

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE



Université d'Oran 2
Faculté des Sciences de la Terre et de l'Univers

THESE

Pour l'obtention du diplôme de Doctorat « L.M.D »
En Sciences de la Terre
Option : Risques naturels, Risques géologiques et Gestion

Cartographie algébrique d'aléa multirisque du Littoral Oranais,
NO de l'Algérie
Risques: (Sismique, glissement de terrain, inondation)

Présentée et soutenue publiquement par :
Mr : Roukh Zine El Abidine

Devant le jury composé de :

SEDDIKI Abdelmadjid	Professeur	Université d'Oran2	Président
NADJI Abdelmansour	Professeur	Université d'Oran2	Directeur de thèse
MEGHRAOUI Mustapha	Professeur	I.P.G.Strasbourg, France	Codirecteur
MANSOUR Hamidi	Professeur	Université d'Oran2	Examineur
ZEROUAL Ibrahim	M.C.A	Université de Tindouf	Examineur

Année 2019/2020

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciement

الحمد لله الذي وفقني إلى هذا البحث المتواضع

Je remercie chaleureusement toutes les personnes qui m'ont aidé pendant l'élaboration de ma thèse et notamment mon directeur de thèse Monsieur le professeur NADJI ABDELMANSOUR, pour son intérêt et son soutien, sa grande disponibilité et ses nombreux conseils durant la rédaction de ma thèse.

Je remercie le Pr.Mustapha Mergraoui , Université de Strasbourg de m'avoir accueilli au sein de son laboratoire de recherche.

Ce travail n'aurait pas été possible sans le soutien de l'Université d'Oran2, qui m'a permis, grâce à une allocation de recherches et diverses aides financières, de me consacrer sereinement à l'élaboration de ma thèse.

Je tiens à remercier le Professeur SEDDIKI Abdelmadjid d'avoir accepté de présider mon jury ainsi que les autres membres du jury pour le temps accordé à l'évaluation de ce travail.

Je tiens à remercier tous mes enseignants universitaires de la Faculté des Sciences de la terre de Géographie et d'Aménagement du Territoire ; plus précisément à Monsieur: Mansour Hamidi, Foukrach, Zeroual Ibrahime, Hassani Moulay Idris et Ablaoui Halima.

Je remercie tous mes collègues du Cadastre de la wilaya d'Oran et le personnel du Bureaux des Travaux Topographiques pour leurs encouragements.

Enfin, j'adresse mes sincères remerciements à tous mes proches et amis qui m'ont soutenu et encouragé avec leur générosité naturelle mais combien précieuse tout au long de nos belles années universitaires et particulièrement durant la réalisation de ce travail.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail
A ma très chère **M**ère et mon très cher **P**ère
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, **L**e jour est venu pour leur dire **M**erci...
A ma femme qui ma beaucoup encouragé
A mes chers frères **T**ayeb, **M**ohamed et **H**abiba,
A mon fils **A**dam **W**assim
tous mes toutes mes tantes, cousins et cousines.
A toute la famille **R**oukh

Mes derniers remerciements, et ce ne sont pas les moindres, vont à tous ceux qui ont
contribué de près ou de loin à l'aboutissement de ce travai

Cartographie algébrique d'aléa multirisque du littoral Oranais, NO de l'Algérie (Sismique- glissements de terrain- inondation).

Résumé :

Les risques géologiques présentent une importante énigme qui entrave tout développement d'un pays. Ils peuvent causer annuellement des sérieux dégâts et de grandes pertes humaines. Dans ce contexte, la partie nord-occidentale de l'Algérie inventorie plusieurs risques naturels sur le long du littoral Oranais. L'objectif principal de notre recherche se focalise notamment sur l'évaluation d'aléas liés aux données sismiques, morpho structurales et hydriques. Notre modeste investigation est basée notamment sur l'approche algébrique qui permet d'établir une cartographie thématique relative aux indexes de la susceptibilité des terrains exposés aux différents risques natures et géologiques. Il s'agit des méthodes paramétriques, quantitatives et semi-quantitatives, qui sont appliqués pour mieux modéliser la distribution spatiale des paramètres intrinsèques et extrinsèques des différents événements envisagés (séismes, glissements de terrain et les inondations).

Dans ce travail de thèse une approche systématique ; fondée à priori sur l'inventaire d'aléas événementiels et sur l'échantillonnage des paramètres intrinsèque et extrinsèques des phénomènes à risque. En second lieu, l'introduction d'une analyse statistique est exercée à la faveur d'outillage informatique performant qui nous a permis de résoudre la thématique recherchée grâce au maillage matriciel dont la source de données est acquise par le biais des catalogues régionaux (inventoriés en annexes).

En fin, nous soulignons que les résultats obtenues sont d'actualité et se rapportent mieux à la prévention des risques sismiques, des glissements de terrains et des inondations. Par ailleurs, le travail sous l'égide des programmes de cartographie sous l'environnement SIG et via l'introduction du Système de gestion de bases de données SGBD est aussi important pour accéder aux résultats prospérés. En effet, cette étude vient de combler une lacune d'informations liées aux risques géologiques qu'on recommande les responsables et les collectivités locales d'utiliser ces documents pour toute planification future à l'échelle régionale et notamment sur le littoral oranais.

Mots clés : *Cartographie algébrique, aléa multirisque, sismique, glissement de terrain, inondation, SIG, Littoral Oranais, Algérie.*

Multi-hazards algebraic mapping of the Oran coastal, (NW of Algeria) (Seismic -landslide - flood)

Abstract:

Geological hazards present an important conundrum that hinders any development of a country. They can cause serious damage and loss of life every year. In this context, the north-western part of Algeria inventories several natural risks along the Oran coast. The main objective of our research focuses in particular on the evaluation of hazards related to seismic, morpho-structural and hydric data. Our modest investigation is based in particular on the algebraic approach which allows establishing a thematic cartography relating to the indexes of the susceptibility of the grounds exposed to the various natural and geological risks. Parametric, quantitative and semi-quantitative methods are applied to better model the spatial distribution of intrinsic and extrinsic parameters of the different events considered (earthquakes, landslides and floods).

In this thesis work, a systematic approach is used; based a priori on the inventory of event hazards and on the sampling of the intrinsic and extrinsic parameters of the phenomena at risk. Secondly, the introduction of a statistical analysis is carried out using high-performance computer tools that have enabled us to solve the subject in question through a matrix grid, the data source of which is acquired through regional catalogues (inventoried in the appendices).

Finally, we would like to stress that the obtained results are topical and more relevant to the prevention of seismic risks, landslides and floods. Furthermore, the work under the aegis of the mapping software under the GIS environment and through the introduction of the DBMS database management system is also important for accessing the results that have been achieved. Indeed, this study has just completed a lack of information related to geological hazards and it is recommended that decision makers and local authorities use these documents for any future planning at the regional level and particularly on the Oran coastline.

Key words: geological hazards, seismic, landslides, flood, GIS, Oran Coastal, Algeria

رسم خرائط جبرية متعددة المخاطر للساحل الوهراني (شمال غرب الجزائر) (الزلازل - الانهيارات الأرضية - الفيضانات)

الملخص :

تمثل الأخطار الجيولوجية لغزاً هاماً يعيق أي تنمية في البلد. يمكن أن تتسبب في أضرار جسيمة وخسائر في الأرواح كل عام. في هذا السياق، يخزن الجزء الشمالي الغربي من الجزائر العديد من المخاطر الطبيعية على طول ساحل وهران. يركز الهدف الرئيسي من بحثنا بشكل خاص على تقييم المخاطر المتعلقة بالبيانات الزلزالية والخصائص الهيكلية والبيانات المائية. يعتمد بحثنا المتواضع بشكل خاص على النهج الجبرية الذي يسمح بوضع رسم خرائط موضوعية تتعلق بمؤشرات حساسية الأراضي المعرضة لمختلف المخاطر الطبيعية والجيولوجية. يتم تطبيق الأساليب البارامترية والكمية وشبه الكمية لتحسين تصميم التوزيع المكاني للمعلومات الداخلية والخارجية لمختلف الأحداث التي تم النظر فيها (الزلازل والانزلاقات الأرضية والفيضانات).

في هذه الرسالة ، يتم استخدام نهج منظم. بناء على جرد مخاطر الأحداث وأخذ عينات من المعلومات الداخلية والخارجية للظواهر المعرضة للخطر، يتم إدخال التحليل الإحصائي باستخدام أدوات الكمبيوتر عالية الأداء التي مكنتنا من حل الموضوع المعني من خلال شبكة مصفوفة، يتم الحصول على مصدر البيانات من خلال التكنولوجيا الإقليمية (التي تم جردها في الملاحق). وأخيراً، تؤكد على أن النتائج التي تم الحصول عليها موضوعية وأكثر صلة بالوقاية من مخاطر الزلازل والانهيارات الأرضية والفيضانات. علاوة على ذلك، فإن العمل تحت رعاية برنامج رسم الخرائط تحت بيئة نظم المعلومات الجغرافية ومن خلال إدخال نظام إدارة قاعدة بيانات DBMS مهم أيضاً للوصول إلى النتائج التي تم تحقيقها في الواقع ، اكتملت هذه الدراسة للتو نقصاً في المعلومات المتعلقة بالمخاطر الجيولوجية ويوصى بأن يستخدم صناع القرار والسلطات المحلية هذه الوثائق في أي تخطيط مستقبلي على المستوى الإقليمي وخاصة على مستوى الساحل الوهراني.

كلمات مفتاحية: المخاطر الجيولوجية، مخاطر الزلازل، مخاطر الانهيارات الأرضية، مخاطر الفيضانات، نظم المعلومات الجغرافية، الساحل الوهراني، الجزائر

Tables des matières

Remerciements	3
Dédicaces	4
Résumé	5
Abstract	6
ملخص	8
Tables des matières	7
Introduction générale	12
Chapitre 1 : cartographie d'aléa sismique	24
1.1. Introduction.....	25
1.2. Contexte sismotectonique du nord Algérien.....	26
1.2.1. Contexte cinématique a l'échelle des plaques tectoniques.....	26
1.2.2. Contexte structural de l'Algérie du nord.....	28
1.2.3. Contexte sismotectonique de l'Atlas Tellien.....	29
1.2.4. Néotectonique du Nord Algérien.....	31
1.3. Notions de base.....	34
1.3.1. L'aléa sismique.....	34
1.3.2. Méthodes d'évaluation d'aléa sismique.....	34
1.3.3. Les étapes fondamentales d'évaluation et de cartographie de l'aléa sismique.....	35
1.4. Les séismes dévastateurs survenus dans le littoral Oranais.....	35
1.4.1. Le séisme d'Oran du 09 Octobre 1790.....	35
1.4.2. Le séisme d'Ain Temouchent.....	37
1.4.3. Le séisme d'Oran 06/06/2008.....	39
1.5. Evaluation et cartographie d'aléa sismique cas du littoral Oranais.....	40
1.5.1. Ajustement de la loi de Gumbel.....	40
1.5.2. Calcul de la probabilité de récurrence et les différents périodes de retour d'un séisme.....	41
1.5.3. Estimation du paramètre séismogène b_{value} sur le littoral Oranais.....	42
1.5.4. Evaluation de la probabilité de récurrence et les différents périodes de retour des séismes affectant le littoral Oranais, période (1900-2016).....	45
1.6. Conclusion.....	48
Chapitre 2 : cartographie d'aléa de glissements terrain	49
2.1. Introduction.....	50
2.2. Notions de base.....	53
2.2.1. Les types de mouvements de terrain.....	54
2.2.1.1. Les éboulements.....	54
2.2.1.2. Les basculements.....	54
2.2.1.3. Les glissements de terrain.....	54
2.2.1.4. Le déplacement latéral.....	54

2.2.1.5. Les coulées boueuses.....	55
2.2.1.6. Les glissements de terrain complexe.....	55
2.2.2. Vitesse du glissement de terrain.....	56
2.2.3. Inventaire des mouvements de terrain.....	57
2.2.3.1. Les types des cartes d'inventaire.....	57
2.2.3.2. Les méthodes conventionnelles d'inventaire des glissements de terrain.....	60
2.2.3.3. Nouvelle méthode d'inventaire et de surveillance des glissements de terrain.....	61
2.3. Concept de base sur le risque lie aux mouvements de terrain.....	63
2.3.1. La cartographie de la susceptibilité.....	64
2.3.2. La cartographie de l'aléa.....	64
2.4. Evaluation de la susceptibilité aux glissements de terrain (état de l'art).....	64
2.4.1.1. L'approche qualitative.....	65
2.4.1.2. La cartographie d'inventaire des phénomènes.....	65
2.4.1.3. Analyse géomorphologique.....	66
2.4.1.4. Cartographie par pondération de facteurs.....	69
2.4.2. Approches quantitative.....	69
2.4.2.1. Approche bivariées.....	70
2.4.3. Variables prédictives pour cartographier de la susceptibilité aux glissements de terrains.....	71
2.5. Etudes de quelque glissement de terrain affectant le littoral Oranais.....	72
2.5.1. Caractéristiques géologiques du site étudié.....	72
2.5.2. La morphologie de la frange maritime.....	73
2.5.3. Caractéristiques hydrogéologiques de la ville d'Oran.....	75
2.5.4. Caractéristiques climatiques.....	76
2.5.5. Étude des précipitations mensuelles.....	76
2.5.6. Régime pluviométrique.....	77
2.5.7. Étude des précipitations moyennes annuelles.....	78
2.5.8. Température.....	79
2.5.9. Le régime Climatique.....	80
2.5.9.1. Etude de climat.....	80
2.5.10. Synthèse bioclimatique.....	82
2.6. Etude des glissements de terrain ces de la frange maritime d'Oran.....	84
2.6.1. Glissement de terrain G1_G2.....	84
2.6.1.1. Géologie et stratification dans la zone des glissements G1 et G2.....	85
2.6.1.2. Interprétation des résultats inclinomètres.....	88
2.6.1.3. Données piézométriques des sondages réalisés dans la zone d'étude.....	90
2.6.1.4. Type des glissements de terrain.....	92
2.6.2. Glissements de terrain G3, G4 et G5.....	94
2.6.2.1. Mesures inclinométriques.....	95
2.6.2.2. Type des mouvements de terrain.....	98
2.7. Détection des glissements de terrain par le MNT LIDAR.....	100

2.8.	Glissement de terrain de Mers El Kebir	102
2.9.	Cartographie de la susceptibilité aux mouvements de terrain, cas d'études.....	105
2.9.1.	Méthodes utilisées pour l'évaluation de la susceptibilité aux glissements de terrain.....	106
2.9.1.1.	La méthode statistique valeur informative (IV).....	106
2.9.1.2.	La méthode statistique rapport de fréquence (RF).....	106
2.9.1.3.	La méthode statistique régression logistique.....	107
2.9.1.4.	La méthode statistique AHP.....	107
2.9.1.5.	La théorie de l'évidence (WOE).....	110
2.10.	Article publié dans 'bulletin of mineral research and exploration'.....	111
2.11.	Cartographie de la susceptibilité aux glissements de terrain cas du secteur de Tafraoui.....	127
2.11.1.	Présentation de la zone d'étude.....	127
2.11.2.	Inventaire des glissements de terrain.....	131
2.11.3.	Les facteurs de glissement de terrain.....	133
2.11.3.1.	La pente.....	133
2.11.3.2.	L'aspect (l'exposition de la pente).....	134
2.11.3.3.	La lithologie.....	134
2.11.3.4.	Proximité au réseau de fracturation.....	134
2.11.3.5.	Proximité au réseau de drainage.....	136
2.11.3.6.	Proximité aux sources d'eau.....	136
2.11.3.7.	Précipitation.....	136
2.11.3.8.	Indice différentiel normalisée de végétation (NDVI).....	136
2.11.3.9.	L'occupation du sol.....	137
2.11.3.10.	Indice de transport des sédiments (STI).....	138
2.11.3.11.	Indice de puissance de flux (SPI).....	138
2.11.3.12.	Courbure transversale et courbure longitudinale.....	138
2.11.3.13.	Altitude du relief	139
2.11.4.	Évaluation de la susceptibilité aux glissements de terrain.....	140
2.11.4.1.	La méthode statistique valeur informative.....	140
2.11.4.2.	La méthode statistique ratio de fréquence.....	141
2.11.4.3.	La méthode statistique régression logistique.....	141
2.11.4.4.	Application de la méthode théorie de l'évidence (WOE).....	14
2.11.4.5.	application de la méthode statistique AHP.....	147
2.12.	Cartographie de la susceptibilité aux glissements de terrain cas de la commune de Mers El Kebir	149
2.12.1.	Caractéristiques de la zone d'étude.....	149
2.12.2.	Evaluation de la susceptibilité aux glissements de terrain par la méthode AHP.....	151
2.12.2.1.	Paramètres d'entrés.....	151
2.12.2.2.	Application de la méthode AHP.....	154

2.13.	Conclusion.....	157
Chapitre 3 :	cartographie d'aléa d'inondation.....	159
3.1.	Introduction.....	160
3.2.	Les inondations.....	163
3.2.1.	Types d'inondations.....	163
3.2.1.1.	Les inondations des rivières.....	163
3.2.1.2.	Les inondations urbaines.....	163
3.2.1.3.	Les inondations éclairs.....	163
3.2.1.4.	Les inondations des plaines.....	163
3.2.1.5.	Les inondations côtières.....	164
3.2.2.	Le risque d'inondation.....	164
3.2.3.	L'aléa d'inondation.....	164
3.2.4.	Méthode de cartographie d'aléa d'inondation.....	165
3.2.4.1.	La méthode historique.....	165
3.2.4.2.	La méthode Paléo hydrologique.....	165
3.2.4.3.	Les méthodes géologiques et géomorphologiques.....	166
3.2.4.4.	Les méthodes hydrologiques et hydrauliques.....	166
3.3.	Cas d'étude.....	166
3.3.1.	Les inondations dans la wilaya d'Oran.....	166
3.3.2.	Caractéristique de la wilaya d'Oran.....	169
3.3.2.1.	Situation géographique.....	169
3.3.2.2.	Aperçu géologique de la wilaya d'Oran.....	169
3.3.2.3.	Aperçu géomorphologique.....	172
3.3.2.4.	La démographie.....	172
3.3.2.5.	Bassin hydrologique.....	173
3.3.2.6.	Occupation du sol.....	174
3.3.3.	Inventaire des inondations de la wilaya d'Oran, période (1847-2018).....	175
3.3.3.1.	Source d'information.....	175
3.3.3.2.	Structure du catalogue.....	177
3.3.3.3.	Analyse du catalogue.....	177
3.3.4.	Analyse spatial du catalogue.....	180
3.3.4.1.	Répartitions spatial des inondations par commune.....	180
3.3.4.2.	Répartitions spatial des inondations par commune en fonction de la densité de population.....	181
3.3.4.3.	Répartitions spatial des inondations par bassin versant.....	182
3.3.4.4.	Répartitions spatial des inondations par rapport aux unités morphologiques.....	183
3.3.5.	Répartition temporel.....	184
3.3.5.1.	Distribution mensuelle.....	184
3.3.6.	Densité des inondations et cartographie préliminaire d'aléa.....	185
3.3.7.	Les inondations les plus meurtrières.....	186
3.3.8.	Cartographie de la susceptibilité aux inondations.....	188

3.3.9. Article publié dans le Journal International Sciences et Technique de l'Eau et de l'Environnement (JISTEE).....	188
3.4. Conclusion.....	196
Conclusion générale et perspectives	198
Bibliographie	203
Annexes	216
Annexe1 : Catalogue de séismicité de l'ouest d'Algérie.....	217
Annexe2 : ajustement de la loi de Gumbel.....	261
Annexe 3 : Calcule de la probabilité de récurrence et les périodes de retour (1, 50 et 100 ans).....	266
Annexe 4 : précipitation moyenne annuelle (1983-2013).....	269
Annexe 5 : Distribution spatiale et la pondération de chaque paramètre calculé par les méthodes RF, VI (Taфраoui).....	270
Annexe 6 : Distribution spatiale et le poids de chaque paramètre calculé par la méthode WOE (Taфраoui).....	273
Annexe 7 : Catalogue des inondations survenues dans la wilaya d'Oran (1847-2018).....	276
Table	281
Table des figures.....	282
Liste des tableaux.....	286

Introduction générale

Introduction générale

Les pays en voie de développement sont généralement les plus vulnérables aux aléas géologiques en raison de leur taux croissant de développement et de densité urbaine. La non maîtrise d'une gestion adéquate des catastrophes naturelles conduit à une augmentation de risques dans les villes assez peuplées. La plus grande partie de la croissance en termes de structures civiles et d'infrastructures se concentre dans les pays en voie de développement au cours des prochaines décennies. Ces pays sont déjà exposés à plusieurs risques naturels tels que les mouvements de terrain, les inondations et les tremblements de terre.

Selon les études statistiques, du Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED), entre 1996 et 2015, un total de 1346169 victimes est enregistré. Les séismes causants 748621 victimes, les inondations provoquant 150061 victimes ainsi les glissements de terrains causant environ 17674 morts. Dans la période 2000 et 2015, plus de 5900 catastrophes sont enregistrées durant cette période, ainsi 3.6 milliards personnes sont concernées et affectées dans lesquels 1.2 million sont morts ; en plus, de 2.06 milliards de Dollars des pertes économiques sont enregistrées.

En Algérie, les risques naturels sont considérés comme un obstacle devant tout développement économique et social. Des pertes humaines et des dégâts matériels sont enregistrés suite à des événements catastrophiques, causés particulièrement par les tremblements de terre et les inondations, à savoir le séisme de Chélif du 10 octobre 1980 de magnitude 7.3 sur l'échelle de Richter, dont les pertes humaines sont arrêtés à 3500 morts, 8400 blessés et 3500 personnes disparus ainsi un taux dépassant les 2 milliards de DA enregistré comme cout de dommages. Un autre événement affectant la ville de Boumerdes, date du 10 Mai 2003, le séisme dévastateur de magnitude 6.8 a l'échelle de Richter, a généré plus de 2278 morts, 11450 blessés et plus de 15000 personnes sans-abris ; ainsi plus 5 milliards dollars pour les dégâts sont enregistrés. L'Algérie est également confrontée aux inondations avec des bilans lourds suite à ce type énigmatique d'événements. Parmi les scénarios les plus meurtrières, on mentionne celle d'Oued Rhiou du : 20 octobre 1993 ; 20 minutes de précipitations ayant provoquées 50 morts et des dizaines de blessés. Les inondations de Bab El Oued 10 du novembre 2001 provoquant des pertes humaines considérables qui s'élèvent à plus de 800 morts et 150 disparus et 30 milliards de DA évaluées pour les pertes matérielles.

Devant cette situation, la prévision des ces phénomènes implique directement les scientifiques d'entamer des études minutieuses, et d'approfondir la recherches via l'élaboration des inventaires et/ou catalogues des ces différents phénomènes, l'étude des facteurs de prédisposition environnemental, l'identification des zones susceptibles à ces aléas, le calcul de la périodicité et l'établissement d'un plan de prévention des risques spécifiques a chaque phénomène sont recommandés.

Au niveau du littoral Oranais qui présente un milieu favorable aux l'occurrence des tremblements de terre, des inondations et des mouvements de terrain, forme un théâtre a ces caractéristiques géologiques, morphologiques et climatiques. Les événements extrêmes enregistrés au niveau du Sahel Oranais et qui ont gardé encor leur la trace sont : le séisme historique survenu à Oran (1790), les inondations de Oued Tlélet (1947 et 1963). Ces phénomènes ont génères des dégâts et des dommages en pertes de vies humains considérables.

L'aménagement de territoire occidentale de l'Algérie nécessite des études planifies basées sur la cartographie d'aléa des différents phénomènes ayant engendrés des risques permanents. Cependant, notre recherche est dédiée a employer une méthodologie systématique permettant d'établir une cartographie algébrique d'aléa multirisques (séismique, glissements de terrain et inondation) sur l'ensemble du littoral Oranais (NO de l'Algérie).

Situation géographique de la zone d'étude

La région considérée par cette thématique est désignée par la zone littorale de l'Oranais qui se situé 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 a 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).

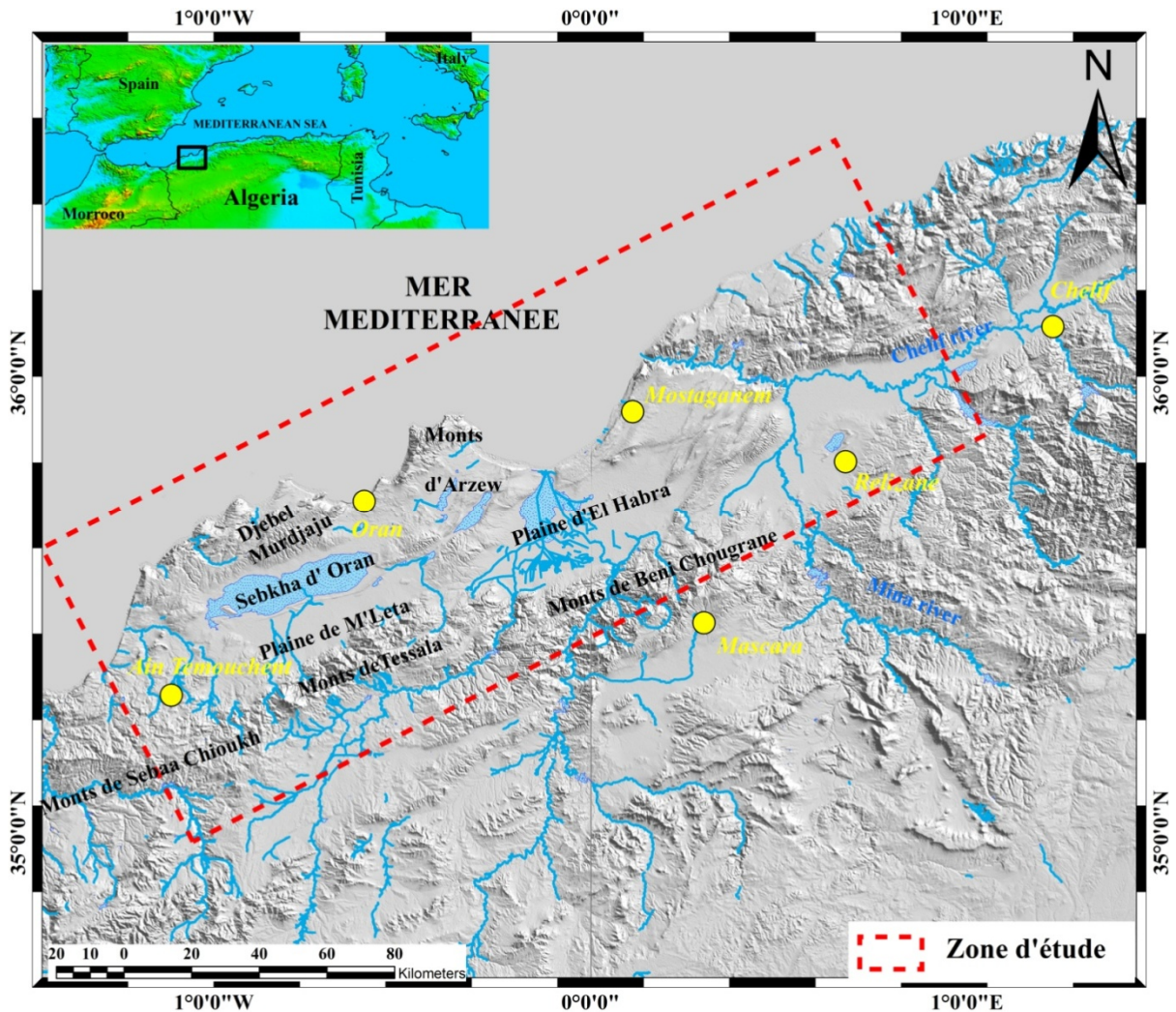


Figure 1: localisation de la zone d'étude

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 Maghrébides. Les travaux géologiques ont permis de caractériser la chaîne Tellienne, Sub-tellienne est d'y reconnaître trois grands domaines ; (Wildi 1983)

- **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.
- **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.

- **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.

Cadre litho stratigraphique du littoral Oranais (socle-couverture)

Les formations anti à synchro nappes (substratum) :

- **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)
- **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)
- **Trias** : Est formé essentiellement par de marnes et gypses et des argiles, affleure généralement sous forme de diapir.
- **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) :
- **Lias (Jurassique inférieur)** : Est formé par des calcaires bleus foncés en bancs épais puis minces et schistes jaunes ocres reposant sur des dolomies massives.
- **Dogger (Jurassique moyen)** : Est caractérisé par des schistes gris argentés calcaireux surmontant des schistes de l'ardoisière, fins et noirs.
- **Malm (Jurassique supérieur)** : formé par des schistes rouges et verdâtres, avec des bancs de grès rouge.
- **Crétacé** : Il est formé par des schist-gréseux, plissé, avec des bancs de quartzites.

Les formations post nappes (couverture) :

- **Formation basale** : c'est un ensemble de faciès en grès et d'argile rouge avec des 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 éléments 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) .

- **Les formations médianes :** Ces formations succèdent au niveau détritique de base sous forme de marnes bleues et des diatomites, deux formations géologique
 - *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.
 - *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.
- **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.

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 grès de base sont surmontés par des marnes glauconieuses.

Le Quaternaire :

Les affleurements quaternaires sont caractérisés de bas en haut par :

- **Pliocène terminal - Calabrien** : Le Pliocène est marqué par des grès lumachellique et/ ou grès dunaires conglomératique. Le Calabrien est formé par des grès coquilliers pouvant passer à des calcaires lumachelliques.
- **Pléistocène Moyen** : Ils présentent par endroits des lambeaux de grès de plage conglomératiques à faune banale (Thomas 1985).
- **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.
- **Holocène** : Est représenté par des grès dunaire éolienne consolidé (éolianite) affleurent au le long de la côte.

Géomorphologie du littoral Oranais : Le secteur d'étude s'organise selon une zone déprimée présenté 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).

- **Les plaines sublittorales** : présentées par i) La dépression M'léta-Habra constitue un sillon central est occupé par des dépressions endoréiques (Salines d'Arzew et la sebkha d'Oran). ii) La plaine d'El Andalous couvre une dépression topographique, dont la seule ouverture est située au Nord sur la Mer Méditerranée. Ce site constitue un amphithéâtre, limité au sud par les plateaux de Djebel Murdjajou et à l'Ouest par Djebel El Andalous.
- **Le tell Septentrional** : est constitué par les massifs littoraux ou affleurent du Paléozoïque et du Mésozoïques 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 montagneuse qui représentent les endroits les plus susceptibles aux mouvements de versant.

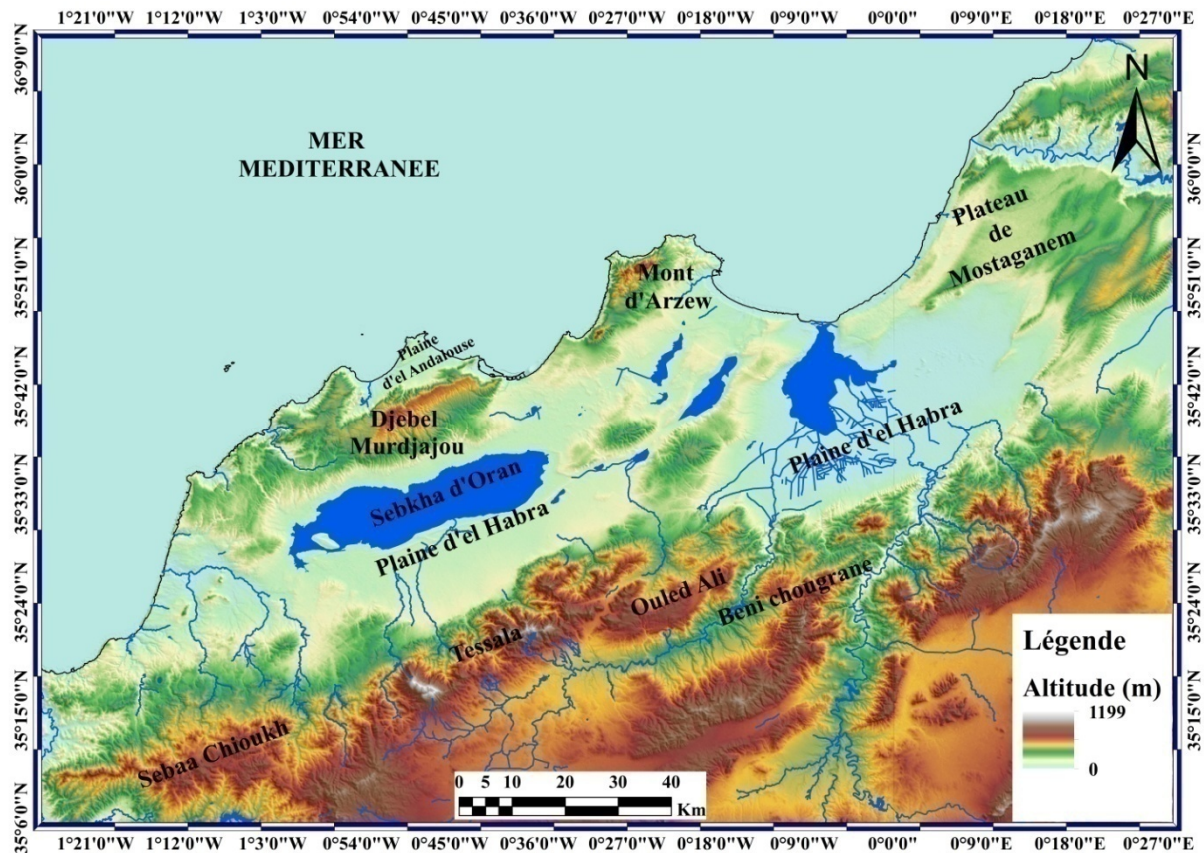


Figure 2 : carte montre les différentes unités géomorphologiques

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.3) :

- **La direction N50-N70** : 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 ; tel que le faisceau de Beni-Chougrane, Tessaia-Oueld Ali, le faisceau bordière des massif littoraux et le faisceau de Chélif.

- **La direction N10-N30** : cette direction correspond à des discontinuités déduits 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 (Fig.3).
- **La direction EW et N140E** : 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 décakilométriques orientées NE-SW, marquant l'effet de distension à l'échelle régionale, comme elle pourrait être à l'origine d'une activité sismique.

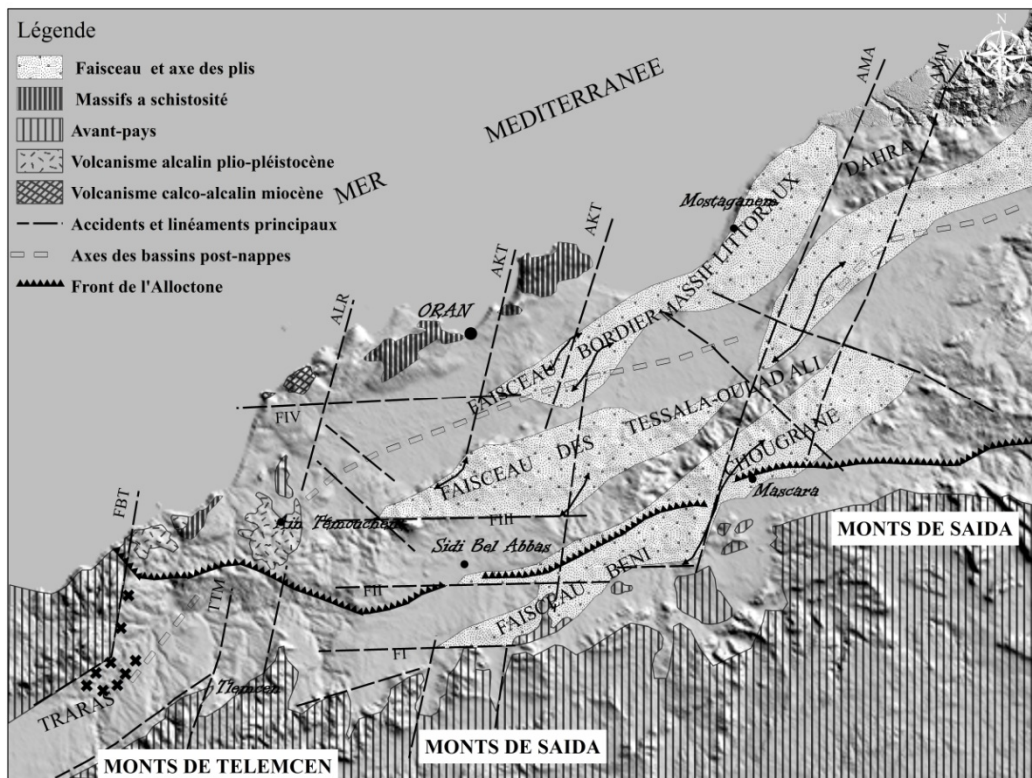


Figure 3: carte structurale du bassin de Bas Chélif, d'après (Thomas 1985)

Problématique :

La situation géographique et la complexité topographique, climatique et géologique du nord ouest algérien peuvent contribuer à la naissance d'aléa multirisque. Dont la cartographie de ce dernier est considérée comme l'étape fondamentale de la gestion des risques naturels et géologiques. Dans ce contexte, nous avons choisi le littoral Oranais comme cas d'étude intégrale.

Cette partie du territoire algérien a connu plusieurs événements catastrophiques dans le passé (tells: le séisme d'Oran 1790 et les inondations d'Oued Tlélet 1948 et 1964). Cependant, les premiers constats ont montré que quelques tentatives sont réalisées au niveau de l'Ouest d'Algérie portant sur les études de l'aléa sismique et de l'aléa d'inondation, qui restent encore insuffisantes. Un autre facteur favorisant la méconnaissance de différents aléas naturels et géologiques est lié à l'absence de bases de données ou des inventaires décrivant le détail des phénomènes historiques survenus dans cette zone. En plus, cette zone marquée un développement économique, social et urbain assez important. L'absence des études sur le zonage des risques naturels et/ou géologiques reste problématique jusqu'à ce jour. A cet effet, il est nécessaire d'établir une cartographie algébrique portant le zonage d'aléa multirisque basé sur une analyse séparée de l'aléa sismique, inondations et glissements de terrain.

Pour résoudre cette thématique nous avons tenté de répondre en précédent par :

1. Quelle est la stratégie à suivre pour cartographier l'aléa multirisque (sismique, glissement de terrain et inondation) ?
2. Quelle sont les méthodes de compilation des séismes, glissements de terrain et les inondations pour constituer une base de données fiables ?
3. Quelle sont les événements historiques importants survenus au niveau du littoral Oranais ?
4. Comment est-elle la distribution spatiale de ces différents phénomènes ?
5. Quelle sont les méthodes d'évaluation d'aléa sismique, glissement de terrain et inondation ?
6. Proposition d'une approche convenable qui aide à la cartographie algébrique par l'analyse systématique de ces trois d'aléas.

Objectifs et cadre de cette recherche

L'objectif principal de cette recherche est de cartographier l'aléa multirisque (sismique, glissements de terrain et inondation) en proposant une méthodologie d'évaluation et de cartographie algébrique d'aléa par différentes approches et techniques envisagées:

1. Elaboration des inventaires et de catalogues pour les différents phénomènes étudiés;
2. Modélisation des aléas naturels et/ou géologiques;
3. Cartographie algébrique d'aléa multirisque par l'analyse statistique et géomantique.

Contenue de la thèse

Le présent document est structuré en 3 chapitres : une introduction générale, qui rappelle le contexte global de ce travail via la présentation du champ d'investigation dans son contexte géographique, géologique et structural. Cette partie présume la problématique d'étude, la méthodologie de travail et les objectifs visés.

- **Chapitre 1 :** Expose en premier lieu le contexte sismotectonique des différentes unités constituant le Nord Algérie. Dans une seconde étape nous avons décrit un état de l'art concernant l'évaluation de l'aléa sismique. Suivie d'une description des principaux séismes historiques affectant le Littoral Oranais (NO d'Algérie). Finalement, une contribution d'évaluation d'aléa sismique de la zone d'étude par l'exploitation du catalogue déjà établie par notre équipe de laboratoire GEORN et les études antérieures.
- **Chapitre 2 :** Décrit les concepts fondamentaux de la cartographie de la susceptibilité aux glissements de terrain, ainsi l'état de l'art des différentes techniques utilisés pour estimer cette susceptibilité aux glissements de terrain avec des applications au niveau du Littoral Oranais. Premièrement, des notions de base concernant les glissements de terrain, les types et les facteurs de prédispositions naturelles et l'inventaire des mouvements de terrain sont décrites. Deuxièmement, décrire les termes susceptibilité, aléa, vulnérabilité et risque de glissements de terrain, ainsi les différentes méthodes quantitatives, qualitatives d'estimation de la susceptibilité aux glissements de terrain. Troisièmement,

établissement des études basées sur l'exploitation des données multi sources afin de mieux comprendre les glissement de terrain survenus en plusieurs sites de la zone d'étude. Finalement, des études de cas m'ont permis de développer et d'appliquer une méthodologie de cartographie propre à la susceptibilité aux glissements sur trois secteurs différents. D'abord la première étude sur le secteur d'Arzew dont l'article scientifique détaillé les phases de la cartographié de la susceptibilité aux glissements de terrain par les méthodes statistiques bivariées (ratio de fréquence et valeur informative). Une deuxième partie spécifique au développement d'une étude comparative de cinq méthodes statistiques de cartographie de la susceptibilité aux glissements de terrain (valeur informative, ratio de fréquence, la régression logistique, la théorie de l'évidence et AHP) réalisée sur le secteur de Taфраoui (Sud d'Oran). Une troisième partie, développée une approche géo décisionnelle afin de délimiter les zones susceptibles aux glissements de terrain de la commune de Mers El Kebir. Pour les résultats obtenus des deux premiers cas sont validés par des modèles statistique permettant de distinguer le model le plus adopté pour chaque zone testée.

- **Chapitre 3** : Expose un état de l'art du phénomène d'inondation, types, causes et conséquences ainsi le dressage d'une stratégie d'évaluation de l'aléa d'inondation par les déférentes méthodes et techniques. Cette partie s'appuie premièrement sur la méthodologie de compilation d'un catalogue régional des inondations envisagées sur le territoire de la wilaya d'Oran ; période (1847 -2018). Exposé de techniques d'inventaire et les sources de données utilisées. L'interprétation de la distribution spatiale de phénomènes permettant d'estimer les régions ou les communes les plus exposés aux inondations durant cette période. Deuxièmement, une contribution scientifique présente une étude d'évaluation de la susceptibilité aux inondations par la méthode d'analyse multicritères et Système d'information géographique (SIG), cas de la wilaya d'Oran.

En conclusion, j'ai présenté les principaux résultats de ce travail, accompagnés de quelques recommandations et perspectives sur la cartographie algébrique et sur la notion de la surveillance des aléas naturels et/ou géologiques

Chapitre 1 : cartographie d'aléa sismique

Ce premier chapitre décrit le contexte sismotectonique du Nord Algérien et les caractéristiques structurales de l'atlas Tellien qui contrôlaient la déformation de terrain. Ensuite, je décris l'état de l'art sur le concept aléa sismique, en suivant une démarche analytique permettant d'évaluer et de cartographier l'aléa sismique du littoral Oranais dont une brève description des tremblements de terre destructeurs survenus au niveau du Littoral Oranais a été citée, après nous exploitons des études antérieures traitant le contexte structural de la zone d'étude ainsi que les catalogues de la sismicité réalisés afin d'évaluer et cartographie d'aléa sismique du littoral Oranais.

1.1. Introduction

Les tremblements de terre, à travers le monde causent d'importants dégâts matériels et des pertes humaines considérables atteignant parfois des niveaux forts à catastrophiques. Ces phénomènes sont liés généralement à la géodynamique des plaques tectoniques, ils proviennent généralement suite à une rupture de la roche en profondeur atteignant parfois la surface de la terre lors d'un fort séisme. L'énergie libérée suite à ces mouvements propage sous forme des ondes sismiques provoquant des vibrations au niveau du sol.

La majorité des tremblements de terre se produisent le long des limites des plaques tectoniques (fig.1). Certains se produisent dans les régions limites des plaques ou intra-plaques associées à d'autres processus géologique et dynamiques ; tels que l'activité volcanique, l'hydrothermale et la réactivation de failles anciennes où la charge est exercée sur la croûte terrestre (la charge topographique sur la croûte dues aux poids des chaînes de montagnes, la charge d'eau due au remplissage des aquifères souterraines).

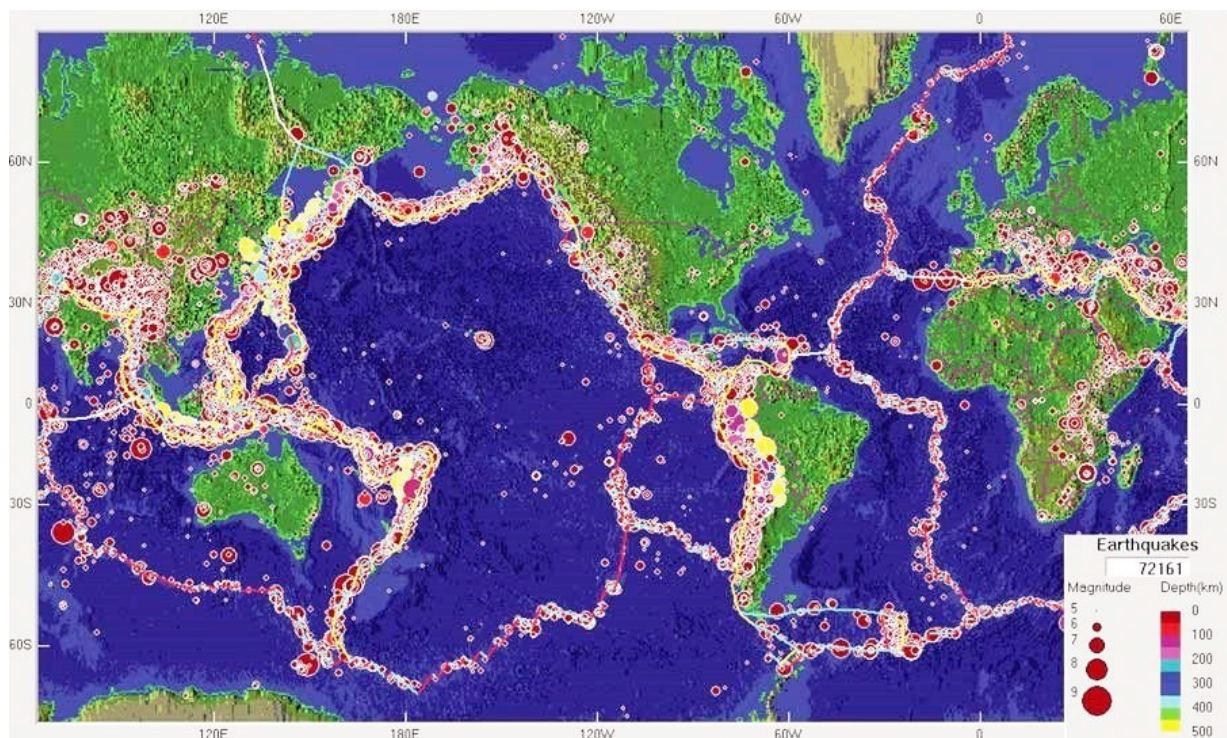


Figure 1.1 : Séismes mondiaux (M5+, 1960-2007) et frontières des plaques, rouges : frontières divergentes, bleues frontières de transformation et jaunes frontières convergentes : Alan Jones' Seismic/Eruption program, <http://bingweb.binghampton.edu/~ajones/>).

Le nord algérien a connu plusieurs séismes destructeurs, les plus importants sont celui d'Oran 1790 ($I = XI$) et d'El Asnam 1980 ($M_s = 7.3$). Ces événements ont provoqué des dégâts matériels et des pertes humaines considérables.

Vue la complexité géologique et structural ainsi leur position géographique, le littoral Oranais a subi beaucoup de dégâts suite aux séismes historiques. Cette situation à nécessite l'élaboration des études portant sur la cartographie d'aléa sismique de cette zone. Dans ce contexte, nous avons adopté une méthodologie simple afin d'établir la cartographie d'aléa sismique en se basant sur : i) la collecte des différents données, ii) l'évaluation d'aléa sismique et iii) la représentation et la cartographie d'aléa sismique.

1.2. Contexte sismotectonique du nord Algérien

1.2.1. Contexte cinématique a l'échelle des plaques tectoniques

Le domaine méditerranéen correspond à la zone de convergence active entre les plaques eurasiennne et africaine. Cette convergence est absorbée soit par des phénomènes de subduction au niveau des arcs tyrrhénien et égéen, soit par une collision continentale en Méditerranée occidentale donnant lieu à une forte sismicité dans cette province comme le soulignait la distribution de la sismicité tellurique ($M > 4$) (fig1.2)

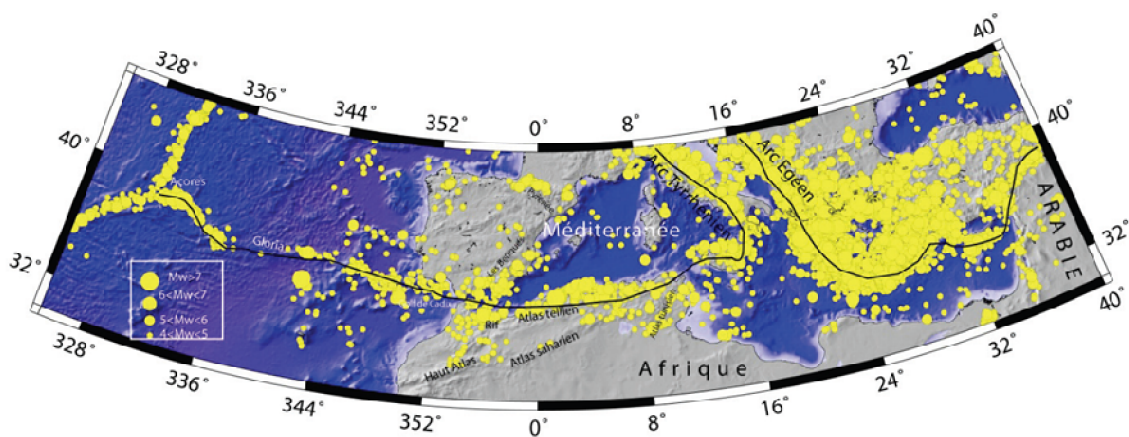


Figure 1.2 : Sismicité superficielle et moyenne ($h < 150$ km, $M > 4$; source NEIC) de L'Atlantique central jusqu'en méditerranée orientale de 1973 à 2008 in (Belabbes 2008).

La vitesse de convergence de la plaque Afrique par rapport à la plaque Eurasie établie actuellement par des études géodésiques (Serpelloni et al. 2007, McClusky et al. 2000, Nocquet and Calais 2004) ainsi des modèles globaux géologiques et géophysiques sont

appliquée pour évaluer la vitesse de convergence comme le mentionne les models : Nuvel-1 (Argus and Gordon 1991) et le model Nuvel-1A (DeMets et al. 1994).

Les vitesses de convergence en Afrique du Nord selon (Serpelloni et al. 2007) sont comparables à celles de (Nocquet and Calais 2004) et notamment dans la zone Tello-rifaine où $V \sim 5$ mm/an sont mesurés dans l'Atlas Tellien et $V \sim 4.7$ mm/an à Gibraltar (fig1.3)

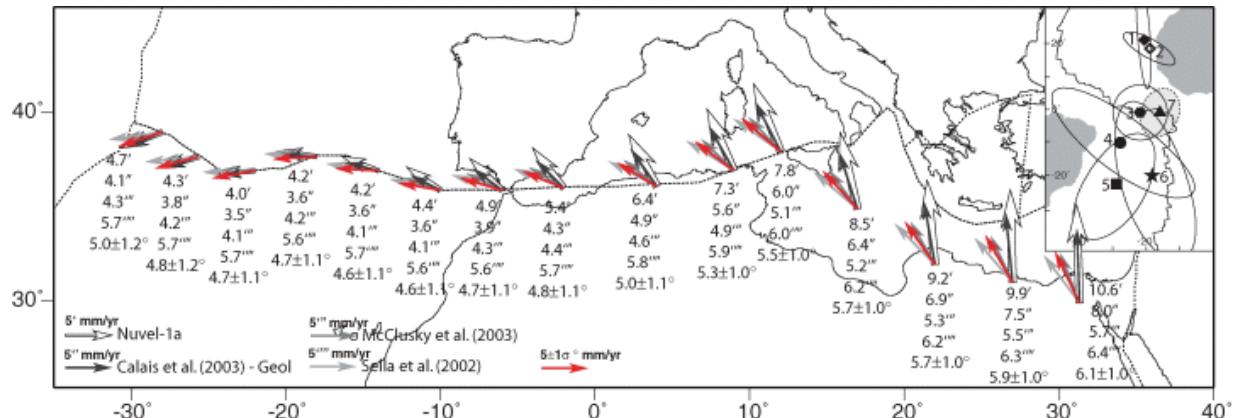


Figure 1.3 : comparaison de différent résultats de la vitesse de convergence calculée le long de la limite des plaque Afrique/Eurasie selon plusieurs model (Serpelloni et al. 2007).

Les vitesses de convergence calculées à partir du Modèle Nuvel-1 est de 4mm/an au niveau du détroit de Gibraltar et 5 mm/an au Nord de l'Algérie (fig1.4). Le modèle Nuvel-1A propose des vitesses légèrement plus élevées telles que 4.5 mm/an au niveau du détroit de Gibraltar et 6.3 mm/an à travers les Bétiques (Espagne) et l'Atlas Tellien (Algérie) (Belabbès 2008).

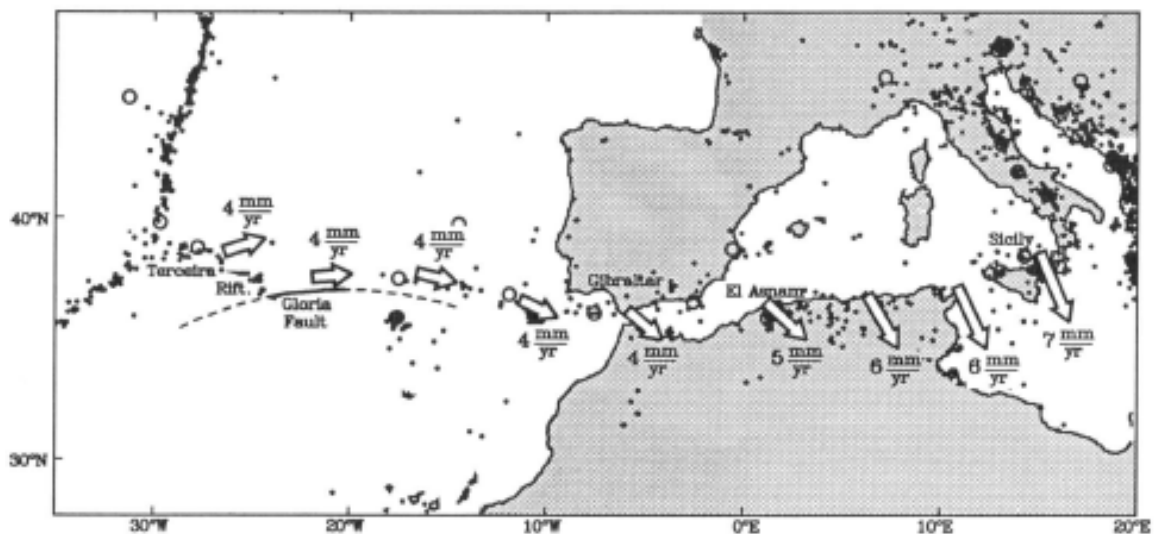


Figure 1.4 : Vitesses de convergence à la limite des plaques Afrique et Eurasie en Méditerranée Occidentale et Atlantique central d'après le modèle Nuvel-1 (Argus and Gordon 1991).

La figure suivante montre les résultats issus de l'utilisation des données sismologiques, GPS et géologiques afin de détecter les principales zones de déformations, les régimes tectoniques actifs et les taux de déformation mesurés au niveau de la zone de convergence. On Algérie, le Tell est caractérisé par une compression de direction NNW SSE.

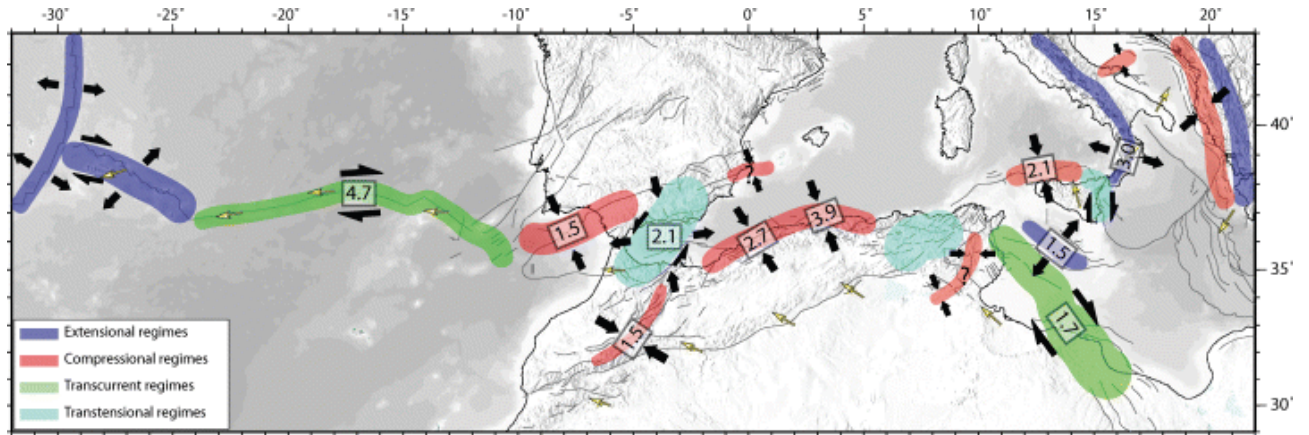


Figure 1.5 : Principaux régimes tectoniques et cinématique de limite de plaque Afrique-Eurasie avec les déformations d'ordre (mm/an); (Serpelloni et al. 2007)

1.2.2. Contexte structural de l'Algérie du nord

L'Algérie du nord est caractérisée par quatre unités morpho structurales importantes : l'Atlas Tellien, les Hautes plateaux, l'Atlas saharien et la plateforme Saharienne (fig1.6).

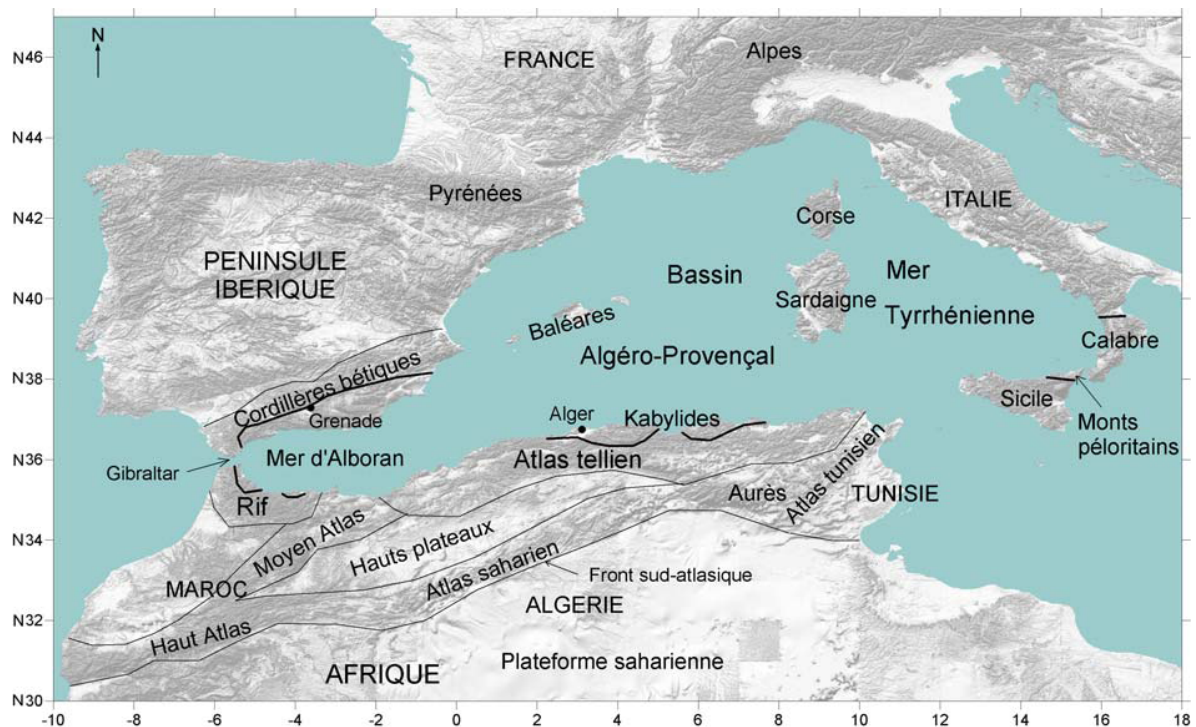


Figure 1.6 : Principales unités structurales de l'Atlas (Domzig 2006).

L'Atlas tellien est composé de trois domaines structuraux (fig1.7) :

- Un domaine externe (tello-rifain) : Il est constitué par un ensemble de nappes à vergence sud découpées dans des terrains sédimentaires (surtout marneux et calcaires) principalement d'âges crétacé et paléogène. Au sein de ce domaine apparaissent localement des massifs formés de terrains métamorphisés du cycle Alpin. Ces unités dérivent d'une ancienne marge africaine de la Téthys (Said 2011).
- Le domaine des Flyschs : comporte des nappes pelliculaires de flyschs d'âge crétacé-paléogène, chevauchées sur les unités telliennes.
- Le domaine interne : c'est un domaine qui comporte des massifs de socle polymétamorphique panafricain et Hercynien, des terrains d'âge cambrien à carbonifère modérément métamorphosés et leur couverture d'âge Mésozoïque et Tertiaire. Elles chevauchent le domaine des flyschs et le domaine tellien. En Petite Kabylie, les chevauchements sont très plats et des formations d'âge mésozoïque et éocène métamorphosées, appartenant aux unités telliennes et aux flyschs, apparaissent en fenêtre sous le socle kabyle à plusieurs dizaines de kilomètres en arrière du front de chevauchement (Said 2011).

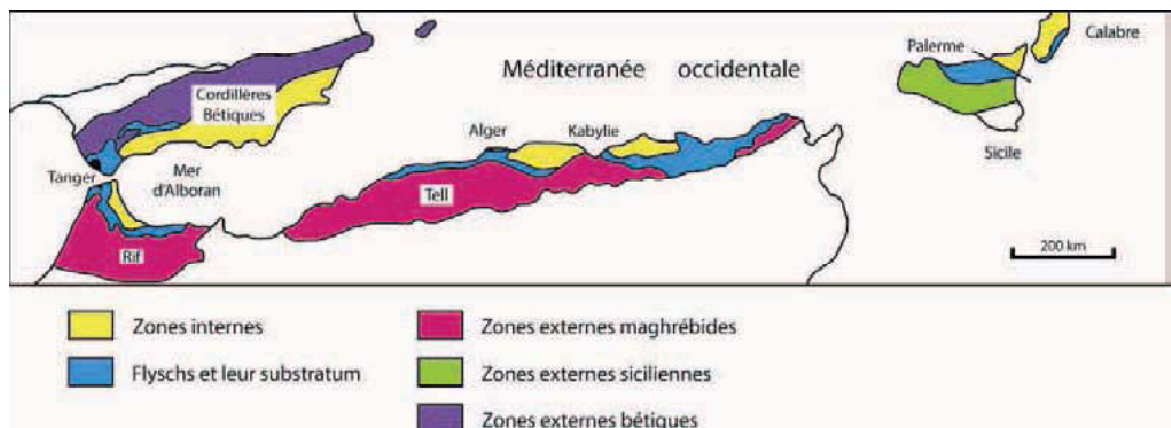


Figure 1.7 : Carte structurale schématique du domaine tello-rifain (Durand Delga 1969).

1.2.3. Contexte sismotectonique de l'Atlas Tellien

L'Atlas tellien est considéré comme la zone la plus affectée par les séismes (Belabbès 2008), ou plusieurs séismes destructeurs sont enregistrés, on mentionne celle d'Alger, 1365 $I_0 = X$ et 1716 $I_0 = X$, d'Oran 1790 intensité $I_0 = X$, de Blida le 02/03/1825 intensité $I_0 = X$, de Mascara le 1 Mars 1819 ($I_0 = VIII$), le 22 Novembre 1851 ($I_0 = VIII$), et le

29 Novembre 1887($I_0=IX-X$), de Gouraya le 15/01/1891 ($I_0= X$), d'El Asnam 1980 $M_s=7.3$ (fig1.8) (Rothé et al. 1950, Philip and Meghraoui 1983, Meghraoui 1988, Yelles-Chaouche et al. 2006, Belayadi et al. 2017).

La sismicité de l'ère instrumentale est caractérisée par une magnitude modérée ($M < 6$) (Belabbès 2008). Deux forts séismes sont enregistrés au niveau d'El Asnam le 10 octobre 1980 d'une magnitude $M_W=7.3$ et de Zemmouri le 21 mai 2003 d'une magnitude $M_W=6.3$ (Belabbès 2008).

