de terrain	Tafraoui	724581.8071	3923000.1245	Thèse de Doctorat	410.05	16.37
43	glissement de terrain	Tafraoui	724570.1654	3922922.8660	Thèse de Doctorat	415.48	17.10
44	glissement de terrain	Tafraoui	720016.1479	3921555.4966	Thèse de Doctorat	612.14	17.03
45	glissement de terrain	Tafraoui	721031.2239	3924157.2600	Thèse de Doctorat	516.24	14.43
46	glissement de terrain	Tafraoui	721123.2991	3924130.2724	Thèse de Doctorat	529.05	13.15
47	glissement de terrain	Tafraoui	721237.0702	3924161.4933	Thèse de Doctorat	542.59	18.07
48	glissement de terrain	Tafraoui	722393.8308	3924472.6440	Thèse de Doctorat	525.71	8.07
49	glissement de terrain	Tafraoui	722065.7468	3924317.0686	Thèse de Doctorat	520.52	15.28
50	glissement de terrain	Tafraoui	722227.6721	3924689.6027	Thèse de Doctorat	489.55	10.85
51	glissement de terrain	Tafraoui	721806.4546	3924974.2950	Thèse de Doctorat	400.13	10.51
52	glissement de terrain	Tafraoui	721819.1547	3924916.0865	Thèse de Doctorat	406.13	5.78
53	glissement de terrain	Tafraoui	721918.6382	3924772.1529	Thèse de Doctorat	425.23	10.81
54	glissement de terrain	Tafraoui	723979.7465	3925609.1904	Thèse de Doctorat	473.62	15.09
55	glissement de terrain	Oran	711793.9398	3953603.7065	expertise in situ	106.64	22.22

56	glissement de terrain	Mers El kebir	705168.7599	3954826.6131	Thèse de Doctorat	226.14	12.53
57	source d'éboulement	Mers El kebir	705355.2915	3955692.8606	Thèse de Doctorat	284.89	25.54
58	source d'éboulement	Mers El kebir	705312.0321	3955684.9231	expertise in situ	275.61	23.95
59	source d'éboulement	Mers El kebir	705277.5039	3955676.9856	expertise in situ	282.29	24.68
60	source d'éboulement	Mers El kebir	705218.3694	3955674.2075	expertise in situ	295.59	17.84
61	source d'éboulement	Mers El kebir	705199.3193	3955652.7762	expertise in situ	292.01	29.59
62	source d'éboulement	Mers El kebir	705139.7880	3955607.9292	expertise in situ	270.95	42.09
63	source d'éboulement	Mers El kebir	705006.0408	3955553.1603	expertise in situ	285.25	42.51
64	source d'éboulement	Mers El kebir	704986.1970	3955513.8696	expertise in situ	262.82	44.30
65	source d'éboulement	Mers El kebir	704914.7594	3955494.8196	expertise in situ	295.79	28.26
66	basculement	Mers El kebir	707717.6285	3957065.6044	expertise in situ	36.48	13.91
67	glissement de terrain	Arzew	740972.9210	3969988.6584	Thèse de Doctorat	46.95	11.68
68	glissement de terrain	Arzew	737787.0720	3976115.5418	Thèse de Doctorat	130.77	15.35
69	glissement de terrain	Tafraoui	717356.7898	3914819.9627	Thèse de Doctorat	731.84	16.29
70	glissement de terrain	Tafraoui	717540.5328	3916235.7158	Thèse de Doctorat	711.58	30.16
71	glissement de terrain	Tafraoui	718448.8492	3916376.7390	Thèse de Doctorat	569.03	12.83
72	glissement de terrain	Tafraoui	716790.7560	3915877.0988	Thèse de Doctorat	828.11	4.28
73	glissement de terrain	Tafraoui	717514.8079	3916592.9208	Thèse de Doctorat	610.33	15.68
74	glissement de terrain	Tafraoui	718049.6762	3917159.8137	Thèse de Doctorat	528.92	33.07
75	glissement de terrain	Tafraoui	718282.9843	3917019.1092	Thèse de Doctorat	513.40	29.12
76	glissement de terrain	Tafraoui	718405.4219	3916994.8878	Thèse de Doctorat	484.64	29.15
77	glissement de terrain	Tafraoui	720646.2181	3915941.4985	Thèse de Doctorat	674.54	28.32
78	glissement de terrain	Tafraoui	720422.3802	3915880.1151	Thèse de Doctorat	737.86	39.72
79	glissement de terrain	Tafraoui	720670.0307	3916516.7038	Thèse de Doctorat	567.58	17.64
80	glissement de terrain	Tafraoui	720616.0556	3916554.8039	Thèse de Doctorat	571.92	15.21
81	glissement de terrain	Tafraoui	721170.0942	3916235.7158	Thèse de Doctorat	638.95	16.82
82	glissement de terrain	Tafraoui	720957.3688	3916778.6419	Thèse de Doctorat	537.35	16.58
83	glissement de terrain	Tafraoui	721386.7884	3917340.6180	Thèse de Doctorat	532.66	24.18
84	glissement de terrain	Tafraoui	721605.0701	3917328.7117	Thèse de Doctorat	522.49	24.71

85	glissement de terrain	Tafraoui	722109.1023	3917098.5237	Thèse de Doctorat	555.96	18.59
86	glissement de terrain	Tafraoui	722008.9800	3916745.6038	Thèse de Doctorat	578.94	18.23
87	glissement de terrain	Tafraoui	722137.5727	3916911.4919	Thèse de Doctorat	571.92	20.37
88	glissement de terrain	Tafraoui	722239.1765	3916918.6356	Thèse de Doctorat	568.41	13.97
89	glissement de terrain	Tafraoui	722398.7263	3916899.5865	Thèse de Doctorat	617.38	10.58
90	glissement de terrain	Tafraoui	722428.0962	3916924.9857	Thèse de Doctorat	620.63	8.19
91	glissement de terrain	Tafraoui	722056.1855	3917366.0180	Thèse de Doctorat	616.47	21.89
92	glissement de terrain	Tafraoui	722014.1409	3917462.3348	Thèse de Doctorat	607.10	19.39
93	glissement de terrain	Tafraoui	722076.0557	3917475.8282	Thèse de Doctorat	625.55	17.38
94	glissement de terrain	Tafraoui	721687.8848	3917473.9682	Thèse de Doctorat	518.25	13.24
95	glissement de terrain	Tafraoui	720039.7919	3918221.9468	Thèse de Doctorat	462.59	15.89
96	glissement de terrain	Tafraoui	720205.1568	3918056.5819	Thèse de Doctorat	539.38	24.25
97	glissement de terrain	Tafraoui	720337.4488	3918255.0198	Thèse de Doctorat	487.46	23.38
98	glissement de terrain	Tafraoui	720731.0173	3918291.4001	Thèse de Doctorat	460.38	19.05
99	glissement de terrain	Tafraoui	721161.4952	3918069.8111	Thèse de Doctorat	497.47	17.35
100	glissement de terrain	Tafraoui	720896.9113	3918181.9947	Thèse de Doctorat	444.03	3.69
101	glissement de terrain	Tafraoui	721263.1123	3918599.6313	Thèse de Doctorat	537.21	7.13
102	glissement de terrain	Tafraoui	721169.9619	3918963.9723	Thèse de Doctorat	525.10	20.65
103	glissement de terrain	Tafraoui	719469.4317	3917421.8327	Thèse de Doctorat	498.28	21.45
104	glissement de terrain	Tafraoui	719313.1123	3917132.2141	Thèse de Doctorat	561.37	22.33
105	glissement de terrain	Tafraoui	720684.7151	3916897.2636	Thèse de Doctorat	581.32	16.98
106	glissement de terrain	Tafraoui	719882.4968	3919233.0100	Thèse de Doctorat	485.04	17.20
107	glissement de terrain	Tafraoui	719824.2884	3919137.7598	Thèse de Doctorat	469.54	22.01
108	glissement de terrain	Tafraoui	719570.2879	3919158.9265	Thèse de Doctorat	455.99	25.12
109	glissement de terrain	Tafraoui	719506.7877	3919420.8645	Thèse de Doctorat	488.13	16.47
110	glissement de terrain	Tafraoui	719349.7063	3919146.1937	Thèse de Doctorat	426.32	11.54
111	glissement de terrain	Tafraoui	719678.7672	3918632.4046	Thèse de Doctorat	435.34	17.65
112	glissement de terrain	Tafraoui	718172.2267	3919877.5363	Thèse de Doctorat	432.06	31.48
113	glissement de terrain	Tafraoui	718385.4813	3919747.3610	Thèse de Doctorat	463.69	20.23