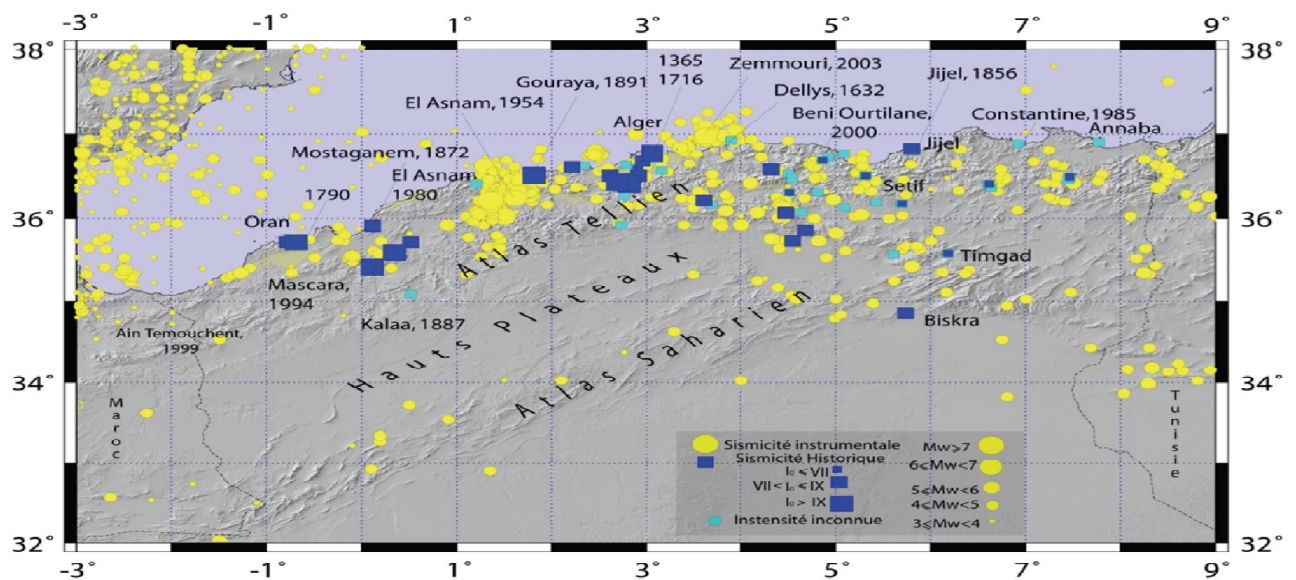


Figure 1.8: Carte de la sismicité historique de 1359 à 1895 avec la sismicité instrumentale du Nord de l'Algérie entre 1900 et 2005; (Belabbès 2008).

Plus récemment, le nord Algérien a connu des séismes de magnitude modérée dans sa partie Ouest, Mascara (Aout 1994, $M_w=5,7$), celui d'Aïn Temouchent (Décembre 1999, $M_w=5,7$) et celui d'Oran (Juin 2008, $M_w=5,5$). Dans la partie Est, le événement le plus forte est de Beni Ourtilane (10/11/2000, $M_w= 5.7$) (fig1.9) (Ayadi and Bezzeghoud 2015).

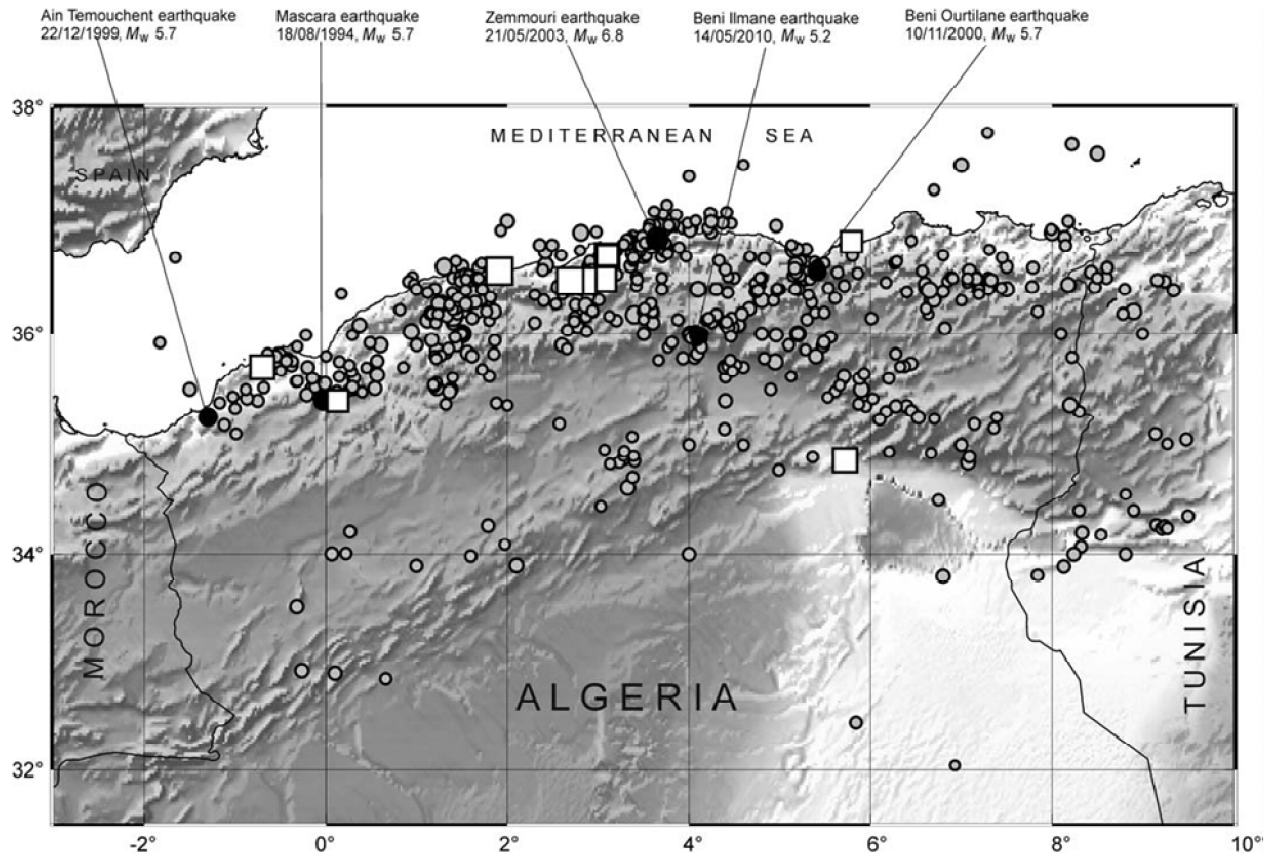


Figure 1.9 : les séismes significatifs survenus dans la région Nord de l'Algérie, cercle gris et noire désignée les événements depuis 1900-2013, carré blanc désigné les événements depuis 1365-1900 (Ayadi and Bezzeghoud 2015).

1.2.4. Néotectonique du Nord Algérien

La sismicité de l'Atlas tellien est liée généralement aux déformations affectant les dépôts Plio-quaternaires qui continue à se manifester jusqu'à l'actuelle. Dans les bassins post-nappes, un système de Plis-failles, parallèles et de direction NE-SO à est-ouest, jalonne cette partie de la chaîne alpine. Tout le long de l'Atlas septentrional et d'Ouest en Est, on peut observer les structures les plus importantes qui sont de type pli-faille de Murdjado (bassin du bas Chellif occidental), le pli-faille de Bou Kadir (bassin du bas chellif), celui de Ténès-Abou El Hassan (TAEH) (bassin du bas Chellif), celui du Dahra (bassin du bas Chellif occidental), le pli du Sahel d'Alger (bassin de la Mitidja) et le pli-faille du Chott El Hammam; (bassin du Hodna), (fig1.10).

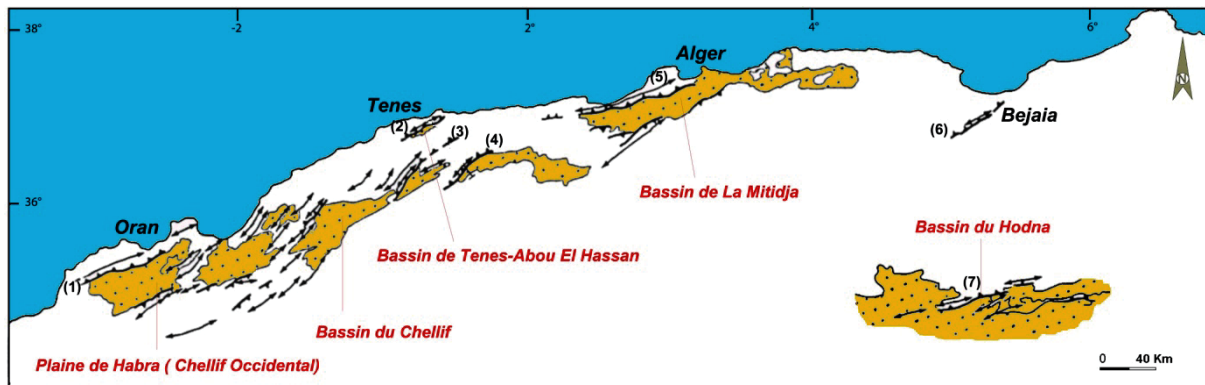


Figure1.10 : Distribution des structures Plio-quaternaires actives dans les bassins Néogènes de l'Atlas Tellien selon Meghraoui, 1988. (1) Pli faille du Murdjajo (2) Pli faille de Tenes Abou El Hassan (3) Bou Kadir (4) Pli faille d'El Asnam (5) Pli faille du Sahel (6) Faille de Kherrata (7) Pli faille de Chott El Hammam (Belabbes 2008).

La corrélation entre la sismicité du nord de l'Algérie et les caractéristiques sismotectonique et l'activité sismique montre l'existence de plusieurs zones sismiques, permettant de distinguer les zones suivantes (Bouedja 2018) :

- La région d'Oran-Ain Temouchent- Mascara (secteur d'étude) : Elle présente le siège d'une activité sismique importante suite aux plusieurs séismes dévastateurs survenus dans cette partie de l'Atlas tellien. la sismicité de cette région s'exprime sur le long des failles inverses et aveugles. Les mécanismes au foyer montrent un régime compressif régional (fig1.11).
- La région de Chélif-Ténes: Cette région est caractérisée par une activité séismique très importante ; elle est affecté par le séisme le plus important dans la méditerranée occidentale celui d'El Asnam le 10 octobre 1980 d'une magnitude $M_s = 7.3$. la sismicité de cette région s'exprime sur le long des failles inverses et chevauchantes telles que la faille de Oued Fodda et de Ténes Abou El Hassen, principalement de direction NE-SW. Les mécanismes focaux montrent un régime de déformation compressif régional (fig1.11).
- La région d'Alger : La séismicité de cette région se distribue autour de la ville d'Alger. A l'ouest c'est la région de Tipaza-Blida où se sont produits les séismes de 29/10/1989 ($M_s = 6$) et de 4/11/1996 ($M_s = 5.7$). à l'Est c'est la région de Boumerdes où c'est produit le récent séisme de Boumerdes le : 21/05/2003 ($M_w = 6.8$). le long de zone de contact entre le bassin de Mitidja et le massif de Blida associe à la sismicité historique de cette région (fig1.11).

- La région de Bouira-Bejaia-Sétif : elle est le siège d'une activité sismique importante, la sismicité de cette région s'exprime principalement à l'extrémité Est du bassin de Mitidja (faille Isser-Bouira NNW-SSE) et dans la région de Kherrata (faille de Kherrata NE-SW) où se produit le récent séisme de 10/11/2000 ($M_w=5.7$); (fig1.11).
- Le Bassin du Hodna : c'est un bassin néogène, il est le siège d'une sismicité modérée. De nombreux évènements sont enregistrés à savoir celui de Msila (12/02/1946 et 01/01/1965, $M_s=5.5$); à l'extrémité Est de ce bassin la sismicité s'exprime à l'Est de la ville de Batna (Timgad) ; (fig1.11).
- La région de Constantine-Guelma : dans cette région la sismicité est exprimée essentiellement dans la région de Constantine où plusieurs structures actives sont observées au le petit bassin de Guelma limité par d'importantes structures accidentées. Parmi les séismes affectant cette région, celui de 27/10/1985 de magnitude 6.0 qui a fortement secoué la ville de Constantine. Le mécanisme focal de ce séisme montre un décrochement senestre.

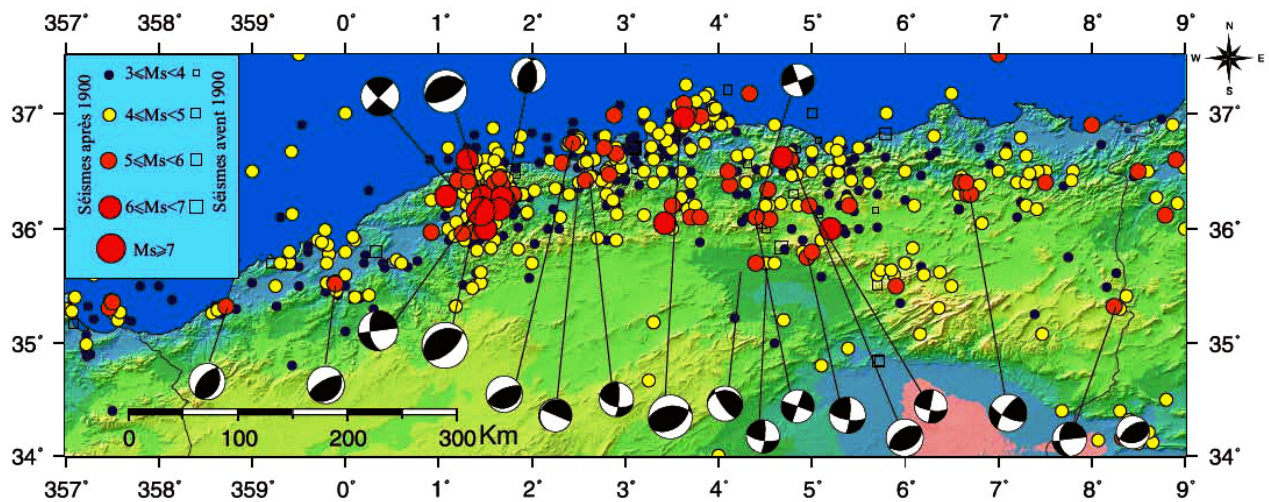


Figure 1.11 : Sismicité du nord Algérien et les mécanismes focaux des principaux séismes (Bouedja 2018).

1.3. Notions de base de l'aléa sismique

1.3.1. Définition de l'aléa sismique :

(Reiter 1990) Définit l'aléa sismique comme le potentiel de phénomènes naturels dangereux liés aux tremblements de terre ; comme secousses du sol, rupture de faille ou liquéfaction du sol

L'aléa sismique pourrait être défini, au sens le plus général, comme la possibilité des effets sismiques potentiellement destructeurs se produisant à un endroit particulier. Avec à l'exception de la rupture de failles et les tsunamis, tous les effets destructeurs de tremblements de terre sont directement liés aux secousses du sol induit par la propagation des ondes sismiques (Bommer 2002).

Une propriété d'un tremblement de terre qui peut causer des dommages matériels et des pertes en vies humaines (McGuire 2004).

1.3.2. Méthodes d'évaluation d'aléa sismique :

Deux méthodes sont couramment utilisées pour l'évaluation de l'aléa sismique : l'analyse probabiliste d'aléa sismique (PSHA) et l'analyse déterministe d'aléa sismique (DSHA) ; (Bommer 2002). Les deux méthodes utilisent les mêmes données sismologiques et informations géologiques, mais les approches à définir et calculer l'aléa sismique sont fondamentalement différemment. Dans l'approche PSHA, l'aléa sismique est défini comme mouvement d'accélération du sol avec une probabilité annuelle de dépassements qui est calculé à partir d'une triple intégration (un model statistique) basée sur des relations statistique du tremblement de terre et du mouvement du sol. Dans la méthode DSHA, l'aléa sismique est défini comme le mouvement au sol maximal d'un seul tremblement de terre ou l'ensemble de tremblements de terre est calculé à partir d'un modèle statistique simple entre le tremblement de terre et le mouvement du sol.

Un élément clé pour l'évaluation des aléas sismiques, y compris les deux méthodes (PSHA et DSHA) et le paramètre d'atténuation du mouvement du sol ou l'équation de prédiction du mouvement du sol (GMPE).

1.3.3. Les étapes fondamentales d'évaluation de l'aléa sismique :

La méthodologie d'évaluation de l'aléa sismique peut être subdivisée en un certain nombre d'étapes, ces dernières sont déduites grâce à une bonne connaissance de la sismotectonique régionale et la disponibilité des données de la sismicité de la région d'étude.

- La première étape est d'établir un zonage sismotectonique basé sur la corrélation entre les structures géologiques actives et la sismicité. Ce zonage repose sur la définition et la délimitation du domaine d'étude en unités séismogènes ; supposées géologiquement et géophysiquement homogènes.
- La seconde étape est d'établir une base de données régionale dite catalogue sismique.
- La troisième étape fondée sur le calcul de l'activité sismique de chaque unité séismogène par l'application d'une loi de distribution fréquentielle de Gutenberg Richter.
- La quatrième étape est spécifique au choix du modèle sismique de distribution des futurs événements séismes.
- La cinquième étape est d'estimer ; en un site donné les effets induits par les différentes zones sous forme de paramètres du terrain (déplacement, vitesse, propagation et accélération) ou l'intensité. Ces effets sont évalués à partir des lois d'atténuation adaptées au contexte sismotectonique local qui dépend de la distance focale ou épicentrale, de la magnitude, ou de l'intensité épicentrale et de la profondeur du séisme envisagé.
- La sixième étape est celle de présentation de l'aléa sismique par les courbes d'aléa et/ou par les cartes d'aléa sismique.

1.4. Les principaux séismes dévastateurs survenus au littoral Oranais

1.4.1. Le séisme d'Oran du 09 Octobre 1790

Le littoral Oranais est touché par des séismes dévastateurs dont le plus important est celui de 09 Octobre 1790. Selon (Bufoin et al. 2019) ce séisme localisé en mer (fig1.12) ayant une intensité maximale d'ordre XI-X est reporté dans plusieurs catalogues sismiques tels que : (Benhallou 1985, Ayadi and Bezzeghoud 2015, Belayadi et al.

2017). La ville d'Oran a été gravement endommagée par ce séisme ou la plus part des constructions sont complètement détruites ou effondrées. Une intensité maximale d'ordre IX – X est attribuée pour l'Acadaba y compris l'hôpital et les batis de quatre églises (Iglesia Mayor, S. Francisco, S Domingo et la Merced) ainisi que la plupart des maisons situées à l'intérieur de la ville (fig1.13). Le nombre de victimes enregistrées est supérieure à 2000 sur un total de 9000 habitants (Buform et al. 2019) .

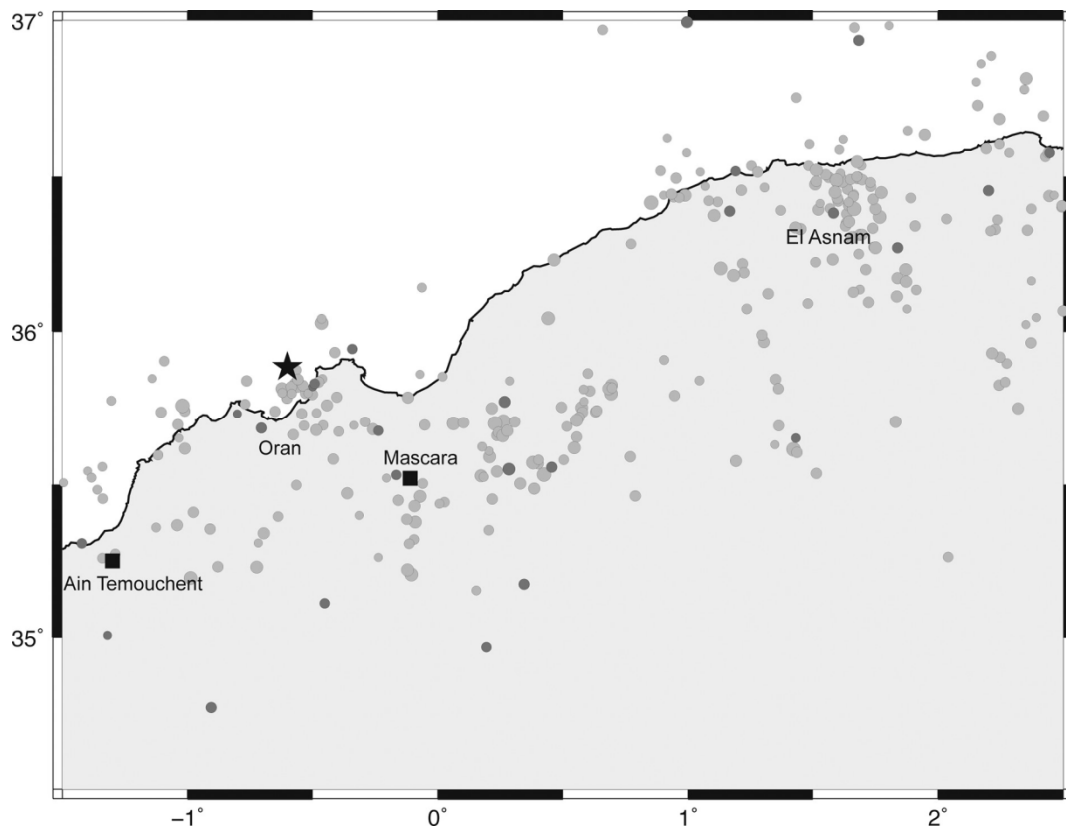


Figure 1.12 : localisation du séisme du 09/10/1797 selon (Buform et al. 2019).

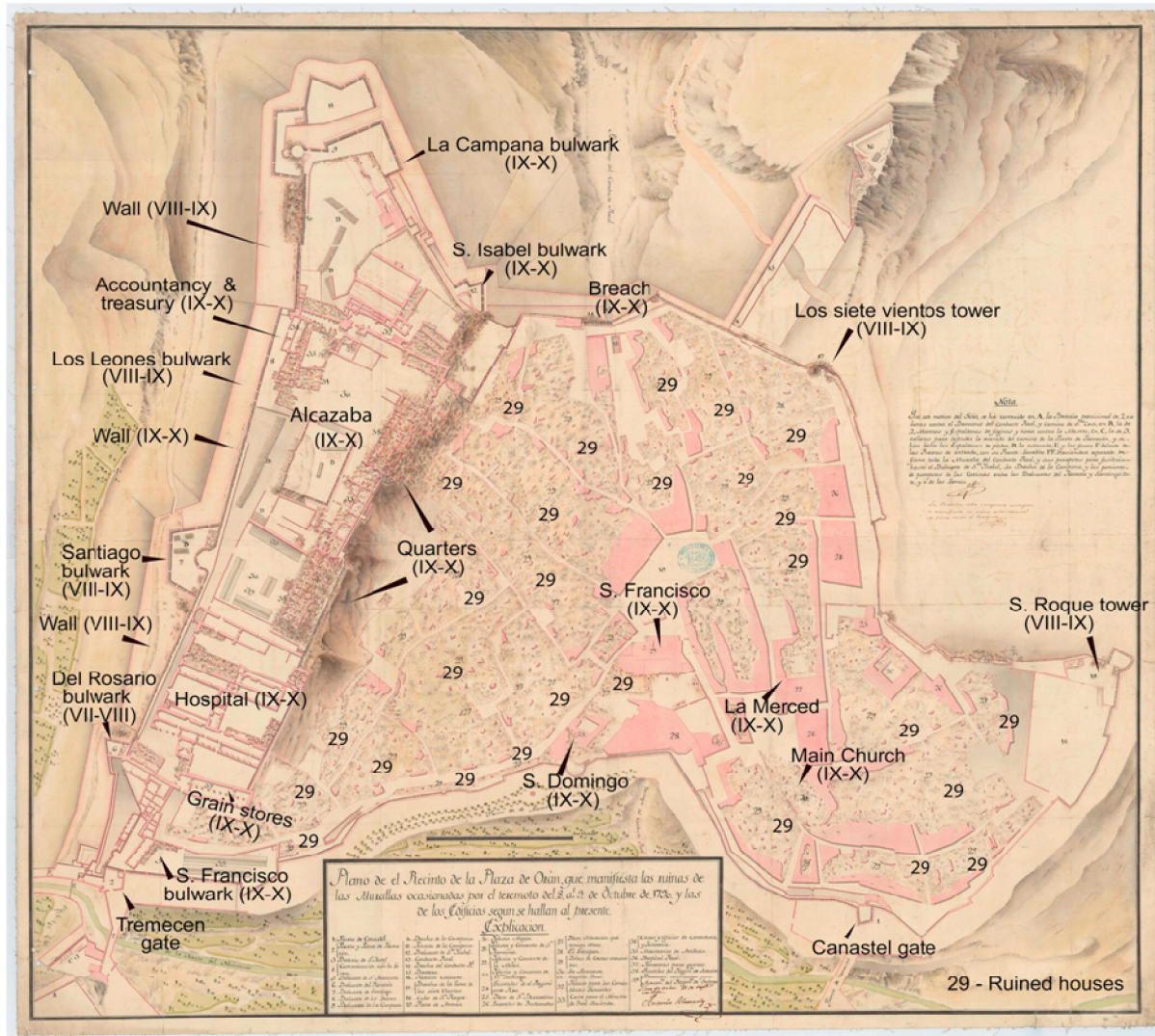


Figure 1.13 : Distribution des intensités dans la ville d'Oran suite au tremblement de terre de 1790 in (Bufo et al. 1919).

1.4.2. Le séisme d'Ain Temouchent

On 22 décembre 1999, la région d'Ain Temouchent et ces alentours sont affectés par un séisme notable de magnitude ($M_w=5.7$). Ce tremblement de terre a déstabilisé la région, donnant en conséquence d'importantes pertes matérielles et d'une dizaine de morts. Les résultats des travaux sismotectoniques de (Nadji 2010) confirment que le déplacement du rejet vertical de la faille être de 20-25 cm (fig1.14) ainsi que la longueur potentielle du plan de failles généré par ce séisme s'étend sur 10 à 13 km selon une direction atlasique, $N45-N60^\circ$. Le mécanisme focal de ce séisme traduit l'activité tectonique du substratum en précisant que la nature de la déformation est surtout compressive dont la contrainte maximale ' σ_1 ' est orientée NW-SE (fig1.15) ; in (Nadji 2010).



Figure 1.14 : Rejet vertical de la faille séismogène est de 22 cm ; in (Nadji 2010)

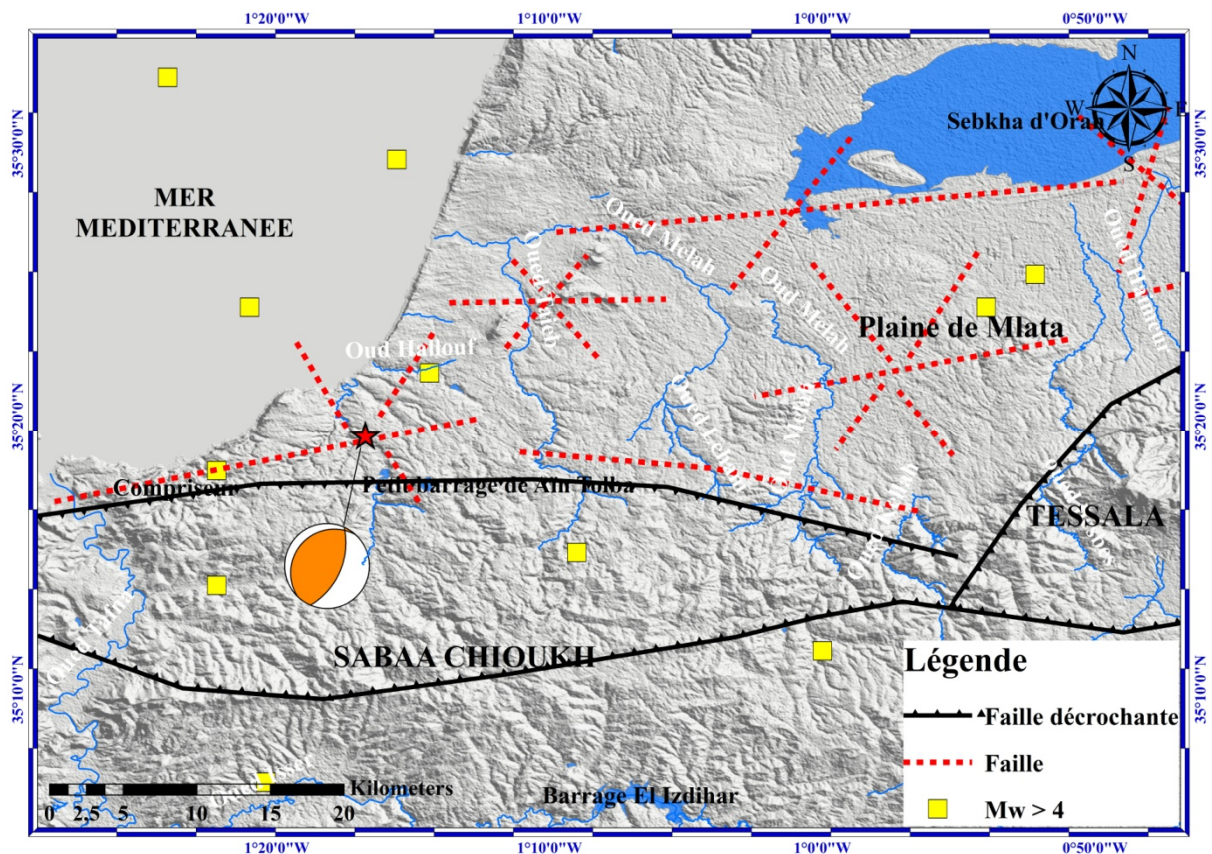


Figure 1.15: Carte Interprétative (sismotectonique) du séisme d'Ain Temouchent 22/09/1999 modifier d'après (Nadji 2010), l'étoile rouge représente la localisation de l'événement, carré jaune montre la distribution spatiale des séismes ($M_w > 4$) selon le catalogue de (Belayadi et al. 2017).

La surface de déformation du séisme d'Ain Temouchent est documenté par l'analyse InSAR in (Belabbès et al. 2009). L'évaluation du moment géodésique de 4.7×10^{18} Nm correspond à ($M_w=5.7$) avec une translation latérale de 1 à 5 km. L'événement d'Ain Temouchent a eu lieu sur ~ 20 km d'une faille décrochante, d'une direction $N57^\circ E$ et un pendage de $32^\circ NW$ (Belabbès et al. 2009).

1.4.3. Le séisme d'Oran 06/06/2008

Le 06 juin 2008, un séisme de magnitude M_w 5.8 est survenu au niveau de la marge d'Oran, suivie par 18 répliques de magnitude supérieure à 2.5 (fig1.16). Une seule victime a été enregistrée et quelques effondrements d'habitations et vétustes. Des glissements de terrain ont été, aussi, observés, sur le long de la frange maritime. Le mécanisme focal de cet événement traduit le régime mixte caractérisant cette partie de l'Oranais.

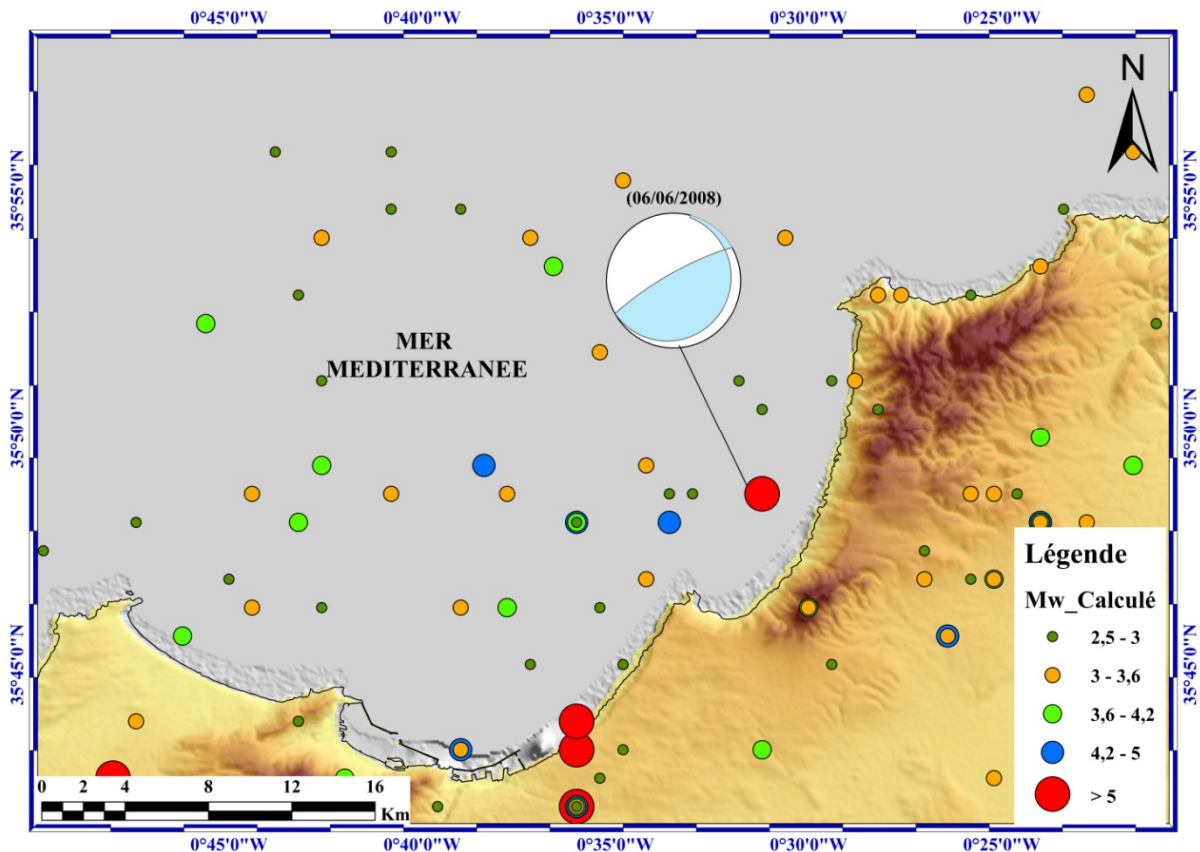


Figure 1.16 : interprétation sismotectonique du séisme d'Oran (06/03/2008), la solution focale, la distribution spatiale des événements sismiques selon le catalogue de (Belayadi et al. 2017)

1.5. Evaluation et cartographie d'aléa sismique cas du littoral Oranais

Dans cette partie, le catalogue de (Belayadi et al. 2017) est utilisée comme une base de données renfermant les séismes survenus dans la partie Nord occidentale de l'Algérie. Ce catalogue couvre la partie qui se situent entre les longitudes $[-2^{\circ}, 1^{\circ}]$ et les latitudes $[34^{\circ}, 37^{\circ}]$ (fig1.17). Ce document comprend 1101 événements sismiques couvrent une période historique et instrumentale entre 1790 et 2016 (Annexe.1). Cette base de données est fondée sur l'homogénéisation des magnitudes en M_w , par l'utilisation de certaines relations empiriques.

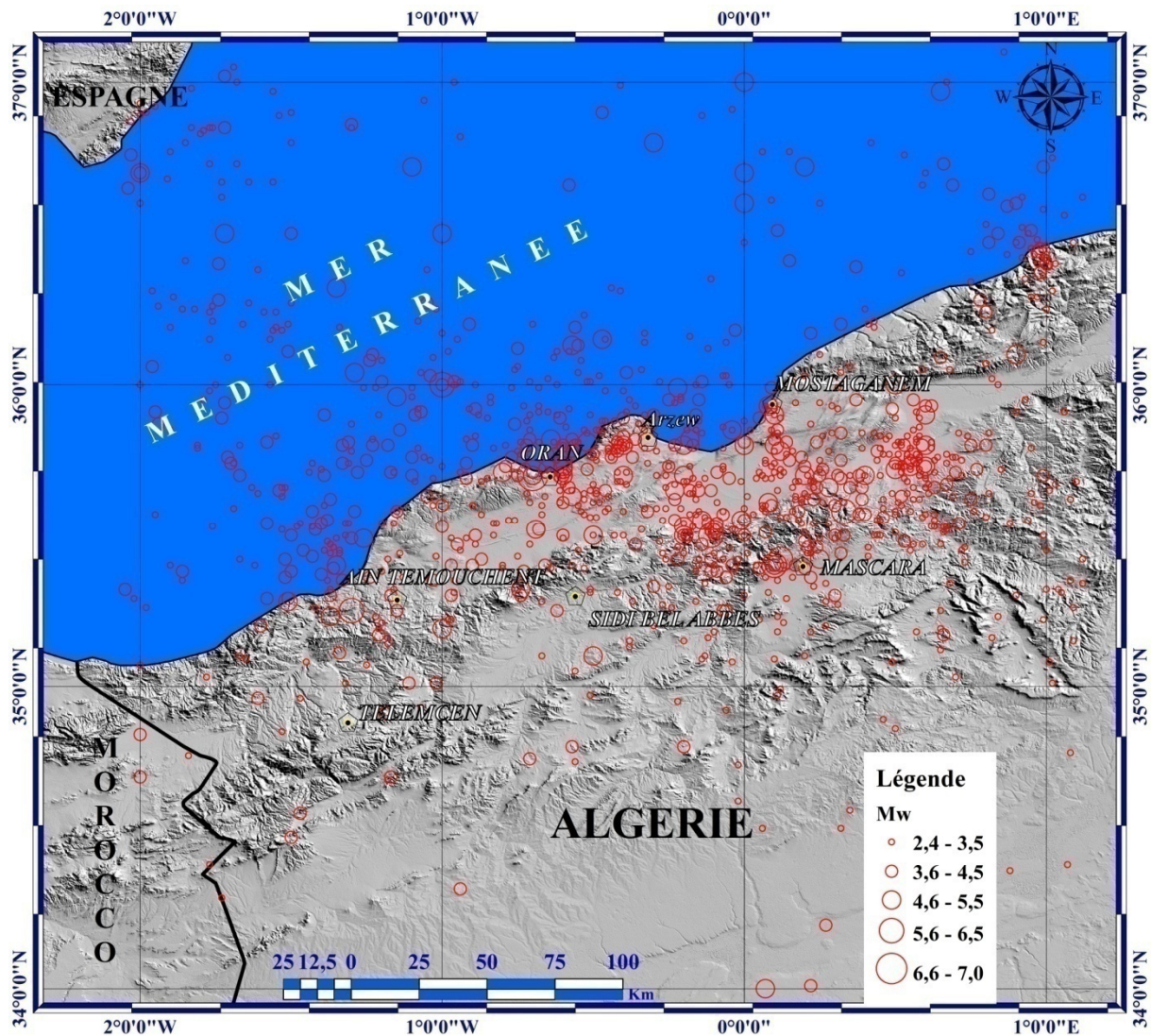


Figure 1.17 : Distribution spatiale des séismes reportée en Algérie nord occidentale pour la période 1790 – 2016 selon catalogue de (Belayadi et al. 2017).

1.5.1. Evaluation de l'aléa séismique par l'ajustement de la loi de Gumbel

L'analyse fréquentielle comprend une longue série de données permettant d'estimer les périodes de retour. Cette évaluation basée sur la définition et la mise en œuvre d'un

modèle fréquentiel présenté par l'équation de modélisation Gumbel à variante statistique.

L'estimation de la probabilité et/ou la période de retour d'un tremblement de terre, suite aux informations historiques, présente une étape fondamentale dans l'évaluation de l'aléa sismique. Les méthodes de prédiction sont généralement basées sur les méthodes statistiques fondées sur l'analyse d'événements précédentes ou par les méthodes purement déterministes (El-Quliti et al. 2016).

Des modèles statistiques très souvent utilisés dans l'estimation de la probabilité d'un séisme sont ceux de la relation de Gutenberg–Richter 1944 et loi double exponentielle ou loi de Gumbel 1958.

La première loi connue de (Gutenberg and Richter 1944) propose la relation empirique la plus connue entre la magnitude des séismes (M) et la fréquence des séismes (N) qui est largement appliquée afin de prédire l'occurrence des tremblements de terre. Cette relation est donnée par l'équation suivante :

$$\text{Log}_{10}(N(M)) = a - b \cdot M \quad (1)$$

$N(M)$: est le nombre annuel de séismes de magnitude supérieur ou égale à M , a et b appelées les paramètres de la loi de Gutenberg-Richter sont des coefficients de régression, ils dépendent des conditions sismotectonique de la région.

La valeur b joue un rôle très important dans la relation de GR. Comme cela aide à structurer une idée claire sur le modèle sismique et le niveau de contrainte sismique d'une zone, le calcul du b -value est une étape fondamentale pour l'analyse du risque sismique de n'importe quelle zone (Ahmed et al. 2016)

L'application de l'approche statistique des valeurs extrêmes du (Gumbel 1958) dans l'évaluation de l'aléa sismique est utile et significatif (Tezcan 1996) et surtout dans le cas où le catalogue des événements sismiques est hétérogène ou non complet.

La fonction de répartition de la loi de Gumbel $G(M)$ s'exprime de la manière suivante :

$$G(M) = e^{\alpha e^{-\beta M}} \quad (2)$$

α et β représentent les coefficients de régression de Gumbel, peuvent s'exprimer par les relations suivantes :

$$\alpha = 10^a, \quad a = \log \alpha \quad (3)$$

$$\beta = b / \log e, \quad b = \beta \log e \quad (4)$$

1.5.2. Calcul de la probabilité de récurrence et les différentes périodes de retour d'un séisme

La probabilité de récurrence du séisme de magnitude pendant 1 an ($R1$) et D années (Rd) et la période de retour (Tr) peuvent être estimées selon les équations suivantes (Tezcan 1996) :

$$N(M) = \alpha e^{-\beta M} \quad (5)$$

$$Tr = \frac{1}{N(M)} \quad (6)$$

$$R1(M) = 1 - e^{-N(M)} \quad (7)$$

$$RD(M) = 1 - e^{-DN(M)} \quad (8)$$

1.5.3. Estimation du paramètre séismogène b value sur le littoral Oranais

Dans ce travail, une démarche analytique permettant de calculer des paramètres séismogènes du Sahel Oranais est basée sur l'application d'une loi fréquentielle de GR (équation 1) spécifique à chaque zone sismotectonique établie par (Nadji 2010) (fig1.18). Les données sismiques utilisées sont sélectionnées à partir du catalogue régional (Belayadi et al. 2017) pour la période 1900-2016. Les zones concernées par cette étude sont la zone 1, zone 2, zone 3 et la zone 4 de l'ensemble des zones sismotectoniques.

Le résultat des calculs des paramètres séismogène est résumé dans (Annexe.1).

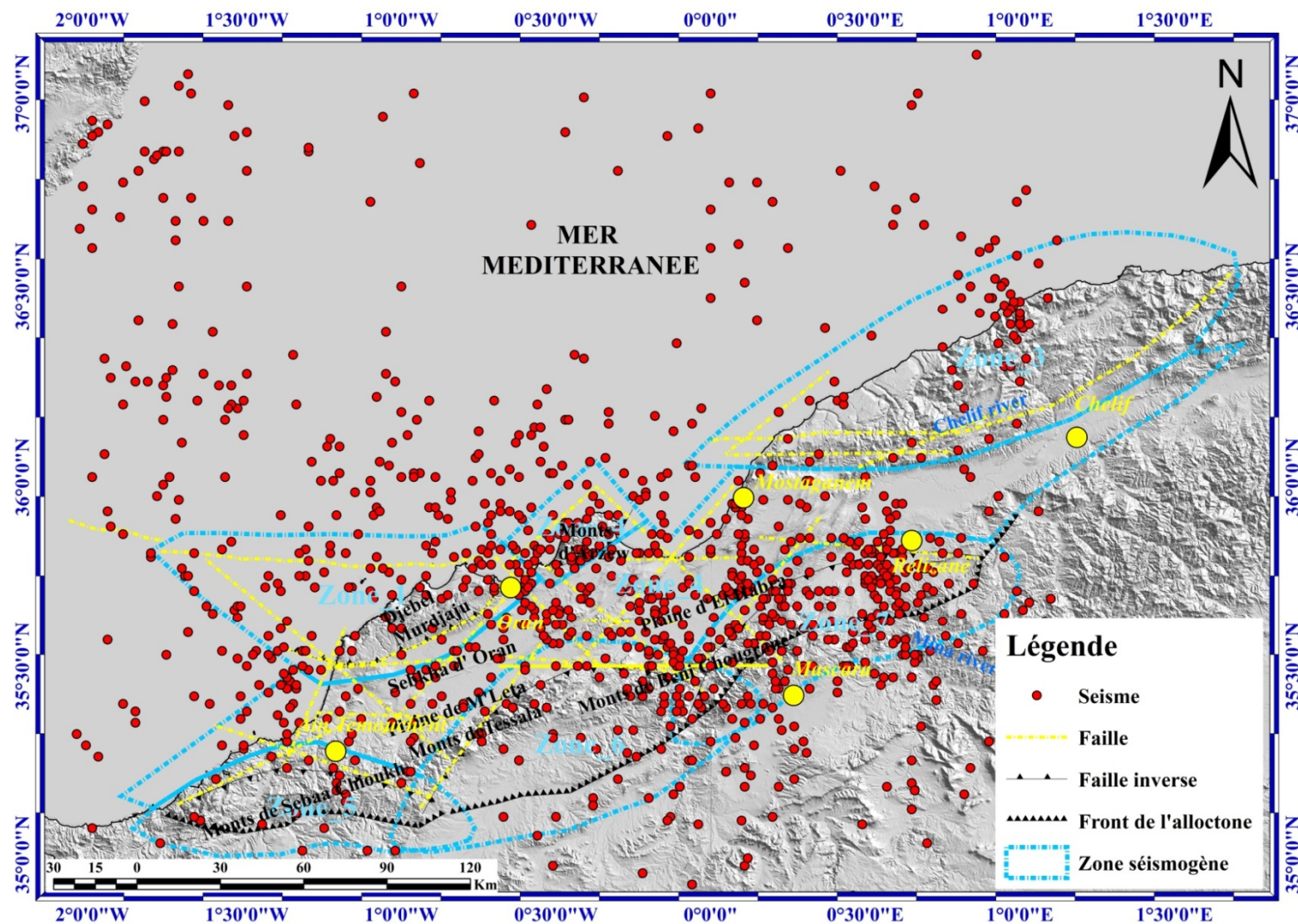


Figure 1.18: Carte sismotectonique du littoral Oranais modifiée d'après (Nadji 2010), la distribution spatiale des événements sismiques selon le catalogue régional de (Belayadi et al. 2017).

Tableau1.1 : paramètres séismogènes des unités sismotectonique du littoral Oranais (1900-2006)

Unité séismogène	lois de fréquence sismique (Gutenberg Richter)	b_value	b_value (Nadji 2010)
Zone1 (Sahal d'Oran)	$\text{Log (N)} = -0,283M_w + 2,519$	0,283	0.315
Zone2 (Littoral d'Arzew)	$\text{Log (N)} = -0,309M_w + 2,325$	0,309	0.310
Zone3 (Littoral de Mostaganem)	$\text{Log (N)} = -0,360M_w + 2,340$	0,36	0.340
Zone4 (Plaine M'leta-El Habra)	$\text{Log (N)} = -0,277M_w + 2,838$	0,227	0.275

Le calcul des lois de distribution de la sismicité pour les différentes zones montre une caractéristique importante liée aux faibles valeurs de 'b'. Ce paramètre, indice d'activité sismique, montre une spécificité géodynamique importante (Nadji 2010).

La distribution spatiale de l'activité sismique sur le littoral Oranais montre que les zones internes caractérisant par une faible activité sismique faible par rapport aux zones du tell septentrional. Cette distribution est liée aux plusieurs paramètres, Les travaux de (Jhon curtus 1973) confirment que les faibles valeurs de 'b' décroissent avec la profondeur du substratum et avec le temps géologique.

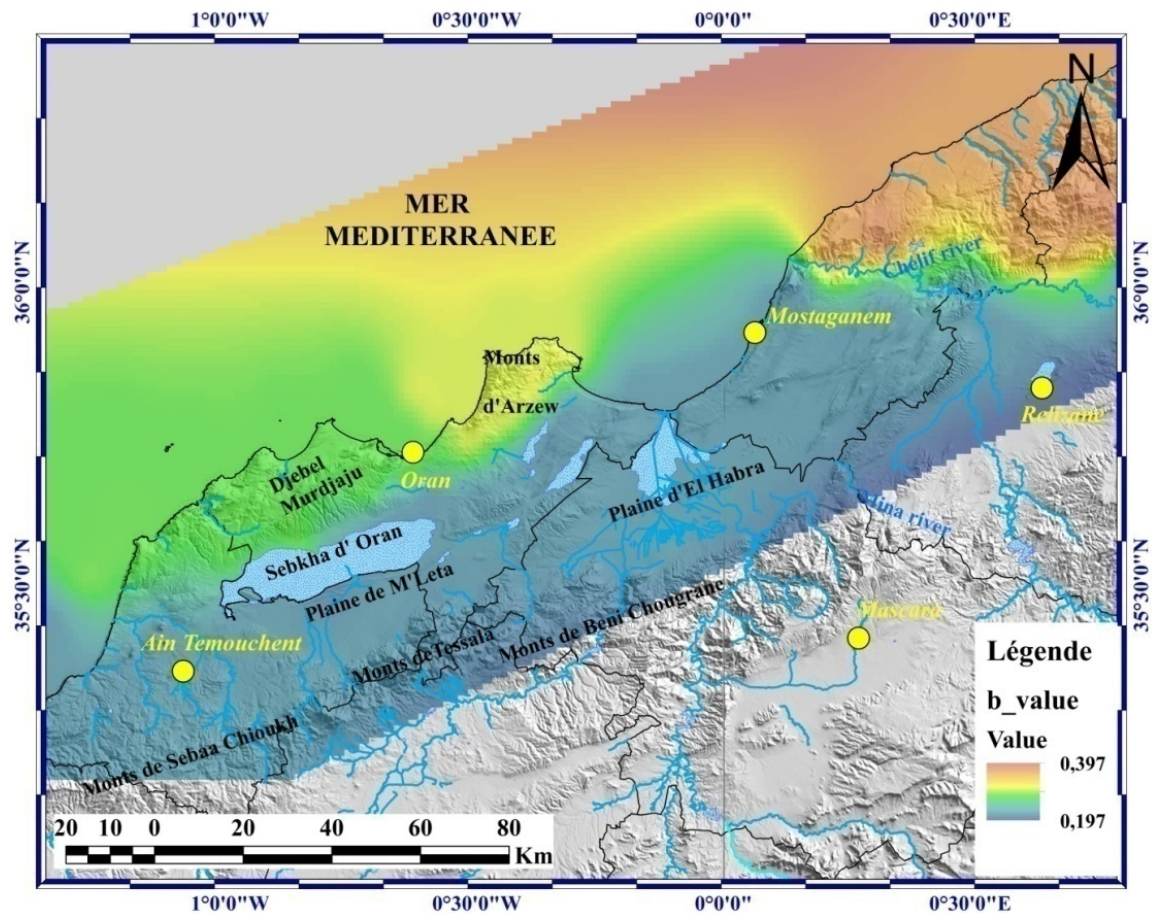


Figure 1.19 : distribution spatiale du paramètre séismogène b_value sur le Littoral Oranais pour la période (1900-2016).

1.5.4. Evaluation de la probabilité de récurrence et les différents périodes de retour des séismes affectant le littoral Oranais, période (1900-2016)

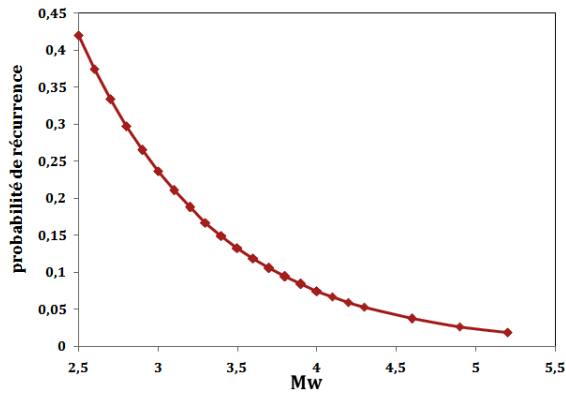
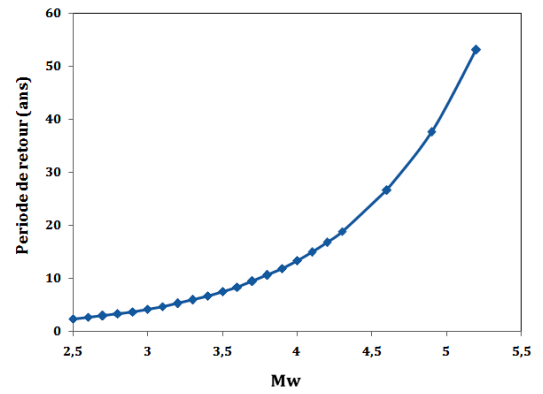
La probabilité de récurrence et les périodes de retours sont calculées pour des magnitudes M_w 2.5- 5.5 sur une période de : $T=1, 50$ et 100 ans (Annexe2).

- La probabilité de récurrence d'un séisme de magnitude supérieure ou égale M_w 5.5 dans 100ans est de 84.80% pour la zone du Sahel Oranais et sa période de retour ' Tr ' est de 53 années.
- Pour le secteur d'Arzew la probabilité de récurrence d'un séisme de magnitude supérieure M_w 5.5 dans 100ans est d'ordre 99.87% et sa période de retour Tr est de 16 ans.
- La probabilité de récurrence est d'ordre 99. 95% pour qu'un séisme de magnitude supérieure ou égale M_w 4.6 se déclencherai en 100 ans et dont la période de retour est de 13 ans pour la région de Ain Temouchent.

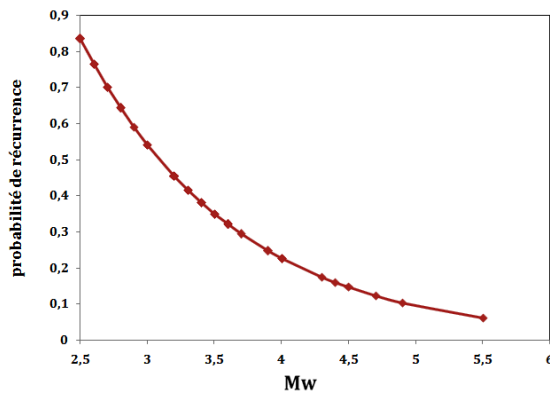
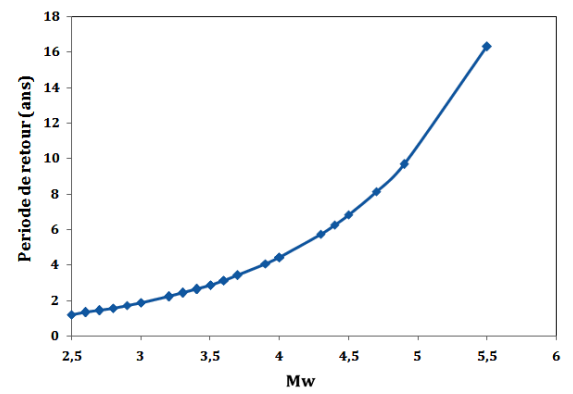
- Dans la zone Mleta – El Habra la probabilité de récurrence d'un séisme de magnitude supérieure ou égale à $M_w 5.3$ dans 100ans est de 75.83% pour la zone du Sahel Oranais leur période de retour T_r est évaluée à 70 ans.

Les paramètres de La magnitude, de la période de retour et de la probabilité de récurrence de chaque séisme sont reportés dans la figure (fig.1.20). Une relation inverse est générée entre la magnitude et la probabilité de récurrence d'un événement sismique. La synthèse de ce chapitre confirme l'existence d'une relation similaire existe entre les magnitudes maxima et les périodes de retour correspondantes.

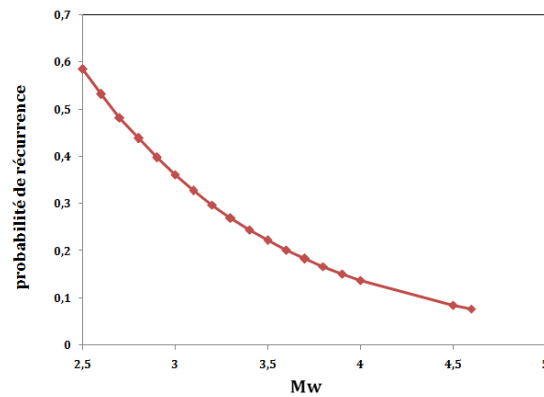
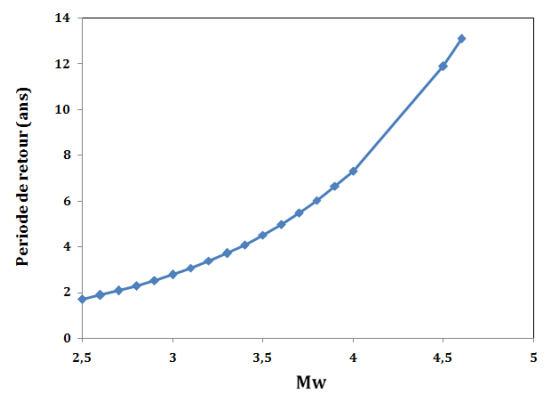
Zone 1



Zone 2



Zone 3



Zone 4

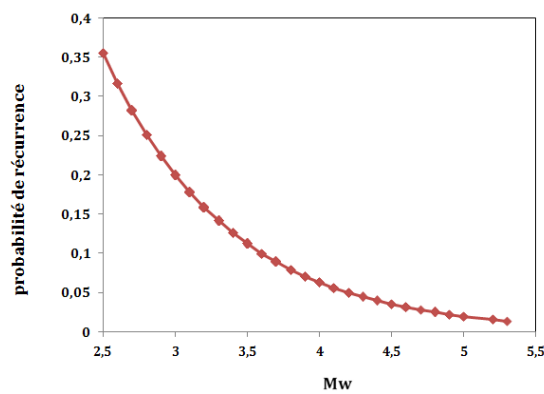
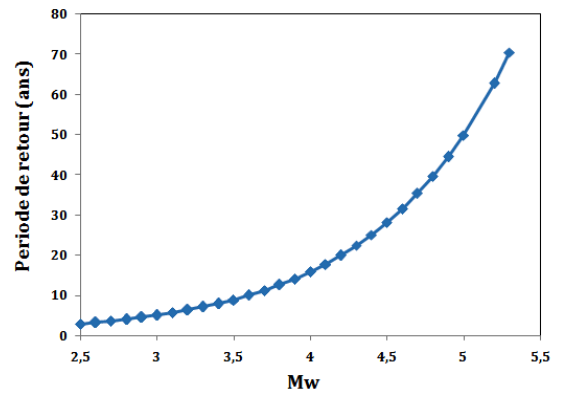


Figure1.21 : présentation de la relation entre la magnitude (M_w) et la probabilité de récurrence (PR%) à différentes périodes de retour (ans)

1.6. Conclusion

Les tremblements de terre provoquent en Algérie annuellement de dégâts et des pertes considérables. Ces phénomènes sont liés généralement aux mouvements des plaques tectoniques. Vue la situation géographique et la composante géologique par rapport à la limite des continents Afrique-Eurasie, le Nord algérien est considéré comme une zone asismique ou peu de séismes notable sont survenus, dont les plus importants sont ceux de El Asnam 1980 ($M_w=7.3$) et le séisme d'Oran 1790 (Intensité maximale XI-X).

Dans ce chapitre notre contribution à l'évaluation d'aléa sismique est cernée sur la marge Oranaise. Cette étude fondue sur l'exploitation du catalogue de la sismicité régionale de l'ouest d'Algérie (Belayadi et al. 2017) et sur le découpage des zones sismotectoniques établit par (Nadji 2010).

L'application de la loi fréquentielle de Gutenberg Richter montre que l'activité sismique sur le littoral Oranais et sur les différentes zones internes est caractérisée par une faible activité sismique par rapport aux zones du tell septentrional.

L'application des relations de (Tezcan 1996) nous a permis d'estimer la probabilité de récurrence et les périodes de retours pour les magnitudes M_w 2.5- 5.5 pour une période de $T=1, 50$ et 100 ans spécifique à chaque zone sismotectonique.

Chapitre2 : Cartographie d'aléa : glissement de terrain

Ce deuxième chapitre est destiné à étudier l'aléa des glissements de terrain survenus au niveau de quelques zones situées au niveau du littoral Oranais. En premier lieu, nous présentons quelques cas glissements de terrains historiques survenant en différentes parties du monde ainsi ceux qui occasionnés des dégâts au niveau de l'Algérie. En second lieu, nous présentons l'état de l'art portant les notions de base, liés aux types, vitesse du glissement de terrain, l'inventaire et la cartographie de la susceptibilité des mouvements de terrain. En fin, nous introduisons une base données géologiques, géotechniques, hydrogéologique, topographiques et spatiaux afin d'étudier quelques exemples de glissements de terrain affectant la zone côtière de l'Oranaise. Ver la fin, une cartographie algébrique de la susceptibilité aux glissements de terrain a été établie en se basant sur i) la collecte des données et l'inventaire des glissements de terrain, ii) l'évaluation de l'indice la susceptibilité iii) la cartographie numérique de cette susceptibilité aux mouvements de terrain iv) avec la validation des résultats obtenus

2.1. Introduction

Les mouvements de terrain occasionnent annuellement beaucoup de pertes humains et des dégâts matériels considérables à travers le globe terrestre, leurs distribution est irréguliers à travers le temps et leur fréquence conditionnée par les événements naturels extrêmes à savoir les fortes précipitations et les séismes de forte intensité.

Durant la période comprise entre Janvier 2004 et Décembre 2016, un taux de 55 997 personnes sont tuées suite à 4862 glissements de terrain à travers le monde. La distribution spatiale de ces glissements de terrain est hétérogène (fig2.1a), avec une concentration en :i) l'Asie (la zone la plus affectées, 75% du total), avec un nombre important des glissements de terrain le long de l'arc Himalayen, dans les Etats indiens et Sud-est de la Chine, dans les pays voisins de Laos, Bangladesh et Myanmar, et vers le sud sur les îles qui forment l'Indonésie et le Philippines ;ii) La Turquie, Iran, et les Alpes Européennes, iii) l'Afrique de l'Est autour des frontières entre la Tanzanie, Rwanda, Burundi, Kenya, Ouganda et La République démocratique du Congo ; v) l'Amérique du sud, le long de la chaîne montagneuse des Andes, sur la côte Est du Brésil autour de São Paulo et Rio de Janeiro ; vi) l'Amérique centrale entre Le Costa Rica et le Sud de Mexique et vii) Les îles des Caraïbes (Froude and Petley 2018).

L'une des plus importantes catastrophes enregistrée est celle de l'Inde ; en juin 2013 (fig2.1b), où les précipitations météoriques extrêmes ont provoquées des coulées boueuses où 5700 décès sont enregistrés dans la province Himalayen de l'Uttarakhand (Martha et al. 2015) (Ray et al. 2016). Le 3 Aout 2014, le séisme Yunan (La province de Ludian, la Chine) (fig2.1c) d'une magnitude Ms 6.5 causé des glissements de terrain catastrophique (Tian et al. 2017) dont 589 morts et 2300 blessés sont enregistrés.

En Algérie, les glissements de terrain présentent l'un des aléas naturels le plus fréquent et le plus dommageable pour la société, l'économie nationale, les propriétés (privatives et étatiques) et les grands projets dans la partie nord du pays (Benaissa et al. 1989, Guemache et al. 2011, Djerbal et al. 2017). La figure 2.1c montre les dégâts causés suite à l'éboulement dramatique survenu en février 2015 au niveau de la falaise de Cap Aokas (Wilaya de Bejaïa), qui a conduit la fermeture temporaire de la chaussée amont de la RN09, un bus de 30 places, un bus de 12 places, deux voitures légères sont endommagées par une masse rocheux, faisant 6 morts et 7 blessés. Quelques tentatives portant des

études sur les glissements de terrain sont entamées surtout dans la partie Est d'Algérie à différentes échelles. Les régions les plus affectées par les glissements de terrain sont : la région de Constantine, Bejaia, Souk Ahras, Sétif Tizi Ouzou, Mascara et Oran, ces zones constituant un milieu susceptible aux instabilités gravitaires vu leurs caractéristiques géologiques, morphologiques, tectoniques et climatiques.

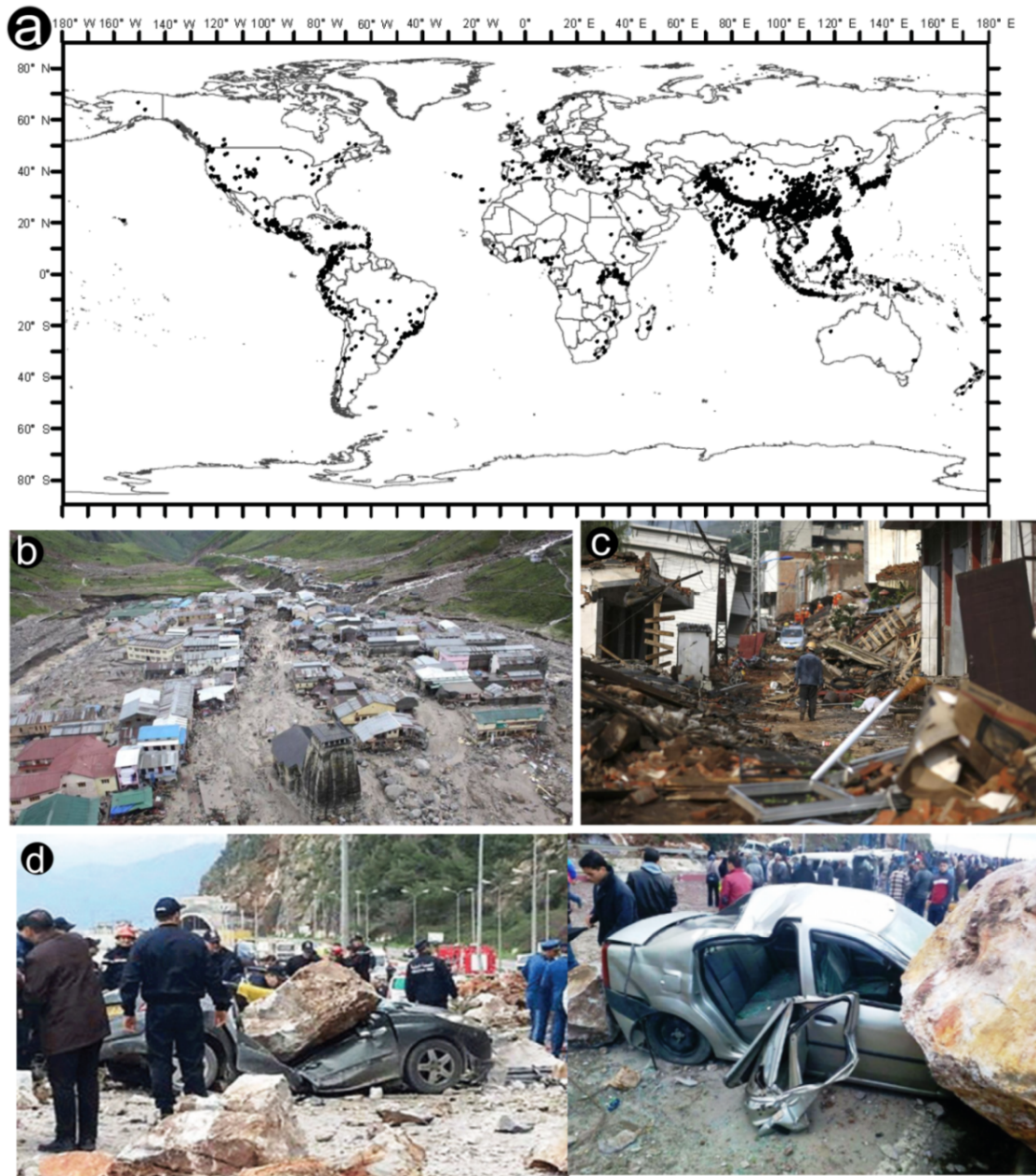


Figure 2.1: Exemple des glissements de terrain catastrophiques dans le monde ; a) distributions des glissements de terrain catastrophique durant la période 2004-2016 (Froude and Petley 2018) ; b) coulées boueuses de l'Uttarakhand (l'Inde) ; c) glissement de terrain de Yunan (La province de Ludian, la Chine) causé suite d'un séisme de Ms 6.5 ; les éboulements de Djebel Aokas , Bejaia (Algérie).

La présence des glissements de terrain sur le Littoral Oranais, champ de notre investigation, indique la forte susceptibilité de ce milieu aux instabilités gravitaires. Dans ce contexte, tout un chapitre est préservé dans la thèse afin d'élaborer une cartographie algébrique de la susceptibilité aux glissements de terrain sous l'égide d'un SIG en appliquant une démarche analytiques basée sur : i) l'analyse de la stabilité des versants à l'échelle d'un glissement de terrain par la combinaison de différents données lies aux roches en profondeur et identification de la typologie du phénomène ; ii) élaboration des cartes d'inventaire et des carte des facteurs de prédisposition environnementaux des glissements de terrain ; iii) l'applications des méthodes statistiques affin d'évaluer l'indice de susceptibilité, iv) établissement des cartes de la susceptibilité aux glissement de terrain et validation des résultats (fig2.2).

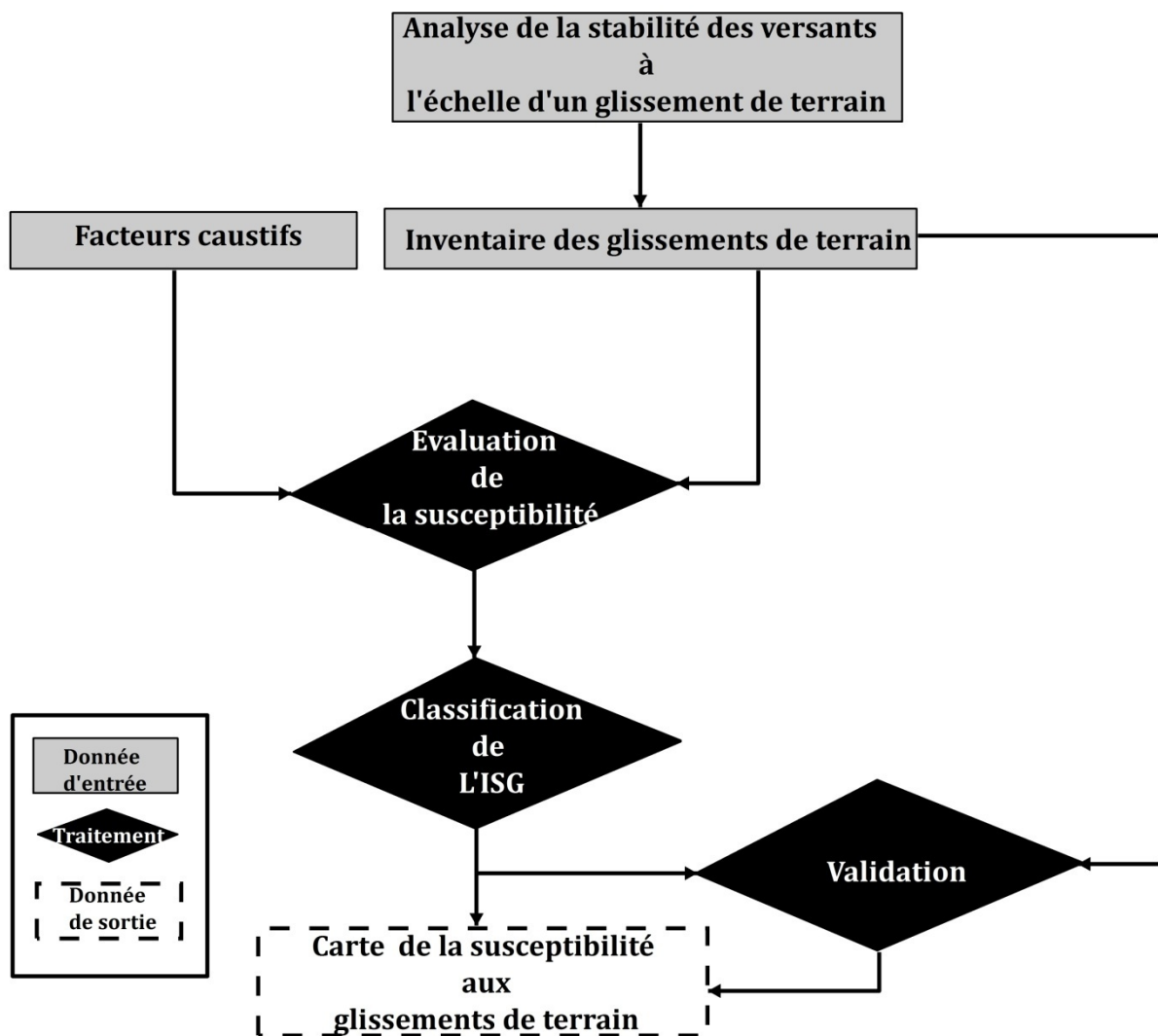


Figure 2.2: Organigramme de la méthodologie utilisée dans la cartographie de la susceptibilité aux glissements de terrain

2.2. Notions de base

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 (Thiery 2007) . 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'il existent plusieurs classifications de glissements de terrain (Bell 2003), La classification la plus utilisée celle de (Varnes 1978, Cruden and Varnes 1996) (Fig2.3) cette classification est fondée sur le type de mouvement et sur le matériau concerné (Table 2.1).

Tableau2.1 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		

2.2.1. Les types de mouvements de terrain

2.2.1.1. Les éboulements :

Présentent des chutes de pierres, débris et formation superficielle (matériaux géologiques) détachées d'une pente abrupte ou d'une falaise (fig2.3a), 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.

2.2.1.2. 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 (fig2.3b).

2.2.1.3. 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 :

- 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 (fig2.3c) ; (Thiery 2007).
- Glissement translationnel : 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 (fig2.3). ces mouvements se développent sur : i) une discontinuité lithologique ou ii) au contact des formations superficielles/ roche saine ; (Thiery 2007).

2.2.1.4. Le déplacement latéral

Se défini 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 (fig2.3e).

2.2.1.5. 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 (Zaagane 2015). Les coulées de boue constituent le type de glissement de terrain le plus fluide (fig2.3f). Les pluies torrentielles peuvent provoquées ce genre de phénomène dans les régions montagneuses avec une vitesse qui peut atteindre les 90 km/h.

2.2.1.6. Les glissements de terrain complexe

La combinaison de deux ou plusieurs types de mouvements de terrain est dite mouvement de terrain complexe.

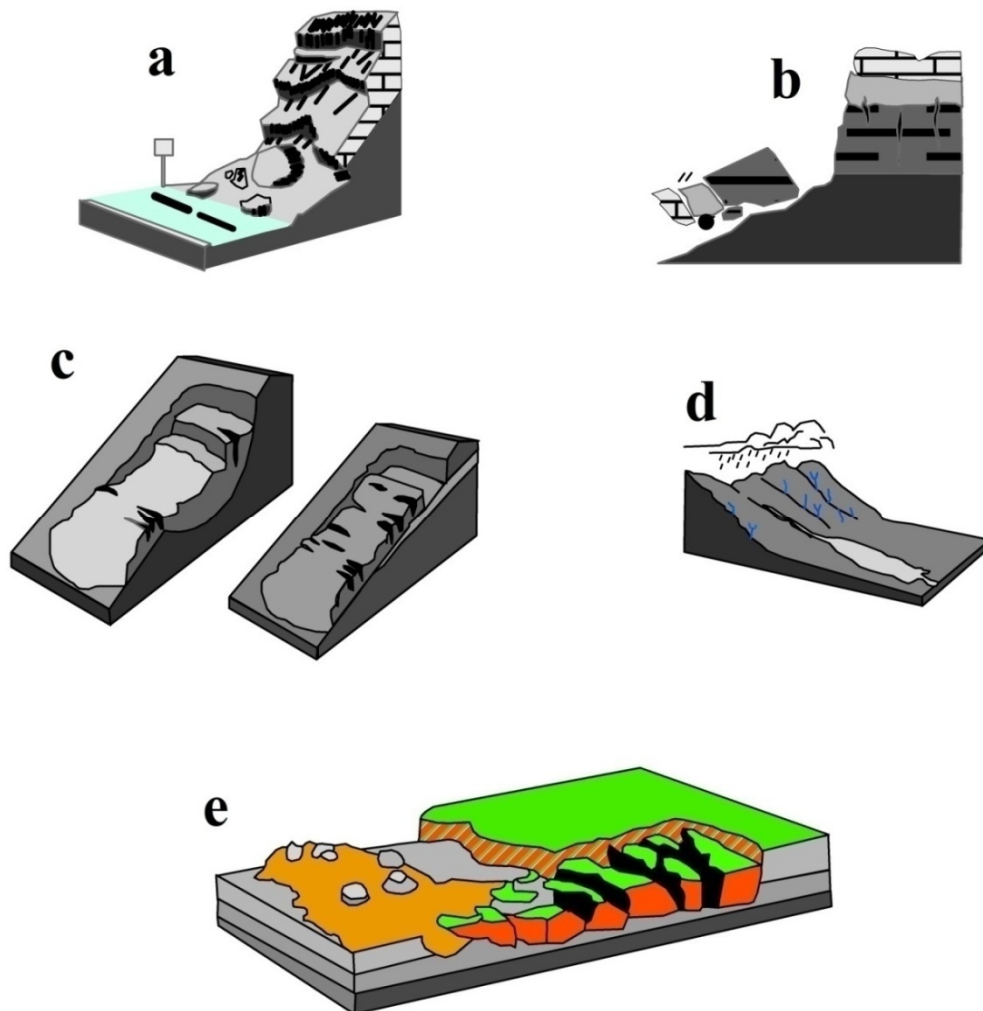


Figure 2.3 : les types de mouvement de terrain selon la classification de (Cruden and Varnes 1996) (Varnes 1978). (a) éboulement, (b) basculement, (c) glissement de terrain rotationnel et transrationnel, (d) coulée boueuse, (e) déplacement latéral

3.2.2. Vitesse du glissement de terrain

La vitesse de glissement de terrain varie selon le type de mouvement de terrain ; elle varie de quelque millimètre par an à plusieurs mètres par seconde. La surveillance des glissements de terrains par les méthodes géo spatiales permettant de mieux estimer la vitesse de déplacement d'une masse rocheuse. Cette vitesse est hétérogène, elle est conditionnée généralement par les caractéristiques géologiques, hydrogéologiques, géodynamiques et climatiques du milieu. Par exemple, les précipitations de forte intensité et les tremblements de terre de forte magnitude accentuant la vitesse des mouvements de terrain.

Selon la classification de , l'âge du dernier glissement de terrain peut être estimer en fonction des paramètres morphologique du glissement de terrain (fig2.4) toutefois, dans les zones montagneuses où la végétation est très dense, les glissements de terrain ne sont pas visibles sur le terrain ou par l'analyse spatiale (Schlögel 2015).

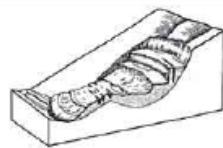
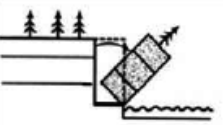
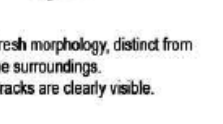
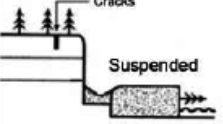
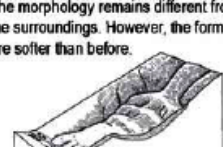
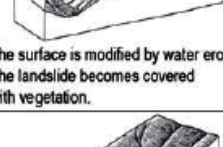
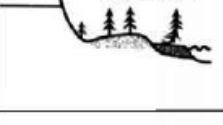
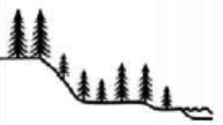
AGE	RETURN PERIOD	MORPHOLOGIC CHANGES	ACTIVITY		
Present  Historical 150 BP	1 day	 Fresh morphology, distinct from the surroundings. Cracks are clearly visible.		Continuous	ACTIVE
	1 year	 Cracks		Intermittent	
Holocene 10,000 BP	10 years	 The morphology remains different from the surroundings. However, the forms are softer than before.		Dormant	INACTIVE
	> 1000 yr	 The surface is modified by water erosion. The landslide becomes covered with vegetation.		Abandoned	
Pleistocene 20,000 BP		 The morphology is slightly noticeable, there are only morphological traces of the phenomenon.		Stabilised	
				Relict	

Figure 2.4: classification de la vitesse des glissements de terrains selon les traits géomorphologique (Schlögel 2015).

3.2.3. Inventaire des mouvements de terrain

L'inventaire des mouvements de terrain présente une étape fondamentale dans la cartographie de la susceptibilité au mouvement de terrain. L'inventaire de glissement de terrain consiste à collecter l'information sur le glissement de terrain (type, localisation, taille, activité et la date de déclenchement). Plusieurs méthodes et techniques peuvent être utilisées dans l'établissement de la carte d'inventaire des glissements de terrain. Le choix d'une méthode spécifique est lié aux documents et données existantes, l'extension de la zone d'étude, l'échelle de base, l'objectif de l'inventaire, la qualité des données (résolution de l'imagerie optique et/ou Radar), les compétences et l'expérience de la géomorphologue. La combinaison des deux ou plusieurs méthodes permettent de réaliser la carte d'inventaire des glissements de terrain.

3.2.3.1. Les types des cartes d'inventaire

- *Carte d'inventaire d'événement* : montre la distribution spatiale du phénomène de glissements de terrain causés par un seul événement spécifique tel qu'un séisme, précipitation intense, ou fonte de neige. Il contient la position, la magnitude et l'extension du glissement de terrain. Dans cette carte d'inventaire, les glissements de terrain sont présentés comme des points. La figure 2.5 montre un exemple d'une carte d'inventaire des glissements de la Province d'Imperia (Ouest de l'Italie) causés par des précipitations du 23/11/2000.

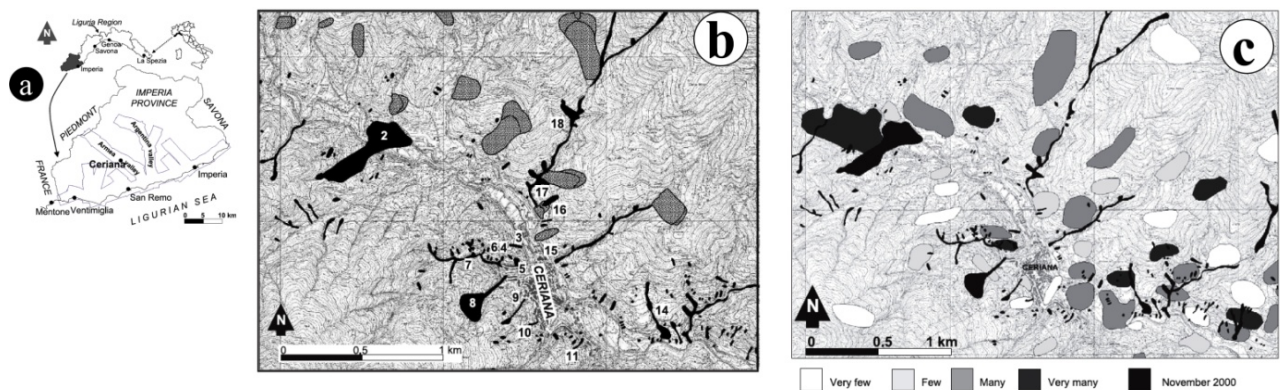


Figure 2.5 : exemple d'un inventaire d'événement dans l'Italie. (a) localisation. (b) extrait de la carte d'inventaire, couleur noir présente les glissements de terrain inventoriés suite ou précipitation du 23/11/2000. Couleur grise l'inventaire des glissements de terrain inventoriés par l'interprétation de la même photo aérienne utilisé. Les numéros pour le temps de déclenchement des les glissements de terrain. (c) comparaison entre l'inventaire des glissements de terrain causés suite aux précipitations du 08 Décembre 1910 et 23 Novembre 2000.

-
- a**
- Grand Paroisse
altitude 2000 m
- Cape Kelo 2007 m
- Marathon 2110 m
- Prokhe
- Garokorrette
- Cor de la Vierge
2020 m
- Enclastreyn
- Landchille
• Mountain peak
□ Summit
- 0 2.5 5 km
- b**
- Multi-date inventory**
- R: Relict
D: Dormant
- Activation within the period :**
- A_1 : <1956
 A_2 : 1956-1974
 A_3 : 1974-1982
 A_4 : 1982-1995
 A_5 : 1995-2000
 A_6 : 2000-2004
 A_7 : 2004-2009
- 0 2.5 5 km

- *Carte d'inventaire multi-date* : indiquée la localisation, le type et l'évolution spatiale et temporelle des glissements de terrain (Schlögel 2015) (fig2.6). La préparation d'un inventaire des glissements de terrain multi date basée sur l'obtention et la collecte de l'information à partir de l'interprétation des photos aériennes multi date, les archives et les documents antérieurs, les levés de terrain, l'interférométrie Radar. L'établissement des carte d'inventaire multi date est difficile vue la rareté des informations, la complexité des techniques de préparation et la consommation du temps. Vu la présence d'information, les

compétences et de l'expérience, des études ont permis à l'établissement des cartes d'inventaire multi-dates, on mentionne celle de (Martha et al. 2012), (Schlögel et al. 2015), (Del Ventisette et al. 2014). La figure 2.7 montre un exemple d'inventaire multi date

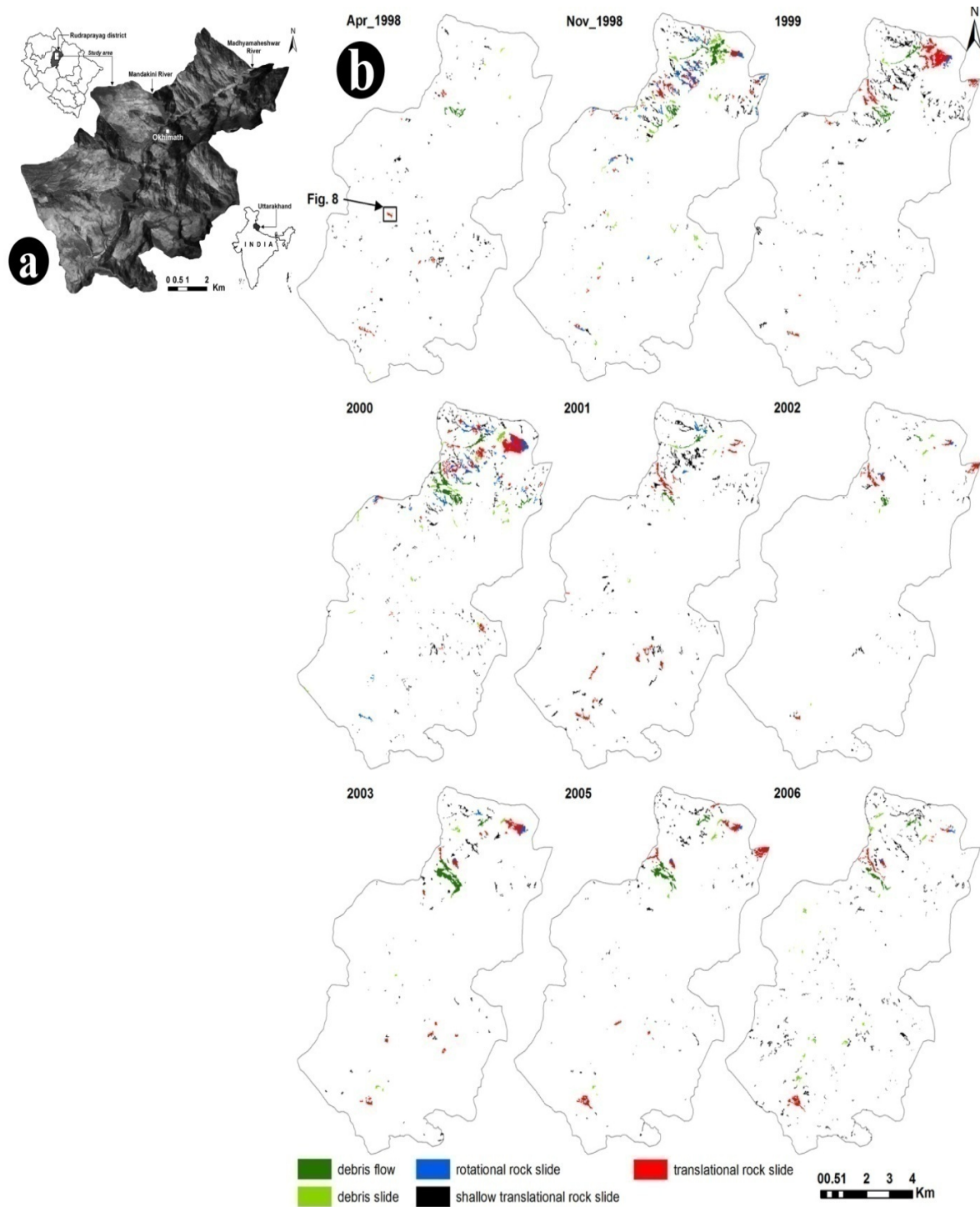


Figure 2.7 : Exemple d'un inventaire multi date de glissement de terrain dans l'Inde. (a) localisation. (b) inventaire de cinq types de glissements de terrain (1998-2006) de Okhimath (Martha et al. 2012).

3.2.3.2. Les méthodes conventionnelles d'inventaire des glissements de terrain

- *Interprétation des photos aériennes*: L'interprétation visuelle des photos aériennes ou des orthophotoplans (fig.2.8a) 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 atteignent 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 (fig.2.8b). 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 2.8 : 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

3.2.3.3. 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.2.9) ; (Savvaidis 2003).

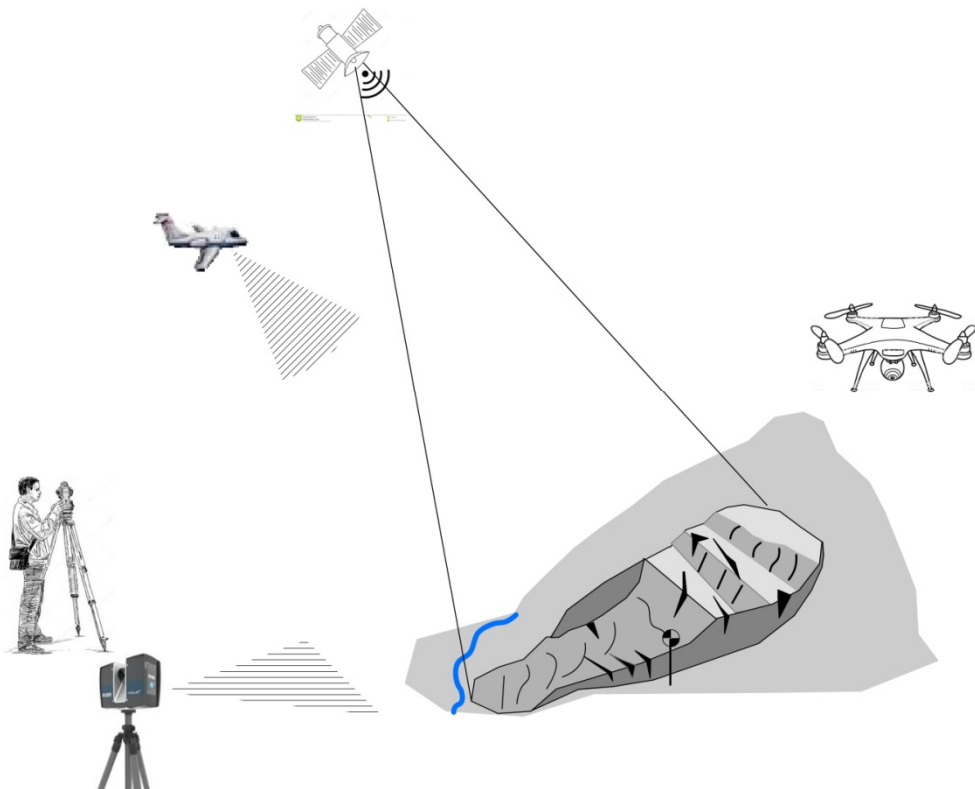


Figure 2.9 : Nouvelle méthodes d'inventaire et de surveillance des glissements de terrain

- *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.

- *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.
- *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.
- *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.
- *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 structurelles 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.

- *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.
- *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.
- *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.
- *Les compteurs de fissures (Crack meters)* : 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. Concept de base sur le risque lié aux mouvements de terrain

Les problèmes d'instabilité des versants exigent à l'enjeu scientifique d'entamer et de développer les méthodes portant sur la cartographie de la susceptibilité et l'aléa des mouvements de versant. Depuis les années 1970, plusieurs méthodes de zonage sont développées pour faire face aux problèmes d'aménagement liés aux phénomènes de mouvement de versant (Brabb et al. 1972, ROTH 1983, Guzzetti and Cardinali 1989, Govi and Sorzana 1980). Les deux décennies suivantes, la littérature scientifique a marqué un développement progressif dans ce domaine par la publication de plusieurs travaux scientifiques (Maharaj 1993, Gökceoglu and Aksoy 1996, Cross 1998, Nagarajan et al. 2000, Ayalew and Yamagishi 2005, Kamp et al. 2008).

Depuis 2008, le JTC-1 une commission internationale s'est chargée aux développements d'un glossaire technique qui présume l'état d'art et la lexique des termes d'engineering en domaine des risques géologiques liés aux glissements de terrain. L'intitulé de cette commission est connue par "***Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land use planning***" (Fell et al. 2008a, Fell et al. 2008b).

Le continue de ce glossaire comprend plusieurs notions et définitions terminologiques des paramètres et les techniques précises tels que:

- Définitions et terminologies à utiliser sur le plan universel.
- Description de types et des niveaux de zonage des glissements de terrain.
- Des directives concernant le zonage des glissements de terrain et sur l'aménagement du territoire
- Seuillage du zonage envisagé selon les échelles suggérées et l'état de besoin
- Orientation de l'information requise pour différents niveaux de zonage selon la typologie du glissement de terrain.
- Les consignes sur la fiabilité, la validité et les conditions aux limites de chaque méthode considérée.
- Les recommandations requises pour les personnes effectuant le zonage de glissement de terrain.

2.3.1. La cartographie de la susceptibilité : elle permet d'estimer les zones de rupture ainsi que les zones potentielles aux glissements de terrain. Il est à noter que le paramètre de susceptibilité ne tient pas en considération de la fréquence ni de l'intensité du glissement de terrain.

2.3.2. La cartographie de l'aléa : L'aléa est exprimé comme la fréquence d'occurrence d'un type particulier de mouvement, d'un certain volume et/ou d'une certaine amplitude (Fressard 2013).

2.4. Evaluation de la susceptibilité aux glissements de terrain (état de l'art)

Cette partie de notre étude comprend une description de différentes méthodes d'évaluation de la susceptibilité aux glissements de terrain, Elles peuvent être qualitatives ou quantitatives, et directes ou indirectes. Les méthodes qualitatives sont

subjectives et portent le zonage d'aléa sur des termes descriptifs (qualitatifs). Les méthodes quantitatives offrent des estimations numériques (probabilités) pour l'occurrence des phénomènes de glissement pour toute catégorie de zonage.

Dans la littérature, il existe plusieurs approches permettant d'évaluer la susceptibilité au glissement de terrain. Ces méthodes sont basées essentiellement sur la technique du système d'information géographique SIG. Récemment, plusieurs chercheurs appliquent différents méthodes pour cartographier la susceptibilité aux glissements de terrain pour mieux comparer les résultats et d'arrêter le model de résolution de ce paramètre.

Dans l'état actuelle de nos connaissances, il existe plusieurs recherches bibliographiques qui nous ont permis de mieux apercevoir ces différentes méthodes qui ont contribué au développement des approches à citer dans les paragraphes suivants:

2.4.1. L'approche qualitative : est basée sur l'opinion de l'expert (Leroi 1996), elle est souvent classé en trois types :

2.4.1.1. La cartographie d'inventaire des phénomènes :

Dit carte de constat, qui présente l'outil fondamental pour l'établissement des cartes géomorphologiques ainsi pour évaluer le taux de la susceptibilité aux glissements de terrain. L'utilisation du système d'information géographique SIG facilite l'établissement de ces cartes (Van Westen et al. 2006; Van Westen 2000) grâce à différent supports tell que les photos aérienne, images satellite couplées à levées de terrain et les compléments de documents historiques. La carte d'inventaire résultante décrit pour chaque glissement, le type de mouvement, l'état d'activité, la direction principale du mouvement, l'épaisseur estimée du matériau mobilisé, et les dates relatives à leur activité (Wieczorek 1984). La carte d'inventaire est considérée comme une forme élémentaire de carte d'aléa (Guzzetti et al. 2012; Soeters and van Westen 1996). Par exemple (Chau et al. 2004) sont utilisés la carte d'inventaire pour cartographier l'aléa du glissements de terrain du l'île de Hong Kong (fig.2.10), où 921 informations du glissements de terrain affectant la zone d'étude entre 1984 et 1996 suivi par l'élaboration d'une carte d'alea de plusieurs niveau (0.25, 0.75, 1.25, 2.4 et 5 unités) chaque unité correspond a 1.23 glissement ; par km².

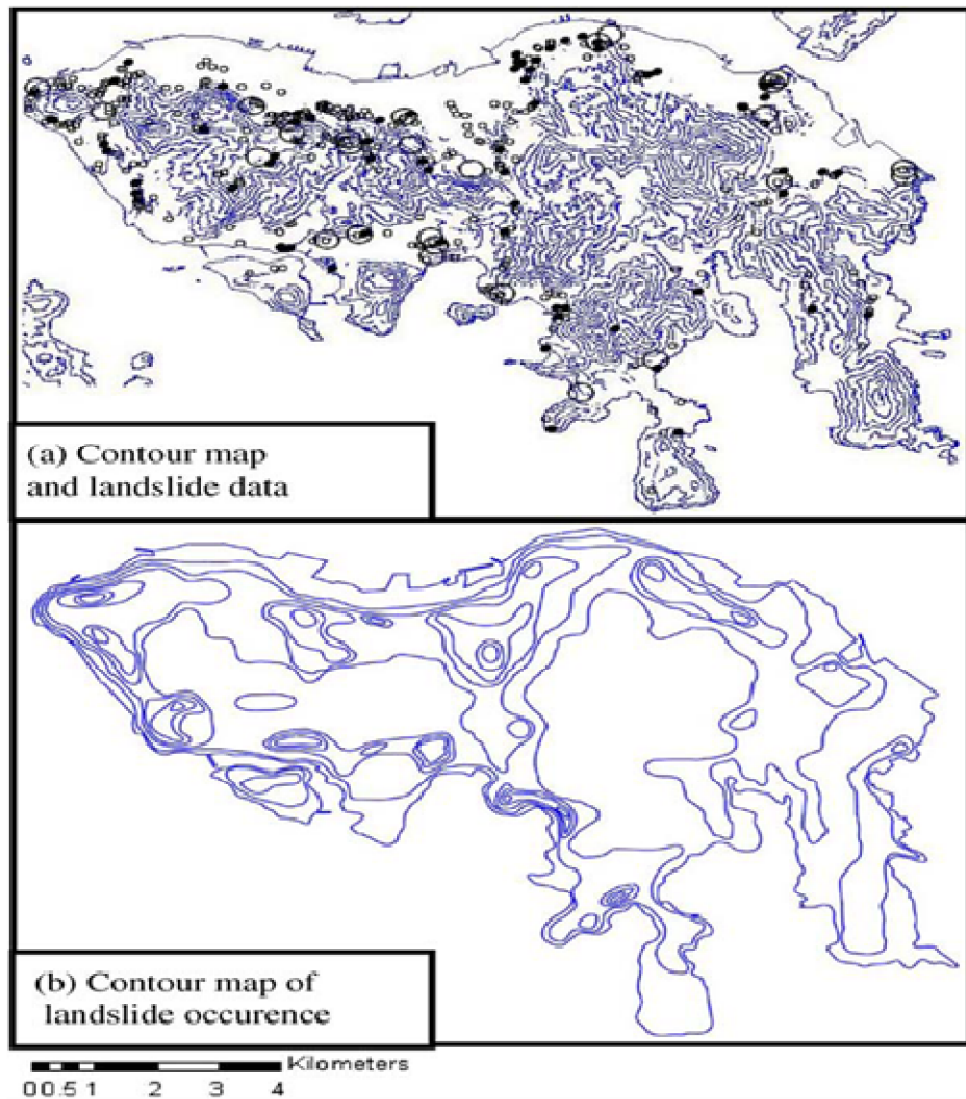
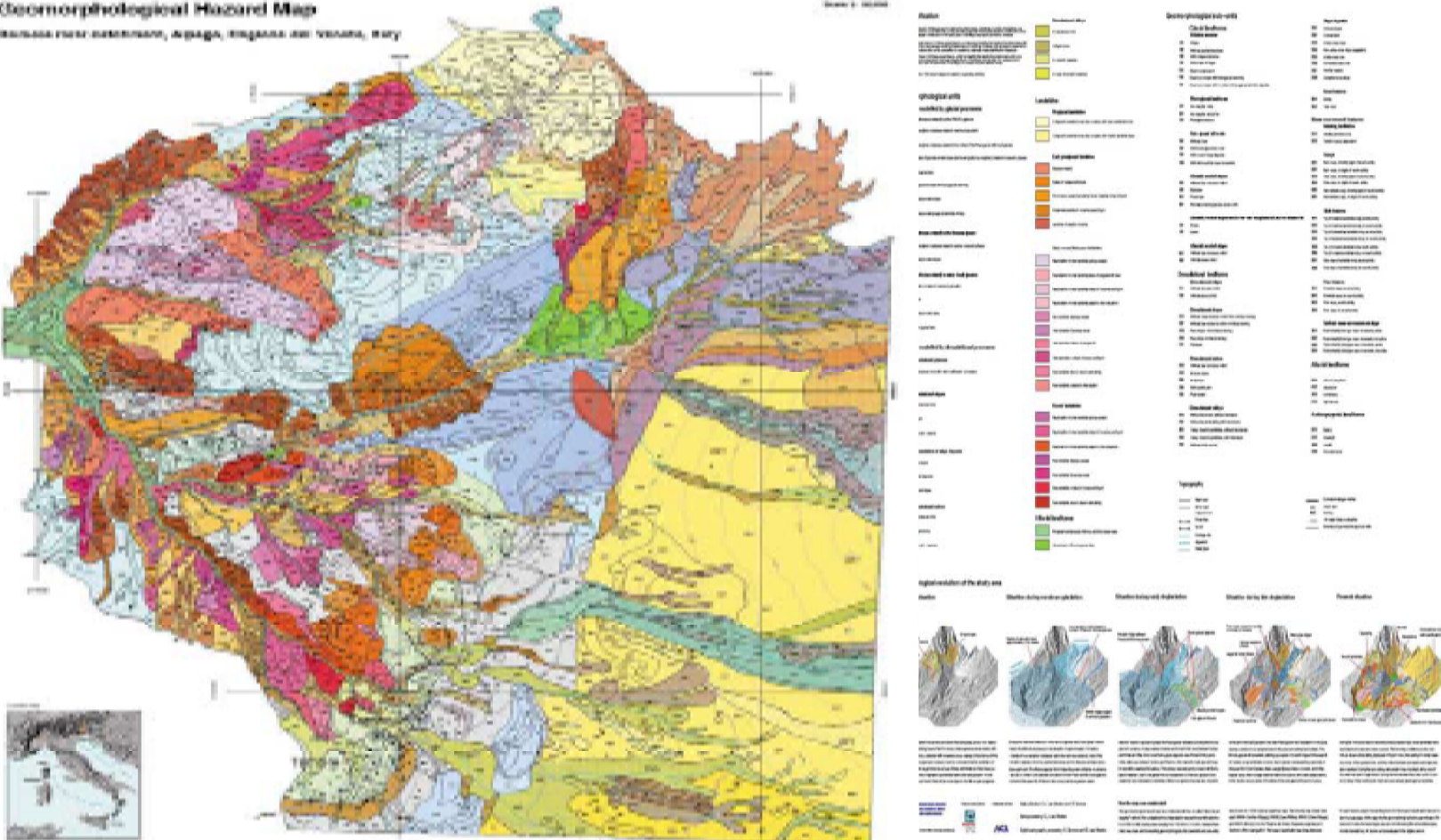


Figure 2.10: a) carte d'inventaire des glissements de terrain, b) carte d'aléa des glissements de terrain de l'île de Hong Kong (Chau et al. 2004).

2.4.1.2. Analyse géomorphologique:

Cette méthode dite cartographier directe ou expert (Soeters and van Westen 1996; Van Westen 2000) dans cette méthode c'est l'expérience et les compétences en mouvement de terrain du géologue qui permet d'identifier précisément l'aléa. Parmi les premières cartes géomorphologiques utilisées en domaine des risques liés au mouvement de terrain sont les cartes ZERMOS (Zone d'Exposition au Risque de Mouvement de Sol et sous sol), c'est une carte de synthèse à moyenne échelle (1/20.000 ou 1/25.000) s'appuyant sur l'analyse, à un moment donné, du mouvement de terrains existants et des facteurs prouvant avoir des instabilités des terrains. La carte ZERMOS, à travers le zonage des terrains, a pour objet d'estimer la probabilité pour que un événement survienne, sur un territoire donné, tel que les mouvements des terrains. Les auteurs ont constitué une

grille d'évaluation qui permet de déterminer, pour chaque type de phénomène (cas d'instabilités rocheuses et de glissements de sols), le degré d'aléa (0, 1, 2, 3 ou 4 en degré croissant), d'après son intensité (liée au type de phénomène et à sa dynamique) et sa modalité d'occurrence temporelle. les cartes ZERMOS présentent une première vision cartographique du risque(Humbert 1977). L'analyse géomorphologique fournit une évaluation rapide de l'aléa pour un secteur donné en tenant compte d'un très grand nombre de facteurs(Thiery 2007). la Figure 2.10 présente une carte géomorphologiques utilisé comme un support direct a cartographie l'aléa des glissements de terrain réalisé par (Van Westen et al. 2003) appliqué au bassin versant de l'Alpago, Italie (fig.2.11).



2003).

2.4.1.3. Cartographie par analyse de pondération de facteurs :

dans cette approche, l'expert sélectionne et cartographie les facteurs les plus influents à la stabilité du versant (Aleotti and Chowdhury 1999). Ensuite, il convient d'attribuer à chaque facteur une valeur en rapport avec sa contribution dans la génération des instabilités (Guzzetti et al. 1999). Chaque carte additionnée ou superposée pour produire en conséquence une carte d'aléa(Stevenson 1977) ; (fig2.12).

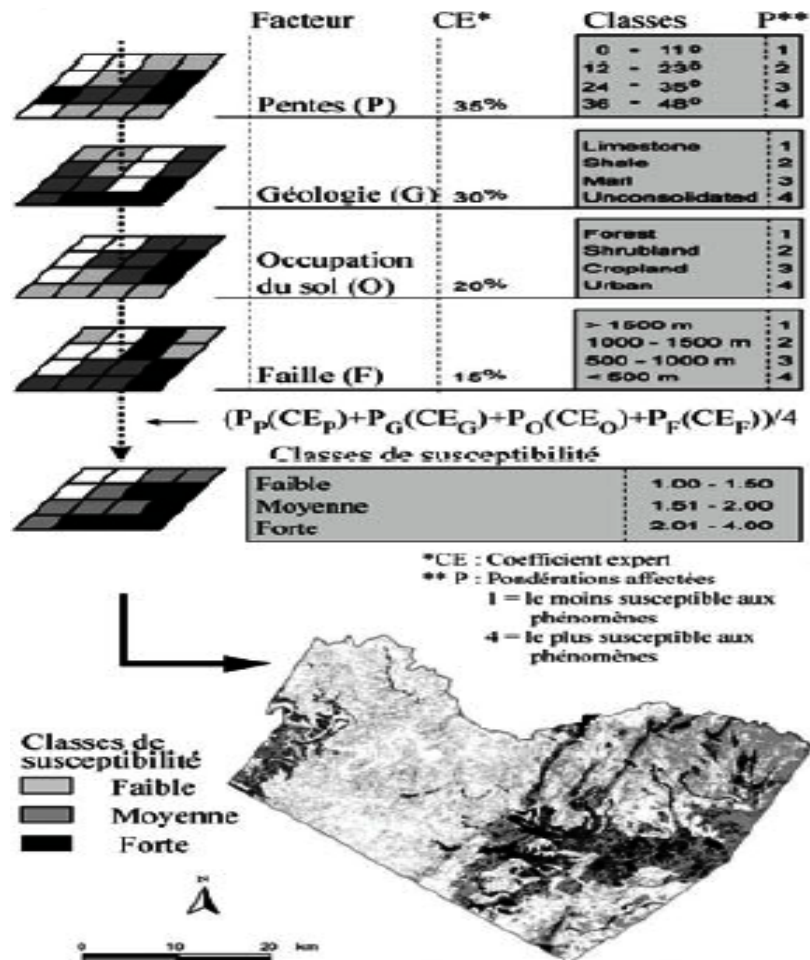


Figure 2.12 : Exemple de la cartographie par pondération de facteurs in (Thiery 2007)

2.4.2. Approches quantitative:

Connue par l'approche probabiliste ou indirecte, ce son des méthodes basées sur les techniques mathématiques, avec lesquelles la cartographie de la susceptibilité aux mouvements de terrain est estimée par le bais des méthodes statistiques. Ces approches consistent à évaluer la relation entre la distribution spatiale des phénomènes et les facteurs générateurs d'instabilité (Aleotti and Chowdhury 1999 ; Soeters and van Westen 1996; Van Westen et al. 2006).

Deux types d'approches quantitatives sont utilisées, afin de cartographier la susceptibilité aux glissements de terrain, l'approche Bivariée et approche Multivariée sont utilisées (Süzen and Doyuran 2004).

2.4.2.1. Approche bivariées :

Les méthodes bivariées, fondées sur la détermination de la densité des glissements de terrain par chaque classe, des différents facteurs générateurs. Pour cartographier la susceptibilité aux glissements de terrain par l'analyse statistique bivariée (Van Westen 1993) a suggéré la procédure suivante :

- I. Classification de chaque facteur en un certain nombre de classes pertinentes.
- II. Combinaison les classes des facteurs avec la carte d'inventaire des glissements de terrain (1 pour la présence du glissement et 0 pour l'absence du glissement de terrain) par la technique de la superposition.
- III. Calcul du poids de chaque classe suivant les résultats de combinaison.
- IV. Intégrations du poids de chaque classe suivant les résultats III, combinaison des cartes obtenues par l'addition, classification de l'indice de la susceptibilité en nombre de classes définies, validation du modèle statistique par la combinaison de la carte finale avec la carte d'inventaire.

Plusieurs méthodes ont été proposées par l'utilisation de l'analyse statistique bivariée pour cartographier la susceptibilité aux glissements de terrain : la valeur informative (Saha et al. 2005; Yin and Yan 1988), rapport de fréquence (Lee and Talib 2005), la théorie de l'évidence (Lee and Choi 2004; Lee and Talib 2005; Neuhäuser and Terhorst 2007; Regmi et al. 2010), méthode de la susceptibilité (Van Westen 1993). Ainsi que d'autres chercheurs utilisent ces méthodes pour différentes régions afin de cartographier la susceptibilité aux glissements de terrain.

2.4.3. Variables prédictives pour cartographier de la susceptibilité aux glissements de terrains

Les mouvements de versant sont contrôlés par des facteurs d'origine naturelle et/ou atrophique (Fressard 2013). Il n'existe aucun model conventionnel qui définit les variables prédictives introduites dans le processus de cartographie de la susceptibilité. La sélection des données thématiques, pour la cartographie de la susceptibilité, est réalisée en fonction d'un rapport coût/bénéfice entre l'échelle de travail, la surface à couvrir, l'influence supposée dans le processus de mouvements de versant et les moyens disponibles pour leur cartographie/acquisition (Van Westen et al. 2008, Fell et al. 2008a) Certain paramètres sont jugés nécessaire afin d'évaluer la susceptibilité aux mouvements de versant

- **La topographie** : les paramètres topographiques (pente, aspect, courbure, etc.) sont utilisés dans la majorité des études portant sur la susceptibilité aux mouvements de versant. La donnée topographique est extraire à partir du MNT acquis par les levés de terrain, les cartes topographique, photos aériennes... etc.
- **La géologie** : la lithologie, la stratigraphie, la profondeur et les paramètres physiques des formations géologiques ainsi que les failles jouent un rôle très important dans l'ensemble des études d'instabilité des versants ainsi que pour les études de la susceptibilité des mouvements de versant. les documents et les cartes géologiques, couplés aux levés de terrain et aux essais de laboratoire présentes des sources d'informations importantes dans la création d'une base de données géologiques notable.
- **L'occupation du sol** : constitue également un facteur très important dans la genèse des processus de mouvements de versant, La photo-interprétation, la classification d'images satellites, la collecte de bases de données nationales ou internationales et les levés de terrain sont les principales méthodes permettant d'obtenir des données sur l'occupation du sol.
- **L'hydrologie** : la proximité aux axes de drainage, la proximité aux sources d'eau, la localisation des zones humides, l'indice de transport des sédiments sont attribuées au facteur de prédisposition. Quant aux le niveau de la nappe et les précipitations sont considérées comme des facteurs déclencheurs.

2.5. Etudes de quelques glissements de terrain du littoral Oranais

L'analyse de la stabilité des versants se base directement sur l'exploitation d'informations liées aux caractéristiques de la roche en profondeur. Les informations collectées, suite à l'application des méthodes, d'analyses indirectes telles que la géophysique et la géotechnique présentent un support indispensable dans ce domaine. Le coût important de ces opérations ainsi l'accessibilité aux sites présentent des contraintes notables en vert l'enjeu scientifique.

La complexité géologique, géomorphologique et hydrogéologique de la zone côtière d'Oran rendre plusieurs sites favorables et sujettes aux phénomènes d'instabilité des versants. Dans ce contexte, l'inventaire des paramètres intrinsèques et extrinsèques interviennent aux processus de mouvements de terrain affectant cette zone considéré comme l'étape fondamentale.

Dans la littérature, les études et les travaux académiques montrent l'existence d'instabilités des versants au niveau de la frange maritime Oranaise, mais restant insuffisantes et limitée devant l'absence des données. Parmi ces études on motionne celle de (Benabdellah 2011) dans la quelle, il confirme que les mouvements de terrain affectant cette zone sont liées directement au l'interaction entre les phénomènes combinant à la fois les effets cumulés de l'érosion, de la fracturation, le travail corrosif d'eau, effet de pesanteur et les secousses sismiques notables.

Les investigations engagées dans plusieurs sites permettant de mieux comprendre le mécanisme, la vitesse de déplacement et la typologie de mouvement de terrain ainsi que les matériaux affectés.

3.5.1. Caractéristiques géologiques du site étudié (frange maritime d'Oran Est)

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 (fig2.13)

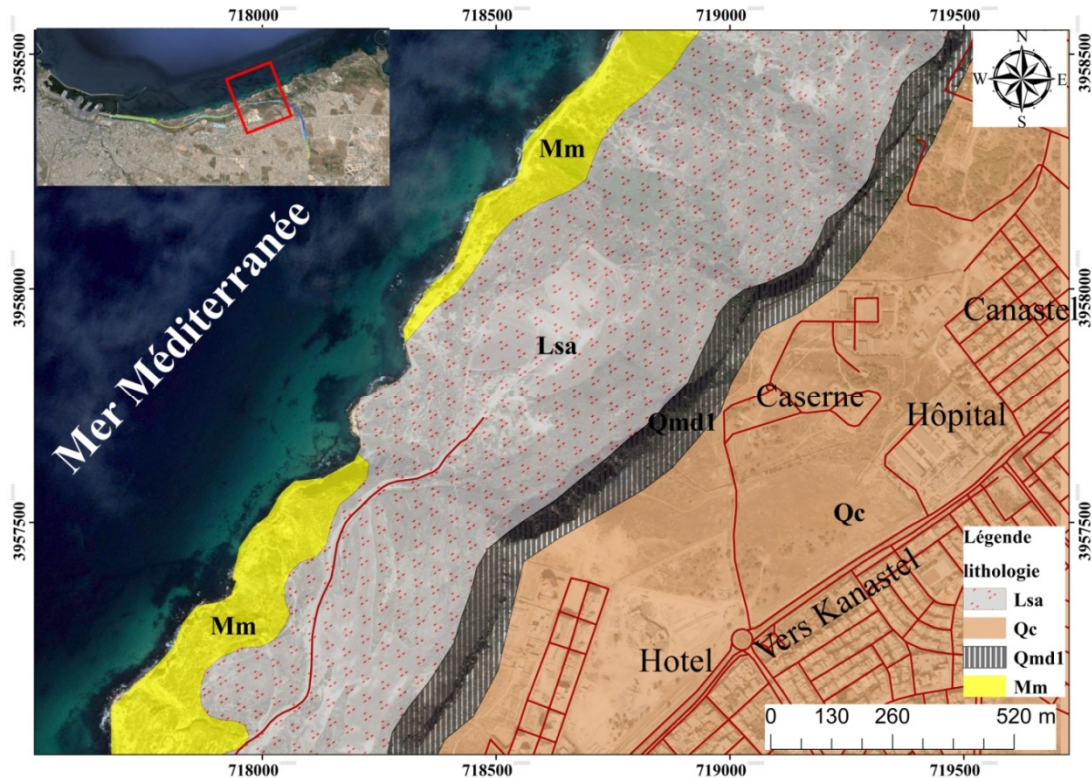


Figure 2.13 : Carte géologique du site étudié ; (Lsa) Matériaux des glissements, (Qmd1) Pléistocène marin niveau ancien, (Qc) Quaternaire Continental, (Mm) Miocène supérieur (Gourinard 1952)

3.5.2. 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 (fig2.14a) est extraire par la restitution de la carte topographique, en utilisant la méthode de Triangulation comme moyenne d'interpolation. Les profils topographique réalisés au niveau du secteur d'étude établis selon les segments (AA', BB', CC', DD') (fig2.14b) 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 (fig2.14b), (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.

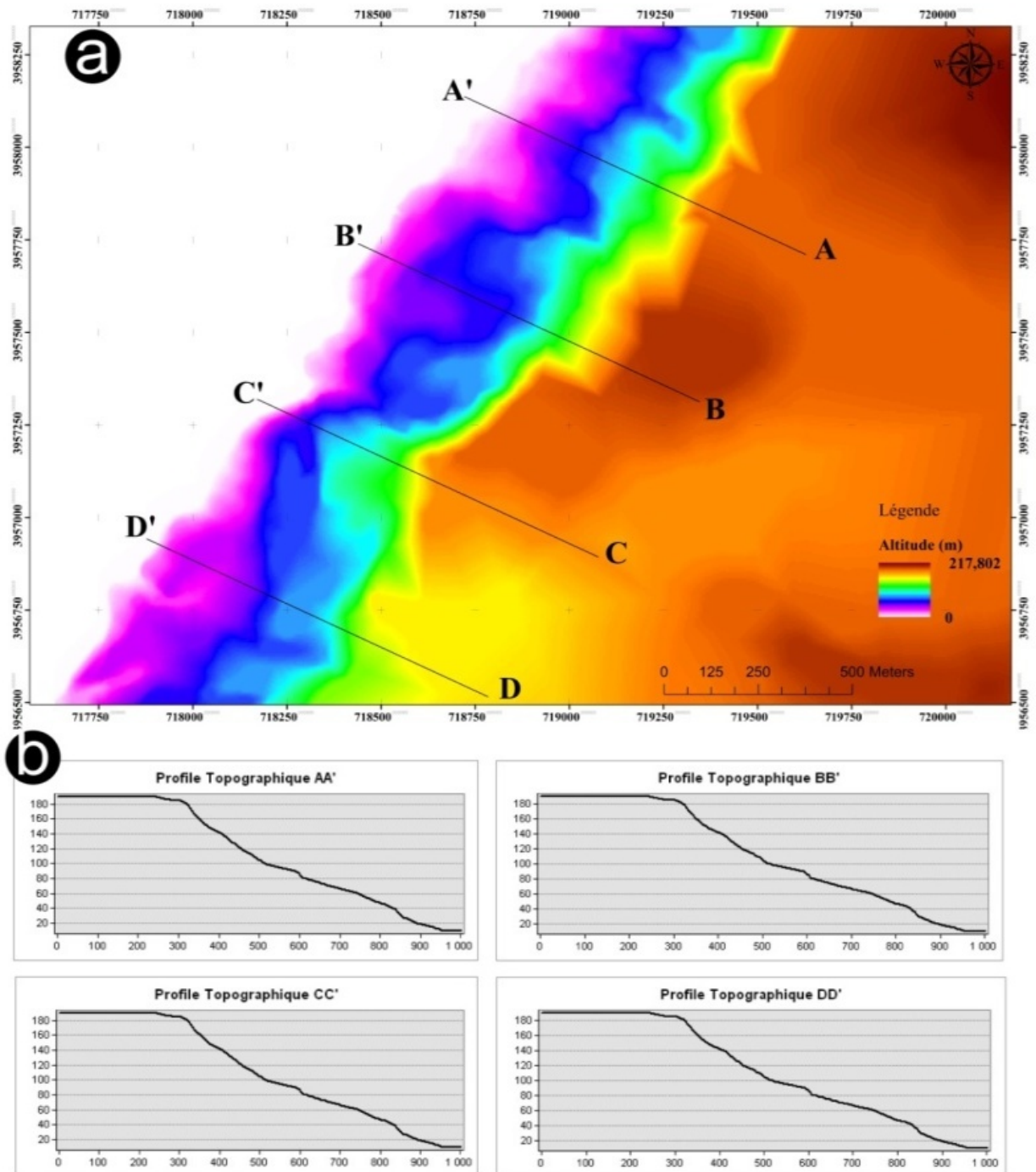


Figure 2.14 la topographie de la zone d'étude ; (a) MNT du secteur d'étude, (b) profils en travers ; des sections [AD].

3.5.3. Caractéristique hydrogéologique de la ville d'Oran

L'écoulement des eaux souterraines est lié directement aux caractéristiques de l'aquifère en profondeur. La carte piézométrique du Plateau d'Oran (fig.2.15) indique l'existence des plusieurs directions d'écoulements souterraine, On constate qu'un écoulement souterrain NNE-SSW s'oriente en direction de rivage Nord de la Grande Sebka d'Oran. Une autre direction W-E indiquant le sens d'écoulement souterrain au niveau d'Es Senia vers l'agglomération de Sidi Chahmi. Une direction d'écoulement souterrain S-N perpendiculaire au port d'Oran, passant par la ville d'Oran les eaux souterraines de la partie Nord d'Es Senia s'écoulent vers la mer. Au niveau de la frange maritime, l'écoulement des eaux souterrain se fait selon une direction spécifique NE-SW. Dans la région de Sidi Maarouf, l'écoulement est N-S ; s'épandant du Djebel Khar en direction de Hassi Bounif. La circulation des eaux souterraines d'El Hassi se fait selon deux directions distinctes : une direction SSW-NNE imarquant un écoulement vers la mer, un autre direction vers Ain el-Beida situe au S-E de la carte (Fig2.15) (Benabdellah 2011).

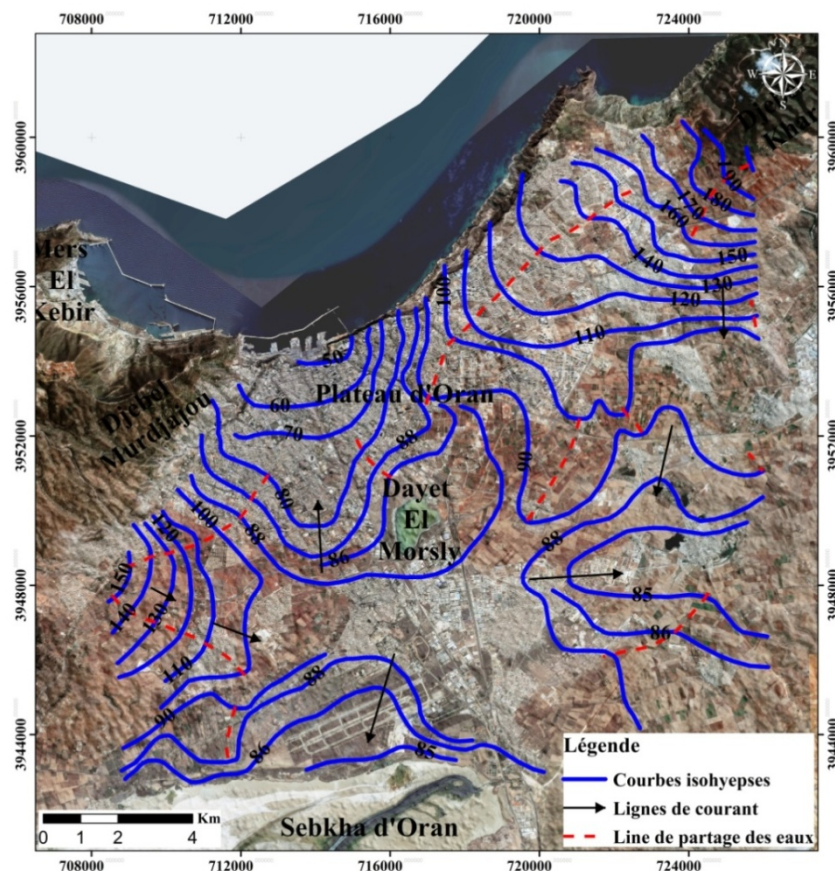


Figure 2.15 : Carte piézométrique du plateau d'Oran in (Benabdellah 2011)

3.5.4. Caractéristiques climatiques de la ville d'Oran

Le littoral Oranais enregistre depuis plusieurs années une phase de sécheresse anormale qui s'inscrit dans le cadre du changement climatique affectant l'ensemble du globe terrestre

Le déficit pluviométrique est conjugué aux besoins croissants, augmentation des populations, multiplication des activités consommatrices d'eau telle que l'agriculture du fait que l'alimentation en eau pose de sérieux problèmes ; le surplus peut provoquer des phénomènes d'inondations des plaines littorales, la remontée des eaux souterraines et déclenchement des glissements de terrain avec des coulées boueuses parfois dangereuses dans les zones susceptibles.

L'étude climatique est d'une importance primordiale, car grâce aux différents paramètres climatiques utilisés ; en particulier (T° , P) qui sont les facteurs indispensables pour élaborer cette étude. Les paramètres climatiques jouent aussi un rôle déterminant dans le comportement du régime des cours d'eau superficielles et l'étude du risque hydrique.

Le climat de la région d'étude par rapport au climat du pays se caractérise par un climat contrasté entre un climat méditerranéen au littoral et semi-aride au sud de la région.

Les stations climatiques existantes, sont considérées comme produit représentatif de la région pour produire données fiables, sont celles mentionnées dans le tableau suivant :

Tableau2.2: Coordonnées des stations utilisées

Station	Code	X	Y	Altitude	Paramètres	Période d'observation
Oran	40438	198.7	272.6	-	P (mm/mois)	(1983-2013)
Oran Es Senia	40438	-	-	-	T ($^{\circ}$ C)	(2002-2012)

3.5.5. Étude des précipitations mensuelles :

Le tableau représentatif des précipitations moyennes mensuelles durant la période de référence (1983-2013) de la station de d'Oran (**code 40438**) dont les données seront prises comme référence.

L'étude des précipitations moyennes mensuelles a permis d'observer que la période pluvieuse débute au mois d'Octobre et se termine au mois d'Avril. Au cours de cette période on remarque que le maximum des précipitations apparaît en Novembre (53,7 mm) et pour le minimum en Juillet (1,4 mm) (fig2.16).

La station enregistre un cumul pluviométrie annuelle faible 370.5 mm et une moyenne mensuelle de 30,87 mm, avec une répartition mensuelle assez régulière.

Tableau 2.3: Précipitations moyennes mensuelles 1983-2013 St Oran, Source –ANRH

Station	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Oran	53.0	45.3	42.7	46.9	27.6	7.6	1.4	3.5	17.1	26.3	53.7	45.4	370,5

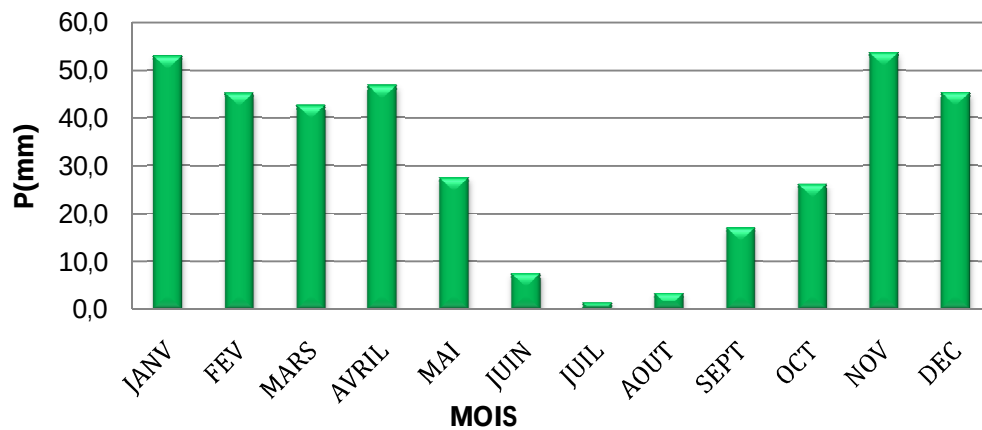


Figure 2.16 : Histogramme des Précipitations moyennes mensuelles (1983-2013)

3.5.6. Régime pluviométrique:

Le regroupement des mois trois par trois, de manière à ce que le mois initial (Tab.2.4) de chaque trimestre ou saison contient un solstice ou un équinoxe, a permis à la détermination d'un régime pluviométrique par saison.

Tableau 2.4 : Regroupement des mois trois par trois

Saisons	Automne (A)			Hiver (H)			Printemps (P)			Eté (E)		
Pluie moyenne mensuelle (mm)	17.1	26.3	53.7	45.4	53	45.3	42.7	45.9	27.6	7.6	1.4	3.5
Total (mm)	97.1			143.7			116.2			12.5		

Ce régime peut nous renseigner sur la période optimale de recharge des aquifères. Dans la station d'Oran, cette période s'étale de l'automne au printemps en passant par l'hiver (fig2.17)

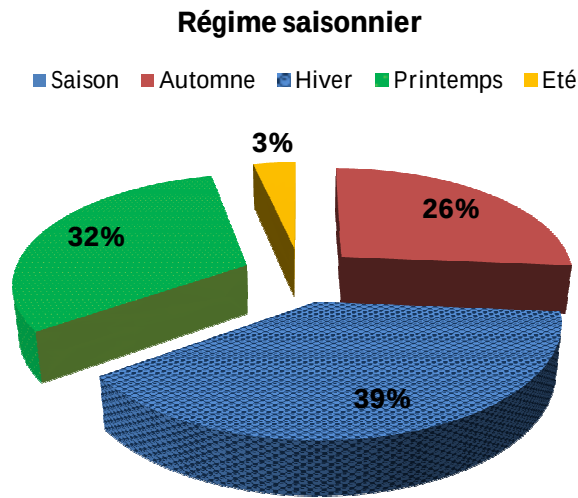


Figure 2.17 : Régime saisonnier de la station d'Oran

3.5.7. Étude des précipitations moyennes annuelles :

L'annexe 4 représente les précipitations moyennes annuelles de la station d'Oran pour la période « 1983-2013 ».

L'étude des précipitations moyennes annuelles permet de remarquer ce qui suit :

L'année la plus pluvieuse à été enregistrée (585.80mm) en 1995. Cependant, l'année la plus sèche avec une pluviométrie (191.50mm) en 1992 (fig2.18).