114	glissement de terrain	Tafraoui	718662.4006	3919512.7166	Thèse de Doctorat	560.55	19.26
115	glissement de terrain	Tafraoui	718719.5527	3919492.8736	Thèse de Doctorat	566.34	14.23
116	glissement de terrain	Tafraoui	716660.1300	3918941.4385	Thèse de Doctorat	310.21	19.15
117	glissement de terrain	Tafraoui	716329.9293	3919084.3138	Thèse de Doctorat	304.31	23.15
118	glissement de terrain	Tafraoui	716253.7291	3919189.0890	Thèse de Doctorat	331.64	24.20
119	glissement de terrain	Tafraoui	716082.2788	3919239.8891	Thèse de Doctorat	282.39	15.16
120	glissement de terrain	Tafraoui	716088.6288	3919137.7598	Thèse de Doctorat	280.40	8.99
121	glissement de terrain	Tafraoui	716341.1962	3919952.8104	Thèse de Doctorat	334.02	35.30
122	glissement de terrain	Tafraoui	717674.0374	3920276.3964	Thèse de Doctorat	385.14	30.48
123	glissement de terrain	Tafraoui	718039.4277	3920214.8807	Thèse de Doctorat	385.21	15.99
124	glissement de terrain	Tafraoui	717457.4755	3920896.1290	Thèse de Doctorat	440.64	21.95
125	glissement de terrain	Tafraoui	717376.7774	3920860.4102	Thèse de Doctorat	427.13	19.62
126	glissement de terrain	Tafraoui	717204.5224	3920813.5057	Thèse de Doctorat	415.78	24.64
127	glissement de terrain	Tafraoui	717244.0076	3920837.1496	Thèse de Doctorat	412.71	17.43
128	glissement de terrain	Tafraoui	717175.9645	3920794.9391	Thèse de Doctorat	413.86	27.83
129	glissement de terrain	Tafraoui	717096.9187	3920779.2761	Thèse de Doctorat	398.41	16.01
130	glissement de terrain	Tafraoui	717546.1111	3920606.4097	Thèse de Doctorat	443.36	26.80
131	glissement de terrain	Tafraoui	717658.5261	3920845.5935	Thèse de Doctorat	509.37	20.08
132	glissement de terrain	Tafraoui	717752.7841	3921323.2335	Thèse de Doctorat	516.07	8.25
133	glissement de terrain	Tafraoui	719031.7825	3920975.8349	Thèse de Doctorat	518.58	11.84
134	glissement de terrain	Tafraoui	719216.9912	3920903.0743	Thèse de Doctorat	564.28	12.89
135	glissement de terrain	Tafraoui	719244.7725	3920811.7929	Thèse de Doctorat	585.41	12.90
136	glissement de terrain	Tafraoui	718563.6014	3920864.5774	Thèse de Doctorat	468.19	5.43
137	glissement de terrain	Tafraoui	718764.4205	3920872.9118	Thèse de Doctorat	480.12	14.08
138	glissement de terrain	Tafraoui	718769.9768	3920782.8210	Thèse de Doctorat	460.90	7.69
139	glissement de terrain	Tafraoui	718853.3207	3920700.2708	Thèse de Doctorat	472.31	12.97
140	glissement de terrain	Tafraoui	718889.8333	3920639.5488	Thèse de Doctorat	487.94	20.11
141	glissement de terrain	Tafraoui	719028.1897	3920594.7515	Thèse de Doctorat	532.72	11.36
142	glissement de terrain	Tafraoui	720579.0011	3921798.0830	Thèse de Doctorat	550.06	15.26

143	glissement de terrain	Tafraoui	720489.7010	3921858.2734	Thèse de Doctorat	581.63	14.46
144	glissement de terrain	Tafraoui	720410.3228	3921772.7001	Thèse de Doctorat	583.98	17.19
145	glissement de terrain	Tafraoui	720332.8738	3921778.6533	Thèse de Doctorat	606.82	14.70
146	glissement de terrain	Tafraoui	720397.6238	3921888.9698	Thèse de Doctorat	602.34	14.44
147	glissement de terrain	Tafraoui	720657.4917	3921688.4618	Thèse de Doctorat	526.60	7.41
148	glissement de terrain	Tafraoui	721063.1251	3921909.9482	Thèse de Doctorat	481.46	11.15
149	glissement de terrain	Tafraoui	721102.4580	3921954.9217	Thèse de Doctorat	470.95	11.05
150	glissement de terrain	Tafraoui	721173.0242	3921921.8432	Thèse de Doctorat	465.84	15.19
151	glissement de terrain	Tafraoui	721050.8578	3922163.6207	Thèse de Doctorat	515.79	9.23
152	glissement de terrain	Tafraoui	720911.6315	3922250.4684	Thèse de Doctorat	548.66	11.70
153	glissement de terrain	Tafraoui	720716.1407	3922306.7115	Thèse de Doctorat	574.47	8.86
154	glissement de terrain	Tafraoui	720640.2755	3922383.7398	Thèse de Doctorat	593.43	8.77
155	glissement de terrain	Tafraoui	720869.5348	3921458.3090	Thèse de Doctorat	503.65	10.45
156	glissement de terrain	Tafraoui	720740.3328	3921431.0514	Thèse de Doctorat	511.00	9.95
157	glissement de terrain	Tafraoui	720945.1755	3921338.6673	Thèse de Doctorat	492.14	8.06
158	glissement de terrain	Tafraoui	720776.2272	3921260.0753	Thèse de Doctorat	523.91	7.58
159	glissement de terrain	Tafraoui	720715.6088	3921227.6437	Thèse de Doctorat	535.34	6.93
160	glissement de terrain	Tafraoui	720599.7763	3921177.2633	Thèse de Doctorat	554.62	10.68
161	glissement de terrain	Tafraoui	721219.0625	3921369.9419	Thèse de Doctorat	481.76	9.71
162	glissement de terrain	Tafraoui	719999.5437	3921140.9828	Thèse de Doctorat	559.57	11.27
163	glissement de terrain	Tafraoui	721227.0000	3921240.3006	Thèse de Doctorat	517.22	18.70
164	glissement de terrain	Tafraoui	719826.3132	3921494.7903	Thèse de Doctorat	611.22	10.14
165	glissement de terrain	Tafraoui	719703.2086	3921482.9965	Thèse de Doctorat	622.55	8.44
166	glissement de terrain	Tafraoui	721355.5936	3921891.6821	Thèse de Doctorat	447.45	15.15
167	glissement de terrain	Tafraoui	721569.1199	3921582.3954	Thèse de Doctorat	452.92	11.87
168	glissement de terrain	Tafraoui	721301.8161	3921669.8908	Thèse de Doctorat	438.30	4.33
169	glissement de terrain	Tafraoui	721261.9278	3922033.7582	Thèse de Doctorat	451.31	9.06
170	glissement de terrain	Tafraoui	721493.7116	3922031.3775	Thèse de Doctorat	428.13	10.02
171	glissement de terrain	Tafraoui	719884.9131	3923048.0965	Thèse de Doctorat	574.86	24.87