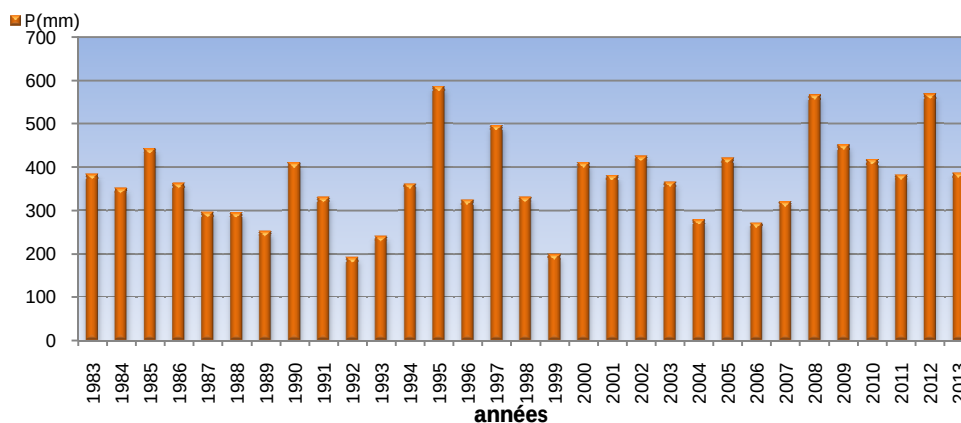


Figure 2.18 : Histogramme des Précipitations Annuelles ; période (1983-2013)

3.5.8. Températures : (Station d'E Senia 2000-2009) source ONM

La température constitue avec les précipitations un paramètre majeur qui permet de définir le climat d'une région, c'est aussi l'un des termes essentiels dans la définition du déficit d'écoulement. Pour notre secteur d'étude, la station d'Es Senia est la seule où nous avons pu disposer d'une série de mesures de ce paramètre pendant la période (2000-2009). Le tableau suivant présente les variations de températures moyennes (Tab2.5).

Tableau 2.5 : Température moyenne (source ONM)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	O	S	O	N	D
T Min moy (°C)	-0,2	1,6	2,4	4,4	7,6	11,6	15,5	16,7	13,0	8,8	4,8	1,5
T Moyenne (°C)	10.95	12.45	14.64	17.29	19.86	23.44	26.82	27.83	24.69	21.00	16.24	12.72
T Max moy (°C)	22,1	23,3	26,9	30,2	32,2	35,3	38,2	39,0	36,3	33,2	27,7	23,9

La région connaît deux saisons distinctes :

Les températures maximales en été selon l'exploitation de la source (ONM), un maximum de 39 °. La saison hivernale froide et rigoureuse atteint une température minimale de (-0,2 °) (fig2.19)

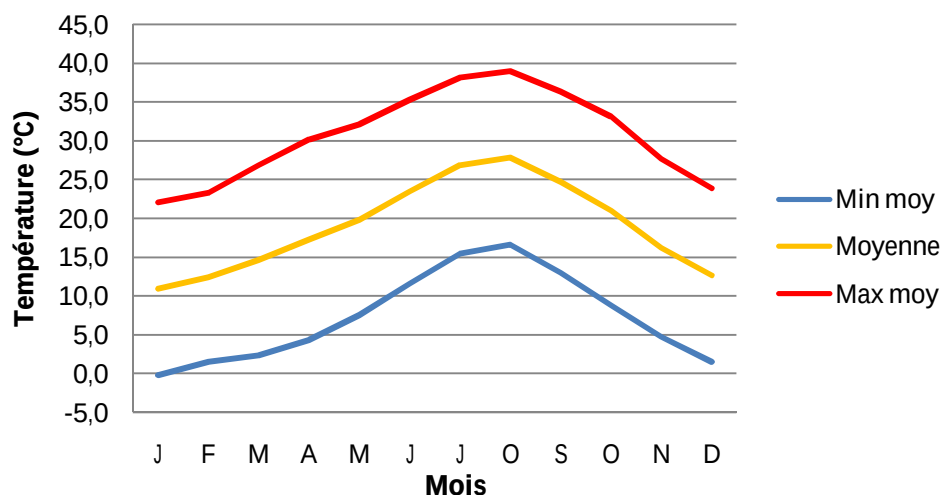


Figure2.19 : Variation des Températures Moyennes Mensuelles –Es Senia-(2000-2009)

3.5.9. Le régime Climatique:

La relation entre la température et les précipitations est tentée à partir de différentes méthodes graphiques ou par des calculs de certains indices testés sur la station d'Oran.

L'étude du climat permet de donner à la région son caractère, son individualité climatique et de bien situer les périodes sèches et humides.

3.5.9.1. Etude de climat

- Courbe Pluviothermique (Gausсен et Bagnouls)

La courbe pluviothermique proposée par Bagnouls et Gausсен en 1953 est simple et la plus utilisée. Elle permet de calculer la durée de la saison sèche en reportant la pluviométrie mensuelle et la température moyenne mensuelle sur le même diagramme à l'échelle du graphe notés : $P \text{ (mm)} = 2 T^{\circ}\text{C}$.

La zone comprise entre la courbe pluviométrique et celle des températures constitue la période sèche ou humide. Le mois est considéré sec si $P \text{ (mm)} < 2T^{\circ}\text{C}$. Cette relation permet d'établir les diagrammes pluviothermique superposable avec ceux de la température qui est à double échelle aux précipitations.

Tableau2.6: Statistiques générales

Mois	J	F	M	A	M	J	J	O	S	O	N	D	Annuelle
Précipitation en mm	53.0	45.3	42.7	46.9	27.6	7.6	1.4	3.5	17.1	26.3	53.7	45.4	370,5
T Moyenne (°C)	10.97	12.45	14.64	17.29	19.86	23.44	26.82	27.83	24.69	21.00	16.24	12.72	19°C

On constate que la courbe des précipitations passe au-dessus de la température pendant les mois humides de fin Octobre jusqu'au mois de Mai ; donc la période est excédentaire. La courbe des précipitations passe au-dessous de celle des températures pendant les mois sec de mai jusqu'à la fin du mois d'octobre ; (fig2.20).

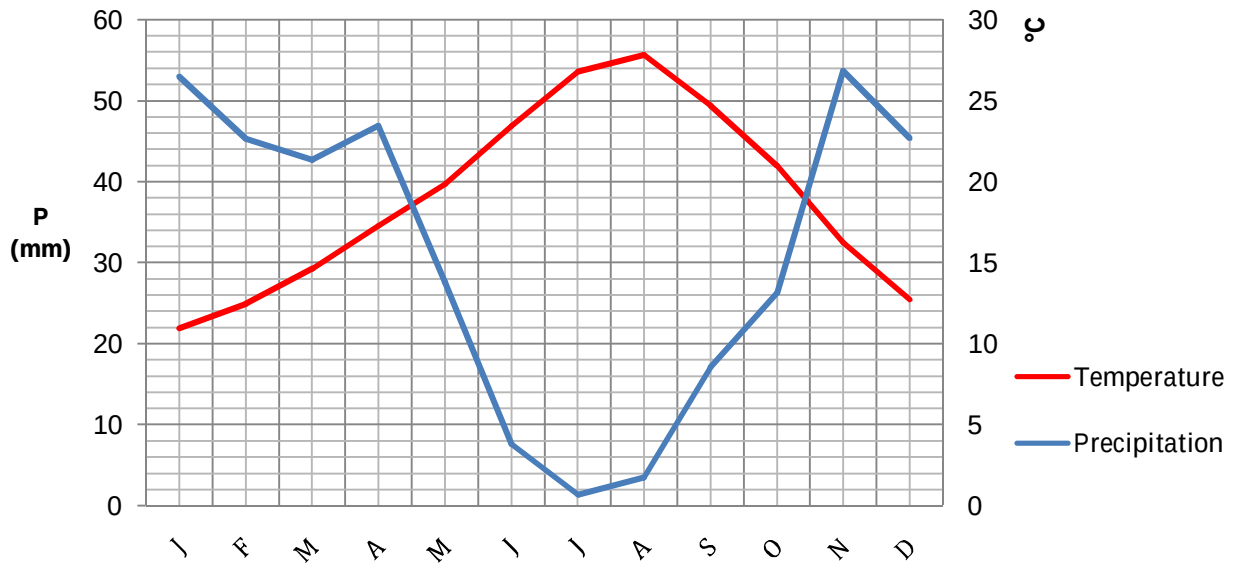


Figure 2.20: Graphe pluviométrique

- **Courbe Ombrothermique : (méthode d'Euverte)**

Les graphes Ombrothermiques sont établis en adoptant une progression linéaire pour l'échelle des températures et une progression logarithmique pour l'échelle du besoin en eau (fig2.21).

L'examen d'un tel graphique permet de déterminer :

- La période où la température supérieure à 10°C correspond à la saison chaude ou période de végétation active.
- L'intensité des phénomènes du déficit ou d'excédant.
- Nous permet de définir trois types de climats.
 - 1) Climat très sèche : Eu méditerranées : $P/T < 1$ de juin jusqu'au septembre.
 - 2) Climat sèche : Sub méditerranéennes : $1 < P/T < 2$ en Mai et octobre.
 - 3) Climat humide : montagne ou à tendance océanique : $P/T > 3$ de Novembre jusqu'au février.

Tableau 2.7 : Les valeurs P/T pour une période (2000-2009)

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
P/T	4.8	3.6	2.9	2.7	1.4	0.3	0.1	0.1	0.7	1.3	3.3	3.6

D'après le tableau ci-dessus la station est donc :

- Très sèche : Eu méditerrané en juin, juillet, Aout et septembre qui correspond au rapport $P/T < 1$.
- Sèche : Sub méditerranéenne en Mai et Octobre, le rapport compris entre 1 et 2.
- Humide : ou à tendance océanique en novembre, décembre, janvier et Février.

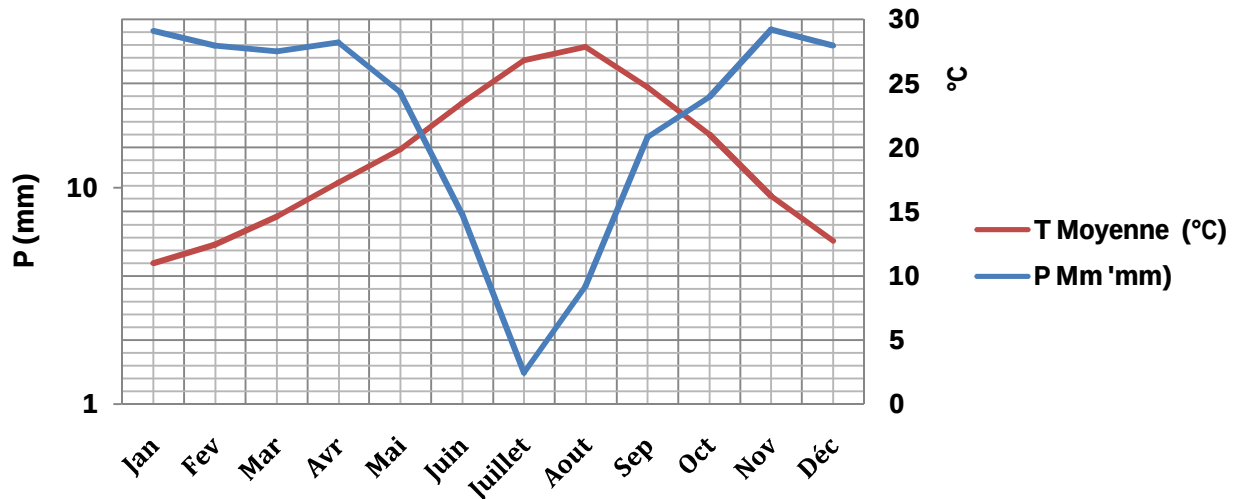


Figure 2.21 : Courbe Ombrothermique

3.5.10. Synthèse bioclimatique

Pour appréhender l'étude climatique, nous avons fait appel à quelques indices climatiques tels que:

– Indice d'aridité de Martonne (I)

On peut calculer cet indice par la formule : $I_{(a)} = P / (T + 10)$

Dont :

- P : Précipitations Moyennes annuelles en (mm)
- T : Températures Moyennes annuelles en (c°)

Si: ($I < 5$) le régime est hyperaride.

($5 < I < 10$) le climat est désertique.

($10 < I < 20$) climat semi-aride.

($I > 20$) climat tempéré

$$P = 370,5 \text{ (mm)} \quad I = 370,5 / (19 + 10)$$

T= 19 (c°)

I_(a)=12,8

Les résultats montrent que la valeur de la station d'Oran se caractérise par un régime de type plus au moins semi-aride ; caractérisé par des écoulements exoréiques et une couverture herbacée. On détermine ces valeurs à l'aide de l'abaque d'indice d'aridité.

L'indice climatique calculés, ainsi que la visualisation des périodes de sécheresse et de réalimentation pluvial, nous permet de définir que notre secteur est caractérisé par un climat méditerranéen pluvial semi-aride (fig2.22), marqué par un hiver doux et humide et un d'été chaud, le tout sous des conditions géographiques et d'irrégularité évidentes des précipitations.

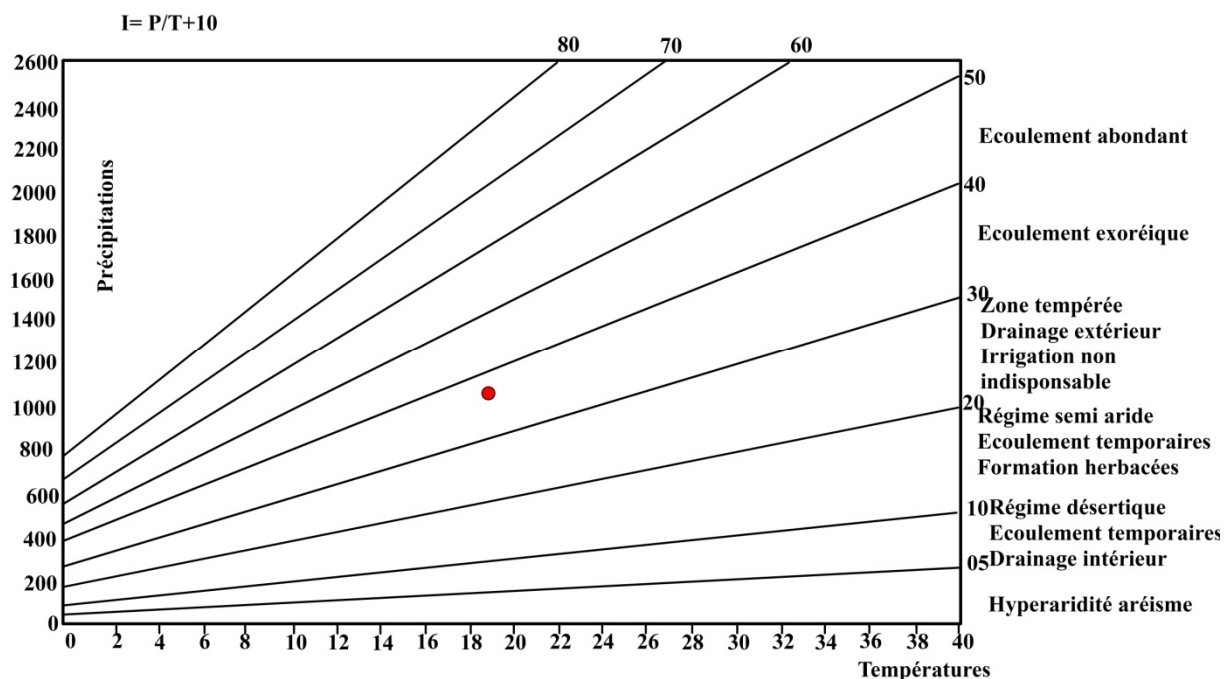


Figure 2.22 Abaque d'indice d'aridité

3.6. Etude des glissements de terrain cas de la frange maritime d'Oran

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)

3.6.1. Glissement de terrain G1_G2

Les glissements de terrain G1 et G2 sont situés dans la partie basale de la falaise d'Oran (fig2.23), 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 (tab2.8) pour estimer la vitesse de déplacement, de l'emplacement et la profondeur des sondages et les inclinomètres sont ainsi donnés par le même tableau.

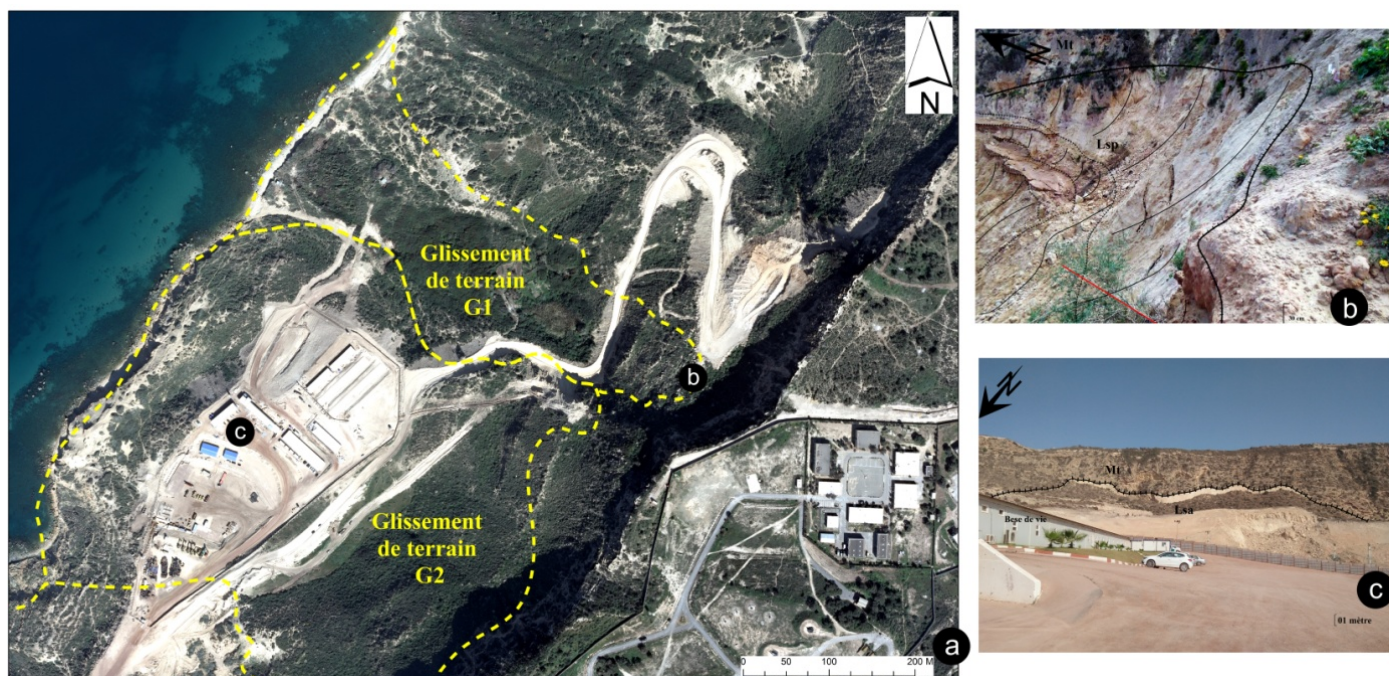


Figure 2.23: Glissements de terrain G1 et G2, (a) vue aérienne des glissements de terrain G1 et G2 (Image DMC 0.13*0.13), (b) et (c) illustrations photographiques des conséquences directes des glissements de terrain G1 et G2

Tableau 2.8 : 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

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

Les différents sondages (fig2.24) montrent que la zone des glissements de terrain G1 et G2 appartient quatre unités géologiques:

– 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.

– **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.

– **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.

– **Marne - Alternance d'argile (Mm):**

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

Chapitre II: Cartographie d'aléa de glissement de terrain

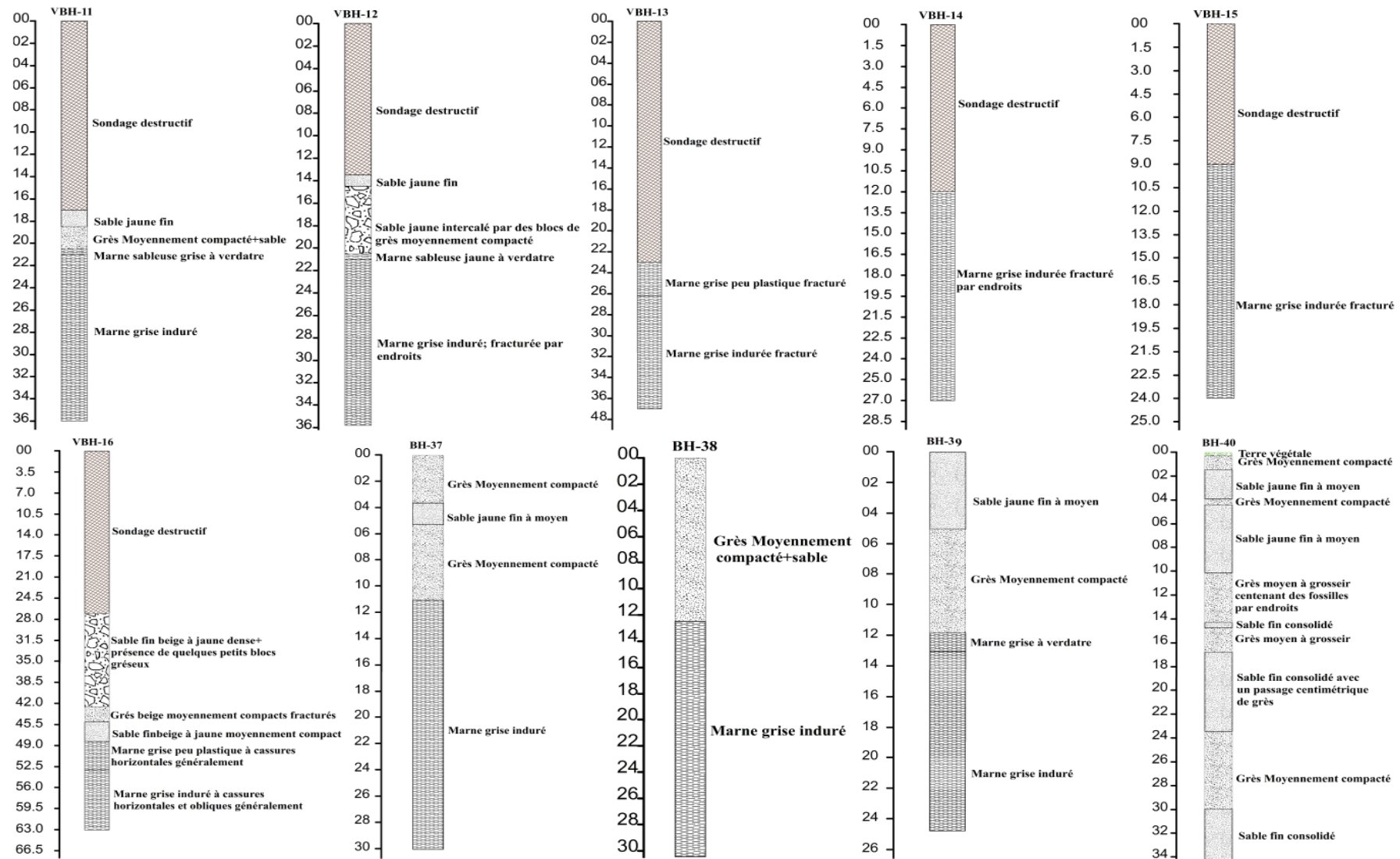


Figure 2.24 : Logs des sondages réalisés au niveau de la zone des glissements G1 et G2.

3.6.1.2. Interprétation des résultats inclinomètres

L'installation des inclinomètres au niveau de la zone de glissement de terrain G1 et G2 a pour objet mesurer la vitesse de déplacement encaissante suite à des instabilités de terrain.

Les résultats des inclinomètres installés au niveau de la zone G1 et G2 sont résumés dans le tableau 2.9. La lecture inclinométrique INC-09, montre que la vitesse de déplacement calculé pour une période de 37 jours est d'ordre de 0.45 mm/jour à une profondeur de 21 m. Au niveau de l'inclinomètre INC-10, la déformation est enregistrée entre [8.5 et 14.5] mètres de profondeur avec une vitesse de déplacement de 0.38mm/jour pour une période de surveillance de 44 jours. Au niveau de l'inclinomètre I5 les données montrent que le niveau de mouvement estimé varie entre 21 et 29 mètre. Pour le l'inclinomètre I4 aucun déplacement est enregistré au cours de la période de surveillance. La figure 2.25 représentée les lectures enregistrées au niveau des cinq inclinomètres.

Tableau 2.9 : Résumé des résultats 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)
INC-09	11.08.2015	29.50	?	37	21.00	17.00	0.45
INC-10	11.08.2015	34.50	?	44	8.50	17.00	0.38
					14.50		
INC-G	17.10.2016	41.50	12.80	61	5.00	11.20	0.18
I-5	18.02.2017	60.00	50.00	200	21/29	4.9	0.02
I-4	11.02.2017	28.00	20.00	171	-	-	-

Chapitre II: Cartographie d'aléa de glissement de terrain

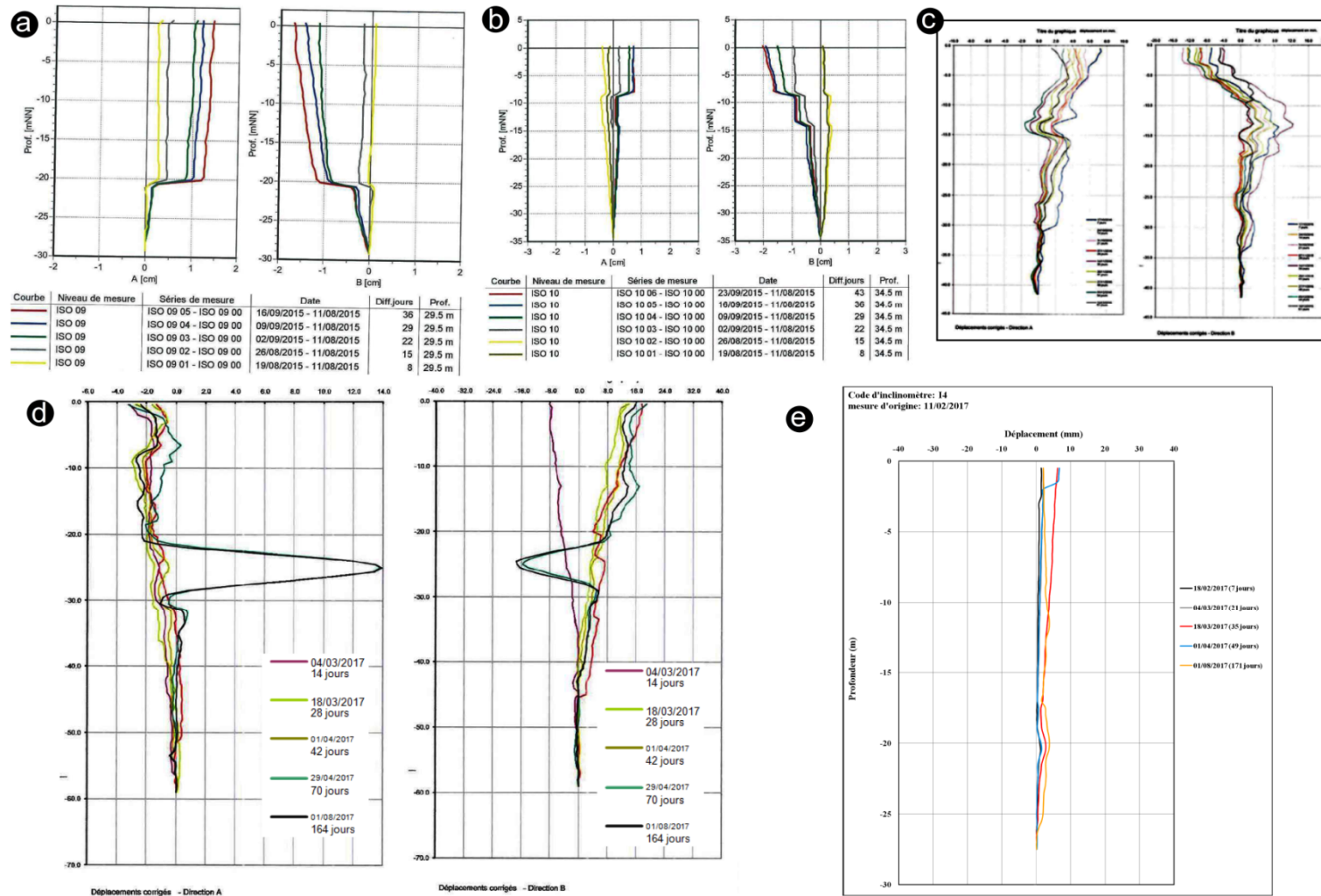


Figure 2.25 : résultats inclinométriques, (a) inclinomètre INC-9, (b) inclinomètre INC-10, (c), inclinomètre INC-G, (d) inclinomètre I-5, (e) inclinomètre I- (ANA 2019).

3.6.1.3. 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 (fig2.26). Le tableau 2.10 donnera les profondeurs, le niveau du marne ainsi que les dates et les lectures piézométriques correspondant aux sondages VBH14, VBH16, VBH18 et VPR 15.



Figure 2.26 : Position des sondages réalisés pour suivre le niveau piézométrique

Tableau 2.10 : lectures piézométriques des sondages installés au niveau de la zone d'étude

Sondage	VBH04	VBH06	VBH18	VPR15
Profondeur du sondage	39.00	37.50	68.00	24.00
Profondeur de la marne (m)	23.20	21.60	53.00	09.00
La lecture 00	19.50m 04/10/2018	18.50 10/10/2018	42.00m 17/11/2018	04.00m 17/11/2018
1^{ère} lecture	20.10m 05/10/2018	19.70m 11/10/2018	42.60m 18/11/2018	04.40m 18/11/2018
2^{ème} lecture	20.10m 06/10/2018	19.70m 12/10/2018	43.00m 03/12/2018	04.60m 03/12/2018
3^{ème} lecture	20.10m 07/10/2018	19.70m 13/10/2018	43.00 11/12/2018	04.80m 11/12/2018
4^{ème} lecture	20.10m 14/10/2018	19.70 20/10/2018	/	/
5^{ème} lecture	20.10 21/10/2018	19.70m 27/10/2018	/	/
6^{ème} lecture	20.10m 18/11/2018	19.70m 18/11/2018	/	/
7^{ème} lecture	20.10m 03/12/2018	19.70m 3/12/2018	/	/
8^{ème} lecture	20.10m 11/12/2018	19.70m 11/12/2018	/	/

Les mesures piézométriques effectuées sont réalisées au cours de périodes assez courtes, mais certaines sont relativement plus étalées. L'analyse des résultats issus des mesures effectuées montre qu'au niveau de la zone d'étude, les sables et les grès situés au dessus des formations marneuses constituant un aquifère dont le niveau piézométrique est atteint parfois 5 mètres de hauteur par rapport au substratum. La présence d'eau dans la zone d'étude confirme que le milieu étudié est susceptible aux mouvements de terrain potentiels.

3.6.1.4. 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 (fig2.27), les glissements de terrain G1 et G2 sont de type rotationnel ou la surface de rupture forme généralement une structure circulaire. La profondeur de la surface de rupture varie entre 20 et 25 mètres, indiquant que ces deux glissements sont plus ou 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.**

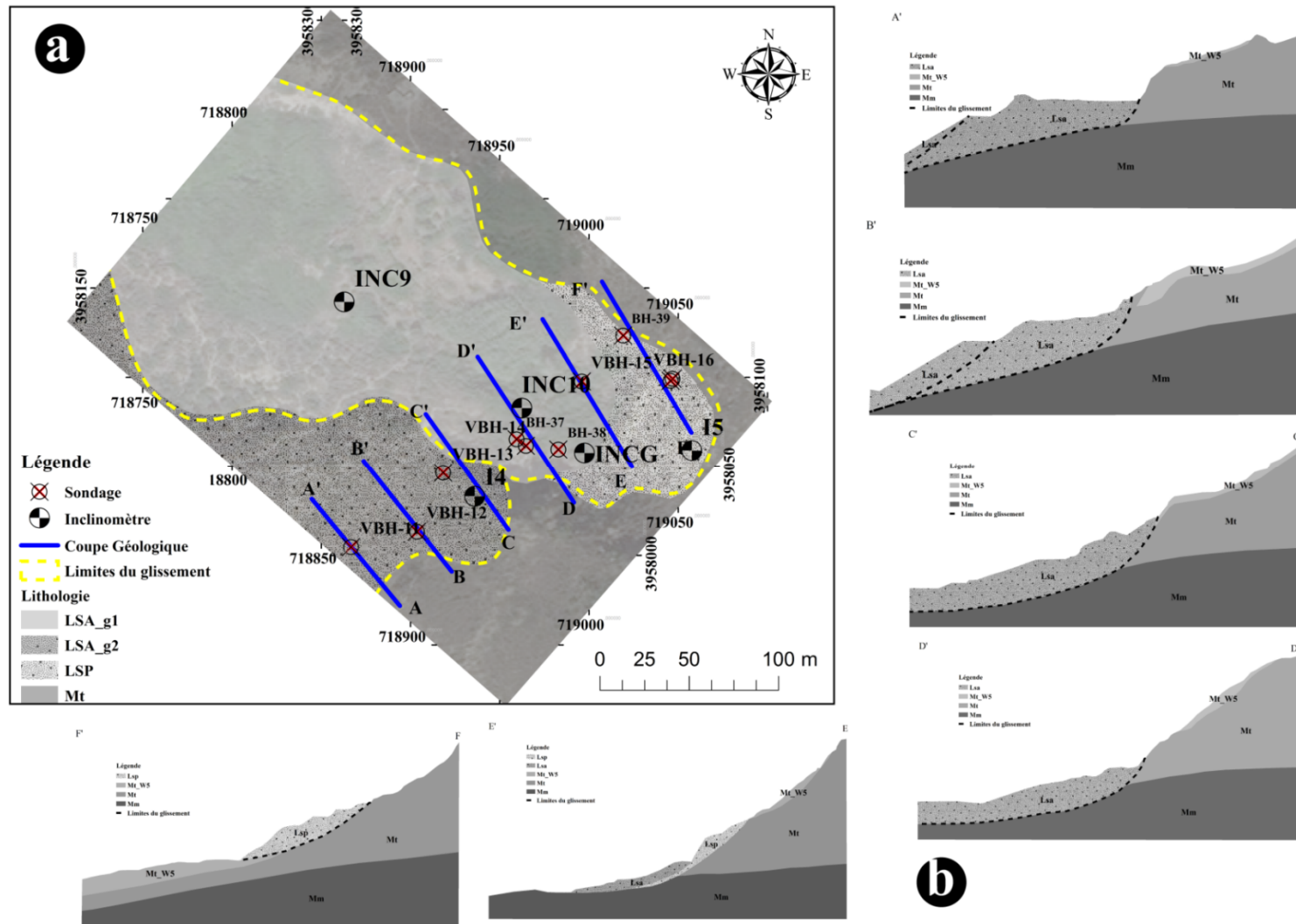


Figure 2.27 : Interprétation géologique (a) géologie de la zone G1 et G2 et tracé section des coupes géotechniques, (b) coupes interprétatives de la structure interne des glissements de terrain (frange maritime).

3.6.2. 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 (fig2.28), 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.

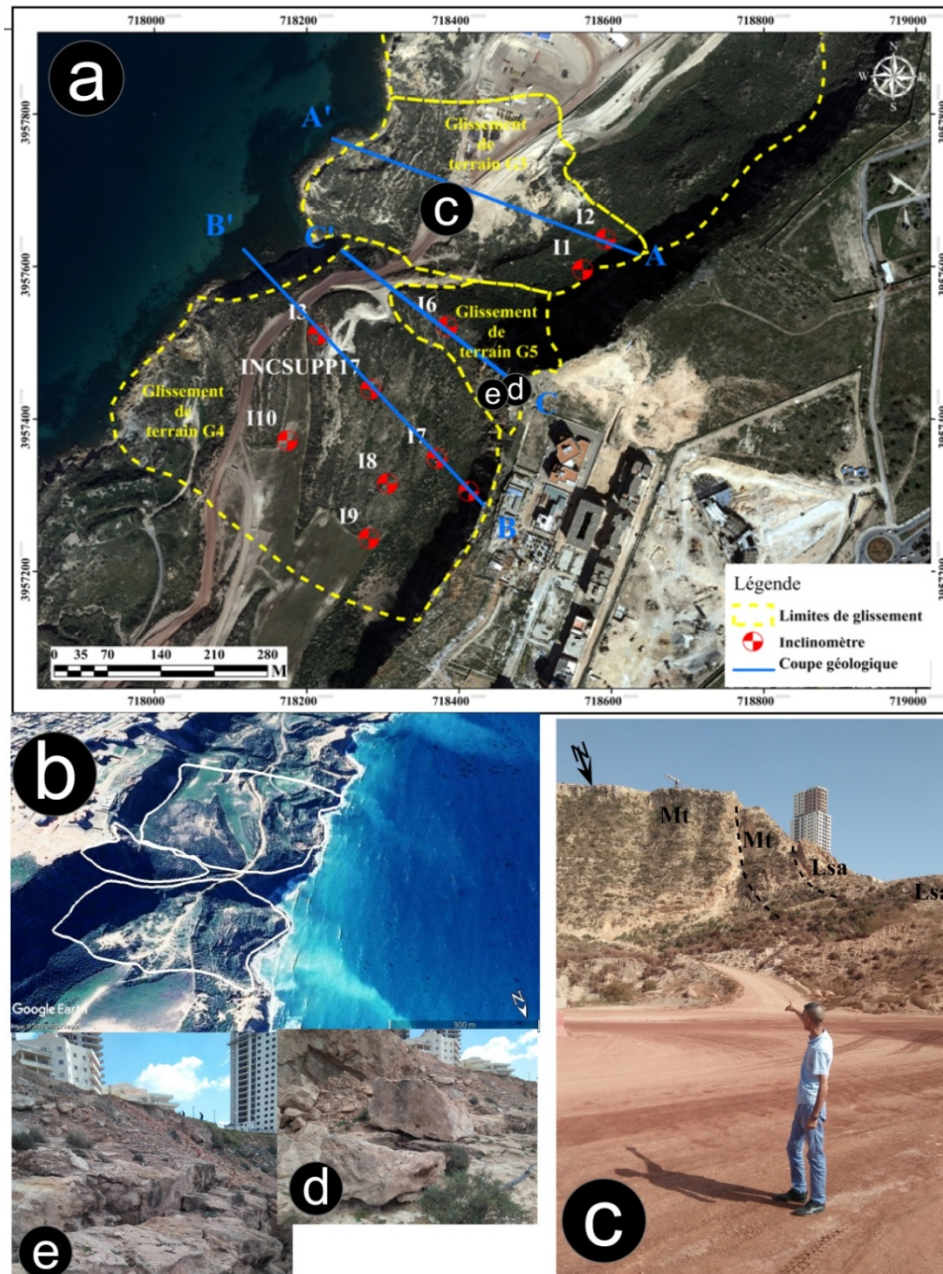


Figure 2.28 : Glissement de terrain G3, G4 et G5 ;(a)limites des glissement de terrain et position des inclinomètres réalisés, (b) image 3D Google Earth des glissements de terrain, (c) vu du glissement de terrain de terrain G5, (d) Eboulement au sommet du G5, (e) Basculement de terrain G5.

3.6.2.1. Mesures inclinométriques

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 (fig2.29) 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 inclinométriques (tab2.11).

Tableau 2.11 : résumé des résultats 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

Chapitre II: Cartographie d'aléa de glissement de terrain

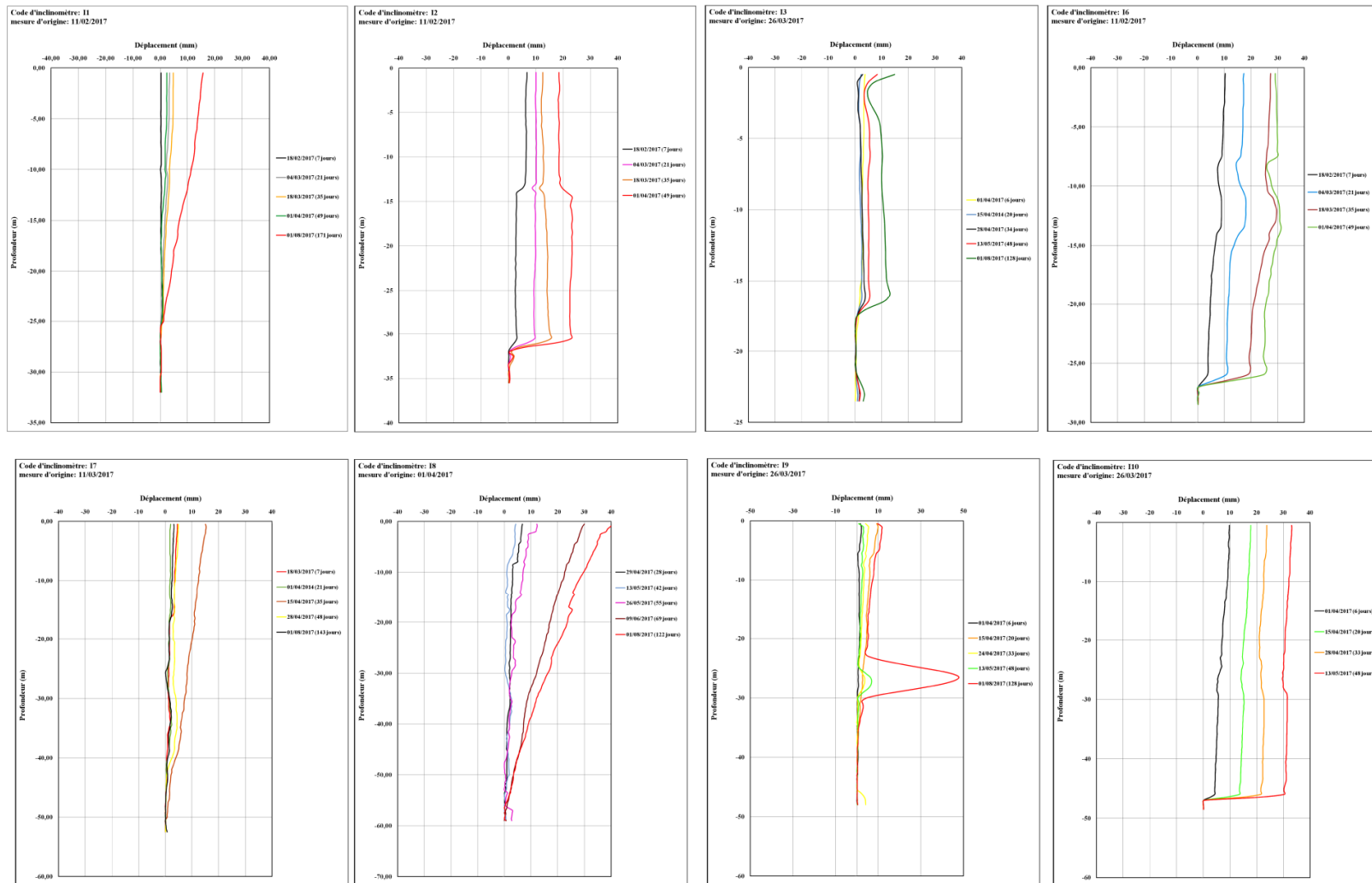


Figure 2.29: les données inclinométriques, I, I2, I3, I4, I5, I6, I7, I8, I9, I10, INCSUPP12 et INCSUPP17.

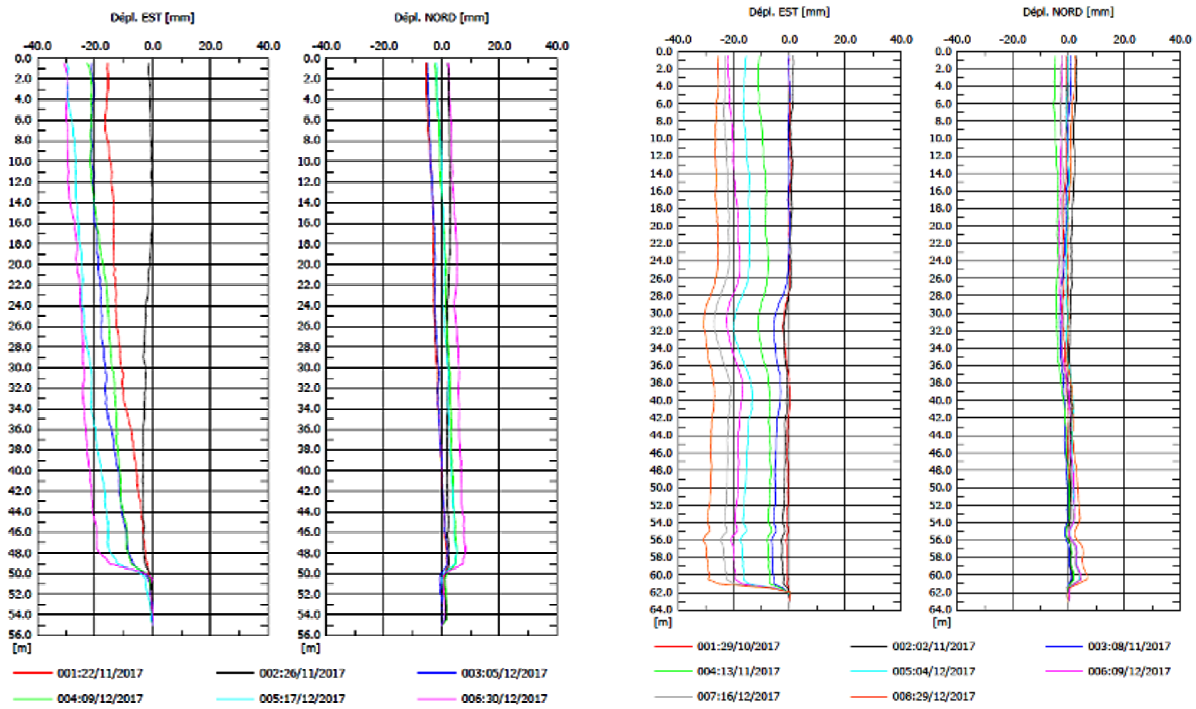


Figure 2.29: données inclinométriques, I1, I2, I3, I4, I5, I6, I7, I8, I9, I10, INCSUPP12 et INCSUPP17 (continue)

3.6.2.2. Type des mouvements de terrain

L'intégration des données multi sources ainsi que l'expertise insitu permettant de mieux comprendre le mécanisme des trois mouvements de terrain recensés dans cette zone. Les coupes interprétatives (fig2.30) et les lectures inclinométriques 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.

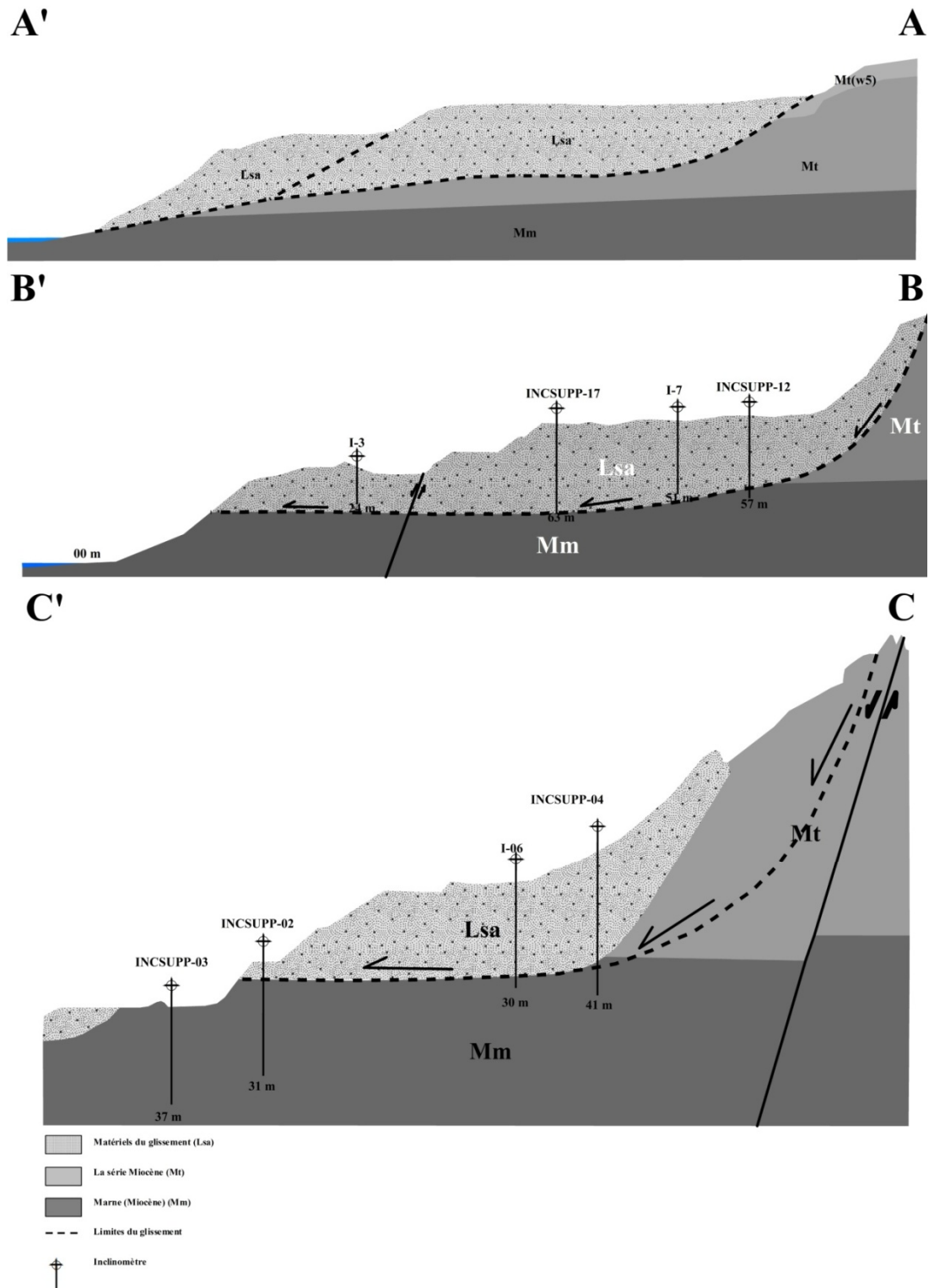


Figure 2.30: Coupes géotechniques interprétatives de la structure interne des glissements de terrain G3, G4, G5 (orientés conformément à la figure 2.27)

3.7. Détection des glissements de terrain par le MNT LIDAR

L'interprétation des données topographique 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 le 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 2.31 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.

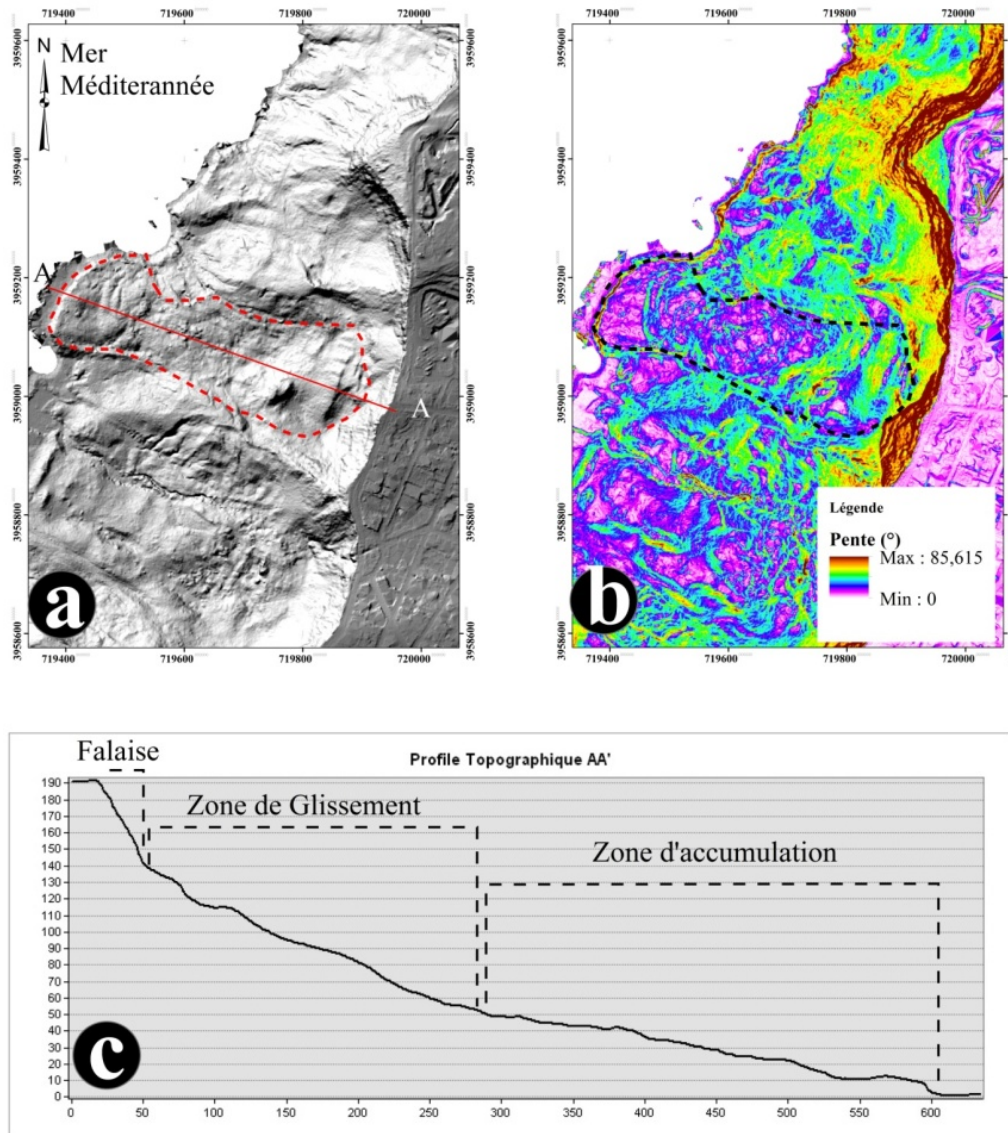


Figure 2.31 : Glissement de terrain détecté par le MNT LIDAR ; a) image ombrée à 45°, b) carte des pentes, c) profile topographique AA'.

Au niveau du flan Nord du Douar Belgaid, une série de glissements de terrain est observée, l'interprétation du MNT LIDAR en 3D (fig.2.31) 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 translational (Benabdellah 2010)

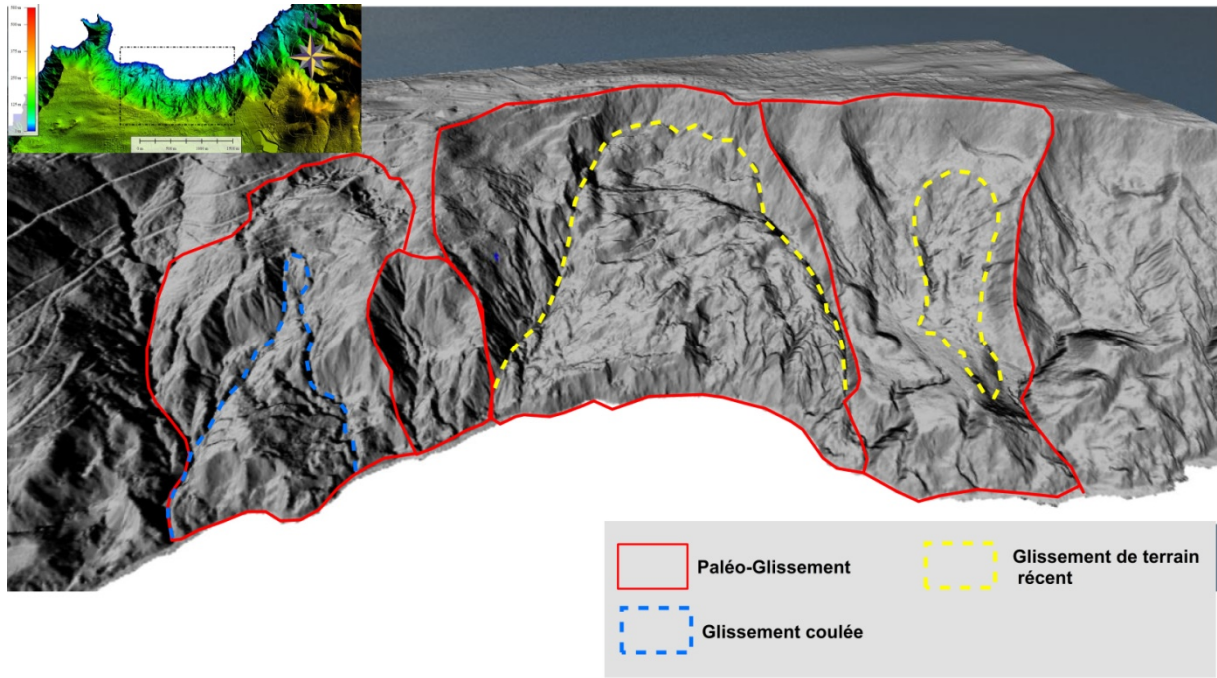


Figure 2.32 : Vue 3D du flan Nord du Douar Belgaid montrant les glissements de terrain détectés par le MNT LIDAR (base de données SEOR).

3.8. Glissement de terrain de Mers El Kebir

Lors de la réalisation du projet de la nouvelle Évitement de Mers El Kebir_ Ain el Turck (commune de Mers El Kebir), et suite aux travaux d'excavation, une superficie d'environ 1 Ha d'une masse de terre s'est glissée (fig2.33), l'endroit se situe exactement dans l'amont du (ex, Hai Hark Touil) dans l'altitude qui varie entre 70 et 98 mètres (fig2.33a). L'exploitation des données topographiques (dérivée de la carte topographique à l'échelle 1/25000) du secteur étudié ainsi que l'expertise insitu montre que la partie affectée par le glissement de terrain se caractérise par une pente modérée varie de 9.6 et 20 ° (fig2.33b).



Figure 2.33 : Localisation du glissement de terrain du Mers El Kebir

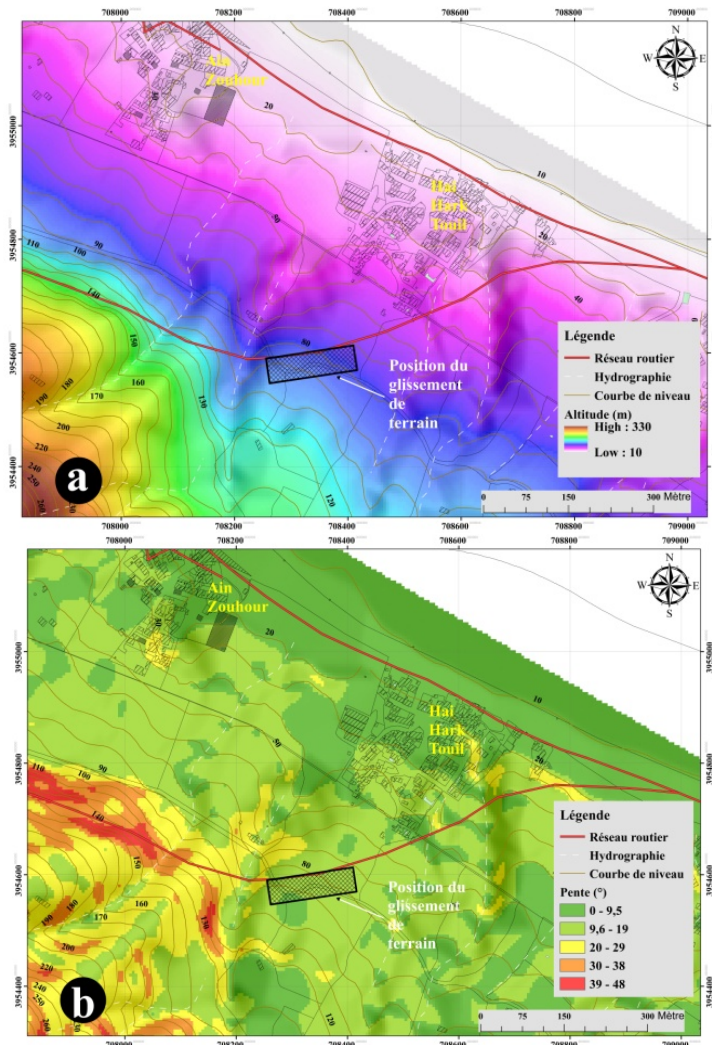


Figure 2.34 : Morphologie de la zone du Mers El Kebir affectée par le glissement de terrain; a) Model Numérique de Terrain (MNT) , b) carte des pentes.

Le glissement de terrain recensé affectant les formations superficielles et atteignant les matériaux sous-jacentes, ce mouvement de masse composé de l'amont vers l'aval par i) 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 dite bourrelet. Le glissement de terrain inventorié est de type complexe, avec une succession des glissements rotationnels (multi-rotationnel) (fig.2.35).

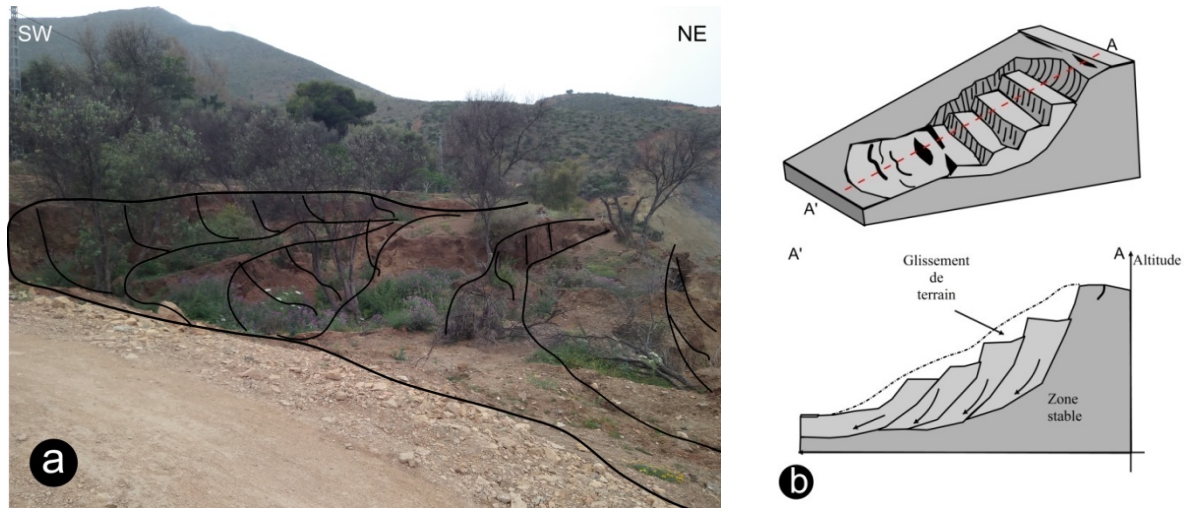


Figure 2.35 : interprétation du glissement de terrain de Mers El Kebir ; a) vue sur terrain de la partie amont du glissement de terrain, b) vue 3d du glissement de terrain avec un profile 2D de la morphologie du versant selon la direction AA'.

Les études des glissements de terrain entamées montrent que plusieurs zones du Littoral Oranais considérées comme des milieux fragiles, dont leurs délimitations nécessitent d'autres études portant sur le zonage des endroits susceptibles aux différents types des mouvements de terrain. Actuellement, La cartographie algébrique de l'aléa et/ou de la susceptibilité présente un outil incontournable dans la délimitation des endroits sujets aux glissements de terrain. Notant que les études de la cartographie de la susceptibilité aux glissements dans l'Algérie sont rares et dispersées. On signalant que quelles que tentatives sont élaborées au niveau de l'Est de Algérie portant notamment sur la cartographie de la susceptibilité aux glissements de terrain.

Dans la partie suivante, des études de cas portant l'application de plusieurs méthodes statistiques pour cartographier la susceptibilité aux glissements de terrain dans trois secteurs du Littoral Oranais.

3.9. Cartographie de la susceptibilité aux mouvements de terrain, cas d'études.

La cartographie algébrique des zones susceptibles aux glissements de terrain devenue un outil indispensable dans plusieurs endroits du littoral Oranais où les conditions naturels favorisent l'apparition ces phénomènes. Les études de cartographie de la susceptibilité aux glissements de terrain sont rares au niveau de la zone d'étude, dont on signal l'émergence d'un premier inventaire des glissements de terrains affectant le littorale Oranais ainsi que les zones internes. Dans cette partie, i) une description de différentes méthodes statistiques (quantitatives et semi quantitative) utilisées dans l'évaluation de la susceptibilité aux glissements de terrain est entamées ; ii) l'application des déferents méthodes statistiques afin de cartographie de la susceptibilité aux glissements de terrain de trois zones (Secteur d'Arzew, commune de Mers el Kebir et la commune de Tafraoui) (fig2.36); iii) Validations des résultats obtenus et comparaison des résultats.

En effet nous venons de publié un article scientifique traitant la thématique dont l'intitulé est: **Landslide susceptibility mapping using Information value and Frequency ratio for the Arzew sector (North-Western of Algeria).**

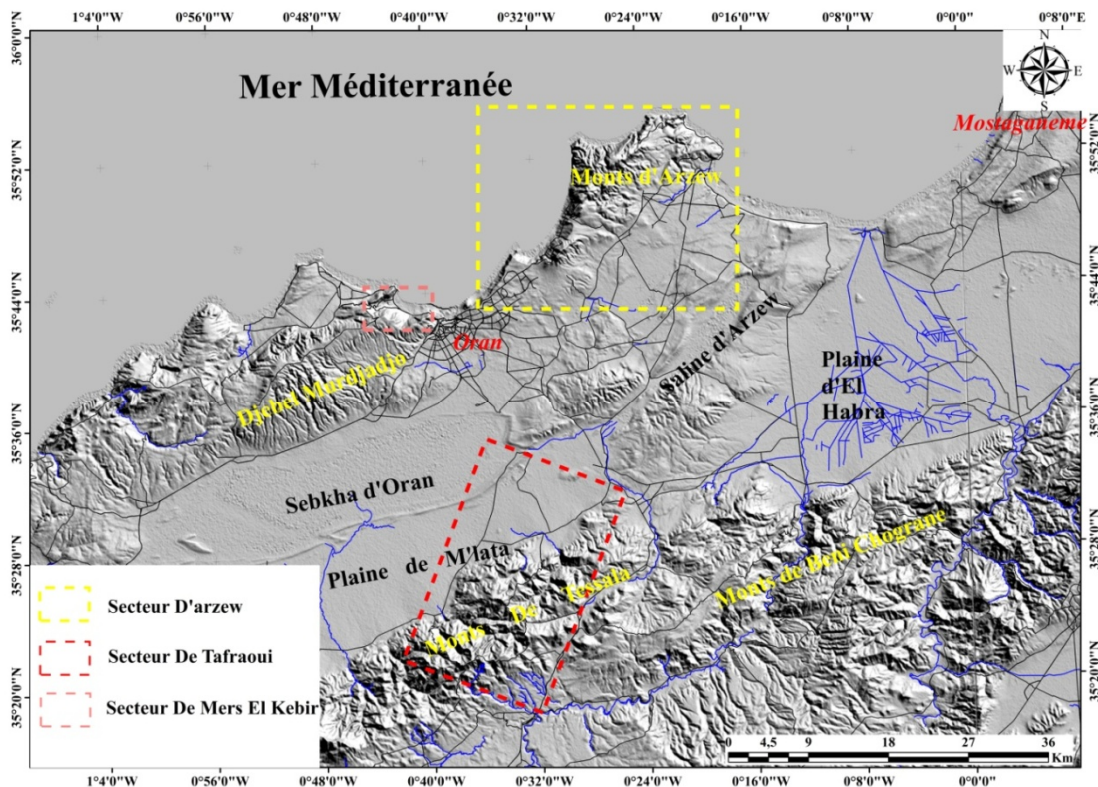


Figure 2.36 : Localisation des secteurs concernés par la cartographie de la susceptibilité aux glissements de terrain

3.9.1. Méthodes utilisées pour l'évaluation de la susceptibilité aux glissements de terrain.

3.9.1.1. La méthode statistique de la valeur informative (IV)

La valeur informative est une approche introduite à l'origine par (Yin 1988); modifiée par (Van Westen 1993), cette méthode se base sur la comparaison entre la distribution spatiale des phénomènes à la faveur des différents facteurs. Cette méthode s'appuie sur l'analyse statistique basée en premier lieu sur l'évaluation du ratio donné par l'équation (9)

$$W(i) = \frac{N_{pix}(Si) / N_{pix}(Ni)}{\sum N_{pix}(si) / \sum N_{pix}(Ni)} \quad (9).$$

Où; $W(i)$ est le poids de chaque classe (par exemple le poids de la classe 10° de la pente), $N_{pix}(Si)$ est le nombre de pixels de glissement dans la classe i , $N_{pix}(Ni)$ est le nombre de pixels de la classe i . Dans une seconde étape la probabilité d'occurrence des glissements des terrains dans chaque classe qui est déterminée par l'algorithme du ratio donné par l'équation (10) :

$$Pr(i) = \ln \frac{N_{pix}(Si) / N_{pix}(Ni)}{\sum N_{pix}(si) / \sum N_{pix}(Ni)} \quad (10).$$

Enfin l'indice de susceptibilité au glissement de terrain (ISG) déterminé par la synthèse additive de l'ensemble des facteurs (équation 11) après l'intégration de la probabilité d'occurrence des glissements pour chaque classe envisagée.

$$ISG = \sum_{i=1}^n \ln \frac{N_{pix}(Si) / N_{pix}(Ni)}{\sum N_{pix}(si) / \sum N_{pix}(Ni)} \quad (11).$$

3.9.1.2. La méthode statistique de rapport de fréquence (RF)

La méthode statistique connue par ratio de fréquence est une méthode simple et facile à appliquer. Cette méthode statistique repose sur le calcul du ratio entre le pourcentage du phénomène dans une classe donnée et le pourcentage de la même classe dans la zone d'étude (Lee and Min 2001). La valeur moyenne du RF égale à 1, dans le cas où la valeur est supérieure à 1, indique que la corrélation entre le phénomène et le facteur de prédisposition est forte, dans le cas contraire ; cette corrélation est faible.

L'évaluation de l'indice de la susceptibilité aux glissements de terrain (ISG) se calcule sur l'équation cumulative suivante :

$$ISG = RF1 + RF2 + RF3 + \dots + RFn \quad (12).$$

Dont RF exprime le ratio de fréquence pour chaque classe.

3.9.1.3. La méthode statistique de régression logistique

La régression logistique présente l'une des méthodes statistiques la plus utilisée dans les domaines de géoscience (Yilmaz 2010). Le calcul de la probabilité d'occurrence du glissement de terrain est réalisé par l'application de l'équation suivante:

$$P(y) = \frac{1}{1+e^{-y}} \quad (13)$$

Où

$P(y)$ est varié entre 0 et 1, Y est exprimée par l'équation linéaire suivante :

$$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n \quad (14)$$

Où

Y est la variable dépendante présentée par l'absence (0) ou la présence (1) d'un phénomène, b_0 est l'interception, $b_1, b_2, \dots, b_n$ sont les coefficients de régression partielle, $x_1, x_2, \dots, x_n$ sont les variables indépendantes (facteurs de prédisposition).

3.9.1.4. La méthode statistique AHP (Analytical hierarchy process)

La méthode AHP est une approche de prise de décision multicritère. Elle est basée sur des calculs complexes utilisant l'algèbre matricielle. Cette approche a été développée par (Saaty 1980). Cette méthode a été utilisée dans plusieurs domaines, tels que: la planification des transports combinés, le rationnement de l'énergie, la gestion des risques, l'analyse comparative des opérations logistiques, le risque d'inondation, la susceptibilité aux glissements de terrain. La popularité de l'AHP est due à sa simplicité, sa flexibilité, sa facilité d'utilisation et d'interprétation (Yalcin and Bulut 2007).

Le modèle AHP consiste à appliquer les étapes suivantes: i) hiérarchiser le problème de la prise de décision, ii) établir un jugement comparatif, iii) synthétiser les propriétés et mieux évaluer la cohérence du système.

Dans la littérature, plusieurs travaux ont été utilisés le modèle AHP pour évaluer la pondération des facteurs causatifs des glissements de terrain, mais pas pour les différentes classes des facteurs tels que le travail de (Barredo et al. 2000, Akgun and Türk 2010, Mondal and Maiti 2012). D'autres chercheurs ont utilisé le modèle AHP pour calculer le poids des facteurs causatifs des glissements de terrain et de leurs différentes classes (Phukon et al. 2012, Chen et al 2016a , Chen et al. 2016b, Yalcin et al. 2011, Intarawichian and Dasananda 2010).

Le modèle AHP, permet calculer le poids de chaque facteur, au sein d'une matrice de comparaison par paires ainsi établie (fig2.37); en comparant chaque facteur avec les autres facteurs en utilisant une valeur comprise entre 1 et 9 ou 1/2 et 1/9 en fonction du degré d'efficacité (Tab2.12)

Tableau 2.12 : Echelle de comparaison de Satty 1980

Echelle	Définitions	Explications
1	importance égale des deux éléments	Deux éléments contribuent autant à la propriété
3	un élément est un peu plus important que l'autre	L'expérience et l'appréciation personnelles favorisent légèrement un élément par rapport à un autre
5	un élément est plus important que l'autre	L'expérience et l'appréciation personnelles favorisent fortement in élément par rapport à un autre
7	un élément est beaucoup plus important que l'autre	Un élément est fortement favorisé et sa dominance est attestée dans la pratique
9	un élément est absolument plus important que l'autre	Les preuves favorisant un élément par rapport à un autre sont aussi convaincantes que possible
2, 4, 6, 8	Valeurs intermédiaires	Used to represent compromises between the preferences in weights 1, 3, 5, 7 and 9.
Réciproques	Les opposés	Utilisé pour la comparaison inverse.

a					
F_i	F_1	F_2	.	F_n	
F_1	a_{11}	a_{12}	.	a_{1n}	
F_2	a_{21}	a_{22}	.	a_{2n}	
.	.	.	.	.	
F_n	a_{n1}	a_{n2}	.	a_{nn}	
Σ	Σa_{1n}	Σa_{2n}	.	Σa_{nn}	

b					
F_i	F_1	F_2	.	F_n	w_i
F_1	$a'_{11}(=a_{11}/\Sigma a_{1n})$	a'_{12}	.	a'_{1n}	$w_1 (= \Sigma a'_{1n}/n)$
F_2	a'_{21}	a'_{22}	.	a'_{2n}	w_2
.	.	.	.	.	.
F_n	a'_{n1}	a'_{n2}	.	a'_{nn}	w_n
$\lambda_{max} = \text{---}; CI = \text{---}; RI = \text{---}; CR = \text{---} (CR < 0.1);$					$\Sigma = 1$

Figure 2.37 : Matrice AHP, (a)Exemple d'une matrice de comparaison par pair, (b) Exemple d'une matrice de comparaison par pair et pondération dérivée.

Ces jugements sont confirmés à l'aide du rapport de consistance, CR donné par l'équation 15 :

$$CR = \frac{CI}{IA} \quad (15)$$

Où, IC est l'indice de consistance exprimé par la formule:

$$CI = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n - 1)} \quad (16)$$

IA : Présente l'indice aléatoire définis par Saaty selon le tableau 2.13

Tableau2.13 : indice aléatoire IA.

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	16
IA	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

Où λ_{max} est la valeur propre la plus grande ou la plus importante de la matrice et peut être facilement calculé à partir de la matrice et n est l'ordre de la matrice. Si CR est supérieur à 0,1, la matrice de comparaison est incohérente et doit être révisée.

Finalement, l'intégration de ces facteurs et classes dans un seul indice de susceptibilité aux glissements de terrain (LSI) est donnée par une procédure basée sur la somme linéaire pondérée. La carte de susceptibilité aux glissements de terrain utilisant le modèle AHP sera construite à l'aide de l'équation suivante:

$$LSI = \sum_{i=1}^n W_j w_{ij} \quad (17)$$

Où W_j est la valeur de pondération du facteur causatif j , w_{ij} est la valeur de pondération de la classe i du facteur causatif j et n est le nombre de facteurs causatifs.

3.9.1.5. La théorie de l'évidence (WOE)

La méthode WOE est l'une des méthodes statistiques de probabilité bayésienne la plus utilisée en sciences de la Terre. Elle a été appliquée dans plusieurs domaines tels que l'identification du potentiel minéral (Bonham-Carter 1989), la prédisposition aux glissements de terrain (Regmi et al. 2010) et la prédisposition aux inondations (Khosravi et al. 2016a, Tehrany et al. 2014b). Le poids de chacun des facteurs causatifs aux glissements de terrain peut être estimé en combinant chaque facteur de conditionnement avec l'inventaire des glissements de terrain (présence ou absence de glissements, selon l'équation 19 et 20 (Bonham-Carter 1994)

$$W^+ = \ln \frac{P(B/L)}{P(B/\bar{L})} \quad (19)$$

$$W^- = \ln \frac{P(\bar{B}/L)}{P(\bar{B}/\bar{L})} \quad (20)$$

Où, P est la probabilité, B et $\bar{B}$ sont respectivement la présence ou l'absence de facteur prédictif de glissement de terrain potentiel, L et $\bar{L}$ sont respectivement la présence ou l'absence de glissement de terrain. W^+ et W^- sont le poids de la présence ou de l'absence de glissement de terrain.

$$WC = W^+ - W^- \quad (21)$$

Où, WC est le contraste de poids; indique la corrélation entre l'occurrence des glissements de terrain et les facteurs de conditionnement des glissements de terrain.

Les valeurs positives et négatives du contraste de poids WC, ce qui signifie que la valeur la plus élevée, indique une grande corrélation entre la variable prévisible et le glissement de terrain et inversement valable.

L'intersection de différents facteurs de causalité avec la carte d'inventaire des glissements de terrain (données de formation) nous a permis d'extraire une base de données contenant les zones de glissements de terrain de chaque classe, les zones stables de chaque classe. Le total des zones de glissements de terrain et le total des surfaces stables avec l'analyse statistique ont permis d'estimer les paramètres W^+ , W^- et WC en utilisant respectivement les équations précédentes (19, 20 et 21).



Bulletin of the Mineral Research and Exploration

<http://bulletin.mta.gov.tr>



Landslide susceptibility mapping using information value and frequency ratio for the Arzew sector (North-Western of Algeria)

Roukh ZINE EL ABIDINE^{a*}  and Nadji ABDELMANSOUR^{a*} 

^aLaboratory of Geo resources, Environments and Natural Risks, Oran 2 Mohamed Benahmed University, Faculty of Earth Science and the universe, B.P1 1524 El-M'Naouar, Oran31000, Algeria.

Research Article



Bulletin of the Mineral Research and Exploration

<http://bulletin.mta.gov.tr>



Landslide susceptibility mapping using information value and frequency ratio for the Arzew sector (North-Western of Algeria)

Roukh ZINE EL ABIDINE^{a*}  and Nadji ABDELMANSOUR^{a*} 

^aLaboratory of Geo resources, Environments and Natural Risks, Oran 2 Mohamed Benahmed University, Faculty of Earth Science and the universe, B.P1 1524 El-M'Naouar, Oran31000, Algeria.

Research Article



Bulletin of the Mineral Research and Exploration

<http://bulletin.mta.gov.tr>



Landslide susceptibility mapping using information value and frequency ratio for the Arzew sector (North-Western of Algeria)

Roukh ZINE EL ABIDINE^{a*}  and Nadji ABDELMANSOUR^{a*} 

^aLaboratory of Geo resources, Environments and Natural Risks, Oran 2 Mohamed Benahmed University, Faculty of Earth Science and the universe, B.P1 1524 El-M'Naouar, Oran31000, Algeria.

Research Article



Bulletin of the Mineral Research and Exploration

<http://bulletin.mta.gov.tr>



Landslide susceptibility mapping using information value and frequency ratio for the Arzew sector (North-Western of Algeria)

Roukh ZINE EL ABIDINE^{a*}  and Nadji ABDELMANSOUR^{a*} 

^aLaboratory of Geo resources, Environments and Natural Risks, Oran 2 Mohamed Benahmed University, Faculty of Earth Science and the universe, B.P1 1524 El-M'Naouar, Oran31000, Algeria.

Research Article



Bulletin of the Mineral Research and Exploration

<http://bulletin.mta.gov.tr>



Landslide susceptibility mapping using information value and frequency ratio for the Arzew sector (North-Western of Algeria)

Roukh ZINE EL ABIDINE^{a*}  and Nadji ABDELMANSOUR^{a*} 

^aLaboratory of Geo resources, Environments and Natural Risks, Oran 2 Mohamed Benahmed University, Faculty of Earth Science and the universe, B.P1 1524 El-M'Naouar, Oran31000, Algeria.

Research Article



Bulletin of the Mineral Research and Exploration

<http://bulletin.mta.gov.tr>



Landslide susceptibility mapping using information value and frequency ratio for the Arzew sector (North-Western of Algeria)

Roukh ZINE EL ABIDINE^{a*}  and Nadji ABDELMANSOUR^{a*} 

^aLaboratory of Geo resources, Environments and Natural Risks, Oran 2 Mohamed Benahmed University, Faculty of Earth Science and the universe, B.P1 1524 El-M'Naouar, Oran31000, Algeria.

Research Article



Bulletin of the Mineral Research and Exploration

<http://bulletin.mta.gov.tr>



Landslide susceptibility mapping using information value and frequency ratio for the Arzew sector (North-Western of Algeria)

Roukh ZINE EL ABIDINE^{a*}  and Nadji ABDELMANSOUR^{a*} 

^aLaboratory of Geo resources, Environments and Natural Risks, Oran 2 Mohamed Benahmed University, Faculty of Earth Science and the universe, B.P1 1524 El-M'Naouar, Oran31000, Algeria.

Research Article



Bulletin of the Mineral Research and Exploration

<http://bulletin.mta.gov.tr>



Landslide susceptibility mapping using information value and frequency ratio for the Arzew sector (North-Western of Algeria)

Roukh ZINE EL ABIDINE^{a*}  and Nadji ABDELMANSOUR^{a*} 

^aLaboratory of Geo resources, Environments and Natural Risks, Oran 2 Mohamed Benahmed University, Faculty of Earth Science and the universe, B.P1 1524 El-M'Naouar, Oran31000, Algeria.

Research Article



Bulletin of the Mineral Research and Exploration

<http://bulletin.mta.gov.tr>



Landslide susceptibility mapping using information value and frequency ratio for the Arzew sector (North-Western of Algeria)

Roukh ZINE EL ABIDINE^{a*}  and Nadji ABDELMANSOUR^{a*} 

^aLaboratory of Geo resources, Environments and Natural Risks, Oran 2 Mohamed Benahmed University, Faculty of Earth Science and the universe, B.P1 1524 El-M'Naouar, Oran31000, Algeria.

Research Article



Bulletin of the Mineral Research and Exploration

<http://bulletin.mta.gov.tr>



Landslide susceptibility mapping using information value and frequency ratio for the Arzew sector (North-Western of Algeria)

Roukh ZINE EL ABIDINE^{a*}  and Nadji ABDELMANSOUR^{a*} 

^aLaboratory of Geo resources, Environments and Natural Risks, Oran 2 Mohamed Benahmed University, Faculty of Earth Science and the universe, B.P1 1524 El-M'Naouar, Oran31000, Algeria.

Research Article



Bulletin of the Mineral Research and Exploration

<http://bulletin.mta.gov.tr>



Landslide susceptibility mapping using information value and frequency ratio for the Arzew sector (North-Western of Algeria)

Roukh ZINE EL ABIDINE^{a*}  and Nadji ABDELMANSOUR^{a*} 

^aLaboratory of Geo resources, Environments and Natural Risks, Oran 2 Mohamed Benahmed University, Faculty of Earth Science and the universe, B.P1 1524 El-M'Naouar, Oran31000, Algeria.

Research Article



Bulletin of the Mineral Research and Exploration

<http://bulletin.mta.gov.tr>



Landslide susceptibility mapping using information value and frequency ratio for the Arzew sector (North-Western of Algeria)

Roukh ZINE EL ABIDINE^{a*}  and Nadji ABDELMANSOUR^{a*} 

^aLaboratory of Geo resources, Environments and Natural Risks, Oran 2 Mohamed Benahmed University, Faculty of Earth Science and the universe, B.P1 1524 El-M'Naouar, Oran31000, Algeria.

Research Article



Bulletin of the Mineral Research and Exploration

<http://bulletin.mta.gov.tr>



Landslide susceptibility mapping using information value and frequency ratio for the Arzew sector (North-Western of Algeria)

Roukh ZINE EL ABIDINE^{a*}  and Nadji ABDELMANSOUR^{a*} 

^aLaboratory of Geo resources, Environments and Natural Risks, Oran 2 Mohamed Benahmed University, Faculty of Earth Science and the universe, B.P1 1524 El-M'Naouar, Oran31000, Algeria.

Research Article



Bulletin of the Mineral Research and Exploration

<http://bulletin.mta.gov.tr>



Landslide susceptibility mapping using information value and frequency ratio for the Arzew sector (North-Western of Algeria)

Roukh ZINE EL ABIDINE^{a*}  and Nadji ABDELMANSOUR^{a*} 

^aLaboratory of Geo resources, Environments and Natural Risks, Oran 2 Mohamed Benahmed University, Faculty of Earth Science and the universe, B.P1 1524 El-M'Naouar, Oran31000, Algeria.

Research Article



Bulletin of the Mineral Research and Exploration

<http://bulletin.mta.gov.tr>



Landslide susceptibility mapping using information value and frequency ratio for the Arzew sector (North-Western of Algeria)

Roukh ZINE EL ABIDINE^{a*}  and Nadji ABDELMANSOUR^{a*} 

^aLaboratory of Geo resources, Environments and Natural Risks, Oran 2 Mohamed Benahmed University, Faculty of Earth Science and the universe, B.P1 1524 El-M'Naouar, Oran31000, Algeria.

Research Article

3.11. Cartographie de la susceptibilité aux glissements de terrain cas du secteur de Tafraoui

3.11.1. Présentation de la zone d'étude

La commune de Tafraoui est située dans la partie Sud de la wilaya d'Oran ; entre les coordonnées (715119.937, 730493.937) longitudinales et (3912635.813, 3937510.813) latitudinales selon la projection UTM Zone30/WGS84/mètre. La région d'étude couvre une superficie d'environ (182.42km²). Elle est marquée par deux ensembles morphologiques bien distinctes (fig2.38) : une unité de la plaine dite la M'Léta qui occupe la partie Nord de la commune en couvrant une superficie d'environ 82 km² et une seconde unité montagneuse (Djebel Tafraoui) qui se situe au Sud de la commune avec une superficie d'environ 100.42km², qui englobe en particulier les monts de Tessala. Les côtes altimétriques de cette zone varient entre 82 et 945 mètres.

Le réseau hydrographique de la zone d'étude est très développé présentant un écoulement conforme à la topographie du paysage, où les écoulements hydrologiques ont une orientation méridionale : du Sud vers le Nord se déversant au niveau de la grande Sebkha d'Oran, à travers la plaine de M'Léta située au contour topographique de 80 mètre

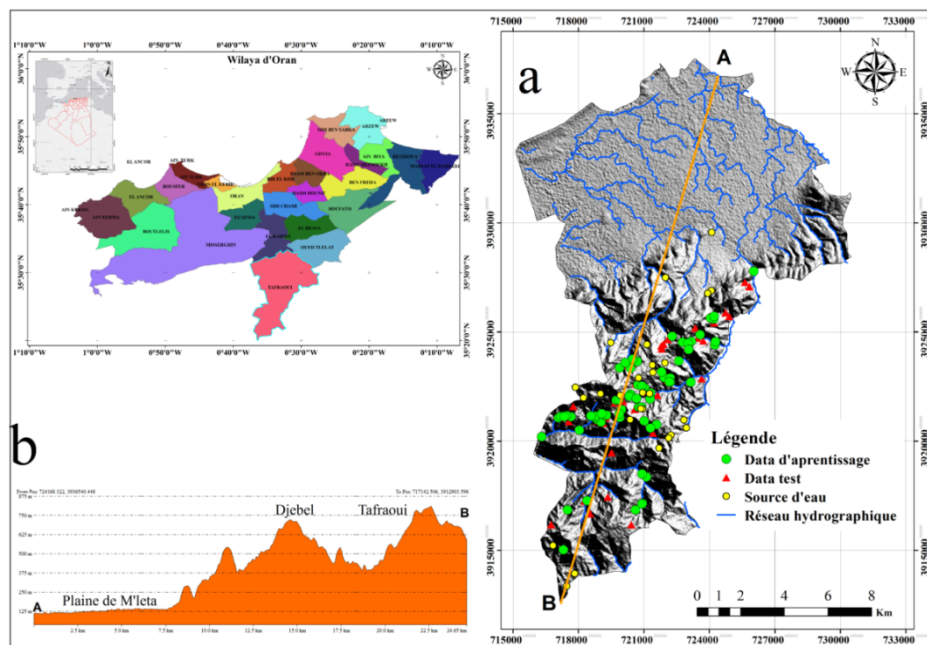


Figure2.38 : localisation du Secteur de Tafraoui ; a) Localisation de la zone d'étude, b) profile topographique (AB)

Le climat de la région d'étude est de type méditerranéen semi-aride caractérisé par une saison chaude et sèche en Eté et une saison fraîche et humide en Hiver. La valeur moyenne des précipitations annuelles est 338mm selon l'appréciation de l'office national de la météo (ONM).

Le territoire de la commune de Tafraoui se compose d'une agglomération chef-lieu (ACL Tafraoui), de quatre agglomérations secondaires (Graïdia, Hamou Ali, Kehaïlia et Sidi Ghalem) et d'une zone éparse. Le recensement général de la population et de l'habitat (RGPH) de 2015 indique pour la commune de Tafraoui une population de 13332 personnes avec une densité moyenne de 78 habitants/ km² pour une superficie cadastrée de 170.84 km²,

L'activité agricole a été toujours la principale activité de la commune de Tafraoui, la superficie agricole communale totalise une surface de 92.45 km², qui représente 50,7 %, dont la surface agricole utile est de 80.12 km² ; représentant 86,66 % de la surface agricole de la commune. Les terres agricoles sont à dominance céréaliculture selon le plan directeur d'aménagement et d'urbanisme (PDAU).

La région d'étude renferme par deux ensemble géologique, la zone de la plaine de M'leta qui occupe la partie Nord centrale de la commune de Tafraoui qui est essentiellement comblée par des formations d'âge quaternaire et actuel. La zone montagneuse qui englobe Djebel Tafraoui couverte par des formations d'âge Triasique jusqu'au l'actuelle (fig2.39), le détail des affleurements rocheux sont présumés dans le tableau 2.14.

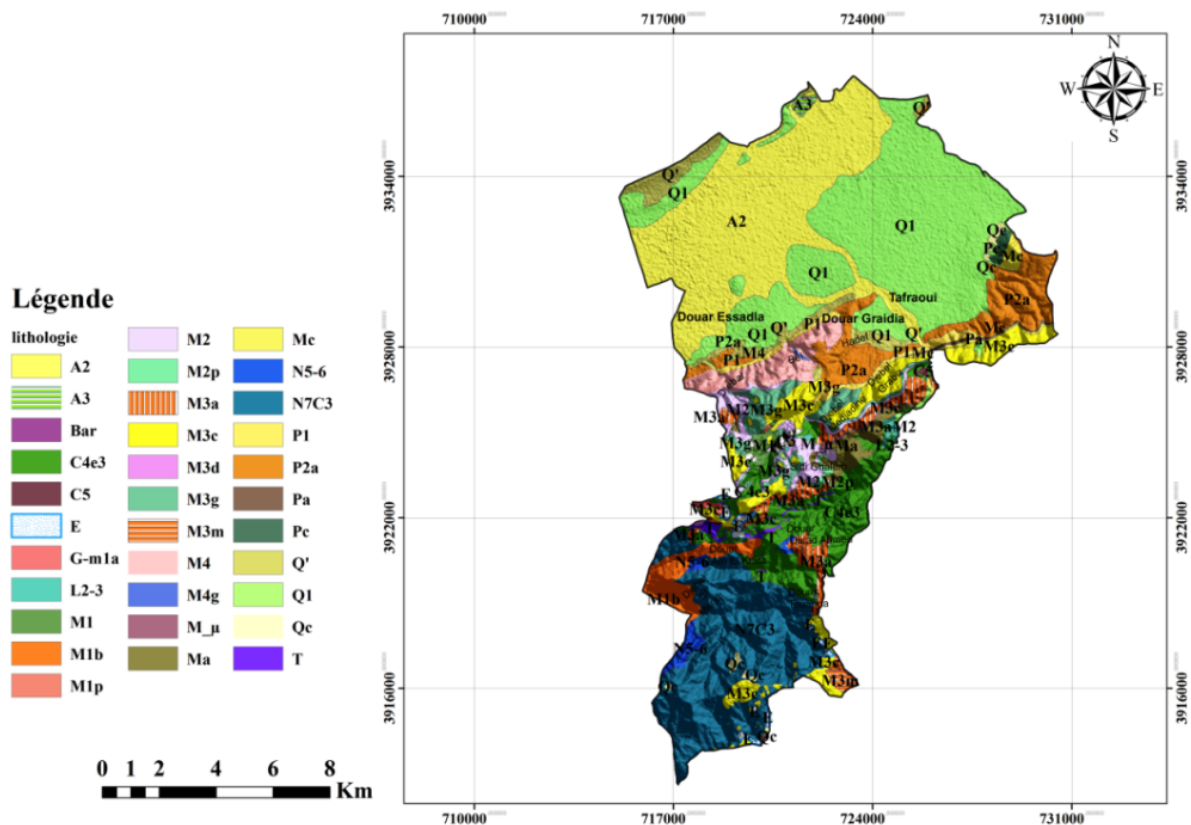


Figure 2.39 : Carte lithologique de la commune de Tafraoui ; (A2) Alluvions récentes, (A3) Bas Fond inondées hiver, (E) Eboulis et glissements, (Q') Alluvions anciennes et dépôts de pentes, (Qc) Glacis anciennes et encroutements calcaires, (Q1) Alluvions anciennes, (P2a) Marnes alluvionnaires rouges, (Pa) Marnes sableuses et grés fossilifères, (Pc) Marnes-sables et conglomérats rouges à passées grises, (P1) Conglomérats alluvionnaires, (M3c) Calcaires organogènes, (M3m) Marne bleues, (M3d) Conglomérats, (Mc) Calcaires de la série gypseuse, (M3g) Grés jaunâtres passant aux calcaires supérieurs, M1 Marnes et grés cartenniens, M2 Marnes helvétiques, M2p poudingues et grés de base l' helvétiques, Ma Conglomérat très limoneux rouges, M_μ Tufs rhyolitiques, M4g Calcaires gréseux, M4, Calcaires blancs sahéliens du Murdjadjo, M3a Argilites continentales, M1p Poudingues et grés calcaires très durs, M1b Conglomérats, G-m1a Marne, C4e3 Marne brune et marno calcaire induré, N7C3 Marne et marno calcaire induré, C5, Marnes, N5-6 ,Marnes argileuses vertes, C3, Marne et marno-calcaire, L2-3 Dalles et bancs calcaires, T, Argilites – gypse roches vertes et bloque allogène

Tableau 2.14 : Description des différentes formations lithologiques affleurant dans la zone d'étude

Symbole	Age	Lithologie	Degré de susceptibilité	Classe
A2	Actuel	Alluvions récentes	Faible	1
A3		Bas Fond inondées hiver	Faible	1
E		Eboulis et glissements	Fort	3
Q'	Quaternaire	Alluvions anciennes et dépôts de pentes	Faible	1
Qc		Glacis anciennes et encroutements calcaires	Faible	1
Ql		Alluvions anciennes	Faible	1
P2a	Pliocène	Marnes alluvionnaires rouges	Modéré	2
Pa		Marnes sableuses et grès fossilifères	Modéré	2
Pc		Marnes-sables et conglomérats rouges à passées grises	Modéré	2
P1		Conglomérats alluvionnaires	Faible	1
M3c	Miocène_messénien	Calcaires organogènes	Faible	1
M3m		Marne bleues	Fort	3
M3d		Conglomérats	Fort	3
Mc	Miocène	Calcaires de la série gypseuse	Faible	1
M3g		Grès jaunâtres passant aux calcaires supérieurs	Faible	1
M1		Marnes et grès cartenniens	Fort	3
M2		Marnes helvétiques	Fort	3
M2p		poudingues et grès de base l'helvétiques	Faible	1
Ma		Conglomérat très limoneux rouges	Fort	3
M_μ		Tufs rhyolitiques	Fort	3
M4g		Calcaires gréseux	Faible	1
M4		Calcaires blancs sahéliens du Murdjado	Faible	1
M3a		Argilites continentales	Modéré	2
M1p		Poudingues et grès calcaires très durs	Faible	1
M1b	Miocène autochtone	Conglomérats	Fort	3
G-m1a	Oligo miocène	Marne	Fort	3
C4e3	Sénonien supérieur	Marne brune et marno calcaire induré	Fort	3
N7C3	Vraconien à coniacien	Marne et marno calcaire induré	Fort	3
C5	Cénomaniens	Marnes	Fort	3
N5-6	Aptien -Albien	Marnes argileuses vertes	Fort	3
C3	Barrémien	Marne et marno-calcaire	modéré	2
L2-3	Lias moyen	Dalles et bancs calcaires	Faible	1
T	Trias	Argilites – gypse roches vertes et bloque allogène	Fort	3

3.11.2. Inventaire des glissements de terrain:

L'inventaire des glissements de terrain présente l'étape fondamentale pour cartographier de la susceptibilité aux glissements de terrain (Corominas et al. 2014; Ercanoglu and Gokceoglu 2004; Fell et al. 2008c). Dans la présente étude l'inventaire des glissements de terrain a été établi en grande partie par le biais les images satellites ALSAT 2, Google Earth et par les levés systématiques (in situ) grâce aux les mesures au GPS.

La carte d'inventaire des glissements de terrain a été établie par la localisation de plus de 110 glissements de terrain, dont 80 % du total des glissements de terrain réservé à la construction des modèles statistiques et 20% restantes pour la validation (fig2.38).

Les glissements de terrain sont classifiés en plusieurs types : glissement rotationnel, translationel et complexe selon la classification du (Cruden 1993). Les glissements de terrain inventoriés sont caractérisés par une vitesse de déplacement relativement lente qui peut s'accroître suite à de forte pluviosité ou lors d'un événement sismique notable. La figure 2.40 montre quelques exemples de glissements de terrain affectant la zone d'étude.

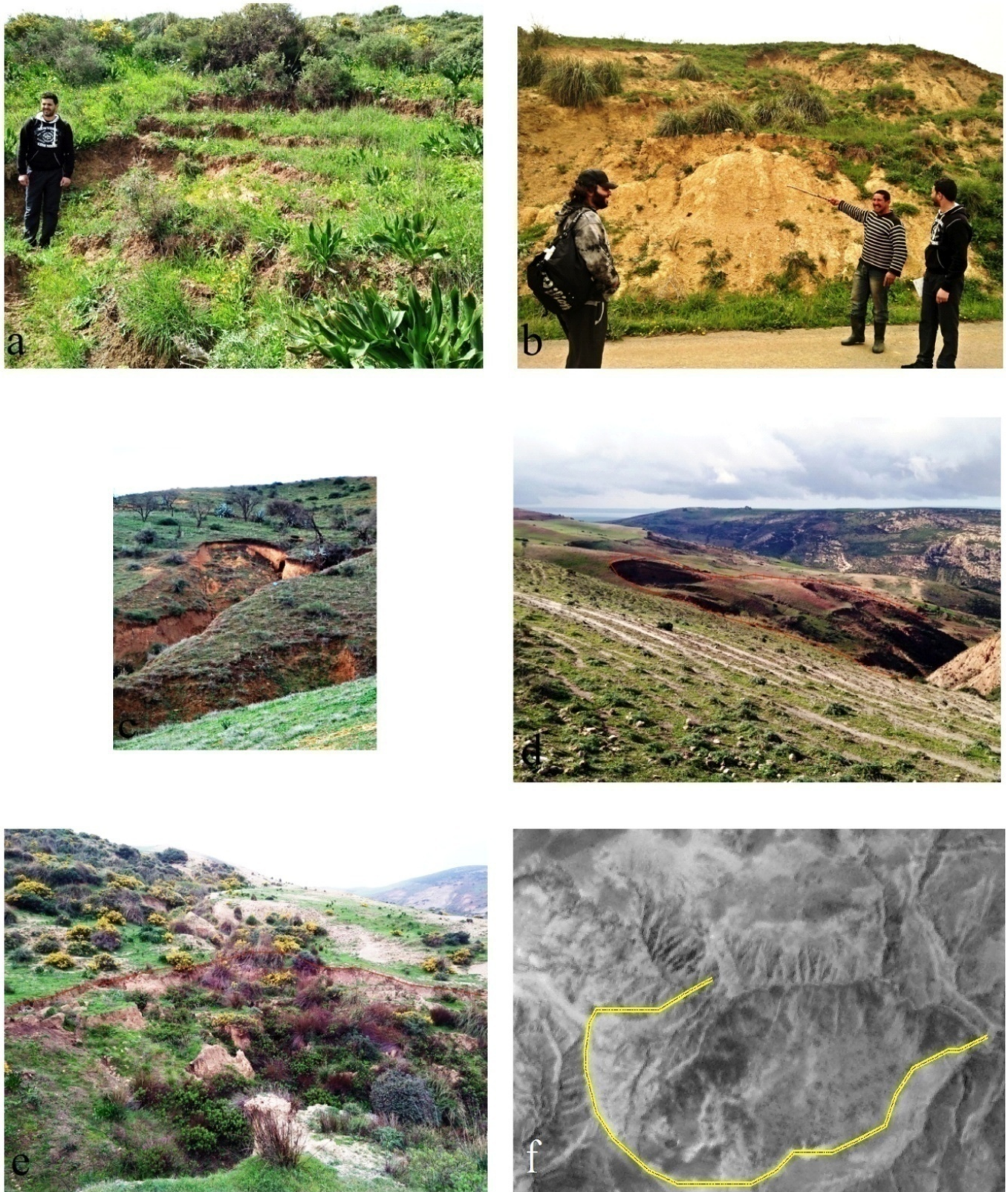


Figure 2.40 : Exemple de quelques glissements de terrain affectant la zone de Tafraoui; (a) glissement rotationnel, (b) glissement rotationnel, (c) glissement transational, (d) glissement complexe, (e) glissement rotationnel, (f) glissement complexe (ALSAT 2A).

3.11.3. Les facteurs de glissement de terrain

Les facteurs de glissement utilisés sont respectivement : la pente, l'aspect, lithologie, distance par rapport à la faille, le niveau de précipitation, distance par rapport au cours d'eau, distance par rapport à la source, l'occupation du sol, l'indice de végétation, l'indice de puissance de flux (SPI), l'indice de transport des sédiments (STI), la courbure longitudinale, la courbure transversale et l'altitude.

À savoir que les paramètres topographiques telles que la pente, l'aspect, SPI, STI, la courbure longitudinale, la courbure transversale et l'altitude sont générés à partir d'un modèle numérique de terrain (MNT), alors l'occupation du sol est obtenue à partir du carte d'occupation du sol d'Oran ; d'échelle 1/25000 (BNEDER : Bureau National des Etude pour le Développement Rural), les images satellite et les levées de terrain, la lithologie est établie par la digitalisation des formations lithologiques des trois cartes géologiques (N° 181, 182 et 210 à l'échelle 1/50000).l'indice de végétation est généré par l'interprétation et traitement d'image satellite Landsat 8, la distance par rapport au cours d'eau est généré par le réseaux hydrographique (produit du MNT), la distance par rapport à la faille a été établir par la carte structurale du bassin versant de la sebkha d'Oran (Nadji 2010a) , la distance par rapport à des sources d' eau est généré par la carte d'inventaire des sources d'eau (réalisé par la digitalisation des source d'eau à partir de la carte topographique 1/25000, les cartes géologiques et celle de positionnement par le GPS). La carte de pluviométrie est générée à partir de la carte de la précipitation moyenne annuelle de la zone d'étude (ONM). Il est à noter que quatorze paramètres sont exploités sous l'environnement SIG pour cartographier la susceptibilité aux glissements de terrain de la zone d'étude.

3.11.3.1. La pente

Elle présente l'un des paramètres topographiques les plus importants dans l'estimation de l'instabilité des versants. Ce facteur permet d'accélérer les mouvements gravitaires, cependant les valeurs des gradients de pente sont notées en Degré est générés à partir du modèle numérique de terrain MNT spécifique à la zone d'étude qui est assignée en cinq classes:(0 –10, 10 – 20, 20–30, 30– 40 et >40°)(fig2.41a).

3.11.3.2. L'aspect (l'exposition de la pente)

L'aspect ou l'exposition de la pente présente aussi un paramètre essentiel dans la cartographie de la susceptibilité aux glissements de terrain, ce facteur permet d'influencer dans l'instabilité des versants d'une part par le changement de concentration en humidité du sol selon l'exposition de la pente par rapport aux pluies et aux vents et d'autre par l'effet tectonique (l'orientation de la fracturation). L'exposition de la pente est générée à partir du MNT. L'exposition de la pente est classifiée en 8 direction d'orientation (Nord, Nord est, Est, Sud est, Sud, Sud ouest, Ouest, Nord Ouest) et les valeurs négatives sont réservées on zone plate (fig2.42b).

3.11.3.3. La lithologie

La lithologie présente un facteur intrinsèque essentiel dans la cartographie de la susceptibilité aux glissements de terrain, à partir le tableau1, notant l'existence de 33 formations géologiques regroupées en trois niveaux de susceptibilité selon les variantes géomorphologiques et géologiques (fig2.43c)

3.11.3.4. Proximité au réseau de fracturation

Les zones de proximité du tracé de faille présentent les endroits de faiblesse, où la fracturation est très dense permettant ainsi d'augmenter la probabilité d'occurrence aux glissements de terrain (Bourenane et al. 2016; Pradhan and Lee 2010), Dans notre cas la distance de proximité à la faille est classifiée en cinq classes d'intervalle de 1000 m (0-1000, 1000- 2000, 2000-3000, 3000-4000 et >4000) (fig2.43d)

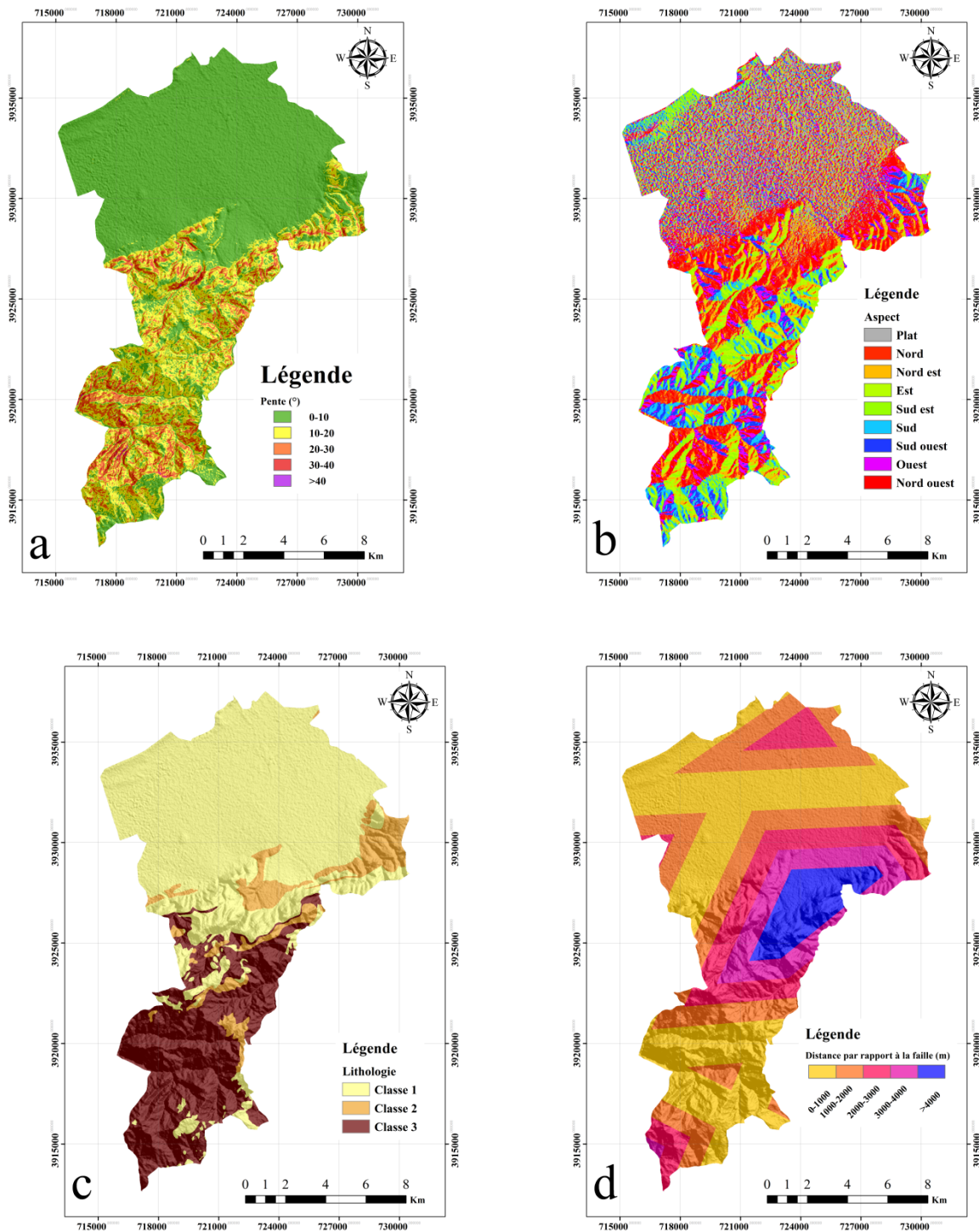


Figure 2.43: Carte thématique utilisé dans l'évaluation de la susceptibilité aux glissements de terrain affectant la zone de Tafraoui ; (a) pente, (b) aspect, (c) lithologie, (d) proximités (a) la faille, (e) proximités aux cours d'eau, (f) proximités aux sources d'eau, (g) précipitation, (h) NDVI, (i) occupation du sol, (j)STI, (k) SPI,(l) courbure longitudinale, (m) courbure transversale, (n) altitude

3.11.3.5. Proximité au réseau de drainage

Présente un paramètre essentiel à la cartographie de la susceptibilité aux glissements de terrain. Cette donnée implique que la proximité d'un cours d'eau fait augmenter l'instabilité des versants (Wu et al. 2017), la carte de proximité au réseau de drainage est réalisée par la classification de distance par rapport aux cours d'eau en 8 classes d'intervalle de 100 m (0 – 100, 100 – 200, 200 – 300, 300 – 400, 400 – 500, 500 – 600, 600 – 700, 700 – 800, >800) ; (fig2.43e)

3.11.3.6. Proximité aux sources d'eau

La présence des sources d'eau montre la proximité des eaux souterraines à la surface, par conséquence ce phénomène favorise l'augmentation de l'instabilité des versants et d'aggravation du degré de la susceptibilité aux glissements de terrain. En effet, une classification des distances par rapport aux endroits des sources d'eau est exigée pour arrêter en cinq classes ; respectivement : (<1000, 1000 – 2000, 2000 – 3000, 3000 – 4000 et >4000m) (fig2.43f)

3.11.3.7. Précipitation météoriques

Les précipitations présentent l'un des facteurs déclenchant des différentes formes de glissements de terrain. Dans notre étude nous avons introduit une simple représentation des précipitations moyennes annuelles de la région de Tafraoui où trois classes sont jugées suffisantes pour voir l'impact de la précipitation sur la susceptibilité aux glissements: (300, 350 et 400 mm) (fig2.43g)

3.11.3.8. Indice différentiel normalisée de végétation (NDVI)

L'indice différentiel normalisé de végétation est indexé par l'NDVI (Normalized Difference Vegetation Index en anglais), La carte de l' NDVI est extraite à partir d'image satellite Landsat, où la valeur d'indice NDVI est calculée par l'équation suivante :

$$NDVI = \frac{IR - R}{IR + R} \quad (22)$$

Où, (IR) est la bande infrarouge du spectre électromagnétique et (R) est la bande rouge du spectre électromagnétique. Dans la présente étude la valeur de l' NDVI a été classifié en quatre classes (<0.07, 0.07 – 0.25, 0.25 – 0.40, >0.40); (fig2.43h).

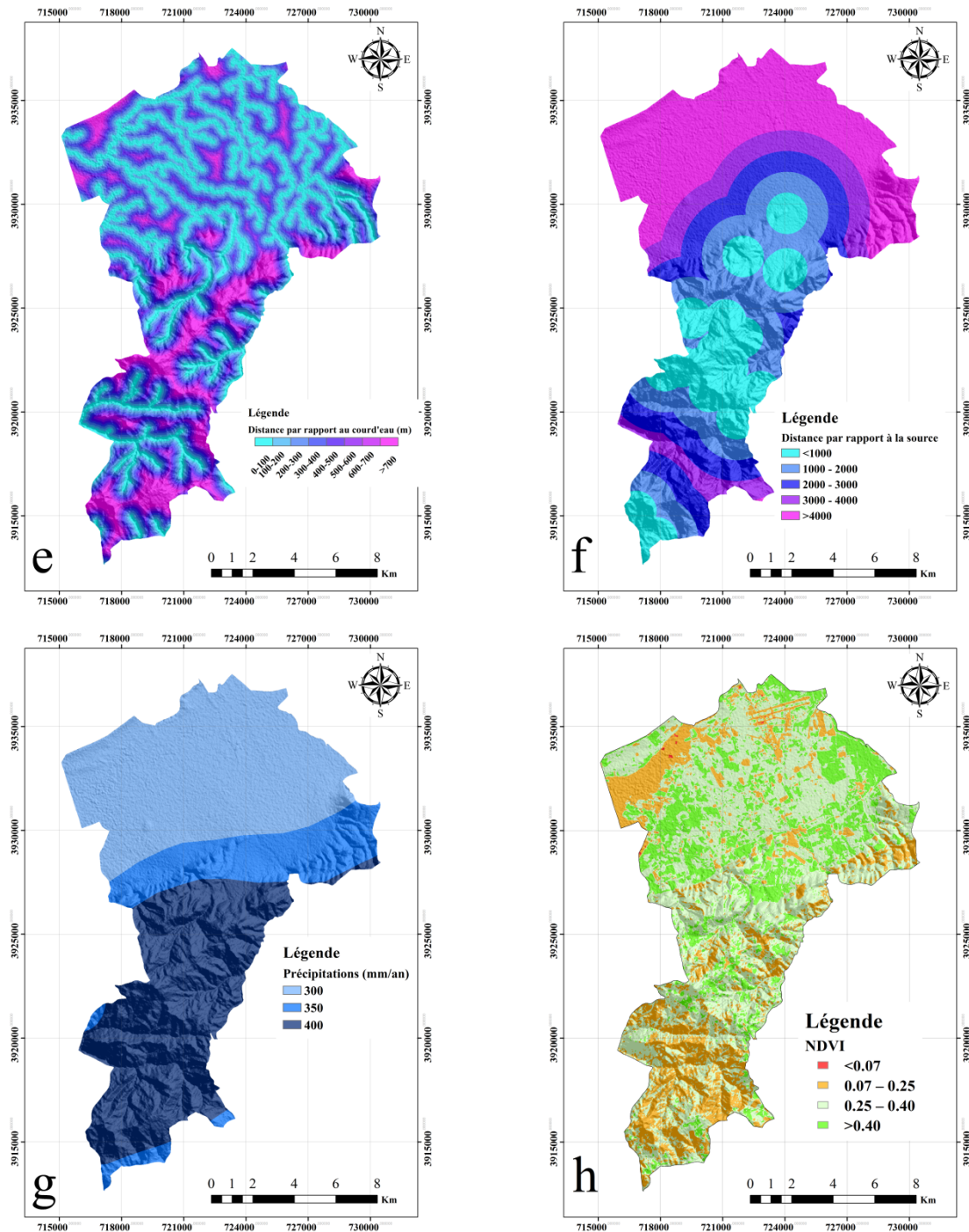


Figure 2.43 : continue

3.11.3.9. L'occupation du sol

L'occupation du sol joue un rôle très important dans la stabilité des versants, à savoir que les zones forestières sont plus stables que les zones à sol nu ou les zones cultivées. Dans notre étude la carte d'occupation est classifiée en neuf zones distinctes (culture, culture arboricole, forêt, Maquis, oléiculture, polyculture, plan d'eau, sol nu et urbain; (fig2.43i).

3.11.3.10. Indice de transport des sédiments (STI)

L'indice de transport des sédiments présente aussi un facteur géo-morphométrique essentiel pour calculer la susceptibilité aux glissements de terrain. Ce facteur exprime la capacité d'érosion induite par les eaux de ruissellement. STI s'exprime suivant l'équation suivante (Moore and Burch 1986) :

$$STI = (\alpha/2.13)^{0.6} \times (\sin\beta/0.0896)^{1.3} \quad (23)$$

α : Zone de captage spécifique et β est la pente en degré

L'indice de transport des sédiments est regroupé en quatre classes, (< 2, 2 – 22, 22 – 44, >44) (fig2.43j).

3.11.3.11. Indice de puissance de flux (SPI)

Ce paramètre décrit la puissance d'érosion du cours d'eau, est présente un facteur topographique essentiel dans la détermination des zones instables et utile à la cartographie de la susceptibilité aux glissements de terrain. L'indice de puissance de flux est donné par (Moore and Grayson 1991) ; selon l'équation suivante:

$$SPI = \alpha * \tan\beta \quad (24)$$

Où

α : Zone de captage spécifique et β est la pente en degré

Dans la présente étude l'indice de puissance de flux est subdivisé en quatre classes (<5, 5 - 10, 10 – 20, >20) (fig3.43k)

3.11.3.12. Courbure transversale et courbure longitudinale

Présente des paramètres essentiels dans l'analyse de la cartographie de la susceptibilité aux glissements de terrain (Ohlmacher 2007). Où la courbure transversale est perpendiculaire à la direction de la pente maximale. Ce paramètre fait référence à la divergence et la convergence de flux à travers une surface (Chen et al. 2016a), quant à la courbure longitudinale est parallèle à la pente, elle indique la direction de la pente maximale et affecte l'accélération et l'atténuation de l'écoulement à travers une surface (Kannan et al. 2013). Dans notre cas, la courbure transversale et courbure longitudinale

sont toutes générées à partir le MNT. La subdivision de ses paramètres est jugée suffisante avec 3 classes (<-0.05 , $-0.05 - 0.05$, >0.05); (fig.4l); (fig2.43m).

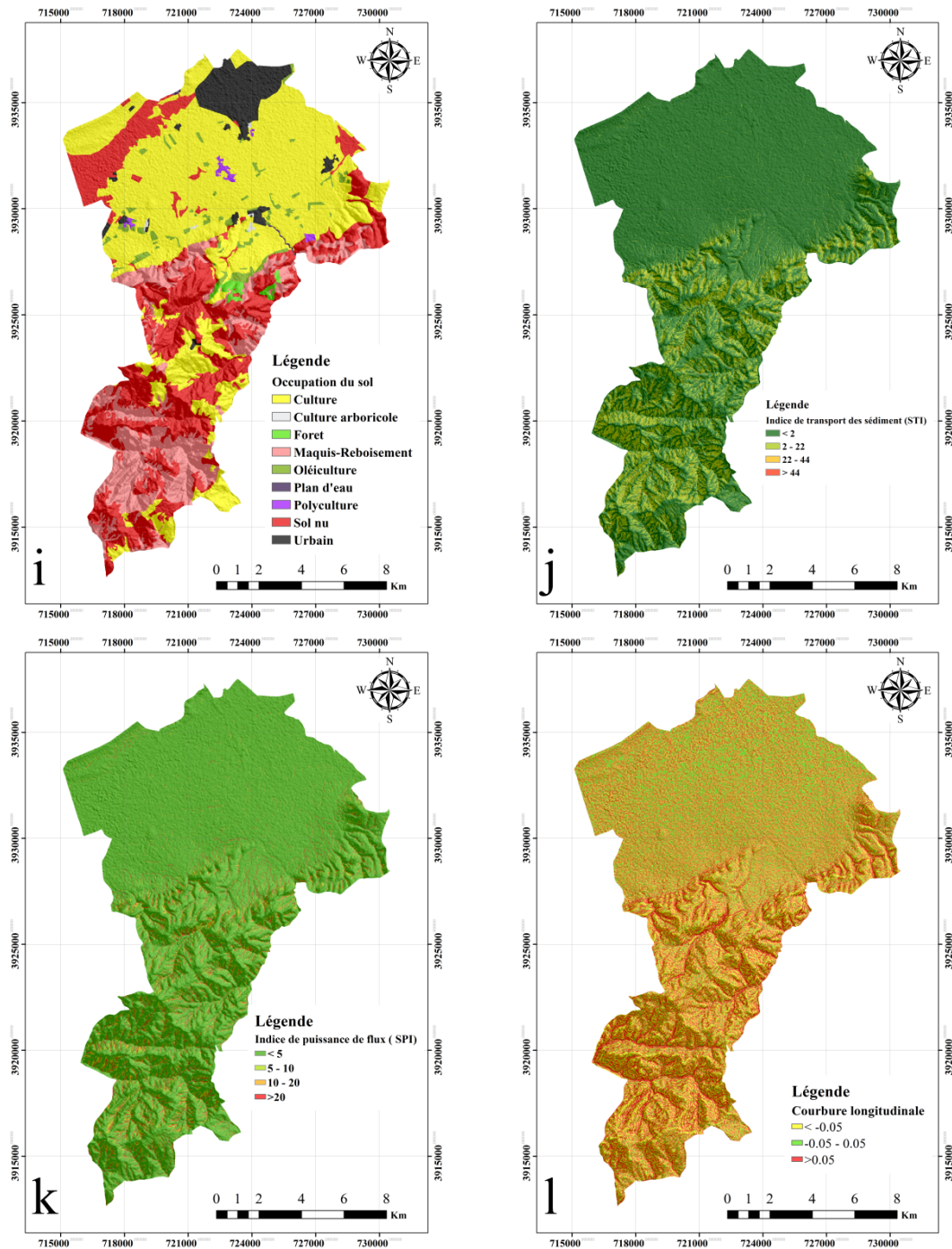


Figure 2.43 : continue

3.11.3.13. Altitude du relief

Plusieurs recherches ont utilisées l'altitude comme paramètre de détermination les zones exposées aux phénomènes de glissements de terrain (Devkota et al. 2013; Ozdemir and Altural 2013) , pour exprimer le gradient altimétrique depuis la carte des

altitudes ; un traitement hypsométrique a été initié pour générer une classification en tranches d'altitudes réparties en 8 classes : (<200, 200–300, 300–400, 400–500, 500–600, 600–700, 700–800 et >800) ;(fig2.43n).

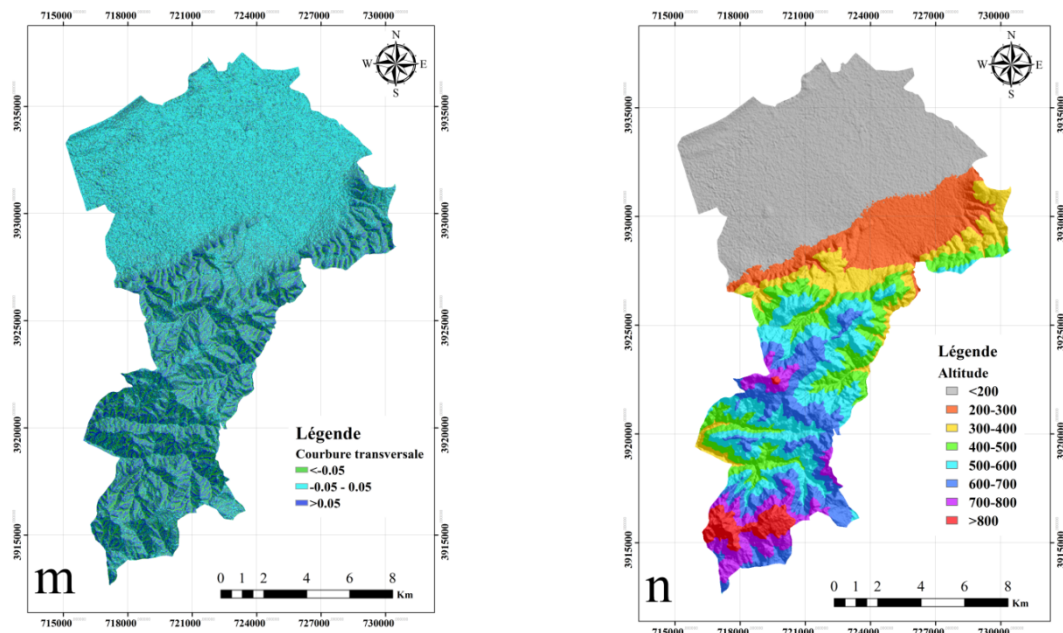


Figure2.43 : continue

3.11.4. Évaluation de la susceptibilité aux glissements de terrain

Dans la présente étude trois approches méthodiques sont utilisées pour l'estimation du potentiel d'instabilité de pentes du secteur d'étude, où deux méthodes statistiques bivariées sont exercées, à la (valeur informative (VI) et le ratio de fréquence (RF)), ainsi qu'une troisième méthode statistique de type multivariée dite régression logistique (RL). Ces trois méthodes utilisées sont basées sur la combinaison des variables indépendantes (facteurs de prédisposition) et sur la variable dépendante (la localisation du glissement de terrain) à l'aide d'un système d'information géographique comme support géo spatial de base.

3.11.4.1. La méthode statistique valeur informative

L'utilisation de l'équation 11, nous a permis de calculer la probabilité d'occurrence de chaque classe (Annexe.5). Des résultats positifs et négatifs des résultats signifient que les plus fortes valeurs nous indiquent un grand potentiel de glissement de terrain.

L'application de l'équation, nous a permis estimer l'indice de la susceptibilité aux glissements de terrain qui a une valeur minimale de -08.068 et une valeur maximal de

9.289. La carte finale de la susceptibilité aux glissements de terrain est établie par la classification de l'indice de la susceptibilité aux glissements de terrain (fig2.44a). Selon l'algorithme de classification seuil naturel (Jenks) où cinq classes de susceptibilité sont définies : très faible (10.24%), faible (27.73%), modérée (24.45%), forte (21.7%) et très forte (15.87%) (fig2.45a).

3.11.4.2. La méthode statistique de ratio de fréquence

Selon L'Annexe 5, le calcul du RF de chaque classe montre que les faibles valeurs signifient que ces classes ayant une faible corrélation. Alors que, les valeurs maximales du FR présentent une forte corrélation.

Après l'intégration du RF de chaque classe au sein du logiciel ArcGIS et l'application de l'équation 7 donnera l'ISG qui fait apparaître des valeurs qui varient entre 3.786 et 35.072. La classification de l'ISG a permis d'établir la carte de la susceptibilité aux glissements de terrain répartie en cinq degrés ; (fig2.44b) : très faible (34.93%), faible (19.15%), modérée (14.65%), forte (20.08%) et très forte (11.18%) (fig2.45b).

3.11.4.3. La méthode statistique régression logistique

Dans la pratique, un fichier raster est obtenu à partir de la combinaison des variables indépendantes continues (pente, lithologie, NDVI,...etc.) et la variable dépendante (absence ou présence d'un glissement de terrain). L'analyse statistique du fichier résultant après la conversion et le traitement sur le programme Xlstat nous a permis d'aboutir à la solution de l'équation polynomiale (25) :

$$Y = -19.62663 + (-0,18222 \times \text{altitude}) + (-0,17057 \times \text{exposition de la pente}) + (0,42654 \times \text{pente}) + (-0,11388 \times \text{occupation du sol}) + (0,52459 \times \text{faille}) + (0,88576 \times \text{lithologie}) + (4,4148 \times \text{précipitation}) + (-0,23198 \times \text{source}) + (0,31152 \times \text{STI}) + (0,05874 \times \text{NDVI}) + (0,00389 \times \text{SPI}) + (-0,22920 \times \text{hydrographie}) + (0,07631 \times \text{courbature longitudinale}) + (-0.02129 \times \text{courbure transversale}). \quad (25).$$

Les coefficients de régression positive des variables indépendantes, signifient que ces facteurs sont positivement liés à l'occurrence des glissements de terrain. Par contre les valeurs négatives indiquent une relation négative des facteurs causatifs avec l'occurrence d'instabilité de terrain.

La pondération de chaque classe des paramètres est évaluée par le calcul de la densité du glissement de terrain dans chaque classe, voir (Annexe 5).

L'utilisation de l'équation (25) sous l'environnement de ArcGIS nous a permis d'établir la carte de susceptibilité aux glissements de terrain, l'application de l'algorithme de classement (Jenks) permet de regrouper la carte obtenue en cinq classes (fig2.44c) : très faible (60.15%), faible (12.86%), modérée (12.78%), forte (10.49%) et très forte (3.71%) (fig2.45c).