172	glissement de terrain	Tafraoui	719977.7816	3923183.8229	Thèse de Doctorat	525.54	11.56
173	glissement de terrain	Tafraoui	720134.2023	3923258.7099	Thèse de Doctorat	510.13	9.75
174	glissement de terrain	Tafraoui	720443.7673	3923241.3645	Thèse de Doctorat	572.39	8.68
175	glissement de terrain	Tafraoui	720387.8271	3923078.5592	Thèse de Doctorat	599.10	12.60
176	glissement de terrain	Tafraoui	720495.8629	3923450.1556	Thèse de Doctorat	545.91	10.08
177	glissement de terrain	Tafraoui	720574.8660	3923412.1856	Thèse de Doctorat	559.73	13.01
178	glissement de terrain	Tafraoui	720686.2357	3923369.7620	Thèse de Doctorat	586.83	13.24
179	glissement de terrain	Tafraoui	720444.8963	3924147.5550	Thèse de Doctorat	428.92	11.42
180	glissement de terrain	Tafraoui	719282.8697	3924930.8795	Thèse de Doctorat	425.06	13.44
181	glissement de terrain	Tafraoui	719311.3132	3924772.7966	Thèse de Doctorat	446.92	7.35
182	glissement de terrain	Tafraoui	719155.2031	3924788.0093	Thèse de Doctorat	439.79	15.73
183	glissement de terrain	Tafraoui	718979.2486	3924831.5314	Thèse de Doctorat	419.28	8.90
184	glissement de terrain	Tafraoui	718971.3105	3924646.5941	Thèse de Doctorat	453.85	17.35
185	glissement de terrain	Tafraoui	719349.7841	3925671.6481	Thèse de Doctorat	367.65	17.98
186	glissement de terrain	Tafraoui	719275.3014	3925837.8005	Thèse de Doctorat	327.18	7.33
187	glissement de terrain	Tafraoui	718802.4731	3925871.9297	Thèse de Doctorat	304.59	7.44
188	glissement de terrain	Tafraoui	721335.3871	3925148.7048	Thèse de Doctorat	387.48	14.89
189	glissement de terrain	Tafraoui	722194.8521	3924922.5286	Thèse de Doctorat	471.30	12.96
190	glissement de terrain	Tafraoui	721943.7805	3924177.4315	Thèse de Doctorat	536.06	15.57
191	glissement de terrain	Tafraoui	721825.5723	3924088.2061	Thèse de Doctorat	542.90	6.27
192	glissement de terrain	Tafraoui	722204.9284	3923690.3639	Thèse de Doctorat	487.23	6.65
193	glissement de terrain	Tafraoui	722217.0328	3923285.4333	Thèse de Doctorat	518.99	8.23
194	glissement de terrain	Tafraoui	722103.2576	3923253.6842	Thèse de Doctorat	522.04	11.72
195	glissement de terrain	Tafraoui	722567.9459	3923423.5002	Thèse de Doctorat	463.45	16.13
196	glissement de terrain	Tafraoui	721843.4929	3922917.5636	Thèse de Doctorat	511.36	21.99
197	glissement de terrain	Tafraoui	723488.0071	3923311.2316	Thèse de Doctorat	438.62	14.51
198	glissement de terrain	Tafraoui	723088.3230	3923997.9506	Thèse de Doctorat	478.99	16.68
199	glissement de terrain	Tafraoui	723354.3873	3923238.0766	Thèse de Doctorat	404.24	11.80
200	glissement de terrain	Tafraoui	723389.4454	3922932.2291	Thèse de Doctorat	382.40	8.48

201	glissement de terrain	Tafraoui	723499.2811	3922428.6649	Thèse de Doctorat	378.80	7.58
202	glissement de terrain	Tafraoui	723200.6162	3922380.4325	Thèse de Doctorat	426.59	16.13
203	glissement de terrain	Tafraoui	723020.1610	3922782.2149	Thèse de Doctorat	399.33	15.81
204	glissement de terrain	Tafraoui	723004.5502	3922898.1424	Thèse de Doctorat	394.24	5.30
205	glissement de terrain	Tafraoui	723004.5502	3922898.1424	Thèse de Doctorat	394.24	5.30
206	glissement de terrain	Tafraoui	723145.2259	3923022.1838	Thèse de Doctorat	366.37	13.22
207	glissement de terrain	Tafraoui	723092.4396	3923111.4775	Thèse de Doctorat	373.86	11.31
208	glissement de terrain	Tafraoui	722934.5651	3922853.1647	Thèse de Doctorat	410.36	13.22
209	glissement de terrain	Tafraoui	722258.9486	3922257.9068	Thèse de Doctorat	418.83	5.61
210	glissement de terrain	Tafraoui	722319.7725	3922236.1593	Thèse de Doctorat	412.81	10.20
211	glissement de terrain	Tafraoui	722874.8892	3922118.1603	Thèse de Doctorat	394.96	9.93
212	glissement de terrain	Tafraoui	722973.3176	3921963.3846	Thèse de Doctorat	430.52	13.52
213	glissement de terrain	Tafraoui	723613.6862	3921812.5521	Thèse de Doctorat	428.35	20.97
214	glissement de terrain	Tafraoui	722128.3543	3922392.0595	Thèse de Doctorat	428.81	14.30
215	glissement de terrain	Tafraoui	722225.3943	3922630.9039	Thèse de Doctorat	471.76	14.54
216	glissement de terrain	Tafraoui	721843.3721	3922241.9790	Thèse de Doctorat	422.54	13.99
217	glissement de terrain	Tafraoui	721991.4116	3921961.7954	Thèse de Doctorat	393.97	8.80
218	glissement de terrain	Tafraoui	721713.5884	3921845.9115	Thèse de Doctorat	435.78	10.67
219	glissement de terrain	Tafraoui	723356.8176	3924870.1483	Thèse de Doctorat	504.20	21.14
220	glissement de terrain	Tafraoui	723504.2162	3924823.3606	Thèse de Doctorat	474.50	16.98
221	glissement de terrain	Tafraoui	723562.8194	3924690.7547	Thèse de Doctorat	436.30	14.93
222	glissement de terrain	Tafraoui	723763.4343	3924293.0922	Thèse de Doctorat	416.48	17.90
223	glissement de terrain	Tafraoui	724213.7053	3924436.3615	Thèse de Doctorat	392.19	21.04
224	glissement de terrain	Tafraoui	724293.3116	3925222.2463	Thèse de Doctorat	440.09	10.38
225	glissement de terrain	Tafraoui	724203.4103	3925303.8657	Thèse de Doctorat	443.27	14.00
226	glissement de terrain	Tafraoui	724215.3007	3925438.2088	Thèse de Doctorat	423.55	7.59
227	glissement de terrain	Tafraoui	724068.4487	3925361.5864	Thèse de Doctorat	459.10	11.90
228	glissement de terrain	Tafraoui	724703.2219	3925274.5939	Thèse de Doctorat	359.87	9.70
229	glissement de terrain	Tafraoui	725037.6681	3925361.2425	Thèse de Doctorat	285.21	10.60

230	glissement de terrain	Tafraoui	724946.1635	3925380.5489	Thèse de Doctorat	289.37	9.36
231	glissement de terrain	Tafraoui	725832.3388	3926851.2558	Thèse de Doctorat	309.37	17.28
232	glissement de terrain	Tafraoui	725640.2656	3926999.5579	Thèse de Doctorat	302.36	15.27
233	glissement de terrain	Tafraoui	726053.1220	3927464.1381	Thèse de Doctorat	222.18	22.67
234	glissement de terrain	Tafraoui	723760.0084	3922924.5571	Thèse de Doctorat	371.85	17.12
235	glissement de terrain	Tafraoui	721896.6437	3922739.7097	Thèse de Doctorat	464.19	12.64
236	glissement de terrain	Tafraoui	721712.0999	3922754.8504	Thèse de Doctorat	524.59	14.08
237	glissement de terrain	Tafraoui	722021.4316	3922719.2657	Thèse de Doctorat	460.19	16.52
238	glissement de terrain	Tafraoui	721608.0156	3921868.9292	Thèse de Doctorat	413.82	7.19
239	glissement de terrain	Tafraoui	721630.5181	3921811.9659	Thèse de Doctorat	425.21	12.70
240	glissement de terrain	Tafraoui	721770.7406	3921882.4228	Thèse de Doctorat	421.91	17.18
241	glissement de terrain	Tafraoui	721324.9340	3921984.0443	Thèse de Doctorat	440.14	7.97
242	glissement de terrain	Tafraoui	721297.8958	3921925.0737	Thèse de Doctorat	444.33	13.07
243	glissement de terrain	Tafraoui	719838.1488	3920862.2218	Thèse de Doctorat	525.74	18.56
244	glissement de terrain	Tafraoui	719139.7482	3920524.7700	Thèse de Doctorat	562.63	7.63
245	glissement de terrain	Tafraoui	720984.9456	3920676.3019	Thèse de Doctorat	616.84	17.18
246	glissement de terrain	Tafraoui	720984.3885	3920650.8386	Thèse de Doctorat	623.27	16.29
247	glissement de terrain	Tafraoui	721305.6995	3920306.0902	Thèse de Doctorat	555.13	9.08
248	glissement de terrain	Tafraoui	721585.0766	3920469.1777	Thèse de Doctorat	575.13	6.50
249	glissement de terrain	Tafraoui	721388.7093	3920069.8877	Thèse de Doctorat	526.43	10.05
250	glissement de terrain	Tafraoui	719673.8343	3919752.0688	Thèse de Doctorat	455.81	13.14
251	glissement de terrain	Tafraoui	719728.6052	3919787.7864	Thèse de Doctorat	448.05	13.15
252	glissement de terrain	Tafraoui	719732.5739	3919709.2079	Thèse de Doctorat	465.22	14.55
253	glissement de terrain	Tafraoui	722008.0617	3921094.5184	Thèse de Doctorat	523.33	7.22
254	glissement de terrain	Tafraoui	722973.3176	3921963.3846	Thèse de Doctorat	430.52	13.52
255	glissement de terrain	Tafraoui	723357.1970	3922088.8409	Thèse de Doctorat	470.29	18.16
256	glissement de terrain	Oran	719772.3364	3959012.7311	Thèse de Doctorat	106.38	20.89
257	glissement de terrain	Oran	719670.7362	3958676.1804	Thèse de Doctorat	97.63	20.79
258	glissement de terrain	Oran	719433.6691	3958597.8636	Thèse de Doctorat	77.84	22.93

259	glissement de terrain	Oran	719437.9024	3958411.5966	Thèse de Doctorat	108.09	17.63
260	glissement de terrain	Oran	719327.8356	3958312.1130	Thèse de Doctorat	79.97	7.98
261	glissement de terrain	Oran	719291.8522	3958140.6627	Thèse de Doctorat	107.52	18.29
262	glissement de terrain	Oran	719008.2183	3957971.3290	Thèse de Doctorat	72.08	12.81
263	glissement de terrain	Oran	718481.1672	3957122.5440	Thèse de Doctorat	108.18	18.65
264	source d'éboulement	Gdyel	727534.3406	3964023.5592	expertise in situ	297.73	15.19
265	source d'éboulement	Gdyel	727534.3406	3964031.4967	expertise in situ	296.50	15.89
266	source d'éboulement	Gdyel	727536.9865	3964040.4264	expertise in situ	295.91	15.36
267	source d'éboulement	Gdyel	727536.9865	3964061.9239	expertise in situ	292.80	15.17
268	source d'éboulement	Gdyel	727534.6713	3964067.8770	expertise in situ	291.35	15.20
269	source d'éboulement	Gdyel	727535.0021	3964077.7989	expertise in situ	290.82	14.31
270	source d'éboulement	Gdyel	727534.3406	3964087.7208	expertise in situ	289.99	13.51
271	source d'éboulement	Gdyel	727532.3562	3964093.6739	expertise in situ	289.10	13.08
272	source d'éboulement	Gdyel	727534.3406	3964097.3120	expertise in situ	289.42	12.77
273	source d'éboulement	Gdyel	727532.3562	3964103.2651	expertise in situ	288.79	12.64
274	source d'éboulement	Gdyel	727534.6713	3964111.2026	expertise in situ	289.14	12.27
275	source d'éboulement	Gdyel	727534.6713	3964117.1557	expertise in situ	288.98	12.06
276	source d'éboulement	Gdyel	727532.3562	3964124.1011	expertise in situ	288.24	11.91
277	source d'éboulement	Gdyel	727531.0333	3964128.7313	expertise in situ	287.73	11.95
278	source d'éboulement	Gdyel	727526.6677	3964135.4782	expertise in situ	286.29	12.13
279	source d'éboulement	Gdyel	727526.6677	3964142.6219	expertise in situ	285.87	12.50
280	source d'éboulement	Gdyel	727525.4771	3964147.3844	expertise in situ	285.30	12.71
281	source d'éboulement	Gdyel	727526.2708	3964155.7188	expertise in situ	285.00	13.17
282	source d'éboulement	Gdyel	727523.8896	3964159.6876	expertise in situ	284.07	13.25
283	source d'éboulement	Gdyel	727526.2708	3964155.7188	expertise in situ	285.00	13.17
284	source d'éboulement	Gdyel	727526.2708	3964155.7188	expertise in situ	285.00	13.17
285	source d'éboulement	Gdyel	727519.9208	3964158.8938	expertise in situ	283.18	13.07
286	source d'éboulement	Gdyel	727534.1289	3964168.0220	expertise in situ	286.06	13.60
287	source d'éboulement	Gdyel	727522.7518	3964139.6586	expertise in situ	285.10	12.19

288	source d'éboulement	Gdyel	727529.1019	3964125.8473	expertise in situ	287.41	11.77
289	source d'éboulement	Gdyel	727532.3562	3964124.1011	expertise in situ	288.24	11.91
290	source d'éboulement	Gdyel	727533.2294	3964124.4186	expertise in situ	288.44	11.86
291	source d'éboulement	Gdyel	727533.2294	3964124.4186	expertise in situ	288.44	11.86
292	source d'éboulement	Gdyel	727530.1867	3964009.3510	expertise in situ	298.65	14.44
293	source d'éboulement	Gdyel	727488.9116	3963971.2510	expertise in situ	293.27	16.99
294	source d'éboulement	Gdyel	727475.1532	3963945.3218	expertise in situ	294.77	17.34
295	source d'éboulement	Gdyel	727469.3324	3963939.5009	expertise in situ	294.40	17.69
296	source d'éboulement	Gdyel	727465.6282	3963927.8592	expertise in situ	295.90	17.43
297	source d'éboulement	Gdyel	727451.3407	3963919.3925	expertise in situ	293.29	17.50
298	source d'éboulement	Gdyel	727445.5198	3963911.9842	expertise in situ	293.03	17.51
299	source d'éboulement	Gdyel	727432.8198	3963900.8717	expertise in situ	290.87	16.98
300	source d'éboulement	Gdyel	727431.2323	3963890.8175	expertise in situ	291.91	16.49
301	source d'éboulement	Gdyel	727425.4114	3963878.6466	expertise in situ	291.90	15.70
302	source d'éboulement	Gdyel	727415.8864	3963874.9424	expertise in situ	289.33	14.95
303	source d'éboulement	Gdyel	727411.6531	3963862.2424	expertise in situ	289.61	14.14
304	source d'éboulement	Gdyel	727476.7407	3963914.6300	expertise in situ	301.97	15.60
305	source d'éboulement	Gdyel	727454.5157	3963874.9424	expertise in situ	302.28	14.66
306	source d'éboulement	Gdyel	727451.8698	3963864.3591	expertise in situ	302.08	14.11
307	source d'éboulement	Gdyel	727445.5198	3963844.2507	expertise in situ	301.47	13.55
308	source d'éboulement	Gdyel	727434.4073	3963832.0799	expertise in situ	299.13	14.02
309	source d'éboulement	Gdyel	727409.5364	3963849.0132	expertise in situ	290.73	13.48
310	source d'éboulement	Gdyel	727412.1822	3963838.9590	expertise in situ	292.15	13.61
311	source d'éboulement	Gdyel	727412.1822	3963829.4340	expertise in situ	292.69	13.72
312	source d'éboulement	Gdyel	727427.5281	3963815.6757	expertise in situ	298.30	13.68
313	source d'éboulement	Gdyel	727406.3614	3963819.3798	expertise in situ	291.66	13.60
314	source d'éboulement	Gdyel	727423.2948	3963808.7965	expertise in situ	297.47	13.68
315	source d'éboulement	Gdyel	727423.2948	3963795.0381	expertise in situ	298.54	13.50
316	source d'éboulement	Gdyel	727404.7739	3963810.3840	expertise in situ	291.73	13.66