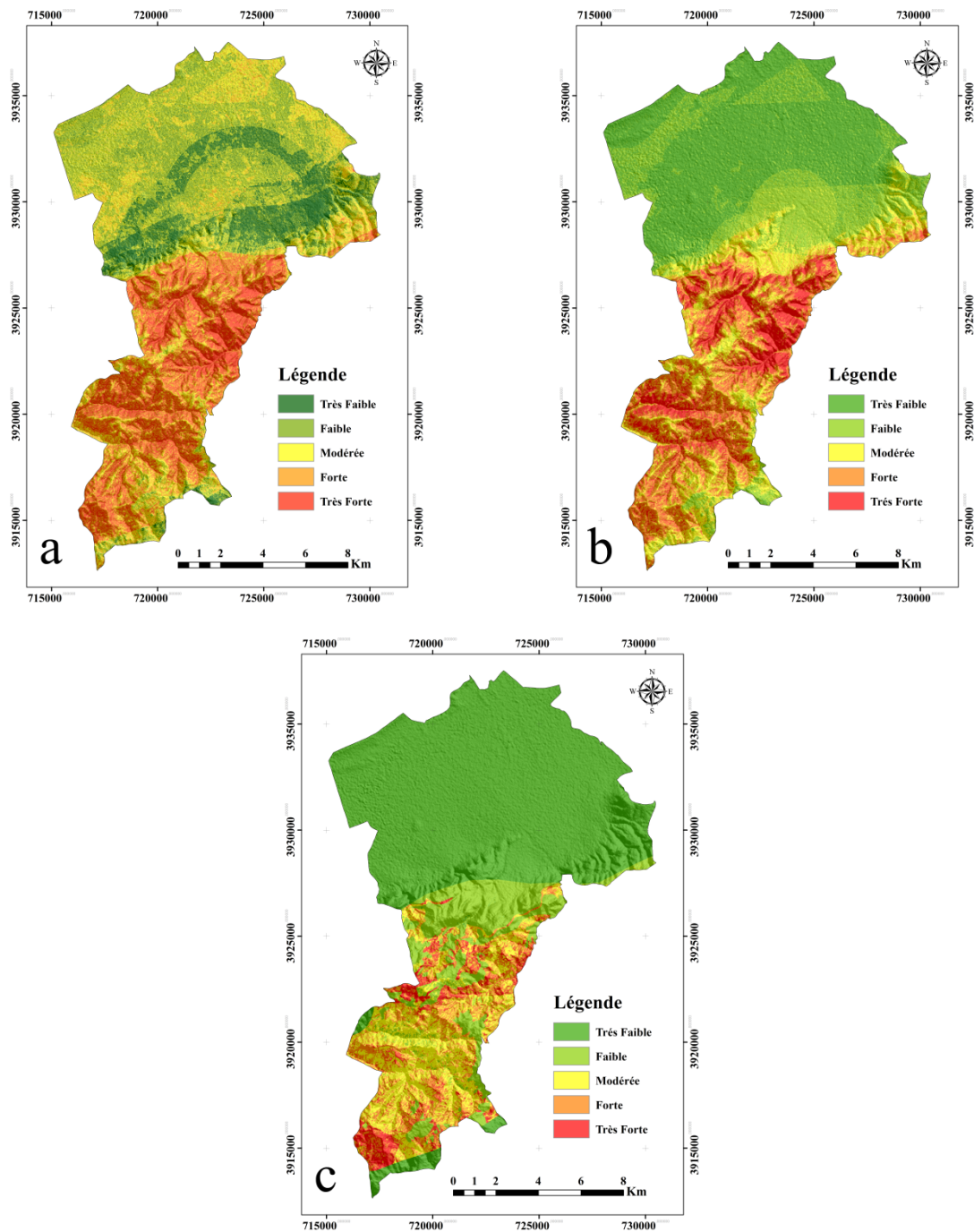


Figure 2. 44 : Carte de susceptibilité aux glissements de terrain obtenue à partir de la méthode (a) valeur informative, (b) rapport de fréquence, (c) régression logistique

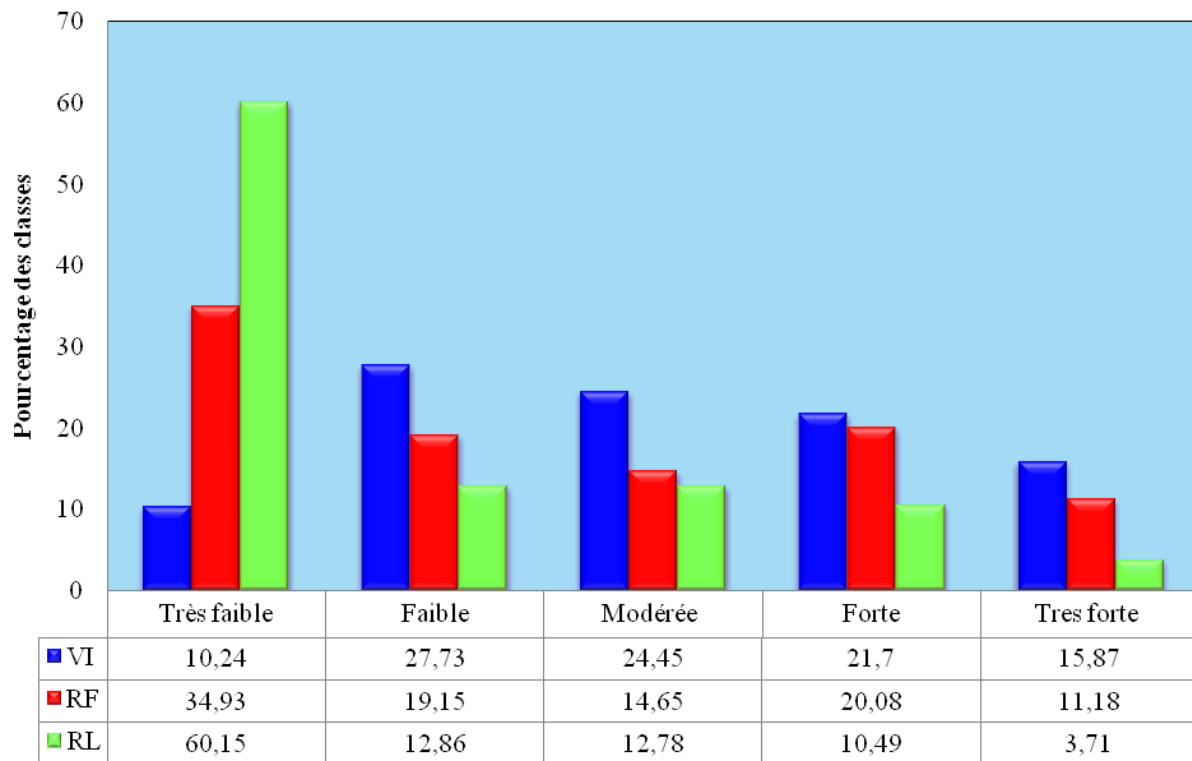


Figure 2.45 : Histogramme montre le pourcentage de différentes classes de susceptibilité des modèles appliquées

– Validation des résultats

Au terme de cette étude, la courbe de ROC (dite la courbe de réussite) est utilisée comme un moyen de validation des résultats des trois méthodes. Cette méthode statistique est basée sur la comparaison entre la carte d'inventaire des glissements de terrain et les cartes de susceptibilité obtenues. La réalisation de la courbe de ROC consiste d'abord à classer l'indice de susceptibilité aux glissements de terrain en 100 classes avec un intervalle de 1%, ensuite, on combine ces cartes avec celle d'inventaire qui contient 30% d'information des glissements de terrain (data test) ; (fig2.39). En fin, la réalisation des trois courbes de ROC à la faveur d'analyse statistique sur le support d'Excel (Xlstat) du fichier convertie en format compatible.

Pour calculer la performance des trois modèles, on se base généralement sur l'observation de l'aire située sous la courbe des trois diagrammes obtenus. La figure 2.46 montre clairement la précision de la méthode VI présumant un taux de 96.15 % pour la cartographie de la susceptibilité aux glissements de terrain par rapport aux deux autres approches RF qui compte 95.64% et RL dont le taux représentatif est d'ordre de 94.69%.

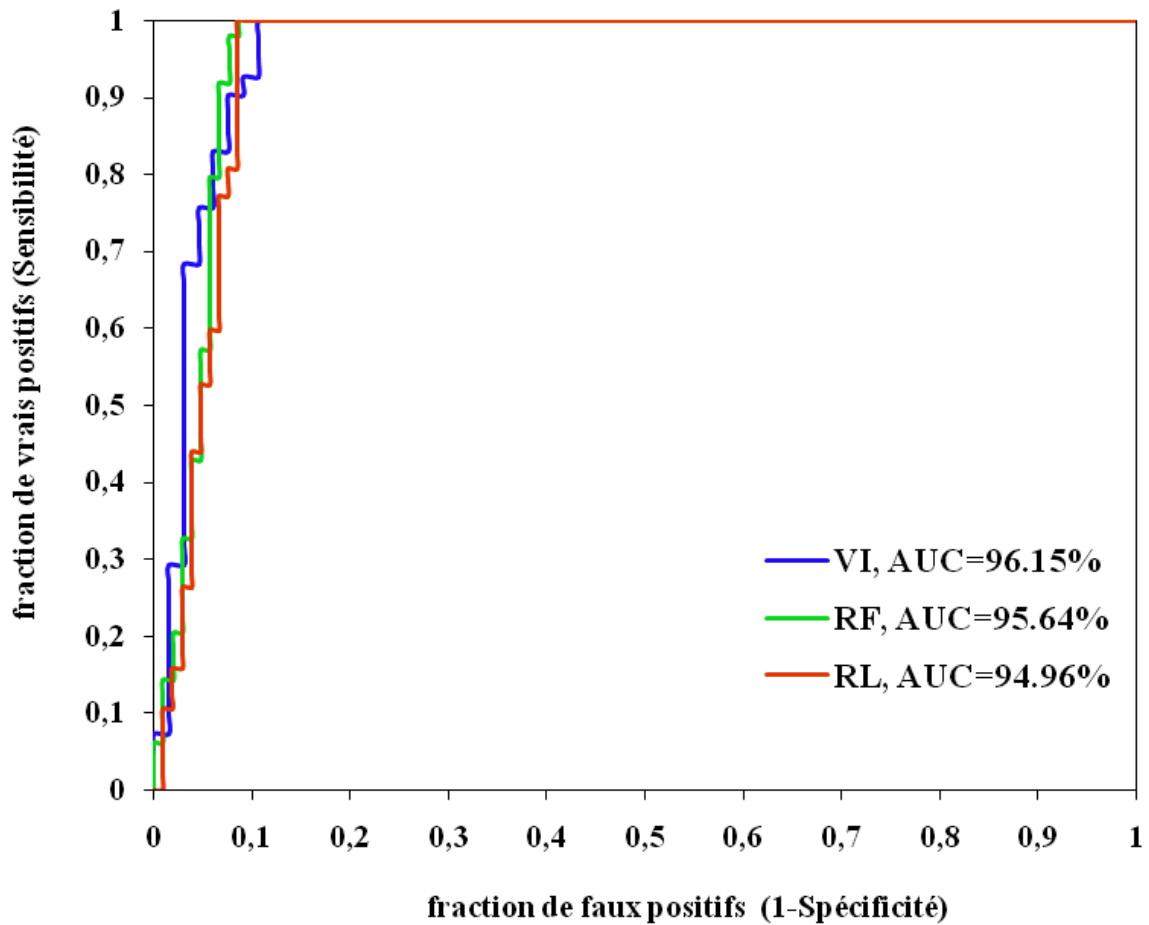


Figure 2.46 : La corbe de ROC montre la performance des méthodes utilisées (VI, RF, RL)

3.11.4.4. Application de la méthode théorie de l'évidence (WOE)

L'intersection entre les différents facteurs causatives est la carte d'inventaire des glissements de terrain nous permis d'extraire une base de donnée qui referme l'aire des glissements de terrain dans chaque classe, l'aire des zones stables, l'aire total des glissements de terrain et l'aire des zones instables, leurs analyses statistiques favorisant l'estimations des paramètres W^+ , W^- et WC on utilisant respectivement les équations spécifique aux (19), (20) et (21).

L'Annexe 6 montre les résultats des pondérations (WC), des valeurs positives et négatives du contraste de poids WC , qui signifie que la valeur la plus élevée, indique une grande corrélation entre la variable prévisible et le glissement de terrain, les valeurs inférieures ou égale zéro du WC indiquent que ces classes ne contribuent pas dans la distribution spatiale des glissements de terrain du secteur Taфраoui.

L'indice de la susceptibilité aux glissements de terrain est assigné par l'intégration de l'équation suivante dans le logiciel 'ArcGIS' :

$$IGS_{WOE} = [Pente \times WC + Aspect \times WC + Lithologie \times WC + Proximité \text{ aux réseau de fracturation} \times WC + Précipitations \times WC + proximité \text{ aux sources} \times WC + Distance \text{ to drainage} \times WC + Occupation \text{ du sol} \times WC + NDVI \times WC + STI \times WC + SPI \times WC + Plan \text{ de curbature} \times WC + Profile \text{ du curbature} \times WC + Altitude \times WC] \quad (26)$$

L'indice global de la susceptibilité calculé par la méthode WOE varié entre -28.852 and 21.918.

La carte de la susceptibilité aux glissements de terrain de la commune de Taфраoui est établie par la classification de l'IGS en cinq classes on utilisant la méthode de Jenks (fig2.47a), une classe très faible avec un taux de 20% du superficie total, faible avec 31%, une classe modérée avec 11%, un niveau fort avec 19% et 19% du superficie total caractérisé par une susceptibilité très forte (fig2.47b).

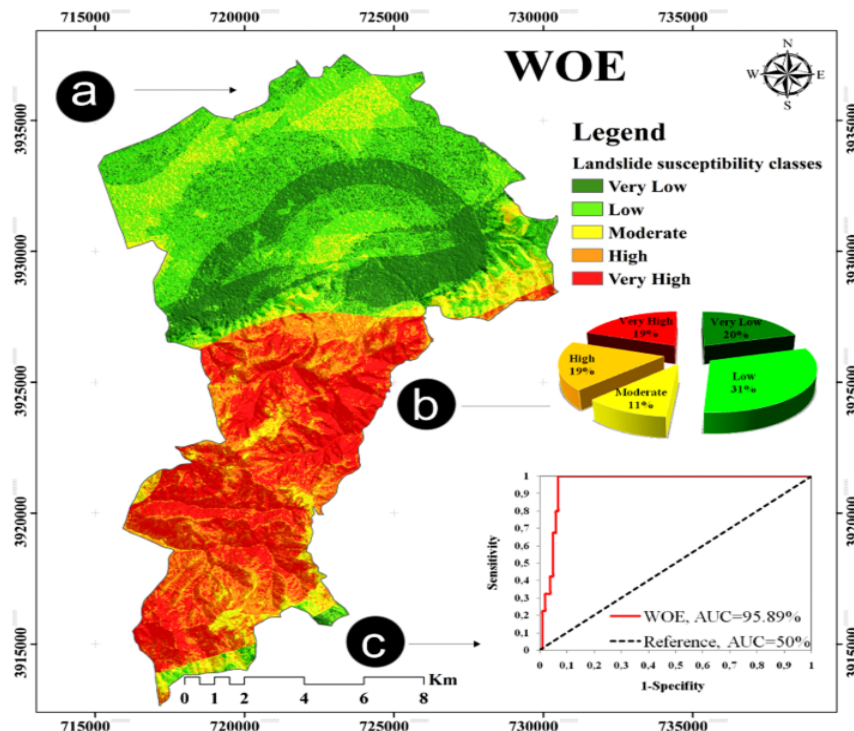


Figure 2.47 : Carte de la susceptibilité aux glissements de terrai de la commune de Taфраoui établie par la théorie de l'évidence; (a) distribution spatiale de la susceptibilité, (b) pourcentage des classes de susceptibilité, (c) courbe de ROC

3.11.4.5. L'application de la méthode statistique AHP

L'utilisation de la technique AHP via la pondération de chaque facteur causative calculé (tab.2.15), les résultats montrent que les précipitations, la pente est la lithologie sont les plus pertinents dans l'occurrence des glissements de terrain par rapport aux autres facteurs. Par contre l'altitude présente le facteur le moins pertinent. La valeur de CR est d'ordre 0.067, confirme que les jugements utilisés dans la matrice de comparaison sont raisonnables.

Tableau2.15: matrice de comparaison par pair (zone de Tafraoui)

Facteur	1	2	3	4	5	5	7	8	9	10	11	12	13	14	Pondération
1	1	2	1	2	1/3	2	2	3	5	5	4	5	5	7	0.121
2	1/2	1	3	1	1/4	2	2	1/2	3	3	2	3	3	5	0.089
3	1	1/3	1	1/5	1/3	2	2	3	5	5	4	5	5	7	0.101
4	1/2	1	5	1	1/4	1/2	1/5	1/2	3	3	3	3	3	5	0.088
5	3	4	3	4	1	3	3	5	8	8	7	8	8	9	0.229
6	1/2	1/2	1/2	2	1/3	1	1	3	4	4	3	4	4	6	0.085
7	1/2	1/2	1/2	2	1/3	1	1	3	4	4	3	4	4	6	0.085
8	1/3	2	1/3	2	1/5	1/3	1/3	1	3	3	2	3	3	4	0.064
9	1/5	1/3	1/5	1/3	1/8	1/4	1/4	1/3	1	1	2	1	1	3	0.025
10	1/5	1/3	1/5	1/3	1/8	1/4	1/4	1/3	1	1	2	1	1	3	0.025
11	1/4	1/2	1/4	1/3	1/7	1/3	1/3	1/2	1/2	1/2	1	1	1	3	0.028
12	1/5	1/3	1/5	1/3	1/8	1/4	1/4	1/3	1	1	1/2	1	1/2	2	0.021
13	1/5	1/3	1/5	1/3	1/8	1/4	1/4	1/3	1	1	1/2	1	1	2	0.021
14	1/7	1/5	1/7	1/5	1/9	1/6	1/6	1/4	1/3	1/3	1/3	1/2	1/2	1	0.013
RC=0.067															$\sum (P) = 1$

L'intersection entre les classes des facteurs causatives est l'inventaire des glissements de terrain (data d'apprentissage), nous a permis de calculer le pourcentage des glissements de terrain dans chaque classes, on se basant sur ce résultat, la pondération (W_i) est calculée pour chaque classe (Annexe 5)

L'utilisation de la fonction calculatrice dans ArcGIS, l'indice de susceptibilité aux glissements de terrain global (ISG) est calculé selon l'équation suivante :

$$ISG_{AHP}$$

$$\begin{aligned}
 &= \text{Pente} \times W_{AHP} + \text{Aspect} \times W_{AHP} + \text{Lithologie} \times W_{AHP} + \text{Proximité au faille} \\
 &\times W_{AHP} + \text{precipitation annuelle} \times W_{AHP} + \text{Proximité à la source} \times W_{AHP} \\
 &+ \text{Proximité au réseau de drainage} \times W_{AHP} + \text{Occupation du sol} \times W_{AHP} \\
 &+ \text{NDVI} \times W_{AHP} + \text{STI} \times W_{AHP} + \text{SPI} \times W_{AHP} + \text{plan du curbature} \times W_{AHP} \\
 &+ \text{Profile de curbature} \times W_{AHP} + \text{Altitude} \times W_{AHP} \quad (27)
 \end{aligned}$$

La carte de susceptibilité aux glissements de terrain de la commune de Taфраoui est établie par la subdivision de l'ISG en cinq catégories (fig2.48a, b): très faible (0,116 <ISG> 0,305) occupé 34% de la superficie Total, Faible avec un pourcentage de 23% dont (0,305 <ISG> 0,456), 10% de la commune de Taфраoui est caractérisé par une susceptibilité modérés, dont (0,456 <ISG> 0,617), une catégorie Forte avec 18%, ou (0,617 <ISG> 0,741) et Très Forte susceptibilité avec un taux de 15% de la superficie globale (0,741 <LSI> 0,991).

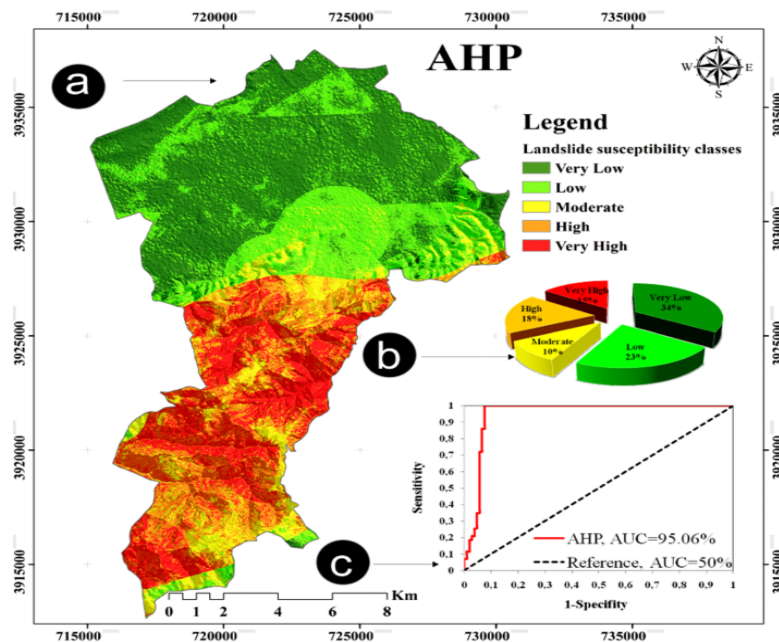


Figure 2.48 : carte finale de la susceptibilité aux glissements de terrai de la commune de Taфраoui établie par la méthode AHP ; (a) distribution spatiale de la susceptibilité, (b) pourcentage des classes de susceptibilité

– Validation des résultats

Le processus de validation est basée sur la comparaison entre la distribution spatial des glissements de terrains survenus dans la zone d'étude et les cartes de susceptibilité obtenues par les différentes méthodes (WOE et AHP) indique selon la courbe de ROC, réalisé un taux de réussite acceptable (dépassant 90%) par rapport aux deux méthodes, la surface sous la courbe calculé selon l'application de la méthode WOE est de 95,89% (fig2.47c), et une valeur de 95,06% pour la méthode AHP (fig2.48c). ce résultat confirme la performance des deux méthode à résoudre les problème préventive des glissements de terrain.

3.12. Cartographie de la susceptibilité aux glissements de terrain cas de la commune de Mers El Kebir

3.12.1. Caractéristiques de la zone d'étude

La commune de Mers el Kebir est située dans la partie Nord Ouest de la wilaya d'Oran, 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, à l'Est par le Djebel Murdjajou qui arrive jusqu'à la mer au niveau de Fort Lamoune, au sud par la chaîne montagneuse d'El Murdjajou qui culmine à plus de 500 mètres, à l'Ouest, Par Djebel Santon qui culmine à plus de 300 mètres (fig2.49).

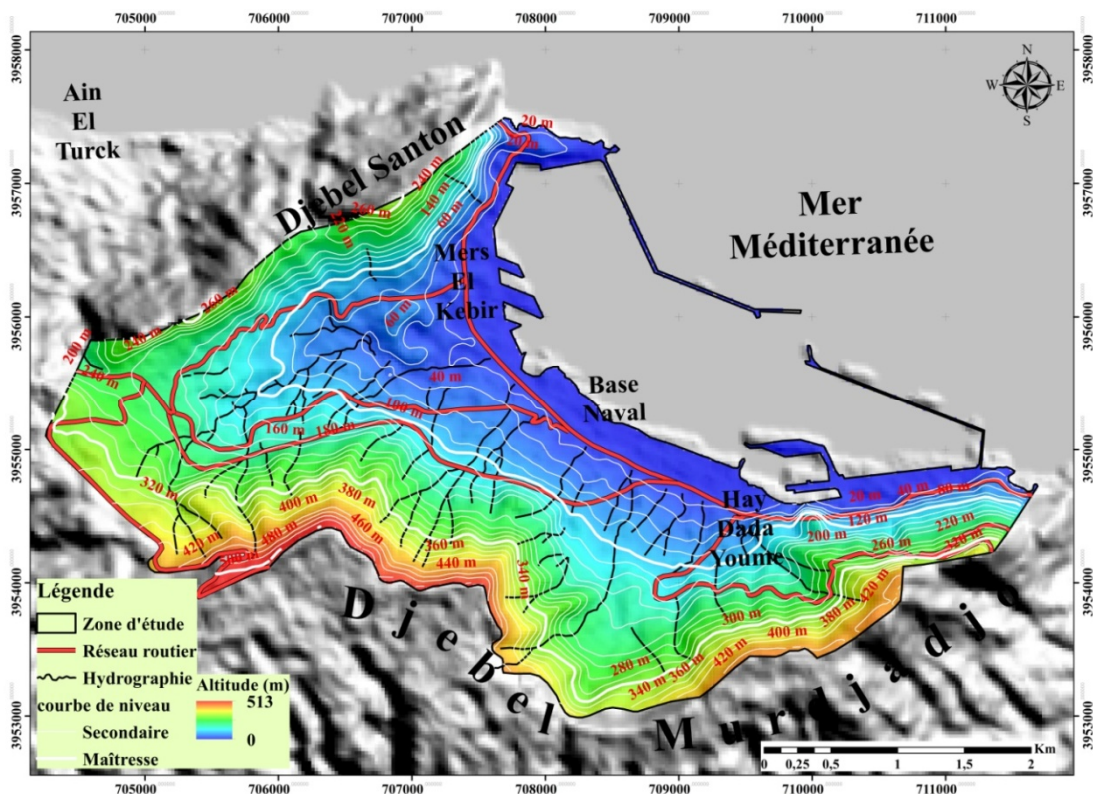


Figure 2.49 : localisation de la commune de Mers el Kebir

Du point de vu morphologique la surface de cette commune couvre une dépression topographique, dont la seule ouverture est située au Nord sur la Mer Méditerranée. Ce site constitué un amphithéâtre géologique, limité au sud par les plateaux de Djebel Murdjajou, 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 1/50000, la région d'étude fait partie de la zone Nord du massif Murdjajou qui se caractérise géologiquement par des formations calcaires d'âge Miocène, qui affleure par endroits. Le substratum est identique à celle grandes formation littoral Oranais. Le plateau de Murdjajou 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 basale des versants est constituée essentiellement par des marnes bleues et des marnes sableuses, surmontées par des grès lumachéliques (fig2.50).

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

Cette zone se caractérise par l'existence d'un réseau hydrographique dense de ravins (Chaabat) très actifs, dont le sens d'écoulement est du Sud –ouest vers le Nord-est, du versant Nord de la chaîne montagneuse du Murdjajou vers la partie base et puis vers la mer.

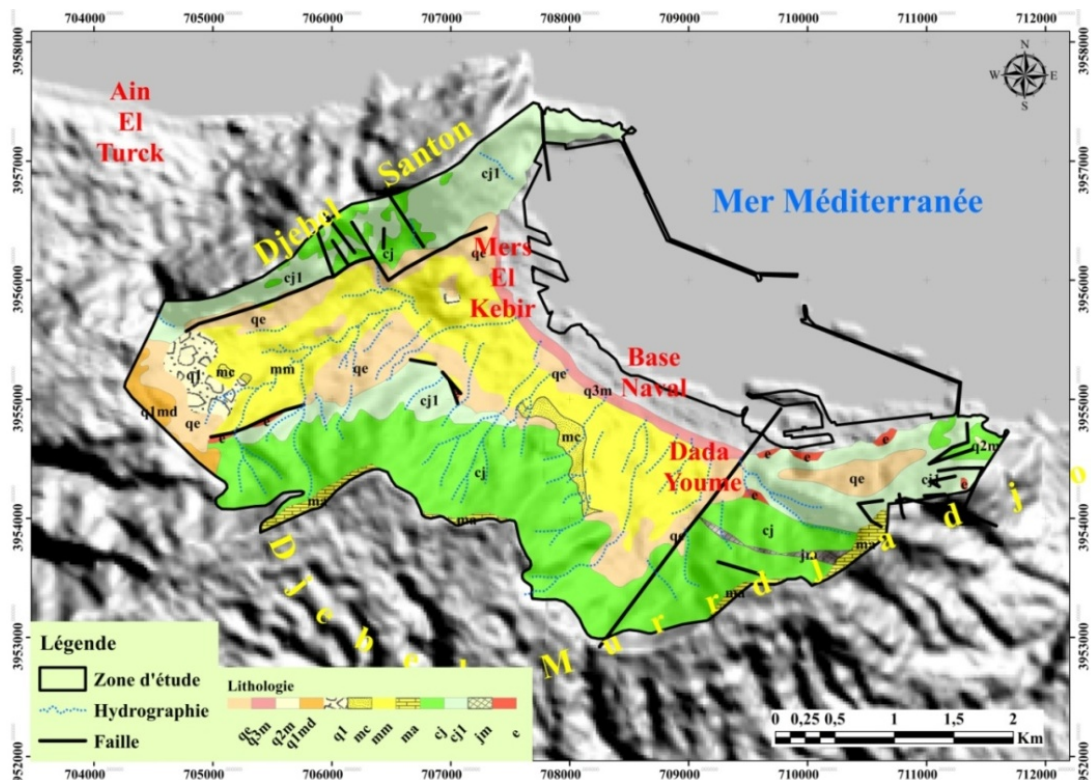


Figure 2.50 : Carte géologique de la commune de Mers El kebir ; (qe) Eboulis, (q3m), (q2m), (q1md), (ql) Lumachelle, (me) marnes +conglomérats, (mm) marne grise, ma calcaire à algue, (cj) schiste+ calcaires, (cj1) Schistes +lentilles calcaires dolomitisées, (jm) calcaires, (e) roches vertes

4.12.2. Evaluation de la susceptibilité aux glissements de terrain par la méthode AHP

Vu l'absence de l'inventaire des glissements de terrain affectant le secteur d'étude, l'application des méthodes statistique bivariée ou multivariée devient impossible. Dans ce contexte, l'utilisation de la méthode statistique semi quantitative AHP permettra d'évaluer l'indice de susceptibilité aux glissements de terrain en comparant neuf paramètres entre eux.

4.12.2.1. Paramètres d'entrés

Neufs paramètres sont utilisés dans le calcul de l'indice de susceptibilité aux glissements de terrain à savoir la pente, l'aspect, la lithologie, proximité aux réseaux de fracturation, les précipitations, proximité aux cours d'eau, l'occupation du sol, proximité au réseau routier, et l'altitude, l'ensemble de facteurs générés par différents sources (Tab2.16)

La carte des pentes et la carte d'exposition des pentes sont dérivées du modèle numérique de terrain. La pente est répartie en cinq classes (0-10°, 10-20°, 20-30°, 30-40° et >40° (fig2.51a).

L'exposition des pentes est répertoriée en neuf classes (plats, nord, nord-est, est, sud-est, sud, sud ouest, ouest et nord-ouest) (fig2.51b).

La lithologie est mise en évidence par la digitalisation des formations lithologiques à partir de la carte géologique à l'échelle 1/50.000, ensuite une classification des formations lithologiques selon le degré de susceptibilité (fig2.51c).

La carte de proximité au réseau de fracturation est générée à partir des distances par rapport aux tracés des failles cartographiées dans la carte géologique, cinq classes sont identifiées de 0 à 100, 100-200, 200-300, 300-400, et >400 mètres (fig.51d).

La carte de précipitation moyen annuelle contient quatre zones : 250, 300, 350 et 400 mm/ an (fig2.51e).

La distance par rapport au cours d'eau est classifiée en cinq classes: 0-100, 100-200, 200-300, 300-400, >400 mètres (fig2.51f)

La carte d'occupation du sol est classifiée en cinq classes (sol de bâtis, sol nu, carrière, terre agricole et le couvert végétale (forêts, maquis et reboisement) (fig2.51g).

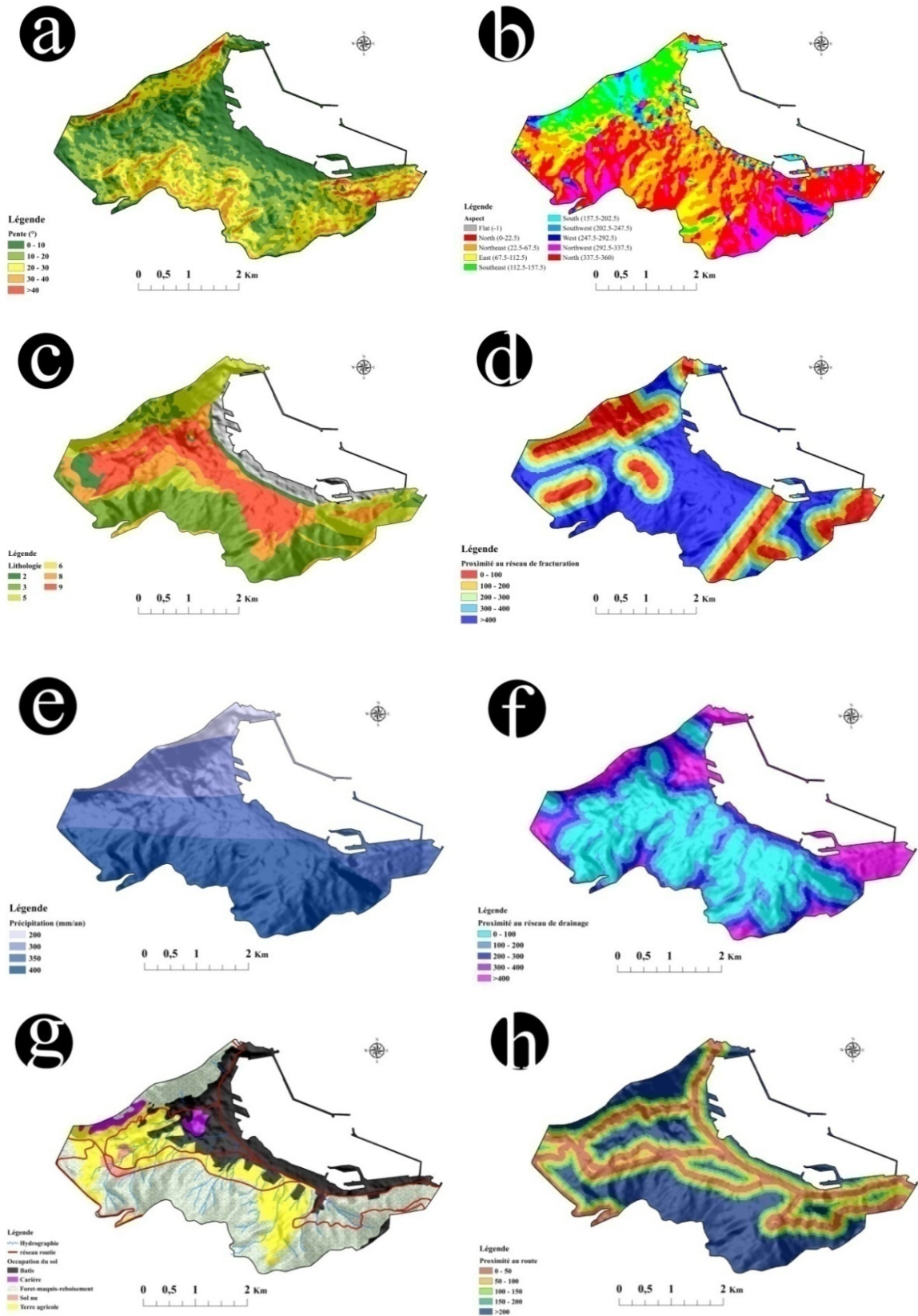
La distance par rapport la route est classifiée en cinq classes (0-50, 50-100, 100-150, 150-200, >200 mètres) (fig2.51.h).

La carte d'altimétrie est réalisée à partir de la classification du MNT en cinq classes de 0-100, 100-200, 200-300, 300-400, et >400 mètres (fig2.51i)

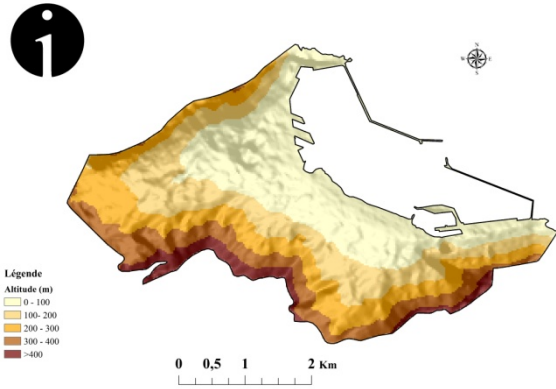
Toutes les couches sont converties en fichiers rasters avec une résolution de 25×25 mètres et géo référencer dans un système de projection UTM zone 30 WGS 84 pour être préparés à l'application de la méthode statistique AHP.

Tableau2.16 : sources d'informations des paramètres d'entrés.

Paramètres	Cartes	Sources d'informations
Morphologie du terrain	Carte des pentes	SRTM (résolution des pixels 30 m)
	Cartes d'exposition des pentes	
	Carte d'altimétrie	
Géologique	Carte de la lithologie	Carte géologiques d'Oran, échelle 1/50000.
	Carte de proximité au réseau de fracturation	
Précipitation	Carte des précipitations	ANRH, 2007
Hydrologie	Carte de distance par rapport au cours d'eau	cartes topographique, échelle 1/25000.
Occupation du sol	Carte d'occupation du sol	la carte d'occupation du sol de la wilaya d'Oran échelle 1/25000(BNEDER 2011), levées de terrain, image satellite
	Carte de distances par rapport à la route	



Figures 2.51 : paramètres d'entrée de la susceptibilité aux glissements de terrain de la zone de Mers El Kebir, (a) la pente, (b) l'aspect, (c) la lithologie, (d) proximité au réseau de fracturation, (e) précipitation, (f) proximité au réseau de drainage, (g) occupation du sol, (h) proximité au réseau routier, (i) altitude



Figures 2.51 : paramètres d'entrée (continue).

4.12.2.2. Application de la méthode AHP

Dans la pratique, l'utilisation de l'échelle de comparaison (tab2.12), permettant d'établir la matrice de comparaison par pair (tab2.17), et en conséquence, la pondération des neuf paramètres utilisés sont déterminés ainsi que le Ratio de Consistance CR. Pour les neuf facteurs, les zones situées à proximité au réseau routier. La valeur la plus élevée obtenue est d'ordre 30.452, suivie par la lithologie avec un taux de 22.258. Une valeur minimale d'ordre 2.653 est obtenue par L'occupation du sol et l'Altitude. Une valeur acceptable de la ration de consistance $CR=0.056$ montre que la matrice AHP réalisée est cohérente.

Tableau2.17: matrice de comparaison par pair (AHP Mers El Kebir)

Paramètre	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Pondération
1	1	2	0,333	0,5	3	0,5	2	0,25	2	7,476
2	0,5	1	0,25	0,5	2	0,333	2	0,2	2	5,383
3	3	4	1	2	5	4	6	0,5	6	22,258
4	2	2	0,5	1	3	0,5	4	0,25	4	10,268
5	0,333	0,5	0,2	0,333	1	0,25	5	0,143	5	5,469
6	2	3	0,25	2	4	1	5	0,333	5	13,388
7	0,5	0,5	0,167	0,25	0,2	0,2	1	0,125	1	2,653
8	4	5	2	4	7	3	8	1	8	30,452
9	0,5	0,5	0,167	0,25	0,2	0,2	1	0,125	1	2,653
CR=0.056										$\sum (P) = 100$

Selon le degré d'importance Un rang de 1 à 9 (tab2.18) est attribué afin d'estimer la pondération de chaque classe des facteurs inclus dans le processus d'évaluation de la susceptibilité aux glissements de terrain de la commune de Mers El Kebir.

L'indice global de la susceptibilité est estimé selon l'équation suivante :

$$ISG = \sum_{R=1}^{R=n} RN(Ci) \times W_{ahp} \quad (28)$$

Ou, RN(Ci) rang normalisé de chaque classe (Ci), W_{AHP} pondération de chaque facteur calculé selon la méthode AHP.

Tableau 2.18 : rang attribué, Rang Normalisé, et la pondération de chaque classe

Paramètre	Classe	Rang	Rang Normalisé	W_{AHP}	Pondération
[1]Pente (°)	0-10	1	0,055	0,07476	0,004
	10-20	2	0,111		0,008
	20-30	3	0,166		0,012
	30-40	5	0,277		0,021
	>40	7	0,388		0,029
[2]Aspect	Plat	1	0,023	0,05383	0,001
	Nord	5	0,116		0,006
	Nord-est	3	0,069		0,004
	Est	2	0,046		0,003
	Sud-est	2	0,046		0,003
	Sud	6	0,139		0,008
	Sud-ouest	7	0,162		0,009
	Ouest	8	0,186		0,010
	Nord-ouest	9	0,209		0,011
[3] Lithologie		2	0,060	0,22258	0,013
		3	0,090		0,020
		5	0,151		0,034
		6	0,181		0,040
		8	0,242		0,054
		9	0,272		0,061
[4]Proximité au réseau de fracturation (m)	0-100	8	0,380	0,10268	0,039
	100-200	6	0,285		0,029
	200-300	4	0,190		0,020
	300-400	2	0,095		0,010
	>400	1	0,047		0,005

[5] Précipitations (mm/an)	250	1	0,062	0,05469	0,003
	300	3	0,187		0,010
	350	5	0,312		0,017
	400	7	0,437		0,024
[6] Proximité au réseau de drainage (m)	0-100	8	0,363	0,13388	0,049
	100-200	6	0,272		0,037
	200-300	4	0,181		0,024
	300-400	3	0,136		0,018
	>400	1	0,045		0,006
[7] Occupation du sol	Foret-maquis	2	0,071		0,002
	Bâtis	5	0,178		0,005
	Agriculture	6	0,272		0,007
	Carrière	7	0,318		0,008
	Sol nu	8	0,363		0,010
[8] Proximité au réseau routier (m)	0-50	9	0,333	0,30452	0,102
	50-100	7	0,291		0,089
	100-150	5	0,208		0,063
	150-200	2	0,083		0,025
	>200	1	0,041		0,013
[9] Altitude (m)	0-100	1	0,041	0,02653	0,001
	100-200	3	0,125		0,003
	200-300	5	0,208		0,006
	300-400	7	0,291		0,008
	>400	8	0,333		0,009

La combinaison linéaire des pondérations des neufs couches sur l'environnement SIG a permis d'établir la carte de susceptibilité aux glissements de terrain de la zone d'étude dont l'Indice de la Susceptibilité Global (ISG)

La classification de l'ISG en cinq classes par la méthode de Jenks, a donné en conséquence résulte la carte finale de la susceptibilité aux glissements de terrain de la commune de Mers El Kebir (fig2.52). L'interprétation de ces résultats montre que 35% de la zone d'étude est caractérisée par une forte à très forte susceptibilité qui se localise

généralement au niveau des zones buffer du réseau routier traversé par le réseau de drainage, ces zones sont constituées généralement par des formations marneuses. 17% de la surface d'étude caractérisées par une susceptibilité modérée, le reste de cette zone est caractérisée par une susceptibilité faible à nulle.

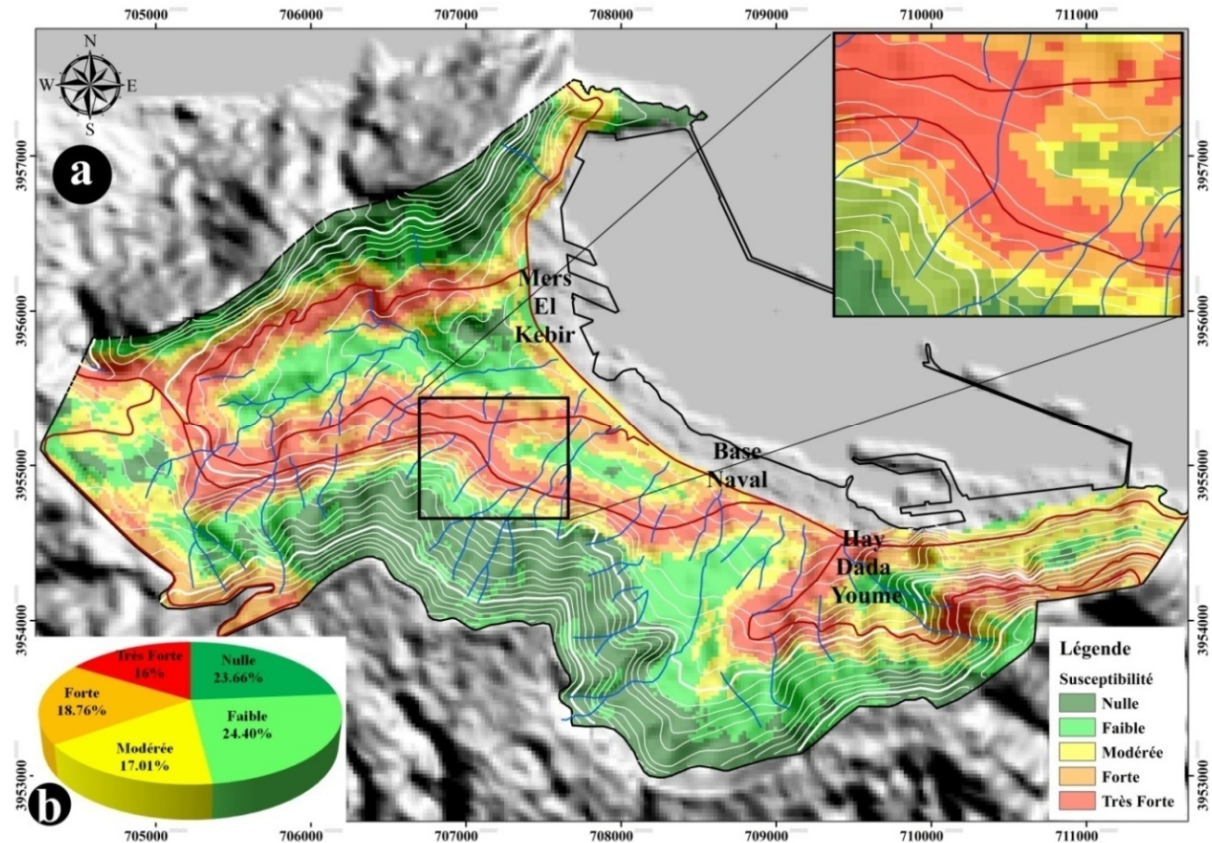


Figure 2.52 : Carte finale de la susceptibilité aux glissements de terrain de la commune de Mers El Kebir ; (a) distribution spatiale de la susceptibilité, (b) pourcentage des classes de susceptibilité aux glissements de terrain.

4.13. Conclusion

Les risques géologiques présentent en effet l'une des contraintes importantes face au développement du littoral Oranais. Les glissements de terrain présentent ainsi un phénomène plus fréquent dans la zone d'étude et spécialement dans la zone montagneuse. Pour minimiser les conséquences de ce problème, on recommande des études préliminaires portant sur la cartographie des zones exposées aux phénomènes des mouvements de terrain source d'instabilité.

Dans ce chapitre, le développement d'une méthodologie bien structurée a contribué à une bonne lecture du phénomène étudié. Cette démarche est basée sur : i) la collecte

des données et inventaire des glissements de terrain, ii) l'évaluation de l'indice la susceptibilité iii) la cartographie de la susceptibilité aux glissements de terrain et iv) validation des résultats obtenus.

Dans une lecture globale des résultats obtenus nous constatons l'existence à plusieurs endroits de la zone d'étude sont affectés par des mouvements de terrain.

Les études des glissements de terrain au niveau de la zone côtière du littoral Oranais (la frange maritime d'Oran et Mers El Kebir) montrent que les caractéristiques topographiques, géologiques et hydrologiques favorisent l'apparition, en certains endroits, des glissements de terrains importants. L'étude de ces phénomènes par l'application de plusieurs techniques et approches ; par des données de haute résolution à une échelle locale ont permis de mieux apprendre la topologie et les caractéristiques géomorphologiques des glissements de terrain envisagés.

L'application des méthodes et des techniques basées sur l'exploitation des inventaires et les paramètres causatifs des glissements de terrain sous l'égide de SIG nos a permis d'établir une cartographie des zones exposées aux glissements de terrain, cette cartographie montre l'existence de plusieurs endroits du littoral Oranais sont susceptibles aux glissements de terrains.

La validation des résultats obtenus par l'application des modèles robustes confirment la capacité des modèles statistiques à résoudre l'issue de la susceptibilité aux glissements de terrain et fournissant le zonage préventif des terrains à risque des glissements de terrain.

Chapitre 3 : cartographie d'aléa d'inondation

Ce troisième chapitre est consacré à la présentation de problématique hydrique et à la cartographie d'aléa d'inondation au niveau du littoral Oranais. Premièrement, nous présentons un aperçu historique sur les inondations catastrophiques survenues dans l'Algérie. Dans une seconde étape, nous présentons un concept de base lié aux définitions, types, risque et aléa d'inondation ainsi que les différentes méthodes utilisées dans cartographie l'aléa d'inondation. Ces définitions conduisant à suivre une méthodologie utile qui permet d'étudier et de cartographier l'aléa hydrique et l'estimation de la susceptibilité aux inondations à l'échelle régionale. Ensuite, nous décrivons les différentes caractéristiques spécifiques à notre champ d'investigation dans le quelle nous insistons sur les aspects et les paramètres extrinsèques liés aux inondations. Dans la troisième étape, nous procédons à suivre systématiquement les opérations: i) inventorier les informations liée aux inondations et de compiler un catalogue propre aux inondations survenus dans le littorale Oranais, ii) analyser la distribution spatio-temporelle des inondations par rapport aux aspects caractérisant la zone d'étude, iii) cartographier l'aléa d'inondation et iv) présenter les catastrophes causées par des inondations affectant le littoral Oranais. En fin, nous essayons de cartographier la susceptibilité aux inondations par l'intégration de la méthode algébrique multicritère (AHP) sous l'environnement SIG.

5.1. Introduction

Les inondations provoquent annuellement des pertes humaines et des dégâts matériels considérables à travers le monde. Durant le période de 1950 jusqu'à 2015, les pays Méditerranéen ont enregistré des bilans lourds suite à des inondations catastrophiques (fig3.1), en tête de liste, l'Algérie est enregistrée une moyenne de 30 morts/an, suivie par l'Italie et le Maroc (Gaume et al. 2016). Les caractéristiques climatiques et morphologiques rendent certains endroits du pays susceptibles aux plusieurs types d'inondations. La non maîtrise de l'urbanisation, l'absence des plans de prévention des risques d'inondations et l'urbanisation anarchique font augmenter le risque d'inondation qui s'attendre parfois des niveaux dangereux voir catastrophiques. Dans ce contexte, l'Algérie a encaissé des bilans lourdes, Parmi les inondations catastrophiques les plus meurtrières, nous mentionnons celle de Mohammedia 15/12/1881, la rupture du barrage de Fergoug (Mohammedia, wilaya de Mascara) déclenche une crue très violente. Cette dernière a provoqué 250 mortes. Le même scénario se répète à la date le 26 novembre 1927, avec 382 morts sont enregistrés au niveau d'Ain Sefra, Tedjdit et Kramis wilaya de Mostaganem suite à la rupture du même barrage (fig3.2). L'inondation de la ville de Oued Rhiau 20 octobre 1993, dont 20 minutes de pluie avec une forte intensité été suffisante pour occasionner 23 morts, 20 blessés et plusieurs disparus. Le 10 Novembre 2001, le cumul de précipitation a atteint les 204 mm en 24 heures, des crues torrentielles se sont déversées au quartier de Bab El Oued wilaya d'Alger (fig3.2), les dégâts enregistrées sont particulièrement catastrophiques ou plus de 750 morts, 120 personnes disparus et plus de 10.000 famille sont déclarées sinistrées ainsi que des pertes matérielles recensées à plus de 30 milliard de Dinars. Cette inondation catastrophique restera encore gravée dans la mémoire des algériens.

Ces résultats impliquent à l'Etat de revoir la situation de crise et suivre une politique qui permet de résoudre la problématique des inondations à long terme. L'emploi d'une stratégie basée sur des études portant sur la cartographie du risque, d'aléa ou les zones sujettes aux inondations parmi les solutions les plus utilisées à travers le monde pour mieux minimiser et prédire les inondations.

L'objectif principal de cette partie est de cartographier l'aléa d'inondation au niveau du littoral Oranais. Une démarche analytique est basée sur : i) compilation de catalogue des inondations survenus sur le territoire de la wilaya d'Oran, ii) création d'une base de

donnée SIG qui contient les caractéristiques de notre champ d'investigation, iii) analyse spatio-temporelle des inondations et leurs répartitions par rapport aux différentes composantes physiques du milieu étudié et iv) la cartographie de l'aléa et la susceptibilité d'inondation.

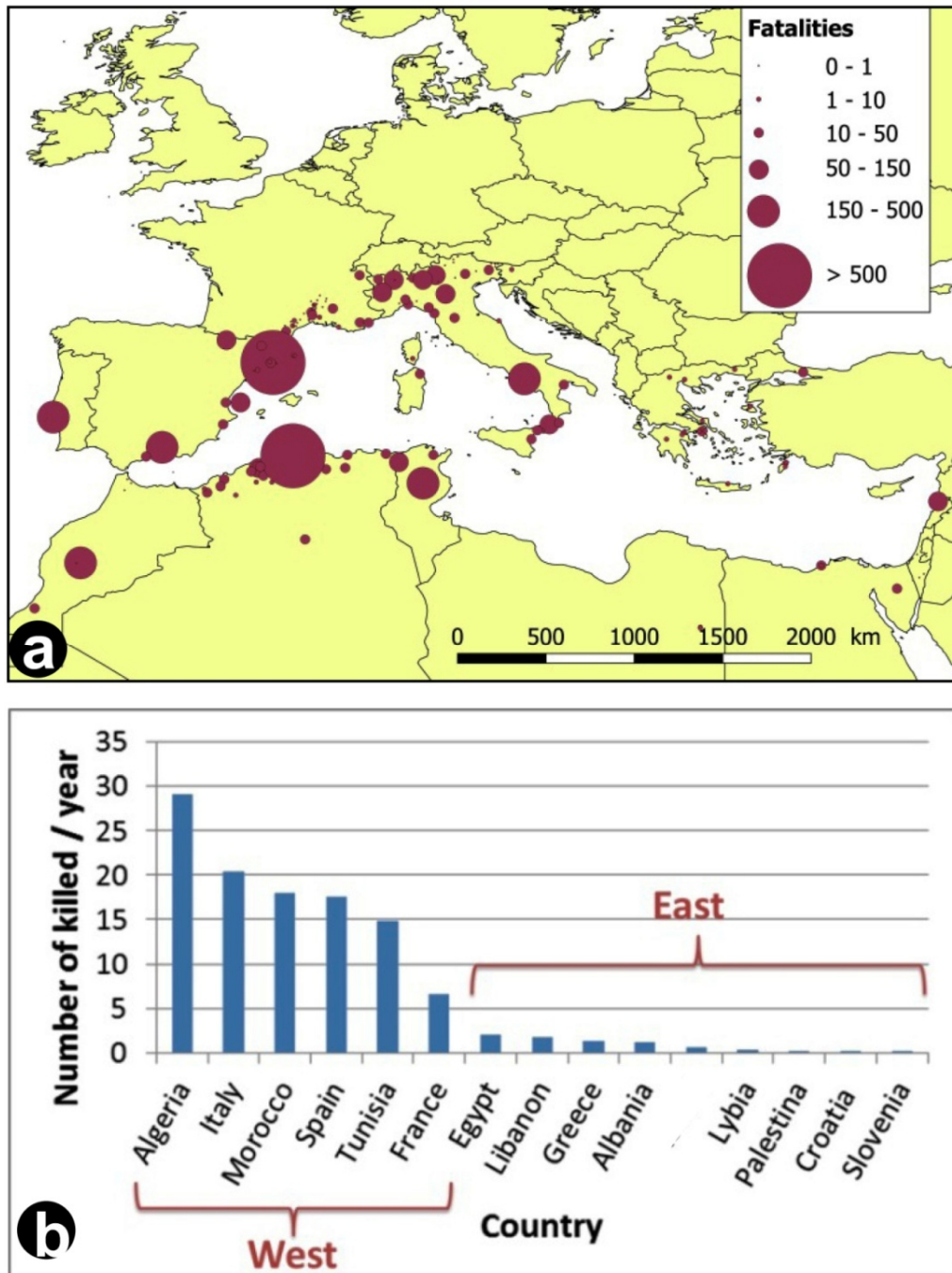


Figure 3.1: les pertes humaines enregistrées au niveau du pays méditerranéens suite à des inondations catastrophiques durant la période (1945-2015) ; a) nombre des morts reportés, la moyenne des morts par pays durant la période (1945-2015)(Gaume et al. 2016).



Figure 3.2: les dommages causés par les inondations de Mostaganem du 1927 et de Bab El Oued en 2011 ; a) direction du flux de Ain Safra, b) le marché couvert avant l'inondation, c) le reste du marché après les inondations, d) place Gambetta avant l'inondation, e) destruction total de la place Gambetta après l'inondation, f) bâtiments plus de deux étages sont détruites suite à l'inondation, g) inondations des habitas de Tijdit ,h) Habitations situé à coté du Port abimées et inondées, i) dépôt des argiles au niveau du Port (Sardou et al. 2018), j) inondation catastrophique du quartier de Bab el Oued (Alger) le 10/11/2001.

5.2. Les inondations

Les inondations présentent un danger naturel redoutable résultant à la combinaison de plusieurs facteurs tels que l'hydrologie, la météorologique, la topographie et l'occupation du sol. les hydrogéologues définissent les inondations comme une augmentation soudaine du niveau d'eau, lorsque l'inondation est terminée le niveau d'eau reviendra à son état initial avec un débit basse à nul (Ali 2018) . Les inondations portent le nom commun pour les volumes de ruissellement extrêmes lors d'un événement pluvieux ou d'une tempête intense affectant un bassin versant. Cette définition indique deux composantes principales qui influent sur les inondation, i) l'intensité des précipitations et ii) les caractéristiques de la zone de drainage ; (Şen 2018).

5.2.1. Types d'inondations

5.2.1.1. Les inondations des rivières :

se produisent généralement lorsque le bassin versant reçoit une quantité d'eau importante par rapport à la capacité de l'oued principal (Ali 2018), le surplus d'eau se déborde et ruisselé dans les zones à proximité.

5.2.1.2. Les inondations urbaines :

Les averses et l'imperméabilité du sol urbain sont les facteurs les plus aggravants des inondations en milieu urbain, le ruissèlement peut devenir plus rapide par rapport au milieu naturel permettant ainsi de transformer les routes en rivières.

5.2.1.3. Les inondations éclairs :

Se caractérisent par une montée rapide de l' hauteur d'eau, des vitesses élevés et de grandes quantités d'eaux, les principaux facteurs d'inondation éclair sont l'intensité et la durée des précipitations, la morphologie des bassins versants. Une crues éclair se produit dans les vallées caractérisées par une forte pente, dans les zones montagneuses, mais également se produit aussi au niveau des zones urbaines. La rupture des barrages peut également provoquer des inondations éclairs, occasionnant d'importants dommages.

5.2.1.4. Les inondations des plaines :

Se produisent généralement sur les zones plates (de faible pente) se situe le long d'un cours d'eau pendant des crues périodiques. D'un autre côté, les plaines inondables sont des terres adjacentes aux rivières et aux cours d'eau soumis souvent à des inondations récurrente ; (Sen 2018).

5.2.1.5. Les inondations côtières :

Peuvent être causées par des ouragans, des cyclones ou par d'autres systèmes de grande envergure, des tsunamis et l'élévation du niveau de la mer, elles résultent souvent d'une combinaison de la montée des eaux de la côte et les inondations fluviale (WWF 2016), Pendant la période de haute marée ou de vent violent sur le littoral, les eaux de la mer peuvent constituer un obstacle empêchant la dissipation des eaux de ruissellement, l'accumulation des eaux stagnantes forment en conséquence des inondations.

5.2.2. Le risque d'inondation

Le risque d'inondation est défini comme la combinaison des probabilités d'une inondation et les conséquences néfastes potentielles pour la santé humaines, l'environnement, le patrimoine culturel et l'activité économique associée à une inondation (Schumann 2011).

(Caddis et al. 2012) Mentionne que Le risque d'inondation implique la prise en compte de plusieurs facteurs tels que l'ampleur des inondations, la durée des inondations, temps d'alerte effective, profondeur et vitesse des eaux des crues, états de préparation aux inondations, évacuation et accès ainsi que le type de développement

Le risque d'inondation peut être défini comme un événement dommageable, doté d'une certaine probabilité, liée à la conjonction de l'aléa inondation et de la vulnérabilité de la société (Scarwell and Laganier 2004).

Le risque d'inondation est une combinaison de deux paramètres: i) la probabilité d'inondation (aléa d'inondation) et ii) les conséquences potentielles qui en découlent (la vulnérabilité des enjeux).

5.2.3. L'aléa d'inondation

L'aléa est défini par la combinaison de l'intensité d'un événement et son période de retour (CWE PSS)

- L'intensité peut être mesurée par hauteur d'eau ou par la durée d'une d'inondation ou l'estimation d'étendue de la zone de submersion.
- La probabilité d'occurrence peut être estimée qualitativement (Faible, Moyenne, Elevée) ou quantitativement (période de retour de 25 ans, 50 ans, 100 ans).

L'aléa inondation est en effet dépendant, outre de la variabilité saisonnière ou interannuelle normale du climat, des fluctuations climatiques, qui font qu'un même espace peut être soumis à des périodes durant lesquelles les inondations sont plus fréquentes et violentes que d'autres. De plus, l'aléa inondation, qui est en partie lié à la nature des états de surface génératrice des crues, est aussi dépendant de l'évolution de l'occupation du sol sur les bassins versants (Scarwell and Laganier 2004).

5.2.4. Méthode de cartographie d'aléa d'inondation

La cartographie d'aléa d'inondation est une composante de base dans l'analyse des risques d'inondation, qui permet d'évaluer efficacement la distribution spatiale des différents composantes du phénomène d'inondation (niveau de la surface d'eau, la vitesse, la période de retours ou la probabilité de dépassement), leurs combinaison à l'aide du système d'information géographiques (SIG) avec la carte de la vulnérabilité des enjeux permet d'analyser et de prévoir les risques hydriques.

Dans ce contexte, (Díez-Herrero et al. 2009) proposant dans le guide 'A Handbook on Flood Hazard Mapping Methodologies'; un ensemble des méthodes permettant de cartographier l'aléa d'inondation :

5.2.4.1. La méthode historique :

Ces méthodes sont basé sur les marques et les plaques sur des objets artificiels (bâtiments, voies de communications ...etc), la documentation historiques (manuscrits, document imprimés, bibliothèques et journaux et les archives) et des témoignages (orales ou audiovisuels) pour reconstituer l'étendue couverte ou les profondeurs atteints au cours d'une inondation historiques, l'exploitation des données historiques permettant de délimiter les zones d'inondation historique ainsi pour les inclure dans les études portant sur l'analyse fréquentielle des inondations.

5.2.4.2. La méthode Paléo hydrologique :

L'utilisation des techniques de datation (paléontologie, dendrochronologie, radiométrie ou l'archéologie) des données géologiques liées aux dépôts ou les traces laissés par les inondations passés (préhistorique ou d'époques ou aucune information historiques n'est disponible) peut également attribuer une probabilité d'occurrence suite à l'analyse de la fréquence des crues enregistrées.

5.2.4.3. Les méthodes géologiques et géomorphologiques :

Sont basées généralement sur la disposition et les types de reliefs ainsi que sur les dépôts générés pendant ou après les inondations. L'utilisation de ces méthodes a permis de délimiter les zones géomorphologiquement actives au sein du cours d'eau et ces rives, les zones susceptibles aux inondations dans le cadre de la rivière dynamique, la fréquence qualitative et de même la profondeur, la vitesse et la charge des sédiments transportés.

5.2.4.4. Les méthodes hydrologiques et hydrauliques :

Sont basées généralement sur l'estimation des débits générés dans un bassin versant, les vitesses et les profondeurs auxquelles ces décharges s'écouleront à travers certains oueds. Les méthodes hydrologiques se focalisent sur l'analyses statistiques de données de débit ou à l'aide des modèles de conservation hydrométéorologiques pluie-débit. Les méthodes hydrauliques reposent sur les différentes hypothèses, simplifications et approximations du débit d'eau dans la nature qui simplifient les équations physiques utilisées pour modéliser l'écoulement.

5.3. Cas d'étude de risque hydrique

5.3.1. Les inondations dans la wilaya d'Oran

La wilaya d'Oran se situe au Nord ouest de l'Algérie, qui présente l'une des régions les plus affectées à certains types d'inondations. Les conditions climatiques et morphologiques favorables rendent certaines zones plus exposées à l'aléa d'inondation. Historiquement, plusieurs zones de la wilaya d'Oran ont encaissés des bilans lourds et des pertes humains considérables suite à des inondations catastrophiques, où on mentionne, les inondations ceux de Messereghin (1900), Oued Tlelat (1948 et 1968), ainsi que d'autre zones qui connues annuellement des événements liées aux stagnations

des eaux pluviales survenus à plusieurs sites de la commune d'Oran, Es Senia, Sid Chahmi, Oued Tlelat et Arzew (fig3.3).

Malgré les efforts déployés par les collectivités locaux et régionaux face aux inondations, la situation devient plus en plus grave, ce qui implique l'état à reconsidérer la politique de la gestion des risques liés aux inondations.

L'emploi d'une méthodologie s'appuie notamment sur la collecte des informations liées aux événements historiques et qui représente une étape fondamentale dans la cartographie d'aléa ou à l'évaluation de la susceptibilité aux inondations, la réalisation d'une base de données relative aux inondations affectant une région donnée permet de mieux estimer la période de retour, l'ampleur et le système d'occurrence d'événement.

L'objectif de cette partie est de compiler un catalogue des inondations affectant le périmètre de la wilaya d'Oran afin d'établir une étude qualitative qui contribue à la cartographie des zones potentiellement exposées aux aléas d'inondation.



Figure 3.3: exemple de quelques inondations inventorie au niveau de la wilaya d'Oran ; a) inondation urbain au centre ville d'Es Senia 19.., b,c) inondations urbain à Arzew 1948 , d) inondation à sidi Chahmi, e) inondation au niveau du quartier Akid Lotfi (Oran), f) inondation du quartier CUMO (Es Senia), g) inondation du tunnel de Cité Djamel (Oran), h) inondation au niveau de la nouvelle cité 1200 logements (Oued Tlélat).

5.3.2. Caractéristique de la wilaya d'Oran

5.3.2.1. Situation géographique

la wilaya d'Oran représente le métropole occidentale de l'Algérie. Située au Nord-ouest du pays, est limitée au Nord par la Méditerranée, à l'Est par les wilayas de Mostaganem et Mascara et au Sud par les wilayas de Sidi Bel Abbès et à l'Ouest par Ain-Temouchent. Cette wilaya couvre une superficie d'environ 211.953 (ha). La wilaya d'Oran est subdivisée en 26 communes (Oran, Bir El Djir, Gdyl, Sidi Benyebka, Arzew, Bethioua, Mers El Hadjadj, Ain El Bia, Benfriha, Boufatis, Hassi Mefsoukh, Hassi Bounif, Hassi Ben Okba, Sidi Chahmi, El Braya, Oued Tlélet, Tafraoui, El Kerma, Es Senia, Messereghin, Boutlilis, Ain El Kerma, Bousfer, El Ançor, Ain El Turck et Mers El Kebir) (Fig3.4).

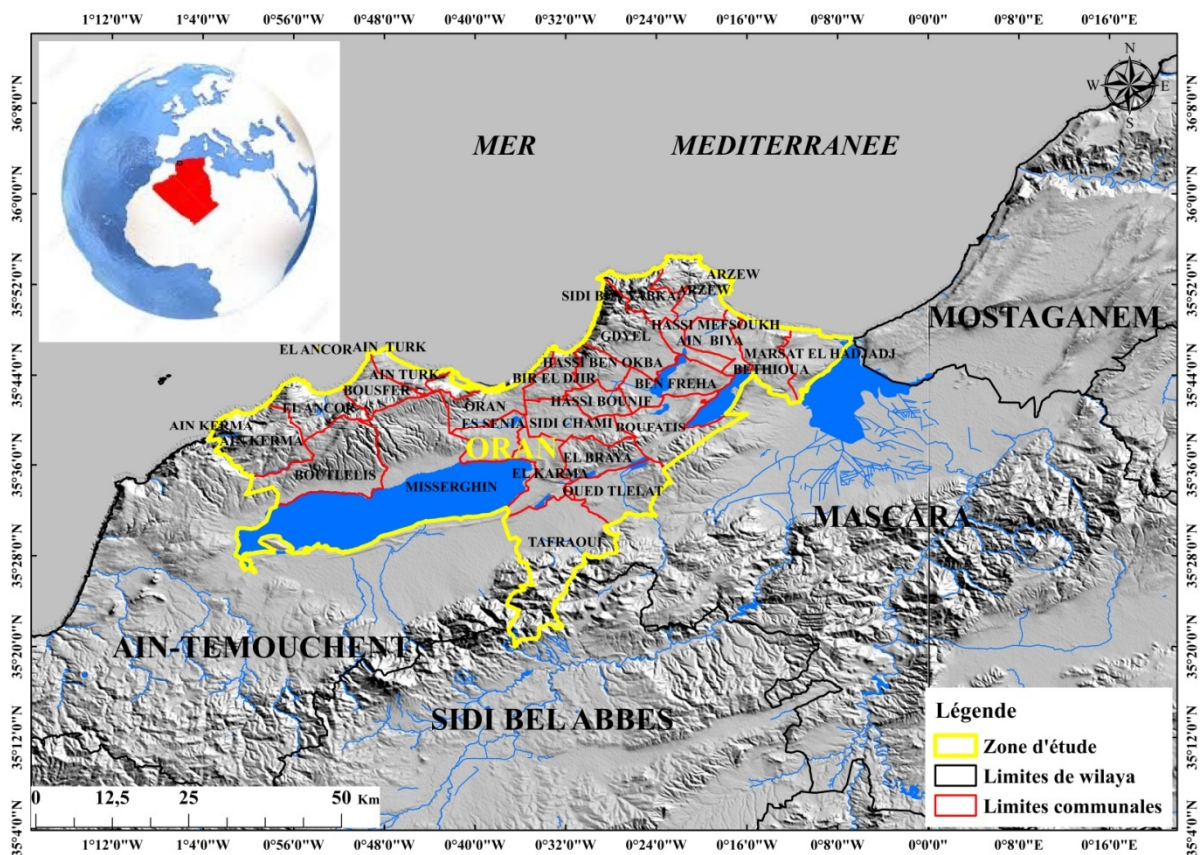
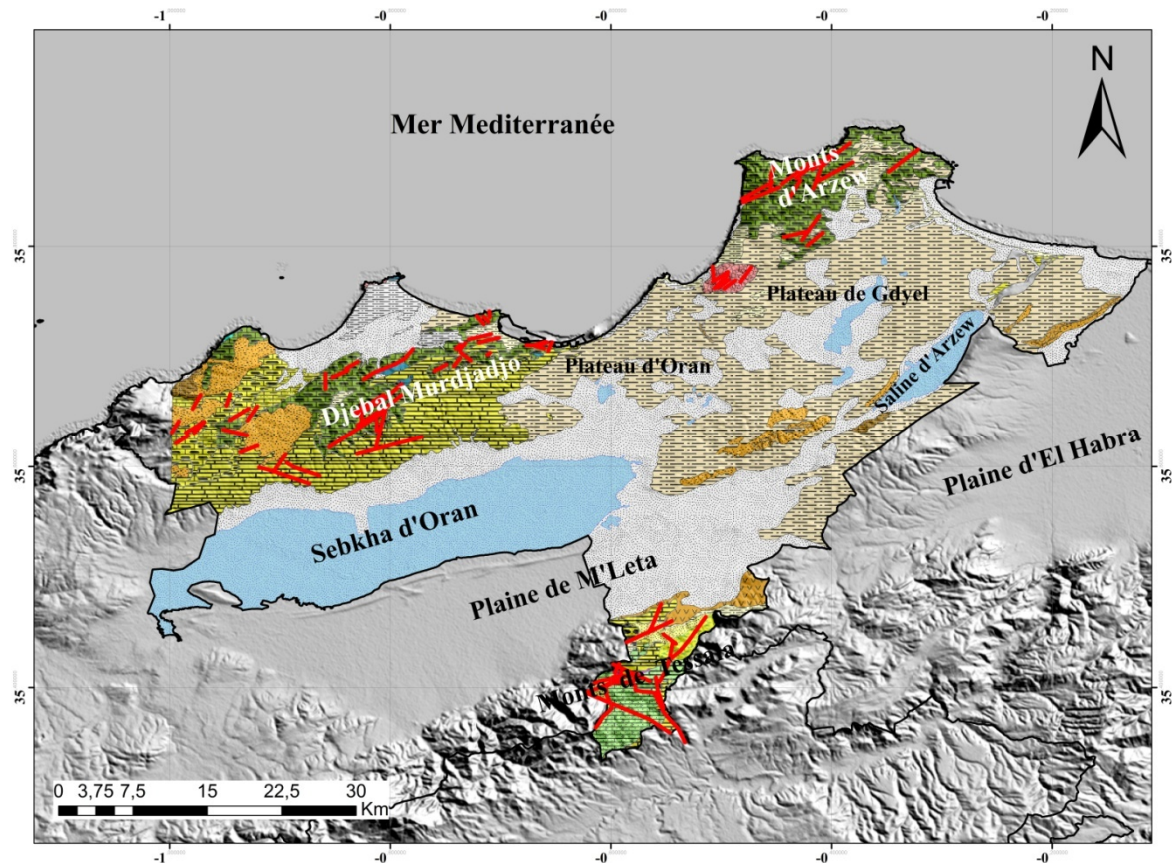


Figure 3.4: Localisation de la wilaya d'Oran au sein du littoral occidental

5.3.2.2. Aperçu géologique de la wilaya d'Oran

Sur la figure 3.5, on peut distinguer plusieurs unités géologiques : i) *la plaine de Mleta* situé dans la partie centrale de la wilaya, elle appartient au contexte structural du grand sillon occupé par la grande Sebkha d'Oran prolongement du géosynclinal du Chélif où se sont accumulés des sédiments d'abord au Néogène puis au Pléistocène et à l'Holocène,

atteignant jusqu'à 3000 mètres d'épaisseur par endroits ; ii) *la forêt de Msila* situé dans le ouest de la wilaya, la structure géologique de cette unité est caractérisée par deux termes géologiques : grès du Pliocène supérieur (Astien/Plaisancien supérieur) au niveau de la partie Sud-ouest de l'unité tandis que sa partie Nord-est est caractérisée par des schistes plus ou moins calcaires et quartzites et calcschistes à faunes du jurassique sup- Crétacé inférieur ; iii) *le flan sud du Murdjajou* est situé dans le nord de la Sebkha d'Oran, la structure géologique de cette unité est caractérisée par deux unités importantes à savoir les dépôts alluviaux dans la zone de la Sebkha dans la partie Sud et les calcaires du Miocène supérieur occupant la plus grande partie de la moitié Nord de l'unité. Son extrémité Nord est composée de schistes plus ou moins calcaires, quartzites et calcschistes à faunes du jurassique sup-Crétacé inférieur ; iv) *la plaine Côtière Oranaise* est située dans la partie nord-ouest du Murdjajou, elle appartient du sous bassin versant côtière d'El Andalous, cette unité est constituée par les formations dunaires consolidées, quelques lumachelles, poudingues et grès Calabrien ; v) le Plateau d'Oran est constitué par les alluvions actuelles et récentes, des sables, graviers et argiles, et par les grès Calabrien en dessous ; vi) *les Monts d'Arzew* forment une unité complexe très tectonisées, Cette unité est dans sa grande partie est composée d'un complexe de Schistes plus ou moins calcaires, quartzites et des calcschistes à faunes du jurassique sup-Crétacé infrieur. Dans la partie Nord de l'unité ces formations du complexe sont recouvertes par les dépôts quaternaires alluviaux ; vii) *le plateau de Gdyl (Des Hassi)* est situé dans la partie sud du Monts d'Arzew, il appartient aux sous bassin versant de la saline d'Arzew, cette unité est composée par des marnes- alternées parfois de bancs de gypse d'âge Miocène supérieur et une croûte de calcaire et des alluvions surmontant les grès du Calabrien.



Légende

- Plan d'eau
- Quaternaire (Holocène): Alluvions actuelles et récente
- Quaternaire (Holocène): Formations dunaires consolidées, quelques lumachelles, poudingues et grès
- Quaternaire : Croute calcaire-dépôts quaternaires ancien avec surface encroutée
- Quaternaire (Pléistocène inférieur/Vilafranchien): Terasse, argiles et cailloutis
- Plio-quaternaire: Cailloutis (grès et conglomérats) et marnes
- Pliocène supérieur (Astien/Piacenzien supérieur): Calcaires gréseux, calcaires construits, grès, marnes jaunes, sables
- Pliocène supérieur (Astien/Piacenzien supérieur): Calcaires gréseux, calcaires construits, grès, marnes jaunes, sables
- Pliocène supérieur (Plaisancien/Piacenzien inférieur): Marnes, argiles et grès de base et calcaires lacustres
- Miocène supérieur (Messinien): Calcaires crayeux
- Miocène supérieur (Messinien): Marnes gréseuses brunes, bancs de grès et lits de gypse
- Miocène supérieur (Tortonien): Calcaires à lithothamnium et grès à clypeâstres
- Miocène supérieur (Tortonien): Marnes bleues
- Miocène moyen (Helvetien) Argiles, marnes et grès
- Miocène moyen e supérieur (Vindobonien): Grès et poudaings
- Miocène moyen e supérieur (Vindobonien): Marno-calcaire et grès
- Miocène inférieur (Burdigalien): Marnes
- Crétacé supérieur (Coniacien-Maestrichtien): Marnes grises et calcaires lites au sommet
- Crétacé supérieur (Cénomanién): Marnes et Calcaires
- Crétacé inférieur (Aptien): Calcaires et grès
- Crétacé inférieur (indéterminé): Marno-calcaire
- Jurassique sup-Crétacé inf: Schistes plus ou moins calcaires et quartzites et calcschistes à faunes
- Jurassique moyen (Dogger) Calcaires à silix et dolomies
- Jurassique inférieure (Lias): Calcaires massifs et localement dolomitiques
- Trias: Gypses, Argiles et dolomies noires
- Permo-Trias: Schistes, quartzites et conglomérates
- Carbonifère: Schistes, psamites, grès, conglomériennes

Figure 3.5: Carte géologique de la wilaya d'Oran (vectorisation de la carte géologique à l'échelle 1/200000, ANRH 2008).

5.3.2.3. Aperçu géomorphologique

Du point de vue géomorphologique, la wilaya d'Oran est caractérisée par quatre unités bien distinctes, les plaines littorales (Ain El Turk, Bousfer et El Andalous), les plaines sub-littorales (MLeta, Messereghin et Boutlelis), les massifs côtiers (les monts du Murdjajou et les Monts d'Arzew), les Monts de Tessala au sud ainsi que le Plateau d'Oran et Gdyl (fig3.6).

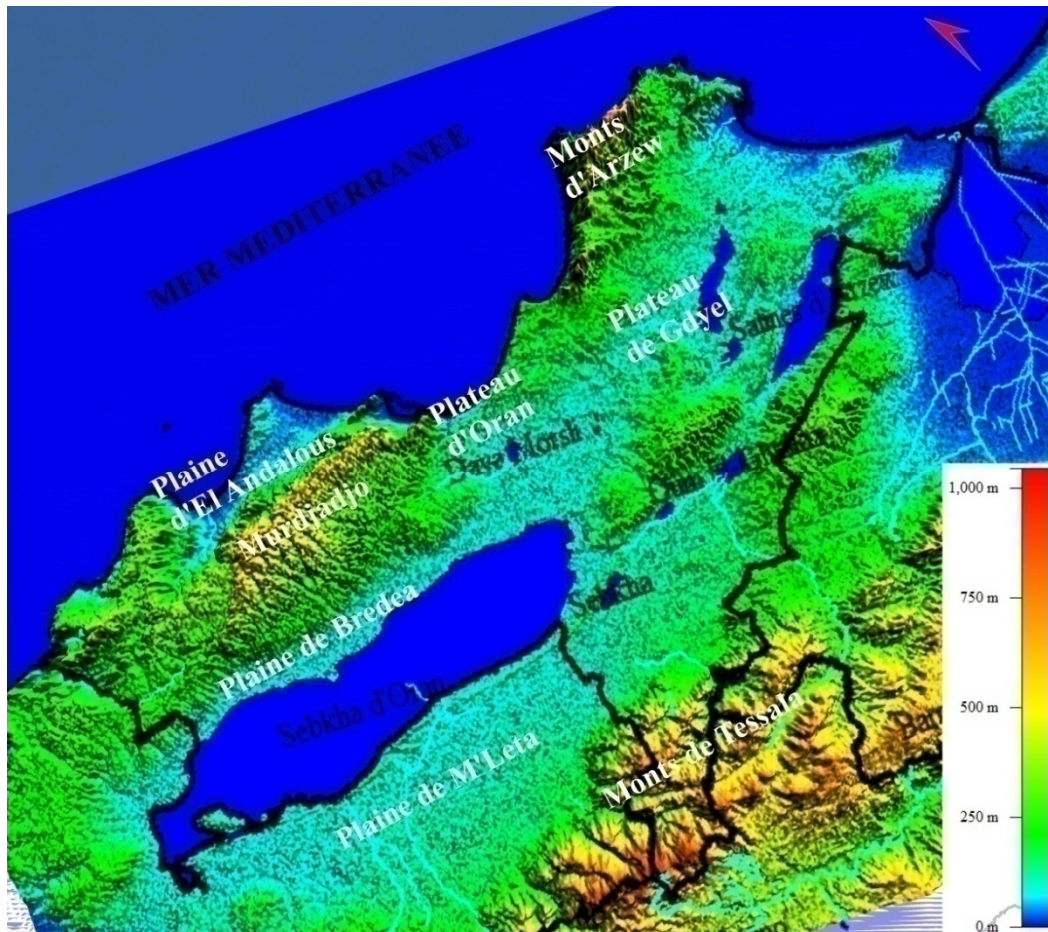


Figure 3.6: Aperçu géomorphologique de la wilaya d'Oran

5.3.2.4. La démographie

La wilaya d'Oran a enregistré en 2015 un nombre de 1875596 habitants par rapport à 1822000 Habitats en 2014, soit une croissance démographique de 53596 habitat avec un taux d'accroissements de 3% (DPSB 2015). Selon la distribution spatiale de la densité de population (fig3.7), on n'observe que sa répartition est majoritairement concentrée dans les communes de Bir El Djir, Oran, Es Senia, Sid Chahmi, Hassi Bounif et Arzew, par contre les autres communes sont caractérisées par une faible à moyenne densité de population (fig3.7). Cette distribution revient au plusieurs facteurs d'ont la forte

attractivité due à l'emploi, aux achats et aux loisirs et autres conditions favorables de la vie au niveau des communes côtières (Rahal et al. 2018).

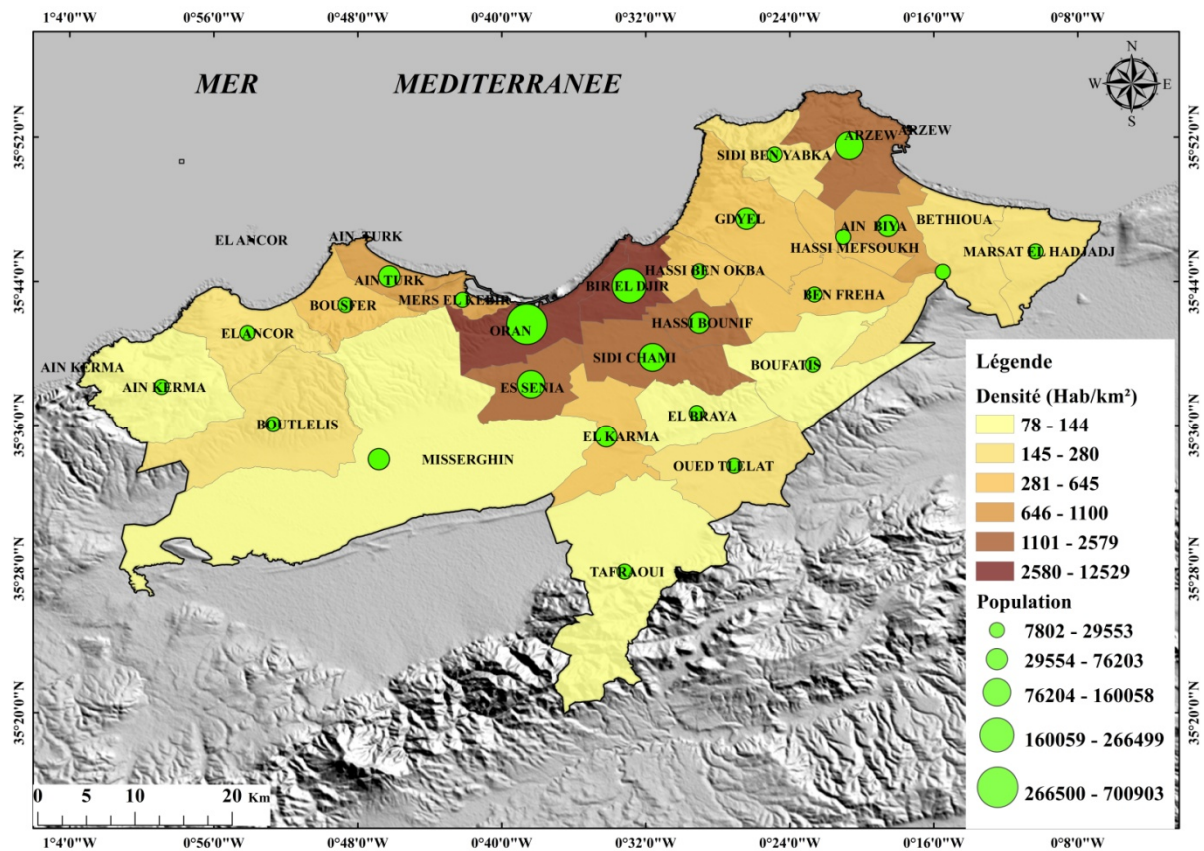


Figure 3.7: Densité de la population de la wilaya d'Oran

5.3.2.5. Bassin hydrologique

La wilaya d'Oran est située à l'intersection de plusieurs sous bassins versants. Le sous bassin versant côtier d'Ain Turck (SBV 0403) situé à l'ouest et sur le versant nord du Djebel du Murdjajou, le sous bassin versant de la Sebkhia d'Oran (SBV 0404) qui est un bassin endoréique couvrant une superficie importante de la wilaya, le sous-bassin versant des salines d'Arzew (Code 0405) est situé au nord-est de la Wilaya ainsi que le sous bassin versant d'El Habra (11-16) située à l'aval grand bassin versant de Mactaa. Les eaux superficielles de la partie Nord de la wilaya atteignent généralement la mer, par contre les eaux de la partie centrale et Sud alimentent les dépressions de la sebkhas, des lacs et des salines (fig3.8). Les principaux cours d'eaux que compte la wilaya d'Oran sont : Oued Hammadi et Oued Madagh à l'Ouest, Oued Messereghin au centre, Oued Guessiba au Nord, Oued Tinn à l'Est, Oued Tlélat au Sud.

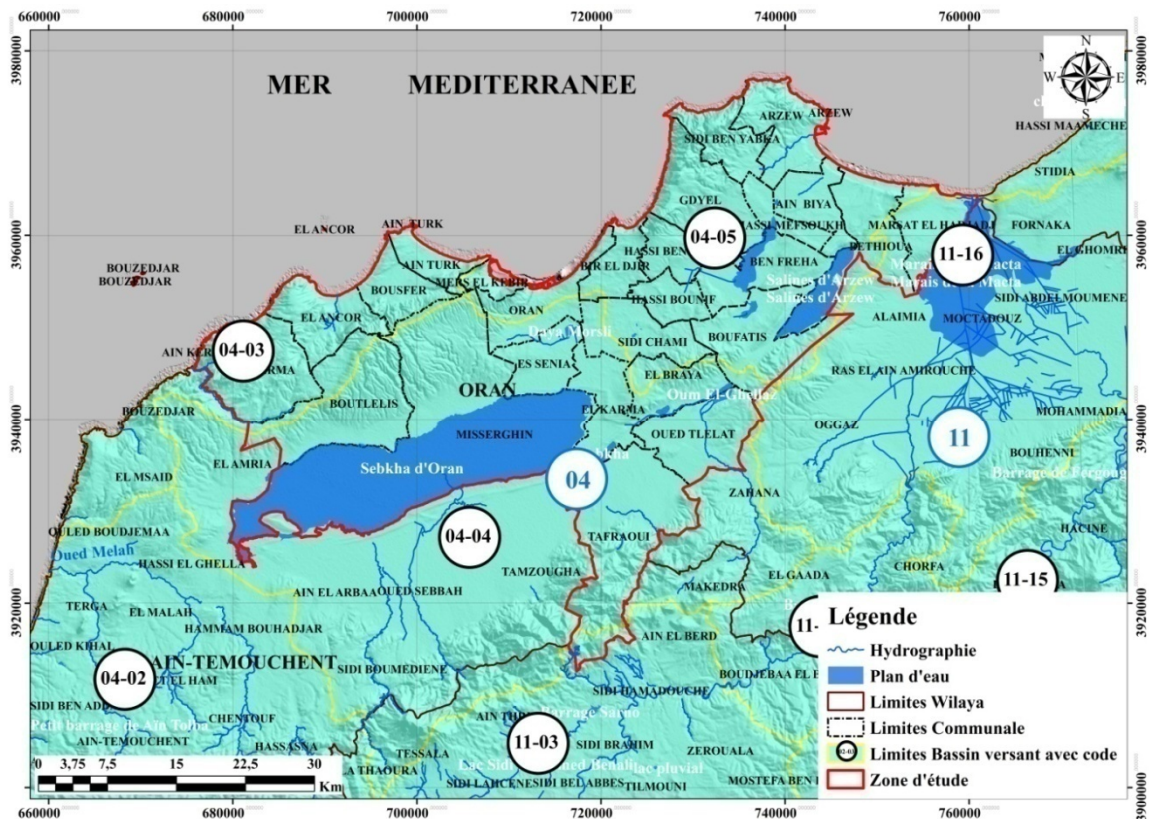


Figure 3.8: Localisations des sous bassins versants de la wilaya d'Oran

5.3.2.6. Occupation du sol

Selon la carte d'occupation du sol de la wilaya d'Oran réalisé par (BNEDER, 2011) à l'échelle 1/50000 (fig3.9), les terres agricoles (grandes cultures, maraîchage, arboriculture, viticulture, oléiculture, et polyculture) représentent une superficie prédominante avec un taux de 93464,05 ha soit 43,85% de la superficie total, sont situées majoritairement en zones de plaines et piémonts ainsi que sur tout le pourtour de la Sebkha d'Oran. Les terres forestières (forêts, maquis et reboisement) couvrent une superficie de 49101,94 ha soit un taux de boisement de 23,04%, ces dernières sont essentiellement concentrées sur les massifs côtiers Est et Ouest, les monts de Murdjadjo, les monts de Boufatis ainsi que partiellement sur les monts de Tessala. Il existe aussi quelques petites forêts de moindre importance au Nord de la Sebkha el Melaha (saline d'Oran au Sud de la wilaya), sur la frange littorale Est (commune de Bethioua et commune Marsat el Hadjadj). Quelques plans d'eaux tels que La Sebkha d'Oran (saline d'Oran au Sud de la wilaya), Daïet Morsely (près du chef-lieu de wilaya), Daïet el Bagrat, lac Barabas (lac Ghararbas), lac de Telamine, la grande Sebkha d'Oran (saline d'Oran ou el Mellaha), les maries d'El Macta, lac de Sidi Chami complètent le réseau

hydrographique de la wilaya. Leurs superficie est de 33859,15 ha soit 15,89%. Le bâti et autres construction sont très concentrés dans le chef-lieu de la wilaya et ses environs immédiats, Oran, Es Senia, Bir el Djir, Hassi Bounif, Oued Tlélat au sud, Arzew, Ain El bia, Mers El Hadjadj et Bethioua à l'est et Ain El Turk à l'ouest elles représentent les principaux centres urbains de la wilaya. Leur superficie est de 19579,3ha soit 9,19% de la totalité (fig3.9a,b).

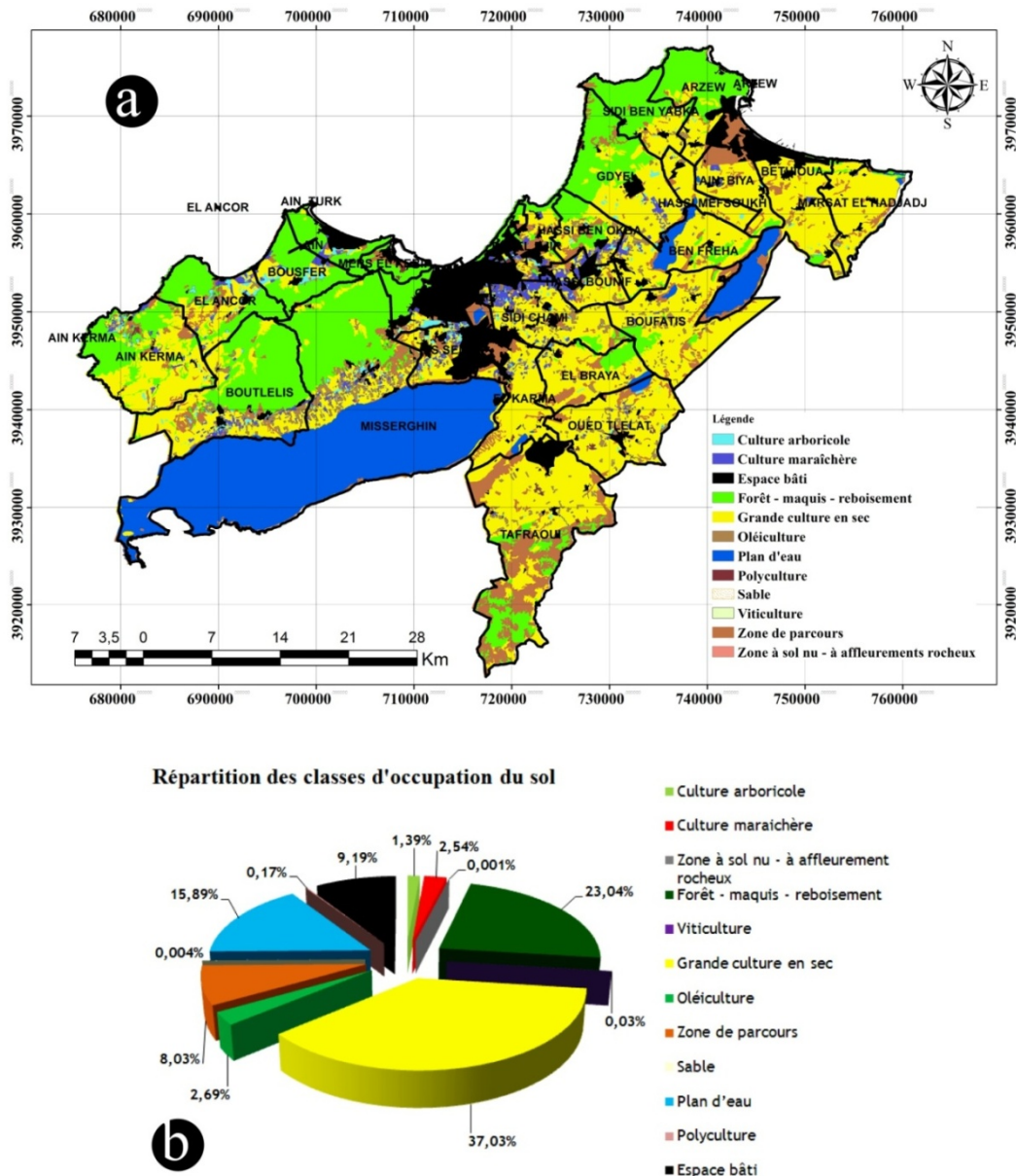


Figure 3.9: Carte d'Occupation du sol de la wilaya d'Oran ; a) distribution spatial d'occupation du sol, b) répartition des classes d'occupation du sol

5.3.3. Inventaire des inondations de la wilaya d'Oran, période (1847-2018)

L'inventaire des inondations présente un document important dans l'analyse historique des inondations et dans la cartographie algébrique de l'aléa et la susceptibilité au phénomène d'inondation (Potter 1978), (Bayliss and Reed 2001), (Diakakis 2010), (Tehrany et al. 2014a), (Khosravi et al. 2018). Dans ce contexte, un inventaire des inondations affectant la wilaya d'Oran est entamée par la compilation des événements enregistrés dans les 26 communes selon une période de (1847-2018). L'exploitation des données et les informations disponibles liées aux inondations affectant la zone d'étude nous à permis de compiler le catalogue régionale des inondations relatif à la wilaya d'Oran. On mentionne que le seul catalogue réalisé est celui de (Miloud 2016), dans le quelle 125 événements sont inventoriés durant la période (1847 et 2014), ce catalogue couvre la partie Nord ouest de l'Algérie.

5.3.3.1. Source d'information

Dans la littérature, plusieurs recherches et travaux scientifiques réalisés portent sur les méthodes et techniques employées dans l'élaboration de l'inventaire des inondations (Llasat et al. 2013, Llasat Botija et al. 2009, Llasat et al. 2010; Price et al. 2011, Barnolas and Llasat 2007, Padi et al. 2011, He et al. 2018). Les sources d'informations sont multiples : les anciennes catalogues les archives, la presse, les rapports techniques, l'expertise insitu, les livres, interview avec les citoyens (Guzzetti et al. 1994), les sites Web et les travaux scientifiques (articles, thèses et mémoires) ; actuellement, les réseaux sociaux sont devenus un outil performant dans le transfère d'information liée aux aléas naturelles (Llasat-Botija and Llasat 2010, Kongthon et al. 2014).

Dans notre travail, le catalogue des inondations de la wilaya d'Oran est entamé par l'exploitation d'anciens catalogues réalisés, des enquêtes sur terrain ainsi que par les journaux et les sites Web. La majorité des informations liées aux inondations affectant le territoire de la wilaya sont collectées à partir des pages web et de la presses écrit qui s'exprime en un taux de 87%, un pourcentage de 7% des événements inventoriés est collecté suite à des informations citées aux défirents travaux scientifiques (articles et mémoires et thèses) (fig3.10), plusieurs enquêtes sur terrain nous ont permis aussi de completer notre catalogue d'inondation durant notre parcoure de recherche.

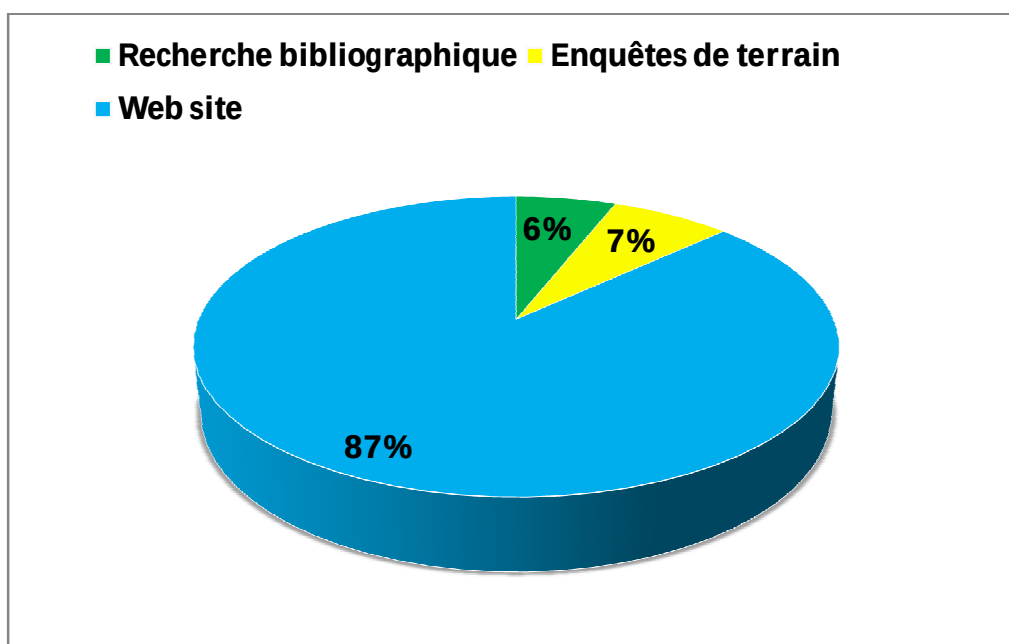


Figure 3.10 : Les sources utilisées dans la compilation du catalogue d'inondation

5.3.3.2. Structure du catalogue

Suite aux travaux de (Gaume et al. 2009, Guzzetti et al. 1994, Barredo 2009, Diakakis et al. 2012, Sardou et al. 2016), le catalogue réalisé est composée de neufs colonnes (Numéro (ID), la commune, le site, type d'inondation, coordonnée longitudinale, coordonnée latitudinale, le nombre des victimes et les conséquence observés) ;(Annexe 7).

5.3.3.3. Analyse du catalogue régional d'inondations

Dans le catalogue réalisé, 118 événements historiques, liés aux inondations sont inventoriés pour une période de 171 ans (1847-2018). L'exploitation de l'information issue de ce catalogue a permis de mieux étudier la distribution spatio-temporelle des inondations, a cartographie préliminaire d'aléa d'inondation et les événements catastrophiques (Miloud 2016).

La figure 3.11 montre clairement que les inondations les plus fréquentes sont généralement de type urbain, ce qu'explique la vulnérabilité des zones urbains aux inondations. Ce pourcentage élevé revient à i) la densité d'urbanisation, ii) l'urbanisation anarchique, iii) imperméabilité du sol urbain, v) présence d'un réseau fragile unitaire pour les eaux usées et pluviales, vi) la topographie favorable à la stagnation des eaux de surface de certain endroits. Un taux de 10% est relatif aux inondations des routes dans les différents milieux, traduisant ainsi la fragilité du réseau

d'assainissement lié au réseau trafic. Les inondations éclairs représentent 9% du total, ils sont lié généralement aux caractéristiques météorologiques et topographiques de certain sites. *On mentionne que les événements liés aux inondations des plaines et aux inondations côtières non pas été indiquées ni dans les archives ni dans la presse.*

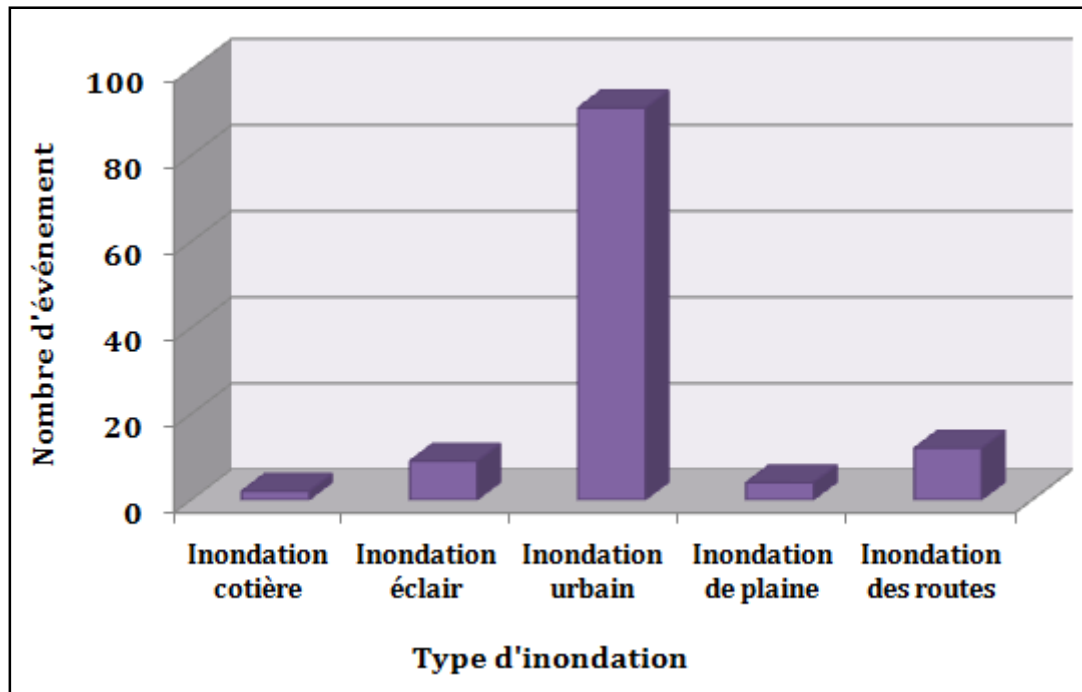


Figure 3.11: Type des inondations historiques dans la wilaya d'Oran (1847-2018)

L'exploitation des anciens plans cadastraux (période coloniale) montrent que certain zones sont à l'origine des zones inondables, on mentionne l'exemple du Petit Lac qui présente à l'origine une zone inondable en vue de leurs caractéristique géologique et géomorphologique. L'expansion industrielle et urbaine au détriment de cette zone (fig3.12) et (fig3.13) conduite d'une part à développer cette partie de la ville et d'accentuer la vulnérabilité aux inondations. Certain projets d'hôteliers connaissent des difficultés lors de leur réalisation due au remontés des eaux souterrains. En effet, cette zone est considérée comme un endroit où l'aléa multicritères (hydrologique et hydrogéologique) qui nécessite des études préalables portant en considération le taux l'aléa et/ou le taux la susceptibilité aux inondations.



Figure 3.12 : plan cadastral (1867 section 'A' La Senia) de la zone de Petit Lac (DRC d'Oran)



Figure 3.13 : Expansion industrielle et urbain au détriment de la zone inondable Petit Lac

5.3.4. Analyse spatiale du catalogue d'inondations

L'utilisation du logiciel Arc Gis10.1 nous a permis de transformer le catalogue obtenu sous forme d'une base donnée SIG, l'exploitation du contenu de cette dernière est de mettre en évidence la distribution spatiale des différents types d'inondations par rapport aux caractéristiques de la wilaya d'Oran (découpage administratif des communes, bassin versant, morphologie et densité de population).

5.3.4.1. Répartitions spatiales des inondations par commune

La figure 3.14 montre la distribution spatiale des inondations par commune durant la période (1847-2018). La commune d'Oran a enregistré 29 événements, quant à la commune d'Es Senia a enregistré 20 inondations, Sidi Chahmi 14 événements, Bir El Djir 11, Hassi Bounif 8 événements, tandis que la commune de Oued Tlélat a enregistré 8 événement (fig3.14a,b), le reste des communes ont enregistrées entre 1 et 7 événements. Cette distribution est liée à plusieurs facteurs (entropique et naturel) ainsi que sur la présence d'informations sur les événements en milieux urbain par rapport aux zones rurales.

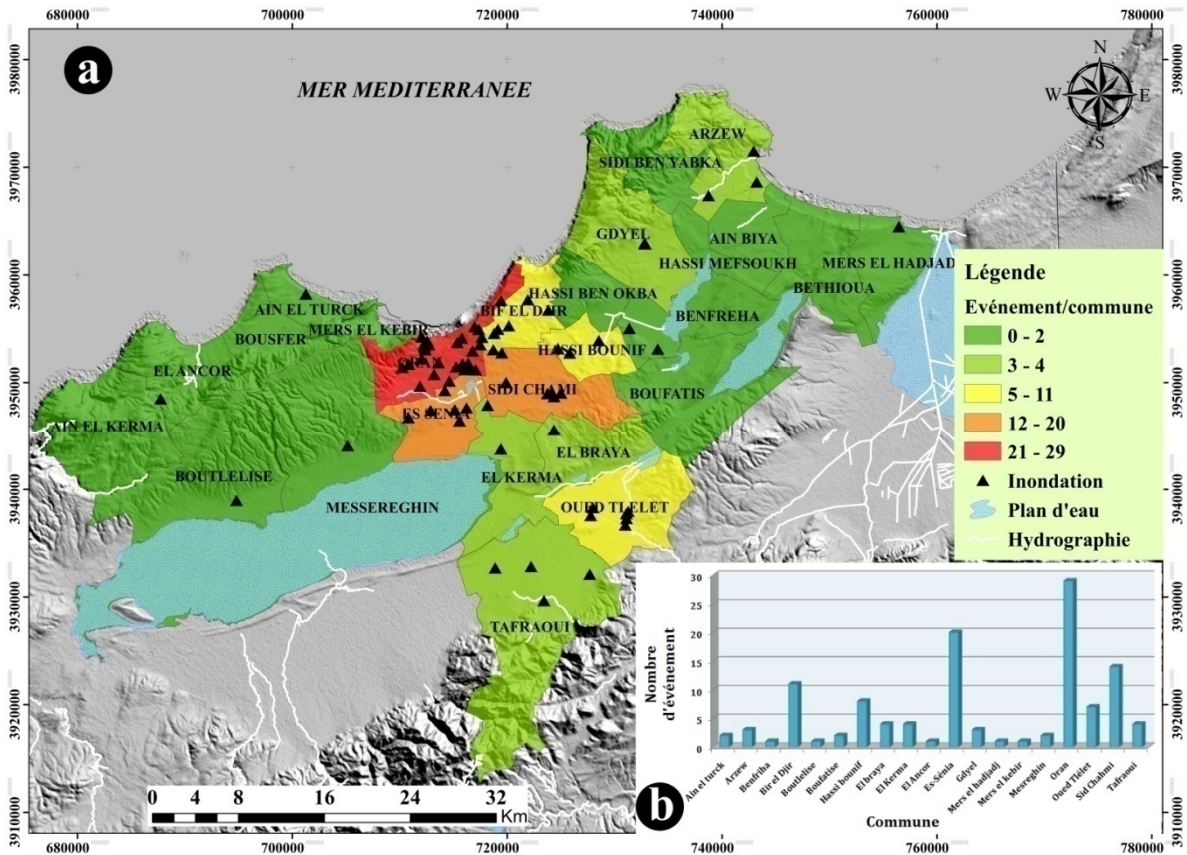


Figure 3.14: Distribution spatiale des inondations par commune, a) densité des inondations par commune, b) nombre des inondations par commune.

5.3.4.2. Répartitions spatiales des inondations par commune en fonction de la densité de population

Le croisement spatial des événements enregistrés avec celle de la densité de population des communes d'Oran (fig3.15) montre que les zones les plus affectées par les inondations coïncident à certains endroits où la densité de population est très élevée, on mentionne le cas de la commune d'Oran, Bir El Djir, Es Senia, Hassi Bounif et Sidi Chahmi et Oued Tlélât ; on constate qu'au niveau de certains endroits moins affectés par les inondations mais caractérisés par une densité de population assez importante, c'est le cas de la commune d'Arzew et Ain El Turk. L'augmentation de la densité de la population favorise à ces endroits de devenir très susceptible aux inondations est vis versa.

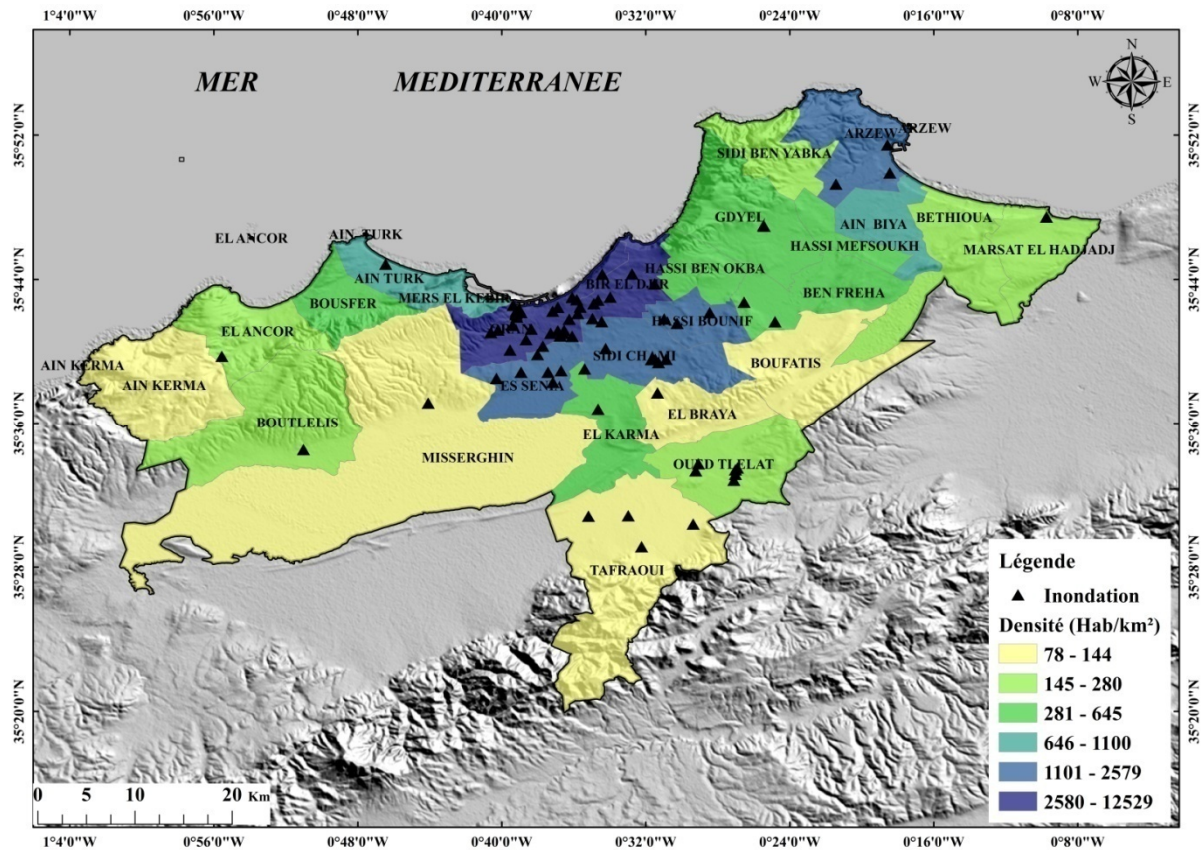


Figure 3.15 : Distribution spatiale des inondations par commune en fonction de la densité de population.

5.3.4.3. Répartitions spatiales des inondations par bassin versant

Les facteurs physiographiques caractérisant les bassins versants peuvent influencer sur l'occurrence des crues éclaircs en combinant deux mécanismes principaux, i) les effets orographiques qui augmentent les précipitations et la topographie du relief qui favorise la concentration rapide du débit (Marchi et al. 2010). Dans ce contexte, l'analyse de la distribution spatiale des inondations par rapport aux bassins versant de la wilaya d'Oran (fig3.16) montre que la concentration des inondations au niveau des zones limitées par les deux sous bassins versants joue un rôle important : i) le sous bassin versant de la Sebkha d'Oran (SBV 0404) et ii) le sous-bassin versant côtère (Code 0405), cette répartition est liée aux caractéristiques morphométriques (altitude, pente et forme) et hydrologiques (caractéristiques du réseau hydrographie) des sous bassin versant favorisant ainsi l'augmentation des : i) débits de ruissèlement des eaux de surface, ii) le temps de concentration et iii) le volume des crues.

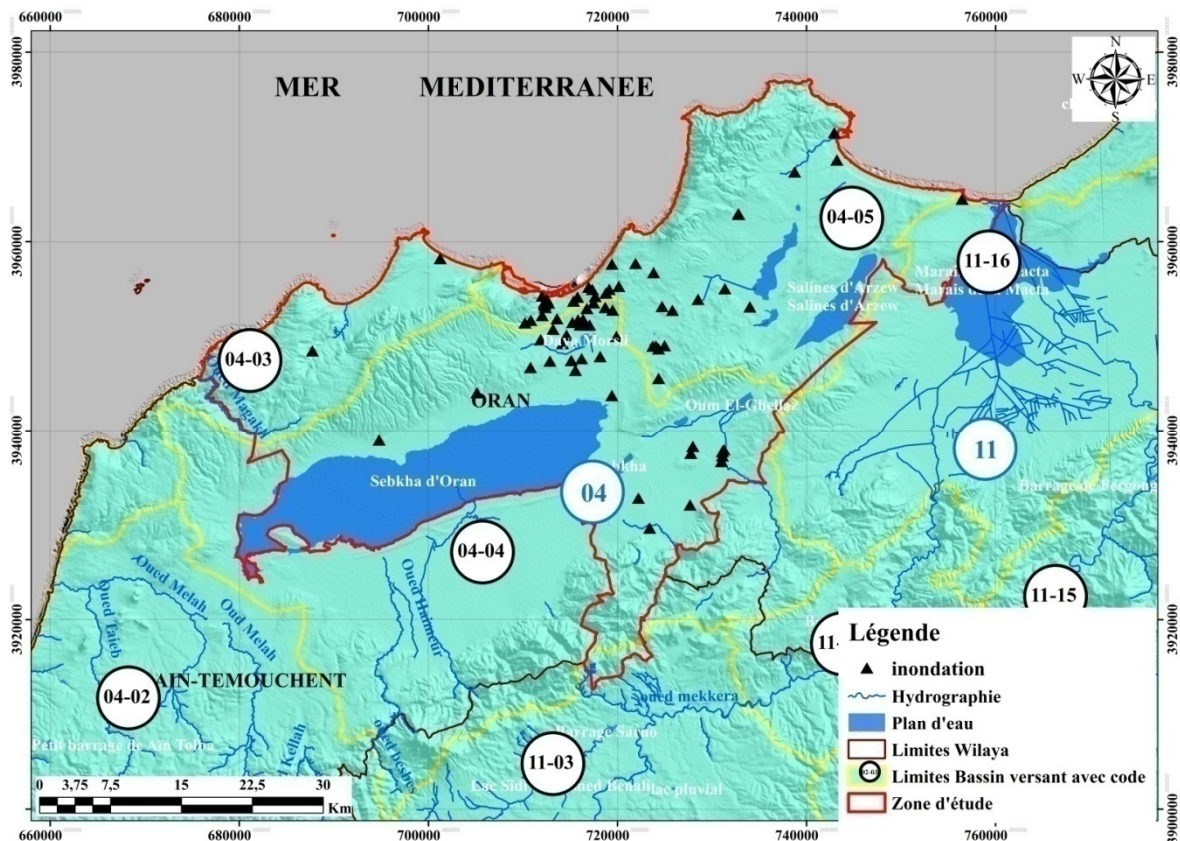


Figure 3.16 : Distribution spatiale des inondations par bassin versant.

5.3.4.4. Répartitions spatiales des inondations par rapport aux unités morphologiques

La morphologie du terrain joue un rôle très important dans le processus des inondations. La distribution spatiale des inondations par rapport aux unités naturelles existantes dans la région d'étude (fig3.17), ce qui montre clairement que la plus part des inondations se concentrent dans les plaines littorales. Cette distribution peut s'expliquer par l'endoréisme de certain sous bassin versant et l'imperméabilité des sols urbains et des formations superficielles, ainsi que la forte densité de population et de l'infrastructure. La présence des sebkhas et des plans d'eau confirme également l'hypothèse d'augmentation de la susceptibilité à certains endroits propres aux inondations saisonnières.

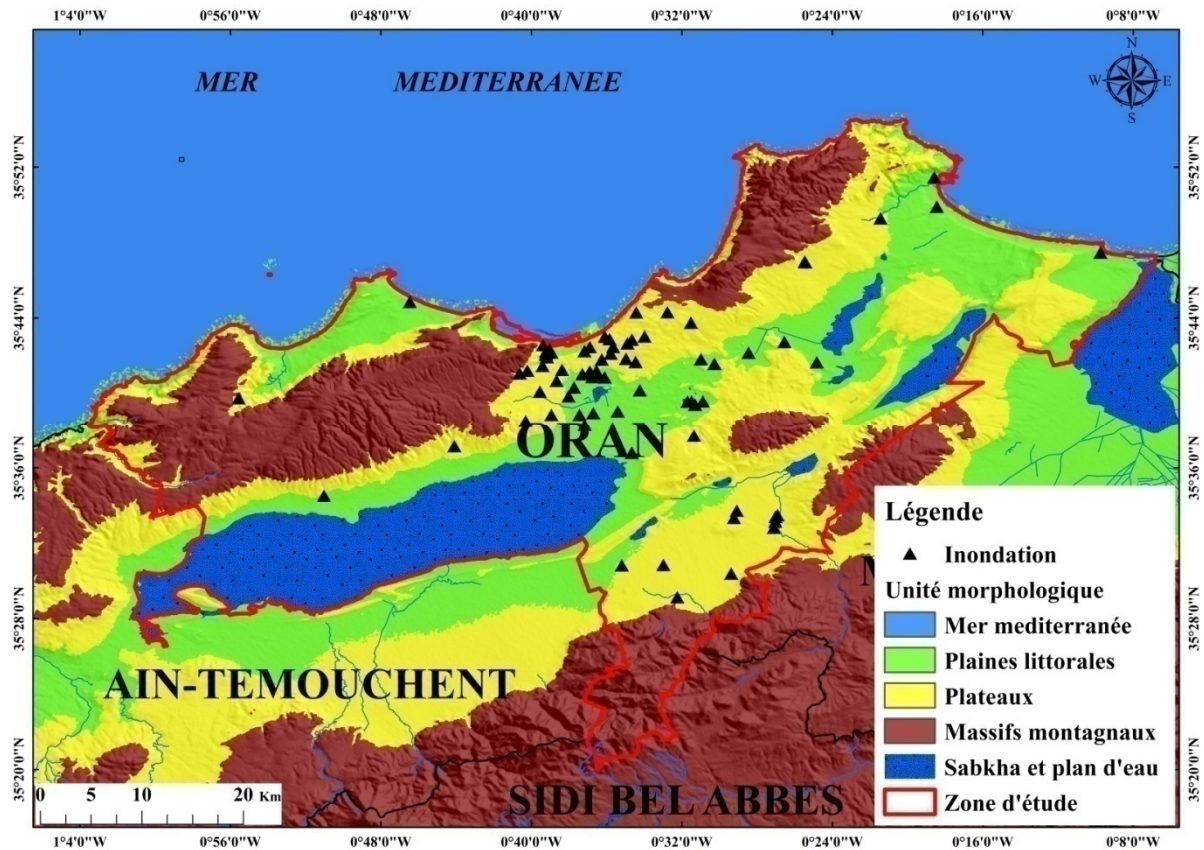


Figure 3.17: distribution spatiale des inondations par unité morphologique.

5.3.5. Répartition temporelle

5.3.5.1. Distribution mensuelle

Selon la figure 3.18, on n'observe qu'une concentration des inondations durant la période prolongée de l'automne vers l'hiver. Les mois de septembre et de décembre ont enregistré le taux le plus élevé (23% du total annuel), durant le mois de janvier 20 événements sont enregistrés avec un taux de 12% suivie par le mois de novembre (14%) et octobre 12% du total annuel. Cependant qu'on constate aussi que 9 événements sont enregistrés au niveau de mois d'avril avec un taux de 7%. Cette distribution est probablement liée aux caractéristiques climatiques de la région ou la période d'automne et d'hiver caractérisée par un maximum de précipitation où les inondations survenues en printemps s'expliquent par les averses soudaines affectant quelque région de la wilaya d'Oran.

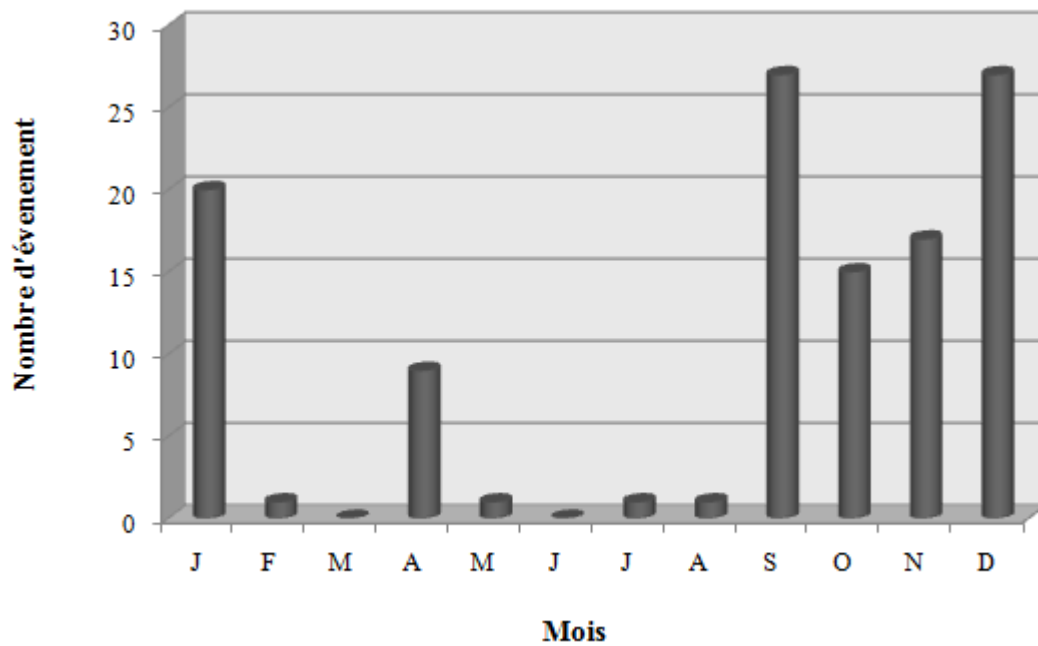


Figure 3.18: Distribution mensuel des inondations durant la période de (1847-2018).

5.4. Densité des inondations et cartographie préliminaire d'aléa

La cartographie de la densité des inondations affectant la zone d'étude a pu mettre en évidence les zones fréquemment sujette aux inondations. La figure suivante montre clairement que ces événements sont très fréquents dans la partie centrale de la wilaya d'Oran, où une densité très élevée caractérisant la zone située à l'intersection des quatre communes d'Es Senia, Oran, Bir El Djir et Sidi Chahmi. Les communes de Hassi Bounif, El Braya, Hassi Ben Okba et El Kerma caractérisant par une densité élevée. Quant aux plus ou moins zones internes telles que Oued Tlélat, la partie nord de la commune de Taфраoui et la partie ouest de la commune de Benfriha et Boufatis se caractérisent par une densité modérée où les évènements sont moyennement fréquents. Les autres communes sont généralement caractérisées par un faible à très faible densité ; traduisant ainsi les caractéristiques topographiques spécifiques, de faible densité de population et l'absence d'information liée aux inondations spécialement dans les zones rurales. On signale que la présente carte de densité des inondations peut être considérée comme une carte d'aléa d'inondation établie à l'échelle régionale.

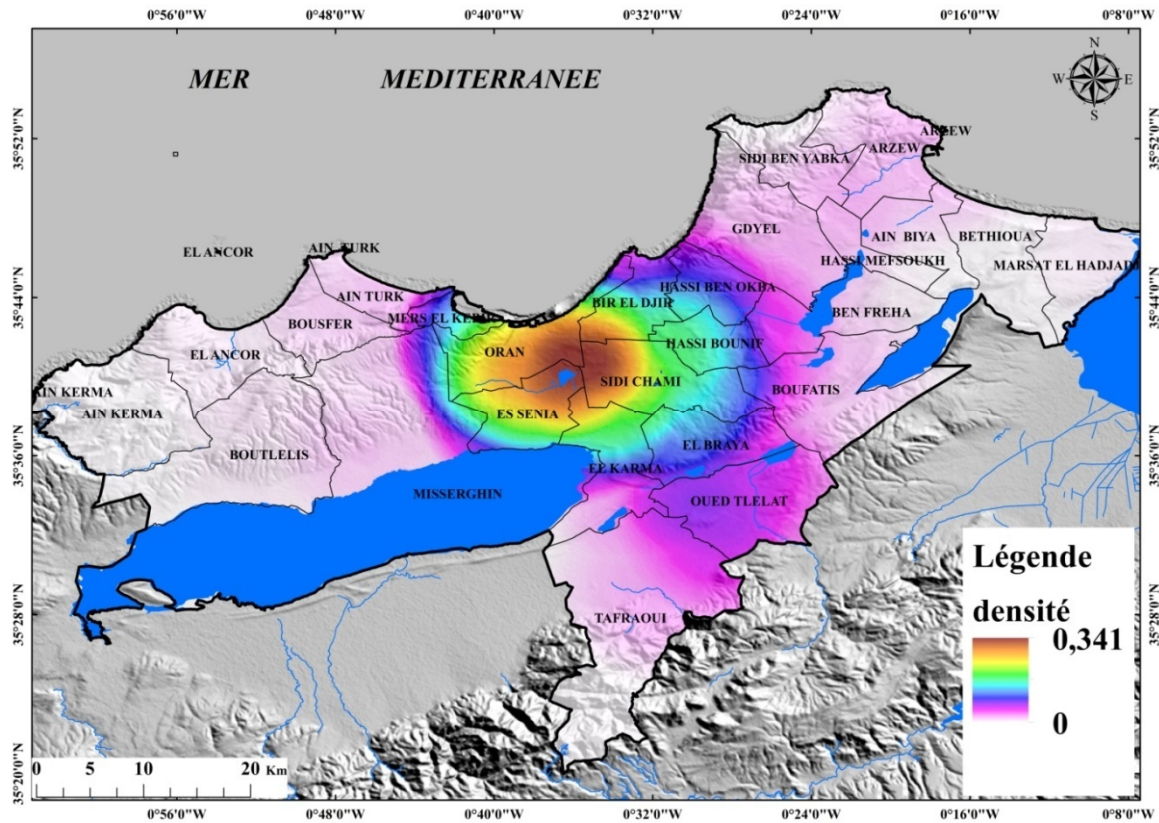


Figure 3.19: Densité des inondations dans la wilaya d'Oran

5.4.1. Les inondations les plus meurtrières

La wilaya d'Oran a enregistré des bilans lourds suites à des inondations catastrophiques. Les événements les plus meurtrières ont été celle d'Oued Tlélat survenu le 31 Octobre 1948 et 11 Mai 1968 (fig3.20). Une crue extrême est survenue causant 12 victimes et plusieurs habitations sont déclarées sinistrées. Le débit de l'oued Tlélat a atteint $333\text{m}^3/\text{s}$ avec une vitesse d'écoulement de 3m/s . L'eau a atteint 2m de hauteur dans certaines habitations et 30cm de boue accumulé dans certains quartiers du village (Miloud, 2016).

En Mai 1968, quatre jours successifs de fortes précipitations ont provoqués des inondations catastrophiques suite à des crues torrentielles dans le même village, cette dernière a causé 12 victimes et l'inondation de plusieurs zones avec l'accumulation des dépôts d'alluvions portés par les eaux de ruissellement lors de l'événement.

Ces événements peuvent être expliqués par : i) les fortes précipitations périodiques, ii) les caractéristiques morphométriques du bassin versant d'Oued Tlélat, iii) la situation du village par rapport au cours d'eau principal, v) la vulnérabilité du réseau d'assainissement et vi) l'urbanisation anarchique.

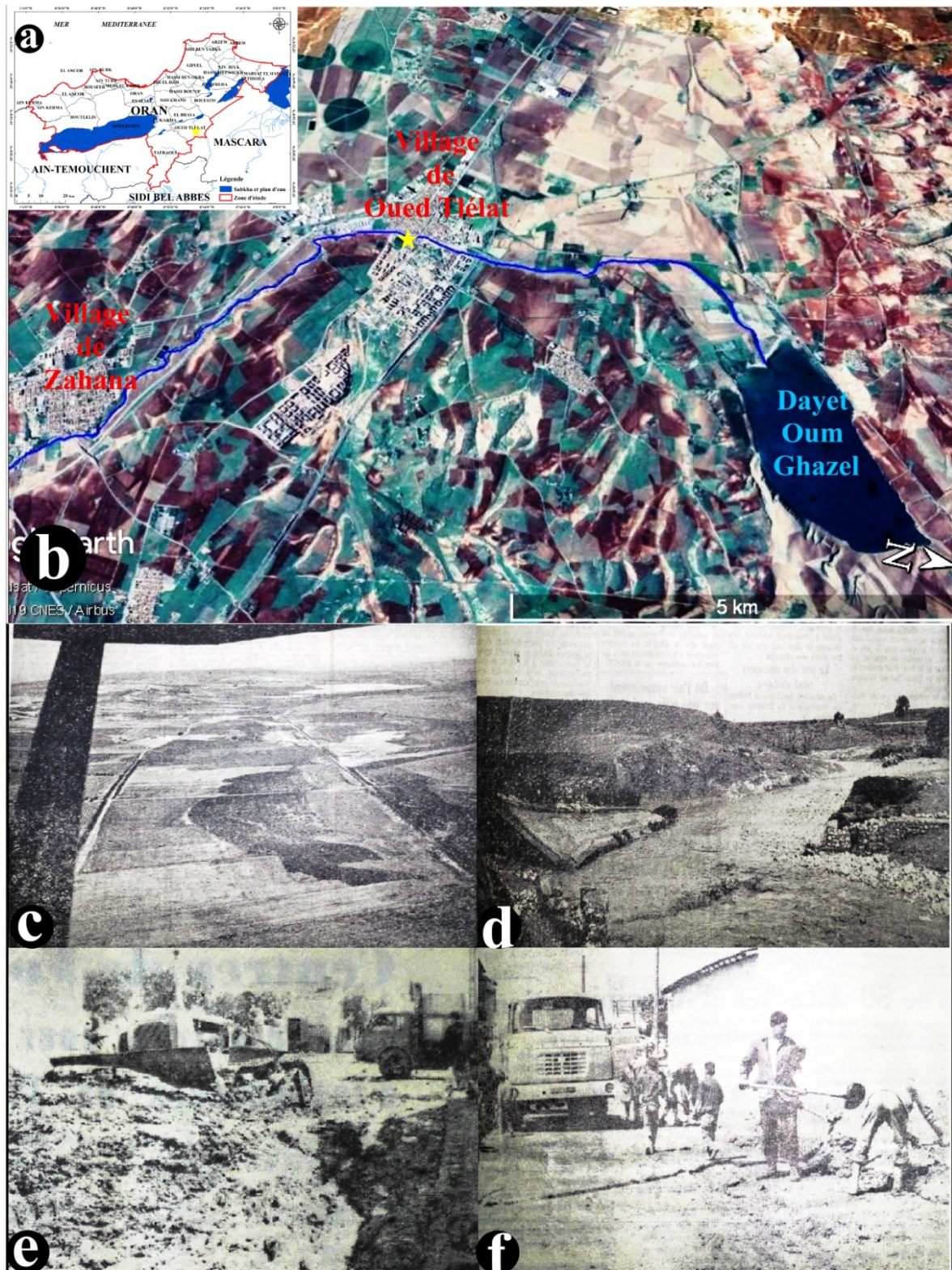


Figure 3.20: les inondations catastrophiques d'Oued Tlélat; a) localisation des inondations, b) vue aérienne des villages traversés par Oued Tlélat, c) inondation de la plaine suite à l'inondation du décembre 1948, d) destruction du pont de Zahana causée par les crues de décembre 1948, e) accumulation de la boue au niveau des quartiers d'Oued Tlélat suite à la crue de mai 1968, f) travaux de nettoyage suite aux dégâts causés par les inondations de mai 1968.