317	source d'éboulement	Gdyel	727401.0697	3963828.3757	expertise in situ	289.83	13.18
318	source d'éboulement	Gdyel	727407.4197	3963834.1965	expertise in situ	291.21	13.41
319	source d'éboulement	Gdyel	727402.6572	3963796.0965	expertise in situ	291.96	13.79
320	source d'éboulement	Gdyel	727404.2447	3963788.1589	expertise in situ	292.97	13.92
321	source d'éboulement	Gdyel	727409.5364	3963773.3422	expertise in situ	294.82	13.81
322	source d'éboulement	Gdyel	727421.4427	3963750.5880	expertise in situ	297.34	13.39
323	source d'éboulement	Gdyel	727406.2291	3963739.3432	expertise in situ	292.11	13.56
324	source d'éboulement	Gdyel	727403.5833	3963751.9110	expertise in situ	292.54	13.52
325	source d'éboulement	Gdyel	727396.3072	3963742.6505	expertise in situ	289.81	13.50
326	source d'éboulement	Gdyel	727437.3177	3963724.7911	expertise in situ	299.80	14.00
327	source d'éboulement	Gdyel	727439.3021	3963712.8848	expertise in situ	300.86	14.56
328	source d'éboulement	Gdyel	727439.3021	3963688.4108	expertise in situ	302.14	15.54
329	source d'éboulement	Gdyel	727429.3802	3963673.8587	expertise in situ	299.08	16.15
330	source d'éboulement	Gdyel	727434.0104	3963644.7545	expertise in situ	300.89	16.09
331	source d'éboulement	Gdyel	727422.7656	3963634.8326	expertise in situ	296.51	17.27
332	source d'éboulement	Gdyel	727420.1198	3963614.9888	expertise in situ	295.87	17.65
333	source d'éboulement	Gdyel	727419.4583	3963594.4836	expertise in situ	295.91	17.69
334	source d'éboulement	Gdyel	727408.8749	3963540.9053	expertise in situ	294.76	17.27
335	source d'éboulement	Gdyel	727421.4427	3963577.9471	expertise in situ	296.50	17.16
336	source d'éboulement	Gdyel	727408.8749	3963575.3012	expertise in situ	291.75	16.80
337	source d'éboulement	Gdyel	727413.5052	3963519.7386	expertise in situ	300.23	16.98
338	source d'éboulement	Gdyel	727232.2652	3963292.8579	expertise in situ	292.29	17.08
339	source d'éboulement	Gdyel	727242.8486	3963328.5768	expertise in situ	293.43	16.89
340	source d'éboulement	Gdyel	727260.0465	3963362.3112	expertise in situ	296.25	16.15
341	source d'éboulement	Gdyel	727265.9997	3963376.2019	expertise in situ	294.77	16.66
342	source d'éboulement	Gdyel	727336.7758	3963415.2280	expertise in situ	303.81	16.27
343	source d'éboulement	Gdyel	727241.5257	3963341.8060	expertise in situ	292.45	16.79
344	source d'éboulement	Gdyel	727351.3280	3963432.4259	expertise in situ	303.66	17.94
345	source d'éboulement	Gdyel	727334.1300	3963421.8426	expertise in situ	301.25	17.52

346	source d'éboulement	Gdyel	727376.4634	3963456.2385	expertise in situ	304.93	18.11
347	source d'éboulement	Gdyel	727532.3562	3964093.6739	expertise in situ	289.10	13.08
348	source d'éboulement	Gdyel	727534.3406	3964097.3120	expertise in situ	289.42	12.77
349	source d'éboulement	Gdyel	727534.6713	3964117.1557	expertise in situ	288.98	12.06
350	source d'éboulement	Gdyel	727526.6677	3964135.4782	expertise in situ	286.29	12.13
351	source d'éboulement	Gdyel	727524.3658	3964186.7545	expertise in situ	281.33	14.24
352	source d'éboulement	Gdyel	727531.2450	3964194.1629	expertise in situ	282.62	14.29
353	source d'éboulement	Gdyel	727539.7117	3964206.8629	expertise in situ	283.68	13.56
354	source d'éboulement	Gdyel	727534.4200	3964210.5671	expertise in situ	281.64	13.52
355	source d'éboulement	Gdyel	727554.5284	3964215.3296	expertise in situ	287.43	13.27
356	source d'éboulement	Gdyel	727565.1117	3964217.9754	expertise in situ	289.35	12.03
357	source d'éboulement	Gdyel	727567.7576	3964235.4380	expertise in situ	287.52	11.33
358	source d'éboulement	Gdyel	727557.1742	3964204.7462	expertise in situ	288.99	12.86
359	source d'éboulement	Gdyel	727549.7659	3964200.5129	expertise in situ	287.36	13.39
360	source d'éboulement	Gdyel	727565.1117	3964217.9754	expertise in situ	289.35	12.03
361	glissement de terrain	Gdyel	727288.7539	3965399.3424	expertise in situ	205.06	26.35
362	glissement de terrain	Gdyel	727216.2579	3965449.0841	expertise in situ	196.49	20.55
363	source d'éboulement	Gdyel	727370.2457	3965215.7212	expertise in situ	206.28	17.78
364	glissement de terrain	Gdyel	727372.8915	3965270.2254	expertise in situ	203.44	13.77
365	source d'éboulement	Gdyel	727304.0997	3965109.6230	expertise in situ	227.64	26.97
366	source d'éboulement	Gdyel	726997.1825	3964852.9767	expertise in situ	192.81	20.17
367	source d'éboulement	Gdyel	727237.9538	3965016.4895	expertise in situ	239.88	22.23
368	source d'éboulement	Gdyel	726957.4949	3964728.0931	expertise in situ	222.56	25.40
369	source d'éboulement	Gdyel	727110.9535	3964997.9687	expertise in situ	216.15	26.50
370	source d'éboulement	Gdyel	727047.4534	3964931.8227	expertise in situ	209.70	19.64
371	source d'éboulement	Gdyel	727161.2245	3964778.3640	expertise in situ	239.91	9.62
372	source d'éboulement	Gdyel	727178.6870	3965608.6282	expertise in situ	198.72	23.53
373	source d'éboulement	Gdyel	727254.0934	3965672.1283	expertise in situ	201.90	18.71
374	source d'éboulement	Gdyel	727289.8122	3965616.5657	expertise in situ	232.35	25.68

375	source d'éboulement	Gdyel	727353.3123	3965660.2221	expertise in situ	236.19	28.28
376	source d'éboulement	Gdyel	727424.7500	3965775.3160	expertise in situ	241.07	24.15
377	source d'éboulement	Gdyel	727481.6355	3965841.4620	expertise in situ	257.07	25.64
378	source d'éboulement	Gdyel	727453.5896	3965799.1286	expertise in situ	250.90	26.09
379	source d'éboulement	Gdyel	727332.9394	3965757.8535	expertise in situ	207.00	16.74
380	source d'éboulement	Gdyel	727307.5393	3965757.8535	expertise in situ	200.04	14.78
381	source d'éboulement	Gdyel	727463.1146	3965875.3287	expertise in situ	239.48	25.73
382	source d'éboulement	Gdyel	727556.7773	3965968.9914	expertise in situ	246.58	27.18
383	source d'éboulement	Gdyel	727591.7024	3966030.9041	expertise in situ	259.99	22.11
384	source d'éboulement	Gdyel	727575.8274	3966076.9416	expertise in situ	248.51	24.67
385	source d'éboulement	Gdyel	727631.3900	3966113.4542	expertise in situ	265.88	27.05
386	source d'éboulement	Gdyel	727706.0026	3966211.8794	expertise in situ	273.61	31.92
387	source d'éboulement	Gdyel	727706.0026	3966232.5170	expertise in situ	270.77	31.96
388	source d'éboulement	Gdyel	727713.9401	3966262.6795	expertise in situ	273.87	28.77
389	source d'éboulement	Gdyel	727726.6402	3966321.4171	expertise in situ	271.08	20.71
390	source d'éboulement	Gdyel	727712.3526	3966386.5048	expertise in situ	261.04	24.24
391	source d'éboulement	Gdyel	727729.8152	3966438.8924	expertise in situ	263.01	22.79
392	source d'éboulement	Gdyel	727740.6631	3966499.2175	expertise in situ	263.52	21.72
393	source d'éboulement	Gdyel	727736.6944	3966529.6446	expertise in situ	259.21	21.67
394	source d'éboulement	Gdyel	727796.2257	3966623.5719	expertise in situ	258.42	23.52
395	source d'éboulement	Gdyel	727724.7881	3966619.6031	expertise in situ	244.09	28.52
396	source d'éboulement	Gdyel	727685.1005	3966607.6969	expertise in situ	229.67	30.20
397	source d'éboulement	Gdyel	727860.9606	3966690.2029	expertise in situ	252.16	24.79
398	source d'éboulement	Gdyel	727876.8356	3966707.1363	expertise in situ	254.77	21.70
399	source d'éboulement	Gdyel	727889.5356	3966679.6196	expertise in situ	263.66	19.30
400	source d'éboulement	Gdyel	727925.5190	3966705.0196	expertise in situ	269.56	13.73
401	source d'éboulement	Gdyel	727626.1027	3968122.6137	expertise in situ	243.42	25.53
402	source d'éboulement	Gdyel	727649.9153	3968153.0408	expertise in situ	247.87	24.32
403	source d'éboulement	Gdyel	727667.1132	3968192.7284	expertise in situ	247.35	22.83

404	source d'éboulement	Gdyel	727667.1132	3968225.8014	expertise in situ	240.15	22.98
405	source d'éboulement	Gdyel	727739.8738	3968284.0098	expertise in situ	254.76	27.83
406	source d'éboulement	Gdyel	727763.6863	3968317.0828	expertise in situ	251.61	31.05
407	source d'éboulement	Gdyel	727783.5301	3968359.4162	expertise in situ	237.12	30.28
408	source d'éboulement	Gdyel	727817.9260	3968393.8121	expertise in situ	234.74	26.50
409	source d'éboulement	Gdyel	727872.1657	3968416.3018	expertise in situ	211.96	34.54
410	source d'éboulement	Gdyel	727876.1345	3968477.1560	expertise in situ	175.24	26.24
411	source d'éboulement	Gdyel	727876.1345	3968523.4582	expertise in situ	155.91	24.13
412	source d'éboulement	Gdyel	727907.8845	3968510.2290	expertise in situ	169.90	17.41
413	source d'éboulement	Gdyel	727870.8428	3968544.6249	expertise in situ	141.84	22.68
414	source d'éboulement	Gdyel	727811.3114	3968586.9583	expertise in situ	119.94	20.97
415	source d'éboulement	Gdyel	727745.1654	3968620.0313	expertise in situ	97.93	15.36
416	source d'éboulement	Gdyel	727847.0302	3968477.6852	expertise in situ	181.15	33.53
417	source d'éboulement	Gdyel	727797.0239	3968372.9100	expertise in situ	238.75	27.76
418	glissement de terrain	Gdyel	727593.4266	3971522.3399	expertise in situ	94.61	33.08
419	glissement de terrain	Gdyel	727594.7495	3971412.5376	expertise in situ	84.01	28.43
420	glissement de terrain	Gdyel	727525.9577	3971174.4121	expertise in situ	19.23	24.16
421	glissement de terrain	Gdyel	727371.1762	3972621.6859	expertise in situ	12.83	12.03
422	glissement de terrain	Gdyel	727394.9887	3972603.1650	expertise in situ	15.77	10.40
423	glissement de terrain	Gdyel	727430.7075	3972595.2275	expertise in situ	23.39	7.46
424	glissement de terrain	Gdyel	727432.0304	3972559.5087	expertise in situ	28.47	14.80
425	glissement de terrain	Gdyel	727335.4573	3972604.4879	expertise in situ	8.19	13.54
426	glissement de terrain	Gdyel	727674.1247	3972167.9245	expertise in situ	32.73	23.92
427	source d'éboulement	Gdyel	727744.2394	3972112.3619	expertise in situ	81.37	27.34
428	glissement de terrain	Gdyel	727772.0207	3972042.2472	expertise in situ	109.56	14.38
429	source d'éboulement	Gdyel	727625.1767	3972001.2367	expertise in situ	37.12	20.54
430	source d'éboulement	Gdyel	727534.2921	3971868.6802	expertise in situ	7.43	15.54
431	glissement de terrain	Gdyel	727537.5994	3971769.4612	expertise in situ	25.67	37.08
432	source d'éboulement	Gdyel	727966.8867	3968694.2030	expertise in situ	238.28	32.03

433	source d'éboulement	Gdyel	727703.2289	3969809.4240	expertise in situ	74.84	19.27
434	source d'éboulement	Gdyel	727730.2165	3969800.6927	expertise in situ	81.58	15.81
435	source d'éboulement	Gdyel	727767.5228	3969790.3739	expertise in situ	91.23	17.01
436	source d'éboulement	Gdyel	727790.5416	3969780.0552	expertise in situ	98.16	13.26
437	source d'éboulement	Gdyel	727808.7979	3969772.9114	expertise in situ	101.35	8.67
438	source d'éboulement	Gdyel	727671.4788	3969819.7428	expertise in situ	69.19	18.79
439	source d'éboulement	Gdyel	727326.2630	3970214.1711	expertise in situ	3.19	17.44
440	source d'éboulement	Gdyel	727332.0839	3970204.6461	expertise in situ	7.79	22.43
441	source d'éboulement	Gdyel	727340.5506	3970192.2107	expertise in situ	14.83	29.14
442	source d'éboulement	Gdyel	727338.1693	3970183.2148	expertise in situ	13.66	28.35
443	source d'éboulement	Gdyel	727330.7610	3970177.1294	expertise in situ	7.33	24.50
444	source d'éboulement	Gdyel	727325.2047	3970167.6044	expertise in situ	2.08	22.10
445	source d'éboulement	Gdyel	727334.7297	3970162.3127	expertise in situ	11.15	27.69
446	source d'éboulement	Gdyel	727342.6672	3970147.7606	expertise in situ	19.06	31.63
447	source d'éboulement	Gdyel	727338.4339	3970107.2793	expertise in situ	12.77	28.53
448	source d'éboulement	Gdyel	727319.3839	3970095.3730	expertise in situ	3.47	18.25
449	source d'éboulement	Gdyel	727317.2672	3970085.8480	expertise in situ	2.45	18.22
450	source d'éboulement	Gdyel	727317.0026	3970080.5563	expertise in situ	2.10	18.87
451	source d'éboulement	Gdyel	727329.1735	3970081.6146	expertise in situ	4.94	28.30
452	source d'éboulement	Gdyel	727320.4422	3970061.5063	expertise in situ	6.42	24.34
453	source d'éboulement	Gdyel	727356.4256	3970053.3042	expertise in situ	41.83	36.69
454	source d'éboulement	Gdyel	727361.1881	3970046.9541	expertise in situ	47.03	34.88
455	source d'éboulement	Gdyel	727360.3944	3970035.5770	expertise in situ	46.86	34.13
456	source d'éboulement	Gdyel	727343.7256	3970031.8729	expertise in situ	32.11	34.09
457	source d'éboulement	Gdyel	727336.8464	3970023.9354	expertise in situ	24.02	32.63
458	source d'éboulement	Gdyel	727308.8005	3969999.5936	expertise in situ	5.25	17.46
459	source d'éboulement	Gdyel	727305.3609	3969990.5978	expertise in situ	4.60	15.53
460	source d'éboulement	Gdyel	727314.8859	3969983.9832	expertise in situ	10.28	19.27
461	source d'éboulement	Gdyel	727321.5005	3969978.1623	expertise in situ	14.03	21.23

462	source d'éboulement	Gdyel	727329.7026	3969967.8436	expertise in situ	17.11	23.01
463	source d'éboulement	Gdyel	727329.4381	3969958.0540	expertise in situ	15.96	21.83
464	source d'éboulement	Gdyel	727321.7651	3969942.7081	expertise in situ	11.21	18.53
465	source d'éboulement	Gdyel	727320.1776	3969933.9768	expertise in situ	9.85	17.59
466	source d'éboulement	Gdyel	727306.9484	3969924.0549	expertise in situ	3.36	13.11
467	source d'éboulement	Gdyel	727304.9640	3969914.4638	expertise in situ	2.50	11.43
468	source d'éboulement	Gdyel	727306.6177	3969904.2112	expertise in situ	2.01	10.85
469	source d'éboulement	Gdyel	727307.6099	3969889.6590	expertise in situ	1.13	9.46
470	source d'éboulement	Gdyel	727319.1854	3969872.1304	expertise in situ	3.56	11.07
471	source d'éboulement	Gdyel	727320.5083	3969864.5236	expertise in situ	3.13	10.45
472	source d'éboulement	Gdyel	727321.8313	3969852.2866	expertise in situ	2.24	9.25
473	source d'éboulement	Gdyel	727326.7922	3969785.3469	expertise in situ	0.64	4.22
474	source d'éboulement	Gdyel	727339.6907	3969775.0942	expertise in situ	1.58	5.94
475	source d'éboulement	Gdyel	727306.7897	3969941.6233	expertise in situ	4.59	14.47
476	source d'éboulement	Gdyel	727304.6730	3969927.6533	expertise in situ	3.28	12.50
477	source d'éboulement	Gdyel	727298.3230	3969918.9749	expertise in situ	1.98	9.34
478	source d'éboulement	Gdyel	727323.0880	3969863.0948	expertise in situ	3.42	11.17
479	source d'éboulement	Gdyel	727313.5630	3969878.3349	expertise in situ	2.52	9.96
480	source d'éboulement	Gdyel	727303.4030	3969891.6699	expertise in situ	1.06	8.35
481	source d'éboulement	Gdyel	727326.4747	3969838.9119	expertise in situ	1.66	9.15
482	source d'éboulement	Gdyel	727355.8435	3969758.7429	expertise in situ	3.15	7.97
483	source d'éboulement	Gdyel	727357.6956	3969750.8054	expertise in situ	3.12	7.79
484	source d'éboulement	Gdyel	727384.8155	3969704.6355	expertise in situ	5.51	11.33
485	source d'éboulement	Gdyel	727460.9832	3969811.4031	expertise in situ	32.27	12.33
486	source d'éboulement	Gdyel	727458.6681	3969804.1270	expertise in situ	32.02	13.33
487	source d'éboulement	Gdyel	727454.0379	3969797.8431	expertise in situ	30.87	13.98
488	glissement de terrain	Gdyel	727509.2698	3970466.5789	expertise in situ	116.07	30.15
489	glissement de terrain	Gdyel	727489.4260	3970336.9328	expertise in situ	121.52	28.10
490	glissement de terrain	Gdyel	727367.7174	3970287.9848	expertise in situ	18.71	28.19

491	glissement de terrain	Gdyel	727395.4987	3970847.5796	expertise in situ	21.44	31.69
492	glissement de terrain	Gdyel	727416.6654	3970817.1525	expertise in situ	34.49	35.41
493	glissement de terrain	Gdyel	727398.1445	3970786.7253	expertise in situ	12.15	26.43
494	glissement de terrain	Gdyel	727590.7616	3972375.2868	expertise in situ	71.65	34.17
495	source d'éboulement	Gdyel	726856.2768	3972878.5254	expertise in situ	47.89	29.82
496	source d'éboulement	Gdyel	726975.3395	3972883.8170	expertise in situ	102.72	23.50
497	source d'éboulement	Sidi Ben Yebka	727062.6522	3972947.3172	Google Earth	101.73	35.97
498	source d'éboulement	Sidi Ben Yebka	727168.4857	3973008.1714	Google Earth	97.89	32.43
499	source d'éboulement	Sidi Ben Yebka	727187.0066	3973087.5466	Google Earth	44.62	32.73
500	source d'éboulement	Sidi Ben Yebka	727311.3610	3973177.5051	Google Earth	24.60	33.30
501	source d'éboulement	Sidi Ben Yebka	727213.4650	3973164.2759	Google Earth	23.15	27.46
502	source d'éboulement	Arzew	739021.2254	3976320.0999	Google Earth	34.50	15.95
503	source d'éboulement	Arzew	738907.4544	3976378.3084	Google Earth	17.67	22.00
504	source d'éboulement	Arzew	738296.2656	3976513.2462	Google Earth	35.54	28.41
505	source d'éboulement	Arzew	739324.4385	3976470.3836	Google Earth	33.99	25.12
506	source d'éboulement	Arzew	739318.0885	3976400.5334	Google Earth	55.99	29.60
507	source d'éboulement	Arzew	739169.9215	3976347.6167	Google Earth	64.92	33.28
508	source d'éboulement	Arzew	739102.1881	3976404.7668	Google Earth	19.01	26.70
509	glissement de terrain	Gdyel	726481.5378	3964924.5010	expertise in situ	56.58	18.43
510	basculement	Bir El Djir	722503.2549	3959905.8743	site web	215.79	24.15
511	source d'éboulement	Oran	717875.6735	3956171.6594	expertise in situ	134.43	24.35
512	source d'éboulement	Oran	717845.2464	3956154.4614	expertise in situ	129.23	27.24
513	source d'éboulement	Oran	717805.5588	3956129.3260	expertise in situ	131.96	29.01
514	source d'éboulement	Oran	717772.4858	3956116.0968	expertise in situ	125.51	30.69
515	source d'éboulement	Oran	717740.7358	3956100.2217	expertise in situ	126.94	29.29

516	source d'éboulement	Oran	717694.4336	3956090.9613	expertise in situ	123.90	30.01
517	source d'éboulement	Oran	717674.5898	3956084.3467	expertise in situ	125.57	30.04
518	source d'éboulement	Oran	717642.8397	3956067.1487	expertise in situ	131.36	28.52
519	source d'éboulement	Oran	717612.4126	3956057.8883	expertise in situ	133.62	27.33
520	source d'éboulement	Oran	717585.9542	3956055.2425	expertise in situ	130.55	28.66
521	source d'éboulement	Oran	717555.5271	3956053.9196	expertise in situ	124.43	30.15
522	source d'éboulement	Oran	717429.8497	3956007.6174	expertise in situ	117.80	38.08
523	source d'éboulement	Oran	717406.0372	3955970.5756	expertise in situ	129.70	31.10
524	source d'éboulement	Oran	717390.1622	3955928.2422	expertise in situ	125.81	25.31
525	basculement	Oran	715554.1486	3953371.3699	expertise in situ	105.18	8.32
526	source d'éboulement	Messereghine	700464.4017	3951658.4540	expertise in situ	513.13	17.69
527	source d'éboulement	Messereghine	700519.9643	3951690.2041	expertise in situ	506.97	23.11
528	source d'éboulement	Messereghine	700594.0478	3951714.0166	expertise in situ	507.33	21.92
529	source d'éboulement	Messereghine	700633.7354	3951721.9541	expertise in situ	506.08	25.04
530	source d'éboulement	Messereghine	700723.6939	3951711.3708	expertise in situ	506.33	16.53
531	source d'éboulement	Messereghine	700797.7774	3951801.3293	expertise in situ	512.34	18.98
532	source d'éboulement	Messereghine	700808.3608	3951862.1836	expertise in situ	504.74	27.25
533	source d'éboulement	Messereghine	700768.6732	3951737.8291	expertise in situ	511.83	16.37
534	source d'éboulement	Messereghine	700848.0483	3951878.0586	expertise in situ	523.24	19.77
535	source d'éboulement	Messereghine	700877.1526	3951917.7462	expertise in situ	522.80	24.40
536	source d'éboulement	Messereghine	700927.4235	3951957.4338	expertise in situ	517.82	25.70
537	source d'éboulement	Messereghine	700993.5695	3951962.7254	expertise in situ	520.89	22.19
538	source d'éboulement	Messereghine	701075.5905	3951997.1213	expertise in situ	523.31	17.15
539	source d'éboulement	Messereghine	701112.6322	3952060.6215	expertise in situ	517.00	20.14
540	source d'éboulement	Messereghine	701232.7533	3952133.6466	expertise in situ	513.07	25.70
541	source d'éboulement	Messereghine	701323.7701	3952167.5133	expertise in situ	512.14	22.07
542	source d'éboulement	Messereghine	701395.7369	3952224.6635	expertise in situ	520.38	12.60
543	source d'éboulement	Messereghine	701372.4536	3952317.7970	expertise in situ	508.76	19.11
544	source d'éboulement	Messereghine	701465.5871	3952360.1304	expertise in situ	522.62	18.33

545	source d'éboulement	Messereghine	701539.6706	3952381.2971	expertise in situ	528.77	14.19
546	source d'éboulement	Messereghine	701634.9207	3952436.3305	expertise in situ	526.84	15.22
547	source d'éboulement	Messereghine	701673.0208	3952464.9056	expertise in situ	524.08	17.09
548	source d'éboulement	Messereghine	701744.4585	3952501.9473	expertise in situ	516.63	26.01
549	source d'éboulement	Messereghine	701821.1878	3952525.7599	expertise in situ	520.41	25.36
550	source d'éboulement	Messereghine	701895.2713	3952583.9683	expertise in situ	502.70	30.31
551	source d'éboulement	Messereghine	702006.3965	3952650.1143	expertise in situ	505.48	31.15
552	source d'éboulement	Messereghine	702099.0008	3952710.9686	expertise in situ	501.61	30.70
553	source d'éboulement	Messereghine	702191.6052	3952710.9686	expertise in situ	513.71	25.05
554	source d'éboulement	Messereghine	702300.0846	3952687.1560	expertise in situ	515.34	24.10
555	source d'éboulement	Messereghine	702397.9806	3952687.1560	expertise in situ	515.91	24.07
556	source d'éboulement	Messereghine	702503.8141	3952716.2603	expertise in situ	507.38	31.92
557	source d'éboulement	Messereghine	702593.7727	3952673.9269	expertise in situ	517.32	17.94
558	source d'éboulement	Messereghine	702696.9604	3952695.0936	expertise in situ	511.12	23.56
559	source d'éboulement	Messereghine	702818.6689	3952710.9686	expertise in situ	510.53	24.73
560	source d'éboulement	Messereghine	702953.6067	3952718.9061	expertise in situ	499.79	23.58
561	source d'éboulement	Messereghine	703083.2528	3952748.0103	expertise in situ	504.76	21.73
562	source d'éboulement	Messereghine	703173.2113	3952737.4270	expertise in situ	507.79	19.25
563	source d'éboulement	Messereghine	703249.9406	3952732.1353	expertise in situ	508.38	20.50
564	source d'éboulement	Messereghine	703361.0659	3952732.1353	expertise in situ	507.17	18.97
565	source d'éboulement	Messereghine	703477.4828	3952766.5312	expertise in situ	503.05	16.07
566	source d'éboulement	Messereghine	703543.6287	3952819.4480	expertise in situ	499.83	16.40
567	source d'éboulement	Messereghine	703625.6497	3952787.6979	expertise in situ	506.02	10.01
568	source d'éboulement	Messereghine	703675.9207	3952800.9271	expertise in situ	500.85	16.48
569	source d'éboulement	Messereghine	703763.2333	3952792.9896	expertise in situ	505.56	9.45
570	source d'éboulement	Messereghine	703816.1501	3952853.8439	expertise in situ	506.19	13.95
571	source d'éboulement	Messereghine	703842.6085	3952906.7607	expertise in situ	501.52	19.59
572	source d'éboulement	Messereghine	703911.4003	3952946.4482	expertise in situ	496.35	26.79
573	source d'éboulement	Messereghine	703974.9004	3952919.9898	expertise in situ	505.15	16.49

574	source d'éboulement	Oran	708459.2995	3949604.9795	expertise in situ	254.98	11.66
575	source d'éboulement	Oran	708507.5861	3949524.9429	expertise in situ	252.32	11.00
576	source d'éboulement	Oran	708284.6742	3949946.9541	expertise in situ	271.16	4.09
577	basculement	Mers El kebir	704912.6851	3955199.3407	expertise in situ	228.92	5.85
578	basculement	Mers El kebir	705642.6720	3954597.9415	expertise in situ	214.73	25.55

TABLEAUX

Liste des figures

Figure 1 : localisation de la zone d'étude	14
Figure 2 : carte montre le cadre géologique de la zone d'étude (Wildi1983).....	19
Figure 3 : carte montre les différentes unités géomorphologiques	20
Figure 4 : carte structural du bassin de Bas Chélif, d'après (Thomas 1985)	22
Figure 5 : les types de mouvement de terrain selon la classification de (Cruden and Varnes 1996) (Varnes 1978). (a) éboulement, (b) basculement, (c) glissement de terrain rotationnel et transrotationnel, (d) coulée boueuse, (e) déplacement latéral.....	26
Figure 6 : Inventaire des mouvements de terrain par les méthodes conventionnelles. (a)création d'une carte d'inventaire par l'interprétation des photos aériennes. (b) investigation et enquête sur terrain	34
Figure 7 : Nouvelle méthodes d'inventaire et de surveillance des glissements de terrain	35
Figure 8 : Méthodes électriques et électromagnétiques	39
Figure 9 : Eboulements sur le long de la route d'Ain-Franine _Kristel (site1)	44
Figure 10 : Exemple de source nourricière d'éboulis ; Site- 2	45
Figure 11 : Tailles et formes d'éboulis aux abords de Kristel	46
Figure. 12 : glissement de terrain L1, a) vue aérienne de la zone instable, b) vue sur terrain de la partie amont du glissement de terrain, c) vue 3d du glissement de terrain avec un profil 2D de la morphologie du versant selon la direction AA'.	49
Figure.13 : réactivation du glissement de terrain L1 suite aux précipitations du 18/05/2018	50
Figure 14 : Le glissement de terrain G3.....	51
Figure .15 : Carte géologique du site étudié (Lsa) Matériaux des glissements, (Qmd1) Pléistocène marin niveau ancien, (Qc) Quaternaire Continental, (Mm) Miocène supérieur (Gourinard 1952)	52
Figure .16 : la topographie de la zone d'étude ; (a) MNT du secteur d'étude, (b) profils en travers ; des sections [AD].....	54
Figure 17 : Glissements de terrain G1 et G2, (a) vue aérienne des glissements de terrain G1 et G2 (Image DMC 0.13*0.13), (b) et (c) illustrations photographiques des conséquences directes des glissements de terrain G1 et G2.....	55
Figure .18 : Logs des sondages réalisés au niveau de la zone des glissements G1 et G2.....	57
Figure .19 : Position des sondages réalisés pour suivre le niveau piézométrique	58

Figure .20 : Interprétation géologique (a) géologie de la zone G1 et G2 et tracé section des coupes géotechniques, (b) coupes interprétatives de la structure interne des glissements de terrain (frange maritime).	59
Figure .21 : Glissement de terrain G3, G4 et G5 ;(a)limites des glissement de terrain et position des inclinomètres réalisés, (b) image 3D Google Earth des glissements de terrain, (c) vu du glissement de terrain de terrain G5, (d) Eboulement au sommet du G5, (e) Basculement de terrain G5.	61
Figure .22 : les données des inclinomètres I, I2, I3, I4, I5, I6, I7, I8, I9, I10, INCSUPP12 et INCSUPP17..	64
Figure .23 : Coupes géotechniques interprétatives de la structure interne des glissements de terrain G3, G4, G5.	65
Figure .24 : Glissement de terrain détecté par le MNT LIDAR ; a) image ombrée à 45°, b) carte des pentes, c) profile topographique AA'	66
Figure .25 : Vue 3D du flan Nord du Douar Belgaid montrant les glissements de terrain détectés par le MNT LIDAR (base de données SEOR). 3.8.....	67
Figure 26 : Impact de glissement sur les formations géologiques (partie Est de la carrière). A, B et D) fragmentation des sols. C et E) fissurations des calcaires à Lithothamnées.	69
Figure27 : Impact de glissement sur la partie haute de la carrière ; A) vue panoramique de la partie haute de la carrière ; B) l'effondrement des terrasses.	64
Figure28 : L'ensemble affecté par les glissements des marnes et l'éboulement des masses ; A) Prise de photo pour l'ensemble ; B) Eboulement de masses ; C) Glissements des matériaux meubles.	70
Figure 29 : La partie Ouest de la carrière.	70
Figure 30 : 1 ère interprétation du glissement de terrain de la carrière de Taфраoui.....	71
Figure 31 : 2 e interprétation du glissement de terrain de la carrière de Taфраoui.	72
Figure 32 : Comparaison par photos entre les deux visites sur terrain.	73
Figure 33 : l'effondrement du site de Chaabat planteur	75
Figure 34 : représentation de la base de données SIG via l'outil Arc GIS	76
Figure 35 : distribution spatial des aléas géologiques dans la wilaya d'Oran	77
Figure 36 : distribution spatial des mouvements de terrain dans la partie centrale d'Oran.	78
Figure 37 : distribution spatial des mouvements de pente sur la partie Est d'Oran (Mont d'Arzew)	79
Figure 38 : distribution spatiale des glissements de terrain dans la partie sud d'Oran (mont de Taфраoui)	80

Figure 39 : répartition des sources d'information.....	81
Figure 40 : répartition des classes de mouvements de terrain	82
Figure 41 : distribution des aléas géologiques par commune	83
Figure 42 : Densité des mouvements de terrain du secteur de Kristel	88
Figure 43 : Densité des mouvements de terrain du secteur de Taфраoui	88
Figure 44 : Densité des mouvements de terrain du secteur de Mers el Kebir	89
Figure 45 : carte d'aléa des mouvements de terrain de la région d'étude	90

Liste des Tableaux

Tableau1 : classification des mouvements de terrain selon (Varnes 1978)	22
Tableau 2 : Récapitulatif des données de sondage et inclinomètre pour les glissements G1 et G2	53
Tableau 3 : résultats des mesures inclinomètres	59