A ce jour, aucune catastrophe n'est enregistrée au niveau de cette commune vu les ouvrages de protection contre les inondations réalisés au niveau de la partie d'Oued traversant la ville de Oued Tlélet.

5.4.2. Cartographie de la susceptibilité aux inondations

La cartographie de la susceptibilité aux inondations présente actuellement l'un des prérogatives et une composante notable pour les modèles utilisées en domaine du risque d'inondation. Elle est fondée sur l'exploitation de plusieurs paramètres intrinsèques et extrinsèques liés au phénomène d'inondation. Cette technique utilise l'analyse statistique permettant de calculer la pondération de chaque paramètre dont leur combinaison avec l'environnement SIG, par l'application de différentes règles de décisions peut résoudre la question relative à la susceptibilité.

Dans la littérature, plusieurs méthodes statistiques sont utilisées pour calculer l'indice de la susceptibilité aux inondations ; tels que les méthodes statistiques bivariées et multivariées sont utilisées par (Tehrany et al. 2014b, Hong et al. 2018, Lee et al. 2012, Khosravi et al. 2016b, Siahkamari et al. 2018, Rahmati et al. 2016a, Tehrany et al. 2013) très spécifique à la cartographie de la susceptibilité aux inondations. Le modèle de réseau de neurone artificiels est aussi utilisé dans le zonage de la susceptibilité liée aux phénomènes d'inondations (Kia et al. 2012, Termeh et al. 2018, Falah et al. 2019) Ces méthodes s'appuient sur la comparaison des différents paramètres d'inondation avec la carte d'inventaire des inondations envisagés.

Vue la simplicité, la flexibilité, la facilité d'utilisation et d'interprétation, la méthode statistique 'AHP' est considérée comme l'une des méthodes géo-décisionnelle la plus appliquée dans le zonage de la susceptibilité liée aux inondations (Dahri and Abida 2017, Althuwaynee et al. 2014, Rahmati et al. 2016b, Danumah et al. 2016)

L'exploitation de différents paramètres multicritères liés aux phénomènes d'inondation a fait l'objet d'un article publié dans le Journal International Sciences et Technique de l'Eau et de l'Environnement (JISTEE).

5.4.3. Article publié dans le Journal International Sciences et Technique de l'Eau et de l'Environnement (JISTEE).

Cartographie de la susceptibilité aux inondations par la méthode de l'analyse multicritère et SIG : Cas de la wilaya d'Oran Nord-Ouest de l'Algérie

Zine el abidine roukh¹, Abdelmansour nadjil

Laboratoire Géorressources, Environnements et Risques Naturels, Université d'Oran 2 Mohamed BENAHMED, Faculté des Sciences de la Terre et de l'univers.B.PI 1524 El-M'Naouar. Oran31000.Algérie

Mail: 1) zinougeorisque@gmail.fr

2) amansour_nadjil@hotmail.com

Résumé

L'objectif principal de cette étude est de cartographier la susceptibilité aux inondations par la combinaison du model statistique (AHP) et le système d'information géographique pour la wilaya d'Oran au Nord-Ouest de l'Algérie. Pour atteindre ce but, une démarche analytique de la distribution géo spatiale des paramètres intrinsèques au phénomène d'immersion des zones littorales a été réalisée. Pour notre investigation, nous avons échantillonné quatre paramètres de prédisposition environnementaux à savoir : la pente, l'altitude, la proximité d'oueds et l'occupation du sol. Une pondération de chaque paramètre a été calculée par la méthode AHP basée sur l'environnement du SIG. En conséquence, une cartographie thématique de la susceptibilité aux inondations régionales a été établie par la classification d'indice global de la susceptibilité. Cette carte simulée synthétique aux inondations potentielles permettra de définir les zones susceptibles à l'inondation et servira ainsi comme outil adapté à l'aménagement du territoire pour explorer de zones abritées au risque hydrique en cas d'une inondation dévastatrice.

Mots clés : susceptibilité, inondation, AHP, SIG, Oran, Algérie.

Flood susceptibility zoning using multi-criteria decision analysis and GIS for the Oran region north western of Algeria

Abstract:

The main objective of this study is to perform flood susceptibility zoning by the combination of statistical model and geographic information system for Oran region north western of Algeria, to achieve this goal, An analytical approach has been implemented for the spatial distribution of the fundamental intersects parameters of the flooding phenomenon in coastal areas. For our investigation, four environmental predisposition parameters were selected such as: gradient, elevation, proximity to valleys and land use. Each parameter is weighted by the AHP method based on the GIS environment.

As a result, a thematic map of regional flood risk has been established through the classification of Global susceptibility Index. This simulated artificial map of potential flooding will identify flood susceptible areas and thus serve as an adapted tool to land use planning to explore areas sheltered from water risk in case of a devastating flood.

Keys Words: flood hazard, AHP, SIG, Oran Algeria.

1. INTRODUCTION

Les inondations présentent l'un des aléas naturels les plus commun dans le monde, elles peuvent engendrer des catastrophes économiques et environnementales notables associées aux inondations de plaines à grandes envergure. Ce phénomène hydrique peut provoquer d'importantes pertes humaines, dégâts matériels et la dégradation des milieux urbains et/ou ruraux. La cartographie de zones exposées à ce risque naturel devient une nécessité pour la gestion et la planification spatiale de l'aménagement du territoire. Pour cela, les chercheurs essaient de décrire ces différentes catastrophes mais surtout pour estimer le degré de risque dans les différentes régions du monde en se basant sur les paramètres causatives intrinsèques et (extrinsèques). Dans la littérature des risques naturels, différents modèles ont été utilisés pour la cartographie de l'aléa d'inondation telle que les modèles hydrodynamiques et hydrologiques [1.2.3.4], ainsi par les méthodes statistiques [5.6.7], et d'autres recherches déterministes fondées principalement sur l'analyse multicritère hiérarchique ayant comme support le système d'information géographique 'SIG' [8.9.10].

2. 2. Données d'entrées

Il n'existe aucun modèle conventionnel qui définit le nombre exacte de facteurs utilisés dans la cartographie de susceptibilité aux inondations. Pour une bonne précision, certains paramètres sont jugés nécessaires pour le processus d'évaluation. Les facteurs utilisés dans cette étude sont respectivement: La pente, la proximité aux réseaux de drainage, l'occupation du sol et l'altitude.

Ces facteurs sont utilisés pour l'établissement d'une cartographie thématique relative aux zones les plus exposées aux inondations qui s'intègre parfaitement au SIG.

2.1. a. La Pente

La pente joue un rôle très important dans la cartographie de la susceptibilité aux inondations. Ce facteur intrinsèque permet de contrôler la vitesse de ruissellement et de déterminer les zones de stagnation des eaux de surface lors des précipitations occasionnelles. La pente est exprimée en degré; générée à partir d'un modèle numérique de terrain 'MNT' réparties en 05 gradients de pentes; classés en: (00-02°), (02-04°), (04-08°), (08-12°) et >12° (fig.2.a)

2.2. b. L'altitude

Ce paramètre à un rôle clé dans le contrôle du mouvement de la direction de débordement et dans la profondeur de l'inondation [11], la carte hypsométrique est générée à partir d'une classification automatique du MNT utilisant l'ASTER DEM qui la segmentera en cinq classes (fig.2. b).

2.3. c. L'occupation du sol

L'occupation du sol présente aussi un paramètre très essentiel dans le zonage de la susceptibilité aux inondations. Les sols nus, les espaces bâtis et les zones à une faible densité de végétation caractérisées par une importante susceptibilité aux inondations. Dans cette étude la carte d'occupation du sol (fig.2d) a été classifiée en six classes selon le degré de susceptibilité.

2.2. d. La proximité aux rivières

Les zones situées aux bords des rivières caractérisées par une forte susceptibilité aux inondations due au phénomène de débordement, la distance par rapport aux rivières présente l'un des paramètres important dans l'évaluation d'aléa d'inondation. Dans la présente note, la carte de la proximité aux rivières a été générée par la classification des distances par rapport aux cours d'eau en cinq classes : (0-100), (100-200), (200-300), (300-400) et >400 mètre (fig.2c).

Tous les fichiers ont été convertis en format raster avec une taille de pixel de 30 × 30 m et intégrées dans SIG pour l'application de la méthode du Analyse Hiérarchique des procédés (AHP).

2.2 Méthodologie

L'analyse hiérarchique des procédés (AHP) est une méthode multicritère d'aide à la décision d'un choix correcte et justifié entre plusieurs critères. Cette méthode est introduite par [12], elle repose sur la comparaison par de paires de critères.

Vue sa facilité d'application et sa précision dans la prise de décision, la méthode AHP a été utilisée dans plusieurs domaines telle que la susceptibilité aux glissements de terrain [13], la gestion des risques [14], la planification des transports combinés [15], l'analyse comparative des opérations logistiques et les risques d'inondation.

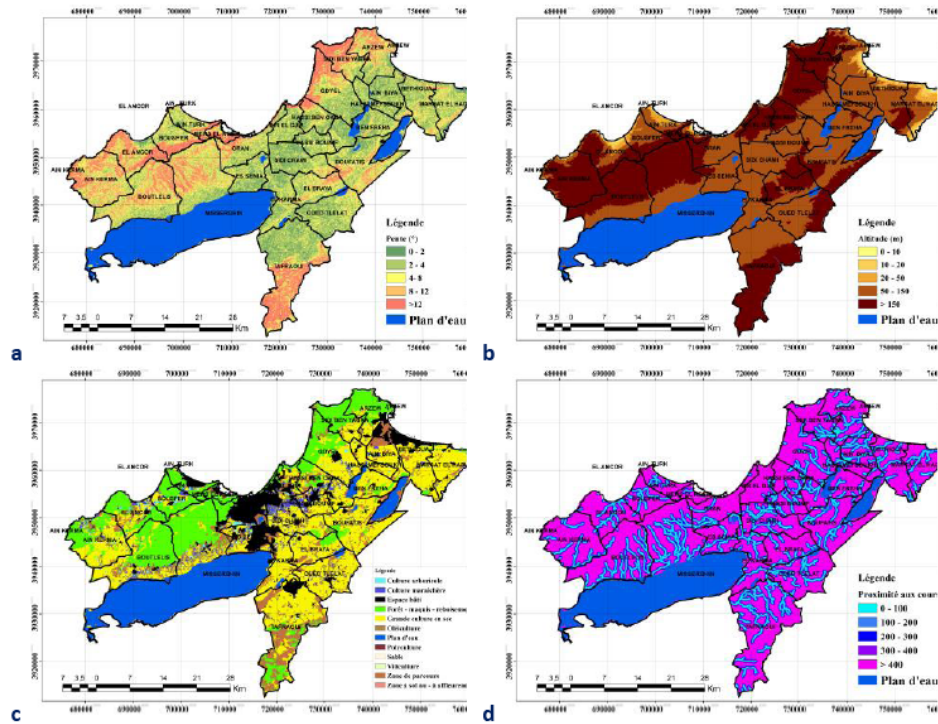


Fig2. Cartes des données entrées : a) carte des pentes classifiées, b) carte des altitudes, c) carte d'occupation du sol, d) carte des distances par rapport aux cours d'eau

Les étapes fondamentales de la méthode AHP sont : structuration hiérarchique d'un problème, structuration des priorités et calcul de la cohérence. Dans cette étude, la méthode AHP a été utilisée pour calculer la pondération de chaque facteur. Pour atteindre ce but, une matrice de comparaison par paire a été établie à la faveur d'une échelle graduée de 1 à 9 qui indique le degré d'importance (tab.1).

Table 1 -Echelle de comparaison

Echelle	Définitions	Explications
1	importance égale des deux éléments	Deux éléments contribuent autant à la propriété
3	un élément est un peu plus important que l'autre	L'expérience et l'appréciation personnelles favorisent légèrement un élément par rapport à un autre
5	un élément est plus important que l'autre	L'expérience et l'appréciation personnelles favorisent fortement un élément par rapport à un autre
7	un élément est beaucoup plus important que l'autre	Un élément est fortement favorisé et sa dominance est attestée dans la pratique
9	un élément est absolument plus important que l'autre	Les preuves favorisant un élément par rapport à un autre sont aussi convaincantes que possible

Une fois les poids sont calculés, la cohérence des jugements doit être calculée afin de valider les priorités obtenues. Pour calculer la cohérence des jugements utilisés dans la matrice de comparaison en se basant sur l'équation suivante :

$$RC = CI/IA \quad (1)$$

Dans RC est le ratio de consistance, CI est l'indice de cohérence estimé selon l'équation (2) :

$$IC = \lambda_{max} - 1/n - 1 \quad (2)$$

λ : est la valeur propre, calculer a partir de la matrice de comparaison et n : le nombre de comparaison

IA Présente l'indice aléatoire définis par Saaty selon le tableau 2

Tableau 2. Indice Aléatoire (IA)

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	16
IA	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

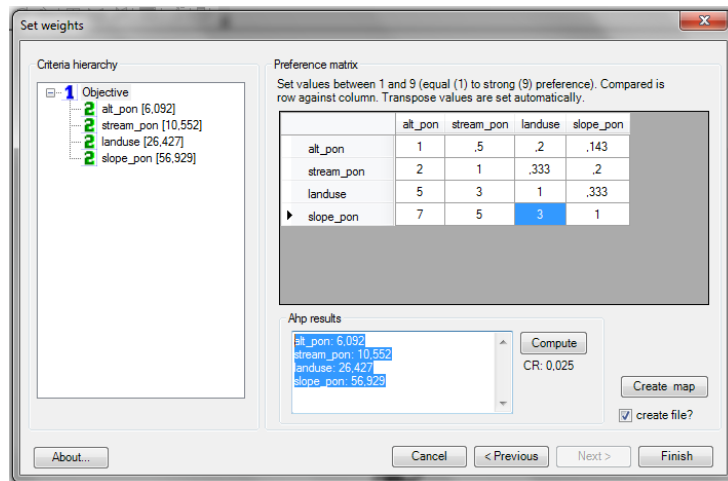


Fig3. Matrice de comparaison par paire.

Pour la pondération de chaque classe des paramètres, on attribue un rang de 1 à 7 selon le degré de susceptibilité (tableau3)

L'indice de la susceptibilité aux inondations a été calculé selon l'équation suivante :

$$I = \sum_{R=1}^{R=n} RN(Ci) \times P(cr) \quad (3)$$

RN(Ci) rang normalisé de chaque classe, P (cr) pondération de chaque paramètre calculé selon AHP.

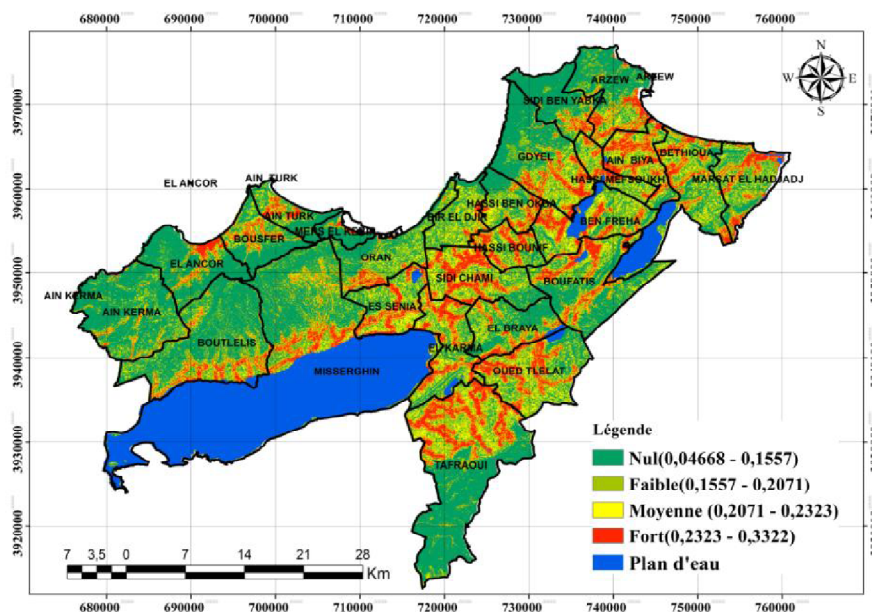
Tableau 3- Rang normalisé de chaque classe et la pondération des paramètres calculée selon AHP

Parametre	Classe	Rang	Rang normalisé	Pondération (AHP)
Pente(°)	0 - 2	7	0.33	0.569
	2 - 4	6	0.28	
	4 - 8	4	0.19	
	8 - 12	3	0.14	
	>12	1	0.04	
Distance par rapport aux cours d'eau (m)	0 - 100	6	0.37	0.105
	100 - 200	4	0.25	
	200 - 300	3	0.18	
	300 - 500	2	0.12	
	>500	1	0.06	
Altitude (m)	0 - 10	5	0.33	0.0609
	10 - 20	4	0.26	
	20 - 30	3	0.20	
	30 - 40	2	0.13	
	>40	1	0.06	

[illegible]

THEORY OF THE CASE

L'interprétation de la carte thématique synthétique des terrains inondables fait apparaître l'existence de plusieurs zones communales qui sont sujet de risque hydrique émanant lors périodes pluvieuses excédentaires des années accidentellement humides. Sur le plan de la distribution géographique des zones à risque, nous soulignons que les bassins endoréiques sont les surfaces les plus exposées au phénomène d'inondation notamment au niveau des communes: d'Es-Sénia, El-Braya, Sidi- Chahmi, Tafraoui, et Oued Tlélât. Par-ailleurs, en zones à drainage exoréique vers la mer telles que El-Mactaa, Arzew, Ain El-Turk et la plaine des Andalouses leur terrains sont strictement exposés à ce risque, lorsque les conditions de houle maritime seront associée aux tempêtes littorales en leur phase extrême souvent hivernale.



Dans cette rec

hydrologiques détaillées. En effet, l'estimation de l'ampleur de la propagation du flux d'inondation en zones endoréiques (Sebkhas) et exoréiques (Oueds) littoraux est d'une grande importance pour la prévision d'aléa hydrique en relation avec les crues d'Oueds et les inondations de plaines alluviales apériodiques cycliques. Dans ce sens intervient la modélisation d'aléa d'inondation des bassins versants; pour mieux estimer les périodes de retours des crues historiques souvent indexées les cycles centennal pour notre cas on songe à périodes de retour notées 'Tr' plus ou moins restreintes d'ordre: Tr=50 ans et Tr=100 ans. Le résultat principal de cette recherche se manifeste par l'élaboration d'une carte thématique liée au risque hydrique régional qui pourra être exploitée d'une part, sur le plan d'aménagement du territoire par les collectivités locales pour minimiser le risque encouru à l'inondation de plaines littorales et zones côtières du Sahel Oranais et d'autre part, cette cartographie déterministe pourra être considérée comme un document essentiel à la préparation d'un Plan de Prévention du Risque Hydrique de la région littoral de l'Algérie Nord-occidentale 'PPRH'.

Références

- [1] Merwade, V., Cook, A., & Coonrod, J. (2008). GIS techniques for creating river terrain models for hydrodynamic modeling and flood inundation mapping. *Environmental Modelling & Software*, 23(10-11), 1300-1311.
- [2] Refsgaard, J. C. (1997). Parameterisation, calibration and validation of distributed hydrological models. *Journal of hydrology*, 198(1-4), 69-97.
- [3] YAHIAOUI, A. *Inondations torrentielles. Cartographie des zones vulnérables en Algérie du Nord (cas de l'oued Mekerra, Wilaya de Sidi Bel Abbès)*. 2012. Thèse de doctorat. École Nationale Polytechnique El Harrach, Alger (Algérie).
- [4] Mokhtar, E. S., Pradhan, B., Ghazali, A. H., & Shafri, H. Z. M. (2018). Assessing flood inundation mapping through estimated discharge using GIS and HEC-RAS model. *Arabian Journal of Geosciences*, 11(21), 682
- [5] Tehrany, M. S., Lee, M. J., Pradhan, B., Jebur, M. N., & Lee, S. (2014). Flood susceptibility mapping using integrated bivariate and multivariate statistical models. *Environmental earth sciences*, 72(10), 4001-4015.
- [6] Rahmati, O., Pourghasemi, H. R., & Zeinivand, H. (2016). Flood susceptibility mapping using frequency ratio and weights-of-evidence models in the Golastan Province, Iran. *Geocarto International*, 31(1), 42-70.
- [7] Pradhan, B. (2010). Flood susceptible mapping and risk area delineation using logistic regression, GIS and remote sensing. *Journal of Spatial Hydrology*, 9(2).
- [8] Das, S. (2018). Geographic information system and AHP-based flood hazard zonation of Vaitarna basin, Maharashtra, India. *Arabian Journal of Geosciences*, 11(19), 576.
- [9] Ghosh, A., & Kar, S. K. (2018). Application of analytical hierarchy process (AHP) for flood risk assessment: a case study in Malda district of West Bengal, India. *Natural Hazards*, 94(1), 349-368.
- [10] Luu, C., Von Meding, J., & Kanjanabootra, S. (2018). Assessing flood hazard using flood marks and analytic hierarchy process approach: a case study for the 2013 flood event in Quang Nam, Vietnam. *Natural Hazards*, 90(3), 1031-1050.
- [11] Rahmati, O., Zeinivand, H., & Besharat, M. (2016). Flood hazard zoning in Yasooj region, Iran, using GIS and multicriteria decision analysis. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 7(3), 1000-1017.
- [12] Saaty, T.L. *The analytical hierarchy process: planning, priority setting and resource allocation*. McGraw-Hill, New York. 1980,
- [13] Yalcin, A. (2008). GIS-based landslide susceptibility mapping using analytical hierarchy process and bivariate statistics in Ardesen (Turkey): comparisons of results and confirmations. *Catena*, 72(1), 1-12
- [14] Abdelgawad, M., & Fayek, A. R. (2010). Risk management in the construction industry using combined fuzzy FMEA and fuzzy AHP. *Journal of Construction Engineering and Management*, 136(9), 1028-1036
- [15] Saaty, T. L. (1995). Transport planning with multiple criteria: the analytic hierarchy process applications and progress review. *Journal of advanced transportation*, 29(1), 81-126.

5.5. Conclusion

Les inondations présentent l'un des aléas le plus fréquent dans l'Algérie, elles provoquent annuellement des dégâts et des pertes considérables. La non maîtrise de l'urbanisation et l'absence d'une stratégie ou des documents portant des études traitant la problématique des inondations, leur prédiction ainsi que leur prévention peuvent aggraver la situation qui s'atteindre parfois des niveaux catastrophiques.

Au niveau du littoral Oranais, les inondations impliquent aux collectivités locales est régionales de mettre un plan de prévention des risques d'inondations et des études rigoureuses de la délimitation des zones exposées. Cependant, notre travail peut contribuer à résoudre la question de la cartographie de l'aléa d'inondation à une échelle régionale.

Notre travail est basé sur une méthodologie bien structurée permettant de traiter Les informations liées aux inondations affectant la zone d'étude. Une démarche objective est destinée à i) compiler le catalogue des inondations historiques de différentes sources, ii) créer d'une base de données SIG, iii) traiter et analyser les données collectées, iv) cartographier de l'aléa et la susceptibilité des inondations.

En conséquence, un catalogue de l'inondation historique survenue durant la période de 1847 et 2018 est compilé, pour arrêter un nombre de 119 événements inventoriés. Les sources utilisées sont les sites web et de la presse qui s'exprime par un taux de 87%, le reste englobe les travaux antérieurs (thèses, publications et mémoires) et les enquêtes sur terrain.

Les inondations affectant la wilaya d'Oran ont généralement affecté les zones urbaines, et restent liées à plusieurs facteurs tels que la densité de population, la densité d'urbanisation, l'urbanisation anarchique, la vulnérabilité du réseau d'assainissement, l'imperméabilité du sol urbain, la topographie pour certains zones, la position des villes par rapport aux Oueds ainsi que l'absence d'information sur inondations survenus dans les zones rurales.

La répartition spatiale des inondations est liée aux caractéristiques géographiques, physiographiques, morphologique et à la densité de population. Les communes les plus affectées par les inondations sont Oran, Bir el Djir, Sidi Chahmi, Hassi Bounif, Es Senia et Oued Tlélet.

La répartition temporelle des inondations montre que la période prolongée de l'automne vers l'hiver est la plus affectée, dont les mois de septembre, décembre et janvier sont enregistré un taux élevé des inondations. Vue les caractéristique climatiques de la zone d'étude qui caractérisée par une forte pluviosité durant cette période le risque devient important.

La carte d'aléa établie en fonctionne de la densité des inondations nous indiquent que la partie centrale de la Wilaya d'Oran est la plus exposée a ce risque, cette englobe la commune d'Oran, Bir El Djir, Sid Chahmi, Es-Senia et celle d'El Kerma.

Notons qu'au niveau de la wilaya d'Oran, les inondations les plus meurtrières sont celle d'Oued Tlalat survenu en deux scénarios ; la catastrophe du 31 Octobre 1948 et celle du 11 Mai 1968 ou des dégâts matériels et humains considérables sont enregistrés.

La cartographie de la susceptibilité aux inondations est réalisée par l'analyse algébrique multicritère sous l'égide du Système d'information géographique. L'application de la méthode géo décisionnel 'AHP' a permis de calculer la susceptibilité aux inondations par l'intégration des paramètres intrinsèques liés à ce phénomène. L'interprétation du résultat obtenu a fait apparaitre l'existence de cinq niveaux de susceptibilité traduisant le degré d'exposition de chaque site aux inondations. Notant que au niveau des bassins versant endoréiques sont les zones les plus exposés notamment au niveau des communes d'Es-Senia, El-Braya, Sidi- Chahmi, Tafraoui, et Oued-Tlélet. Par-ailleurs, en zones à drainage exoréique vers la mer on enregistre les inondations El-Macta, Arzew, Ain El-Turck et la plaine des Andalouses. Ces terrains sont tous exposés aux inondations et surtout en la période hivernal.

Au terme de ce chapitre, on doit souligner que le risque hydrique reste généralement le plus dévastateur par rapport aux autres risques.

Conclusion générale et perspective

Conclusion général et perspective

Ce travail portant sur la cartographie d'aléa multirisque du littoral Oranais définit respectivement particulier l'aléa sismique, aléa de glissements de terrain et aléa d'inondation. La méthodologie appliquée dans cette étude est basée essentiellement sur une analyse segmentée en plusieurs parties étudiant les différents phénomènes. Malgré l'absence de certaines données portant sur les informations liées aux phénomènes étudiés et qui représentent le maillon faible de la modélisation et la cartographie numérique nous avons pu établir des bases de données (catalogues et inventaires) qui représentent les clés de toutes études d'analyse des risque naturel et/ou géologique, et associée à l'évaluation et la modélisation d'aléas. Les premiers résultats montrent que le littoral Oranais est affecté par des séismes et les des inondations catastrophiques. L'analyse et la modélisation séparée des variables d'aléa multirisque (sismique, glissements de terrain et inondations) ont permis d'avoir des distributions spatiales, leurs mécanismes et l'identification des paramètres responsables aux déclenchement des ces phénomènes imprévisibles.

L'étude de la sismicité du littoral Oranais montre que cette zone du Nord ouest Algérien est caractérisée par une sismicité modérée liée généralement à une géodynamique régionale où un cisaillement profond affectant le substratum de la région dont la direction est pratiquement Est-Ouest (Nadji 2010). L'exploitation du catalogue sismique (Belayadi et al, 2017) et la carte sismotectonique du (Nadji 2010) m'ont permis d'évaluer l'aléa sismique des quartes zones séismogènes (Z1, Z2, Z3 et Z4) par l'application de la méthode probabiliste. Les premiers résultats montrent que les zones externes ouest du littoral Oranais sont le plus actives par rapport aux autres. L'application de la loi des valeurs extrêmes de Gumbel couplée avec celle de Gutenberg Richter ont permis de calculer les périodes de retour et la probabilité d'occurrence des séismes ≥ 2.5 . Une relation inverse est générée entre la magnitude et la probabilité d'occurrence d'un événement sismique. Une relation similaire entre la magnitude et la période de retour est généralement résolue.

L'exploitation des données géotechniques, géologiques, hydrogéologique et topographie de haute résolution m'ont permis d'étudier quelques glissements affectant la frange maritime. Ces études ont montré que les glissements de terrain affectant cette zone sont profonds, rapides et de type rotationnel, translationel et complexe. Ces

mouvements de terrain sont contrôlés généralement par la conjugaison de plusieurs paramètres liés à la nature géologique des formations en profondeur constituée des facies de marnes, ainsi que la fracturation, la circulation des eaux souterraines, la topographie accidentée à fortes pentes $>10^\circ$. Quant aux séismes et les facteurs anthropiques considérés comme étant des paramètres déclencheurs.

En ce qui concerne le glissement de terrain de Mers el Kebir généré suite aux travaux d'excavation de l'évitement Mer el Kebir –Ain el Turck, l'expertise insitu et l'exploitation des données géologiques et topographiques disponibles montre que ce phénomène est de type multi-rotationnel.

Ces résultats soulignent que plusieurs zones endroits du Littoral Oranais sont susceptibles aux mouvements de terrain. En effet, en raison de l'absence d'une cartographie referme le zonage d'aléa ou de susceptibilité aux mouvements de terrain. Dans ce cas, l'application d'une méthodologie basée sur l'analyse statistique ou bien la corrélation entre les glissements de terrain et les différents paramètres de prédispositions environnementaux m'a permis de cartographier dans trois secteurs les zones sujettes aux glissements de terrain. Cette démarche analytique fondée sur : i) l'inventaire des glissements de terrain, ii) la collecte des données, iii) l'évaluation et la modélisation de la susceptibilité et iv) la cartographie thématique de la susceptibilité et la validation du model.

L'application des méthodes statistiques bivariées (Valeur informative et Rapport de Fréquence) pour la cartographie de la susceptibilité aux glissements de terrain de la région d'Arzew (Partie Est) m'ont permis de délimiter les zones susceptibles aux glissements de terrain, ainsi de montrer la capacité des deux modèles à résoudre la question de la susceptibilité à ces phénomènes au niveau de chaque zone étudiée.

Pour la région de Tafraoui (sud-Oran) nous avons effectué une étude comparative entre cinq modèles statistiques afin de cartographier les zones susceptibles aux glissements de terrain et de choisir le model adopté a cette région. Par conséquent, cinq cartes de zonage de la susceptibilité sont réalisées. Les résultats de validation montrent que le meilleur model adopté est celui de la méthode bivariée de Valeur Informative (VI).

Une méthode géo décisionnelle est utilisée afin de cartographier la susceptibilité de la commune de Mers el Kebir (Zone Ouest), dont l'approche de la prise de décision AHP est utilisée pour calculer la pondération de neufs paramètres. Une carte de susceptibilité est établie donnant la distribution spatiale de la susceptibilité qui n'est pas encore validée en raison de l'absence de carte inventaire des phénomènes survenus dans cette zones.

Pour répondre à la question liée à la cartographie de l'aléa d'inondation, une démarche basée sur une méthodologie fondée sur i) la collecte des données liée aux inondations, ii) la construction d'un catalogue, iii) l'analyse qualitative du catalogue, iv) l'analyse spatio-temporelle, v) la cartographie d'aléa d'inondation et vi) la cartographie de la susceptibilité aux inondations.

L'exploitation des archives, les mémoires et les thèses de doctorat, les publications, les journaux, les sites web et les réseaux sociaux m'ont permis de compiler un catalogue propre aux inondations de la wilaya d'Oran pour la période (1847-2018).

Ce catalogue contient 119 événements, dont leur distribution spatiale montre que les communes les plus affectées par les inondations sont la ville d'Oran, Bir el Djir, Sidi Chahmi, Hassi Bounif, Es Senia et Oued Tlélet. Cette distribution est liée aux caractéristiques géographiques, physiographiques, morphologique et de la densité de population de ces communes. D'autres facteurs peuvent contribuer à l'apparition de ces phénomènes à savoir : la densité d'urbanisation, l'urbanisation anarchique, la vulnérabilité du réseau d'assainissement, l'imperméabilité de sol urbain, la topographie de certains zones, la position des villes par rapport aux principaux Oueds.

L'analyse temporelle des événements survenus au niveau de la wilaya d'Oran montre que la période prolongée de l'automne vers l'hiver est la plus affectée dont les mois de septembre, décembre et janvier enregistrent un taux élevé des inondations vu les caractéristiques climatiques de la zone d'étude qui est caractérisée par une forte pluviosité durant cette période.

La carte d'aléa établie en fonction la densité des inondations nous indique que la partie centrale de la Wilaya d'Oran est la plus exposée à ce phénomène. Cette zone englobe plusieurs communes : d'Oran, Bir El Djir, Sid Chahmi, Es-Senia et El Kerma.

L'application de la méthode géo décisionnel AHP permet de calculer la susceptibilité aux inondations par l'intégration des paramètres intrinsèques liés à ce phénomène.

L'interprétation du résultat obtenu fait apparaître l'existence de cinq niveaux de susceptibilité traduisant le degré d'exposition de chaque site aux inondations. Anoter que les bassins versant endoréiques sont les plus exposés et notamment au niveau des communes d'Es-Senia, El-Braya, Sidi- Chahmi, Taфраoui, et Oued-Tlélet. Par-ailleurs, en zones à drainage exoréique ; vers la mer telles que El-Macta, Arzew, Ain El-Turck et la plaine des Andalouses leur terrains sont aussi exposés aux inondations côtières surtout en période hivernal.

En perspective, ce travail montre qu'il est nécessaire d'établir des configurations cartographiques d'aléas naturels et géologiques pour le Nord ouest Algérien. Les résultats obtenus montrent la possibilité d'appliquer la cartographie d'aléa multirisque (sismique, glissements de terrains, inondations) de l'Ouest d'Algérie par l'intégration des autres techniques de résolution mathématique telles que le réseau de neurone artificiel, fuzzy set...etc pour l'évaluation de la susceptibilité des glissements de terrains et les inondations ainsi que la méthode déterministe pour l'aléa sismique. Par ailleurs, il serait indispensable d'entamer des études basées sur la surveillance des aléas naturels et géologiques par l'interprétation des images Radar (ex : méthode In SAR), pour détecter les déformations liées aux glissements de terrain et les failles actives ou encore pour la submersion des plaines couplées par l'interprétation des données GPS continue et des données hydrologiques actualisées. Ces techniques constituent actuellement un outil efficace et primordial dans la cartographie numérique des aléas géologiques.

Bibliographie

Bibliographie

- Ahmed N, Ghazi S, Khalid P (2016) On the variation of b-value for Karachi region, Pakistan through Gumbel's extreme distribution method *Acta Geodaetica et Geophysica* 51:227-235
- Akgun A, Türk N (2010) Landslide susceptibility mapping for Ayvalik (Western Turkey) and its vicinity by multicriteria decision analysis *Environmental Earth Sciences* 61:595-611
- Aleotti P, Chowdhury R (1999) Landslide hazard assessment: summary review and new perspectives *Bulletin of Engineering Geology and the Environment* 58:21-44
- Ali ABM (2018) Flood inundation modeling and hazard mapping under uncertainty in the Sungai Johor basin, Malaysia, Thesis, Delft university, Netherlands, 159p
- Althuwaynee OF, Pradhan B, Park H-J, Lee JH (2014) A novel ensemble bivariate statistical evidential belief function with knowledge-based analytical hierarchy process and multivariate statistical logistic regression for landslide susceptibility mapping *Catena* 114:21-36
- ANA (2019) Liaison autoroutiere reliant le port d'oran a l'autoroute est-ouest sur 26 km 1ère tranche sur 8 km. Ministere des Travaux Publics et des Transports, Agence Nationale des Autoroutes, Rapport énidite, 190p
- Argus DF, Gordon RG (1991) No-net-rotation model of current plate velocities incorporating plate motion model NUVEL-1 *Geophysical research letters* 18:2039-2042
- Ayadi A, Bezzeghoud M (2015) Seismicity of Algeria from 1365 to 2013: Maximum observed intensity map (MOI2014) *Seismological Research Letters* 86:236-244
- Ayalew L, Yamagishi H (2005) The application of GIS-based logistic regression for landslide susceptibility mapping in the Kakuda-Yahiko Mountains, Central Japan *Geomorphology* 65:15-31
- Barnolas M, Llasat MC (2007) A flood geodatabase and its climatological applications: the case of Catalonia for the last century *Natural Hazards and Earth System Science* 7:271-281
- Barredo J, Benavides A, Hervás J, van Westen CJ (2000) Comparing heuristic landslide hazard assessment techniques using GIS in the Tirajana basin, Gran Canaria Island, Spain *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 2:9-23
- Barredo JI (2009) Normalised flood losses in Europe: 1970–2006 *Natural Hazards and Earth System Sciences* 9:97-104
- Bayliss, A., & Reed, D. W.(2001). The Use of Historical Data in Flood Frequency Estimation: Report to MAFF. Centre for Ecology and Hydrology.89p
- Belabbes S (2008) Caractérisation de la déformation active par l'Interférométrie Radar (InSAR): Failles sismiques aveugles et cachées de l'Atlas Tellien (Algérie) et du Rif (Maroc) le long

- de la limite des plaques Afrique-Eurasie. Thèse de Doctorat, Université de Strasbourg 1, 200p
- Belabbès S, Meghraoui M, Çakir Z, Bouhadad Y (2009) InSAR analysis of a blind thrust rupture and related active folding: the 1999 Ain Temouchent earthquake (M w 5.7, Algeria) case study *Journal of Seismology* 13:421-432
- Belayadi I, Bezzeghoud M, Nadji A, Fontiela J (2017) Sismicité de l'Algérie Nord Occidentale entre 1790 et 2016: catalogue sismique *Comunicação Geológicas* 104
- Bell FG (2003) Geological hazards: their assessment, avoidance and mitigation. CRC Press,
- Benabdellah, M. 2010. Mis en évidence des phénomènes contrôlant le littoral oranais (de la Calère a la pointe de Canastel) : étape fondamentale pour une cartographie des risques géologiques. Mémoire de magister, Université d'Oran, 258p
- Benaissa A, Cordary D, Gioraud A (1989) Les mouvements de terrain dans la zone urbaine de Constantine (Algérie) *Bulletin of the International Association of Engineering Geology-Bulletin de l'Association Internationale de Géologie de l'Ingénieur* 40:85-90
- Benhallou H (1985) Les catastrophes sismiques de la region d'Echeliff dans le contexte de la sismisite historique de l'Algerie, these de doctorat es-Sciences Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumedienne (USTHB), Alger, 294p
- Bommer JJ (2002) Deterministic vs. probabilistic seismic hazard assessment: an exaggerated and obstructive dichotomy *Journal of Earthquake Engineering* 6:43-73
- Bonham-Carter GF (1989) Weights of evidence modeling: a new approach to mapping mineral potential *Statistical applications in the earth sciences*:171-183
- Bonham-Carter GF (1994) Geographic information systems for geoscientists-modeling with GIS *Computer methods in the geoscientists* 13:398
- Bouedja F (2018) Tectonique actuelle et récente et risque sismique de la région de Constantine. Mémoire de magister, Université Farhat Abbas-Settif, 135p
- Bourenane H, Guettouche MS, Bouhadad Y, Braham M (2016) Landslide hazard mapping in the Constantine city, Northeast Algeria using frequency ratio, weighting factor, logistic regression, weights of evidence, and analytical hierarchy process methods *Arabian Journal of Geosciences* 9:154
- Brabb EE, Pampeyan EH, Bonilla MG (1972) Landslide susceptibility in San Mateo County, California. US Geological Survey,
- Buorn E, Coca P, Bezzeghoud M, Udias A, Bouhadad Y, Mattesini M (2019) The destructive 1790 Oran (NW Algeria) earthquake in a region of low seismicity *Tectonophysics* 759:1-14
- Caddis B, Nielsen C, Hong W, Anun Tahir P, Yenn Teo F (2012) Guidelines for floodplain development—a Malaysian case study *International journal of river basin management* 10:161-170

- Chau K, Sze Y, Fung M, Wong W, Fong E, Chan L (2004) Landslide hazard analysis for Hong Kong using landslide inventory and GIS Computers & Geosciences 30:429-443
- Chen W, Chai H, Zhao Z, Wang Q, Hong H (2016a) Landslide susceptibility mapping based on GIS and support vector machine models for the Qianyang County, China Environmental Earth Sciences 75:474
- Chen W, Li W, Chai H, Hou E, Li X, Ding X (2016b) GIS-based landslide susceptibility mapping using analytical hierarchy process (AHP) and certainty factor (CF) models for the Baozhong region of Baoji City, China Environmental Earth Sciences 75:63
- Ciszak R (1993) Evolution géodynamique de la chaîne tellienne en Oranie (Algérie occidentale) pendant le Paléozoïque et le Mésozoïque vol 20. Laboratoire de géologie sédimentaire et paléontologie. Thèse de doctorat, Université Paul Sabatier, 513p
- Corominas J et al. (2014) Recommendations for the quantitative analysis of landslide risk Bulletin of Engineering Geology and the Environment 73:209-263
- Cross M (1998) Landslide susceptibility mapping using the matrix assessment approach: a Derbyshire case study Geological Society, London, Engineering Geology Special Publications 15:247-261
- Cruden DM (1993) Cruden, DM, Varnes, DJ, 1996, Landslide Types and Processes, Special Report, Transportation Research Board, National Academy of Sciences, 247: 36-75
- Cruden DM, Varnes DJ (1996) Landslides: investigation and mitigation. Chapter 3-Landslide types and processes Transportation research board special report
- Dahri N, Abida H (2017) Monte Carlo simulation-aided analytical hierarchy process (AHP) for flood susceptibility mapping in Gabes Basin (southeastern Tunisia) Environmental Earth Sciences 76:302
- Danumah JH et al. (2016) Flood risk assessment and mapping in Abidjan district using multi-criteria analysis (AHP) model and geoinformation techniques,(cote d'ivoire) Geoenvironmental Disasters 3:10
- Del Ventisette C, Righini G, Moretti S, Casagli N (2014) Multitemporal landslides inventory map updating using spaceborne SAR analysis International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 30:238-246
- DeMets C, Gordon RG, Argus DF, Stein S (1994) Effect of recent revisions to the geomagnetic reversal time scale on estimates of current plate motions Geophysical research letters 21:2191-2194
- Devkota KC et al. (2013) Landslide susceptibility mapping using certainty factor, index of entropy and logistic regression models in GIS and their comparison at Mugling–Narayanghat road section in Nepal Himalaya Natural Hazards 65:135-165

- Diakakis M (2010) Flood history analysis and its contribution to flood hazard assessment. The case of Marathonas, Greece *Bulletin of the Geological Society of Greece* 43:1323-1334
- Diakakis M, Mavroulis S, Deligiannakis G (2012) Floods in Greece, a statistical and spatial approach *Natural Hazards* 62:485-500
- Díez-Herrero A, Huerta LL, Isidro ML (2009) A handbook on flood hazard mapping methodologies vol 2. IGME,
- Djeral L, Khoudi I, Alimrina N, Melbouci B, Bahar R (2017) Assessment and mapping of earthquake-induced landslides in Tigzirt City, Algeria *Natural Hazards* 87:1859-1879
- Domzig A (2006) Déformation active et récente, et structuration tectono-sédimentaire de la marge sous-marine algérienne. Brest
- DPSB (2015) Annuaire statistique 2015, Direction de la Programmation et des Suivis Budgétaires d'Oran, Rapport inédite, 11p
- Durand Delga M (1969) Mise au point sur la structure du Nord-Est de la Berbérie. Publ. Serv. Carte géol. Algérie, NS Bull Soc Géol fr 13:328-337
- El-Quliti SA, Al-Harbi TBS, Al-Yami MBS, Al-Ghamdi ABM, Al-Shammari MBM (2016) Assessment of Main Parameters of Extreme Earthquakes in Red Sea, West Coast of Saudi Arabia *Open Journal of Earthquake Research* 5:122
- Ercanoglu M, Gokceoglu C (2004) Use of fuzzy relations to produce landslide susceptibility map of a landslide prone area (West Black Sea Region, Turkey) *Engineering Geology* 75:229-250
- Falah F, Rahmati O, Rostami M, Ahmadisharaf E, Daliakopoulos IN, Pourghasemi HR (2019) Artificial Neural Networks for Flood Susceptibility Mapping in Data-Scarce Urban Areas. In: *Spatial Modeling in GIS and R for Earth and Environmental Sciences*. Elsevier, pp 323-336
- Fell R, Corominas J, Bonnard C, Cascini L, Leroi E, Savage W (2008a) on behalf of the JTC-1 Joint Technical Committee on Landslides and Engineered Slopes (2008) Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land use planning *Eng Geol* 102:85-98
- Fell R, Corominas J, Bonnard C, Cascini L, Leroi E, Savage WZ (2008b) Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land-use planning *Engineering Geology* 102:99-111
- Fell R, Corominas J, Bonnard C, Cascini L, Leroi E, Savage WZ (2008c) Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land use planning *Engineering Geology* 102:85-98
- Fressard M (2013) Les glissements de terrain du Pays d'Auge continental (Normandie, France) Caractérisation, cartographie, analyse spatiale et modélisation. Thèse de Doctorat, Université Caen Basse-Normandie, France, 325p

- Froude MJ, Petley D (2018) Global fatal landslide occurrence from 2004 to 2016 *Natural Hazards and Earth System Sciences* 18:2161-2181
- Gaume E, Bain V, Bernardara P, Newinger O, Barbuc M, Bateman A, Blašková L, Blöschl G, Borga M, Dumitrescu A, Daliakopoulos I, Garcia J, Irimescu A, Kohnova S, Koutroulis A, Marchi L, Matreata S, Medina V, Preciso E, Sempere- Torres D, Stancalie G, Szolgay J, Tsanis I, Velasco D, and Viglione A. (2009) A compilation of data on European flash floods *Journal of hydrology* 367:70-78
- Gaume E, Borga M, Llassat MC, Maouche S, Lang M, Diakakis M (2016) Mediterranean extreme floods and flash floods. (Sub-chapter 1.3.4). In Allenvi (Ed.) *The Mediterranean Region under Climate Change. A Scientific Update*, Coll. Synthèses, IRD Editions, pp. 133-144
- Gökceoglu C, Aksoy H (1996) Landslide susceptibility mapping of the slopes in the residual soils of the Mengen region (Turkey) by deterministic stability analyses and image processing techniques *Engineering Geology* 44:147-161
- Gourinard Y (1952) Carte géologique détaillée de l'Algérie. Feuille Oran (159) 2ème édition, Serv. Carte Géol, Alger, Algérie.
- Govi M, Sorzana P (1980) Landslide susceptibility as a function of critical rainfall amount in Piedmont Basin (North-Western Italy) *Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica* 14:43-61
- Guemache MA, Chatelain J-L, Machane D, Benahmed S, Djadia L (2011) Failure of landslide stabilization measures: The Sidi Rached viaduct case (Constantine, Algeria) *Journal of African Earth Sciences* 59:349-358
- Gumbel EJ (1958) *Statistics of Extremes*, Columbia Univ Press, New York 201
- Gutenberg B, Richter CF (1944) Frequency of earthquakes in California *Bulletin of the Seismological Society of America* 34:185-188
- Guzzetti F, Cardinali M Digital elevation models for landslide susceptibility maps. In: Proc. 20th Annual Pittsburg Conference on Modelling and Simulation, Pittsburgh, USA, 1989. pp 1541-1544
- Guzzetti F, Cardinali M (1990) Landslide inventory map of the Umbria region, Central Italy *Proceedings ALPS* 90:273-284
- Guzzetti F, Cardinali M, Reichenbach P (1994) The AVI Project: A bibliographical and archive inventory of landslides and floods in Italy *Environmental Management* 18:623-633
- Guzzetti F, Carrara A, Cardinali M, Reichenbach P (1999) Landslide hazard evaluation: a review of current techniques and their application in a multi-scale study, Central Italy *Geomorphology* 31:181-216
- Guzzetti F, Mondini AC, Cardinali M, Fiorucci F, Santangelo M, Chang K-T (2012) Landslide inventory maps: New tools for an old problem *Earth-Science Reviews* 112:42-66

- He B et al. (2018) Analysis of flash flood disaster characteristics in China from 2011 to 2015
Natural Hazards 90:407-420
- Hong H, Tsangaratos P, Ilia I, Liu J, Zhu A-X, Chen W (2018) Application of fuzzy weight of evidence and data mining techniques in construction of flood susceptibility map of Poyang County, China Science of the Total Environment 625:575-588
- Humbert M (1977) La Cartographie ZERMOS. Modalités d'établissement des Cartes des zones exposées à des risques liés aux mouvements du sol et du sous-sol, Bulletin du BRGM, Section III, n°1/2 : p 5-8.
- Intarawichian N, Dasananda S (2010) ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS FOR LANDSLIDE SUSCEPTIBILITY MAPPING IN LOWER MAE CHAEM WATERSHED, NORTHERN THAILAND Suranaree Journal of Science & Technology 17
- Kamp U, Growley BJ, Khattak GA, Owen LA (2008) GIS-based landslide susceptibility mapping for the 2005 Kashmir earthquake region Geomorphology 101:631-642
- Kannan M, Saranathan E, Anabalagan R (2013) Landslide vulnerability mapping using frequency ratio model: a geospatial approach in Bodi-Bodimettu Ghat section, Theni district, Tamil Nadu, India Arabian Journal of Geosciences 6:2901-2913
- Khosravi K, Nohani E, Maroufinia E, Pourghasemi HR (2016a) A GIS-based flood susceptibility assessment and its mapping in Iran: a comparison between frequency ratio and weights-of-evidence bivariate statistical models with multi-criteria decision-making technique Natural Hazards 83:947-987
- Khosravi K et al. (2018) A comparative assessment of decision trees algorithms for flash flood susceptibility modeling at Haraz watershed, northern Iran Science of the Total Environment 627:744-755
- Khosravi K, Pourghasemi HR, Chapi K, Bahri M (2016b) Flash flood susceptibility analysis and its mapping using different bivariate models in Iran: a comparison between Shannon's entropy, statistical index, and weighting factor models Environmental monitoring and assessment 188:656
- Kia MB, Pirasteh S, Pradhan B, Mahmud AR, Sulaiman WNA, Moradi A (2012) An artificial neural network model for flood simulation using GIS: Johor River Basin, Malaysia Environmental Earth Sciences 67:251-264
- Kongthon A, Haruechaiyasak C, Pailai J, Kongyoung S (2014) The role of social media during a natural disaster: a case study of the 2011 Thai flood International Journal of Innovation and Technology Management 11:1440012
- Lee M-J, Kang J-e, Jeon S Application of frequency ratio model and validation for predictive flooded area susceptibility mapping using GIS. In: 2012 IEEE international geoscience and remote sensing symposium, 2012. IEEE, pp 895-898

- Lee S, Choi J (2004) Landslide susceptibility mapping using GIS and the weight-of-evidence model *International Journal of Geographical Information Science* 18:789-814
- Lee S, Min K (2001) Statistical analysis of landslide susceptibility at Yongin, Korea *Environmental geology* 40:1095-1113
- Lee S, Talib JA (2005) Probabilistic landslide susceptibility and factor effect analysis *Environmental geology* 47:982-990
- Leroi E (1996) Landslide hazard-risk maps at different scales: objectives, tools and developments *Landslides* 1:35-51
- Llasat-Botija M, Llasat M-C From paper to Facebook, travelling through the natural hazards divulgation. In: EGU General Assembly Conference Abstracts, 2010. p 2153
- Llasat Botija MdC, Llasat-Botija M, López L (2009) A press database on natural risks and its application in the study of floods in Northeastern Spain *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 2009, Vol 9, p 2049-2061
- Llasat C, Llasat-Botija M, Petrucci O, Pasqua AA, Rossello J, Vinet F, Boissier L (2013) Floods in the north-western Mediterranean region: presentation of the HYMEX database and comparison with pre-existing global databases *La Houille Blanche*:5-9
- Llasat MC et al. (2010) High-impact floods and flash floods in Mediterranean countries: the FLASH preliminary database *Advances in Geosciences* 23:47-55
- Maharaj RJ (1993) Landslide processes and landslide susceptibility analysis from an upland watershed: a case study from St. Andrew, Jamaica, West Indies *Engineering Geology* 34:53-79
- Malamud BD, Turcotte DL, Guzzetti F, Reichenbach P (2004) Landslide inventories and their statistical properties *Earth Surface Processes and Landforms* 29:687-711
- Marchi L, Borga M, Preciso E, Gaume E (2010) Characterisation of selected extreme flash floods in Europe and implications for flood risk management *Journal of hydrology* 394:118-133
- Martha TR, Kerle N, Van Westen CJ, Jetten V, Kumar KV (2012) Object-oriented analysis of multi-temporal panchromatic images for creation of historical landslide inventories *ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing* 67:105-119
- Martha TR, Roy P, Govindharaj KB, Kumar KV, Diwakar P, Dadhwal V (2015) Landslides triggered by the June 2013 extreme rainfall event in parts of Uttarakhand state, India *Landslides* 12:135-146
- McClusky S et al. (2000) Global Positioning System constraints on plate kinematics and dynamics in the eastern Mediterranean and Caucasus *Journal of Geophysical Research: Solid Earth* 105:5695-5719
- McGuire RK (2004) Seismic hazard and risk analysis. Earthquake Engineering Research Institute, Berkeley, California

- Meghraoui M (1988) Géologie des zones sismiques du Nord de l'Algérie: Paléosismologie, tectonique active et synthèse sismotectonique, PhD dissertation, Université d'Orsay-Paris XI, 356p
- Miloud S (2016) Contribution a la cartographie du risque d'inondation en Algerie: Cas de l'Ouest Algerien. Thèse de Doctorat, Université Abdelhamid ibn Badis, Mostaganem, 141p
- Mondal S, Maiti R (2012) Landslide susceptibility analysis of Shiv-Khola watershed, Darjiling: a remote sensing & GIS based Analytical Hierarchy Process (AHP) Journal of the Indian Society of Remote Sensing 40:483-496
- Moore ID, Burch GJ (1986) Physical Basis of the Length-slope Factor in the Universal Soil Loss Equation 1 Soil Science Society of America Journal 50:1294-1298
- Moore ID, Grayson RB (1991) Terrain-based catchment partitioning and runoff prediction using vector elevation data Water Resources Research 27:1177-1191
- Nadji A (2010) Etude sismotectonique du littoral oranais –contribution à l'aléa sismique. Thèse de doctorat, Université d'Oran Es-senia, 332p
- Nagarajan R, Roy A, Kumar RV, Mukherjee A, Khire M (2000) Landslide hazard susceptibility mapping based on terrain and climatic factors for tropical monsoon regions Bulletin of Engineering Geology and the Environment 58:275-287
- Neuhäuser B, Terhorst B (2007) Landslide susceptibility assessment using “weights-of-evidence” applied to a study area at the Jurassic escarpment (SW-Germany) Geomorphology 86:12-24
- Nocquet J-M, Calais E (2004) Geodetic measurements of crustal deformation in the Western Mediterranean and Europe pure and applied geophysics 161:661-681
- Ohlmacher GC (2007) Plan curvature and landslide probability in regions dominated by earth flows and earth slides Engineering Geology 91:117-134
- Ozdemir A, Altural T (2013) A comparative study of frequency ratio, weights of evidence and logistic regression methods for landslide susceptibility mapping: Sultan Mountains, SW Turkey Journal of Asian Earth Sciences 64:180-197
- Padi PT, Di Baldassarre G, Castellarin A (2011) Floodplain management in Africa: Large scale analysis of flood data Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C 36:292-298
- Perrodon A (1957) Etude géologique des bassins néogènes sublittoraux de l'Algérie occidentale, Thèse de Doctorat, Univesrité d'Oran, 301p
- Philip H, Meghraoui M (1983) Structural analysis and interpretation of the surface deformations of the El Asnam earthquake of October 10, 1980 Tectonics 2:17-49
- Phukon P, Chetia D, Das P (2012) Landslide susceptibility assessment in the Guwahati city, Assam using analytic hierarchy process (AHP) and geographic information system (GIS) Int J Comput Appl Eng Sci 2:1-6

- Potter HR (1978) The use of historic records for the augmentation of hydrological data
- Pradhan B, Lee S (2010) Delineation of landslide hazard areas on Penang Island, Malaysia, by using frequency ratio, logistic regression, and artificial neural network models *Environmental Earth Sciences* 60:1037-1054
- Price C et al. (2011) Using lightning data to better understand and predict flash floods in the Mediterranean Surveys in geophysics 32:733
- Rahal F, Hadjou Z, Blond N, Aguejda R (2018) Croissance urbaine, mobilité et émissions de polluants atmosphériques dans la région d'Oran, Algérie *Cybergeog: European Journal of Geography*
- Rahmati O, Haghizadeh A, Pourghasemi HR, Noormohamadi F (2016a) Gully erosion susceptibility mapping: the role of GIS-based bivariate statistical models and their comparison *Natural Hazards* 82:1231-1258
- Rahmati O, Zeinivand H, Besharat M (2016b) Flood hazard zoning in Yasooj region, Iran, using GIS and multi-criteria decision analysis *Geomatics, Natural Hazards and Risk* 7:1000-1017
- Ray PC, Chattoraj SL, Bisht M, Kannaujiya S, Pandey K, Goswami A (2016) Kedarnath disaster 2013: causes and consequences using remote sensing inputs *Natural Hazards* 81:227-243
- Regmi NR, Giardino JR, Vitek JD (2010) Modeling susceptibility to landslides using the weight of evidence approach: Western Colorado, USA *Geomorphology* 115:172-187
- Reiter L (1990) Earthquake hazard analysis: issues and insights vol 22. vol 3. Columbia University Press New York,
- ROTH RA (1983) Factors affecting landslide-susceptibility in San Mateo county, California *Bulletin of the Association of Engineering Geologists* 20:353-372
- Rothé J-P, Dechevoy N, Seltzer P (1950) Les séismes de Kerrata et la séismicité de l'Algérie *Bulletin du Service de la Carte géologique de l'Algérie*, 24, pp40.
- Saaty T (1980) The analytical hierarchy process: planning, priority setting, and resource allocation McGraw-Hill New York
- Saha AK, Gupta RP, Sarkar I, Arora MK, Csaplovics E (2005) An approach for GIS-based statistical landslide susceptibility zonation—with a case study in the Himalayas *Landslides* 2:61-69
- Said A (2011) Tectonique active de l'Atlas Sud Tunisien: approche structurale et morphotectonique. Université de Toulouse, Université Toulouse III-Paul Sabatier, 228p
- Sardou M, Maouche S, Missoum H (2016) Compilation of historical floods catalog of northwestern Algeria: First step towards an atlas of extreme floods *Arabian Journal of Geosciences* 9:455

- Sardou M, Maouche S, Sabeur B, Missoum H (2018) The November 26 and 27, 1927 devastating flood event (NW Algeria): characterization and reconstruction using historical data *Arabian Journal of Geosciences* 11:229
- Savvaidis P (2003) Existing landslide monitoring systems and techniques *From Stars to Earth and Culture*:242-258
- Scarwell H-J, Laganier R (2004) *Risque d'inondation et aménagement durable des territoires* vol 916. Presses Univ. Septentrion,
- Schlögel R (2015) Quantitative landslide hazard assessment with remote sensing observations and statistical modelling. Strasbourg
- Schlögel R, Malet J-P, Remaître A, Reichenbach P, Doubre C (2015) Analysis of a landslide multi-date inventory in a complex mountain landscape: the Ubaye valley case study *Natural Hazards & Earth System Sciences Discussions* 3
- Schumann AH (2011) Flood risk assessment and management: How to specify hydrological loads, their consequences and uncertainties. Springer Science & Business Media,
- Şen Z (2018) Flood modeling, prediction and mitigation. Springer,
- Serpelloni E et al. (2007) Kinematics of the Western Africa-Eurasia plate boundary from focal mechanisms and GPS data *Geophysical Journal International* 169:1180-1200
- Siahkamari S, Haghizadeh A, Zeinivand H, Tahmasebipour N, Rahmati O (2018) Spatial prediction of flood-susceptible areas using frequency ratio and maximum entropy models *Geocarto international* 33:927-941
- Soeters R, van Westen CJ (1996) Landslides: Investigation and mitigation. Chapter 8-Slope instability recognition, analysis, and zonation *Transportation research board special report*
- Stevenson P (1977) An empirical method for the evaluation of relative landslip risk *Bulletin of Engineering Geology and the Environment* 16:69-72
- Süzen ML, Doyuran V (2004) A comparison of the GIS based landslide susceptibility assessment methods: multivariate versus bivariate *Environmental geology* 45:665-679
- Tehrany MS, Lee M-J, Pradhan B, Jebur MN, Lee S (2014a) Flood susceptibility mapping using integrated bivariate and multivariate statistical models *Environmental Earth Sciences* 72:4001-4015
- Tehrany MS, Pradhan B, Jebur MN (2013) Spatial prediction of flood susceptible areas using rule based decision tree (DT) and a novel ensemble bivariate and multivariate statistical models in GIS *Journal of hydrology* 504:69-79
- Tehrany MS, Pradhan B, Jebur MN (2014b) Flood susceptibility mapping using a novel ensemble weights-of-evidence and support vector machine models in GIS *Journal of hydrology* 512:332-343

- Termeh SVR, Kornejady A, Pourghasemi HR, Keesstra S (2018) Flood susceptibility mapping using novel ensembles of adaptive neuro fuzzy inference system and metaheuristic algorithms *Science of the Total Environment* 615:438-451
- Tezcan S (1996) Probability analysis of earthquake magnitudes. Turkish Earthquake Foundation TDV. TR 96-001, Istanbul, p 26,
- Thiery Y (2007) Susceptibilité aux mouvements de versant dans le bassin de Barcelonnette: cartographie morphodynamique, analyse spatiale et modélisation probabiliste. Thèse de Doctorat, Université de Caen, 445p
- Thomas G (1985) Géodynamique d'un bassin intramontagneux: Le Bassin du Bas-Chelif occidental (Algérie) durant le mio-plio-quaternaire, Thèse de Doctorat, Université de Pau, 594p
- Tian Y, Xu C, Chen J, Hong H (2017) Spatial distribution and susceptibility analyses of pre-earthquake and coseismic landslides related to the Ms 6.5 earthquake of 2014 in Ludian, Yunan, China *Geocarto international* 32:978-989
- Van Westen C, Rengers N, Soeters R (2003) Use of geomorphological information in indirect landslide susceptibility assessment *Natural Hazards* 30:399-419
- Van Westen C, Van Asch TW, Soeters R (2006) Landslide hazard and risk zonation—why is it still so difficult? *Bulletin of Engineering Geology and the Environment* 65:167-184
- Van Westen CJ (1993) Application of geographic information systems to landslide hazard zonation
- Van Westen CJ (2000) The modelling of landslide hazards using GIS *Surveys in Geophysics* 21:241-255
- Van Westen CJ, Castellanos E, Kuriakose SL (2008) Spatial data for landslide susceptibility, hazard, and vulnerability assessment: an overview *Engineering Geology* 102:112-131
- Varnes DJ (1978) Slope movement types and processes *Special report* 176:11-33
- Wieczorek GF (1984) Preparing a detailed landslide-inventory map for hazard evaluation and reduction *Bulletin of the Association of Engineering Geologists* 21:337-342
- Wildi W (1983) La chaîne tello-rifaine (Algérie, Maroc, Tunisie): structure, stratigraphie et évolution du Trias au Miocène *Revue de géographie physique et de géologie dynamique* 24:201-297
- Wu Z, Wu Y, Yang Y, Chen F, Zhang N, Ke Y, Li W (2017) A comparative study on the landslide susceptibility mapping using logistic regression and statistical index models *Arabian Journal of Geosciences* 10:187
- WWF U (2016) *Natural and Nature-Based Flood Management: a Green Guide* Washington, DC:20
- Yalcin A, Bulut F (2007) Landslide susceptibility mapping using GIS and digital photogrammetric techniques: a case study from Ardesen (NE-Turkey) *Natural Hazards* 41:201-226

- Yalcin A, Reis S, Aydinoglu A, Yomralioglu T (2011) A GIS-based comparative study of frequency ratio, analytical hierarchy process, bivariate statistics and logistics regression methods for landslide susceptibility mapping in Trabzon, NE Turkey *Catena* 85:274-287
- Yelles-Chaouche A, Boudiaf A, Djellit H, Bracene R (2006) La tectonique active de la région nord-algérienne *Comptes Rendus Geoscience* 338:126-139
- Yilmaz I (2010) Comparison of landslide susceptibility mapping methodologies for Koyulhisar, Turkey: conditional probability, logistic regression, artificial neural networks, and support vector machine *Environmental Earth Sciences* 61:821-836
- Yin K Statistical prediction model for slope instability of metamorphosed rocks. In: *Proceedings of the 5th International Symposium on Landslides*, 1988. pp 1269-1272
- Yin K, Yan T Statistical prediction model for slope instability of metamorphosed rocks. In: *Proceedings of the 5th international symposium on landslides*, Lausanne, Switzerland, 1988. AA Balkema Rotterdam, The Netherlands, pp 1269-1272
- Zaagane M (2015) Importance de la morphotectogenèse du parautochtone de l'Ouarsenis dans la mise en place d'un matériel épiglyptique (Tell Oranais-Algérie occidentale): cartographie structurale, analyse qualitative et quantitative des risques, Thèse de Doctorat, Université de Mustapha Stambouli, Mascara, 221p

Annexes

Annexe 1 : catalogue de la sismicité de l'ouest d'Algérie

ID	Date (jour/mois/Année)	Heure (hh:mm:ss)	Longitude (°)	Latitude (°)	Profondeur (km)	Intensité (Io)	Magnitude	Mw Calculée (cette étude)	Local	Référence
12	25/04/1900	18:00:00	-0,65	35,72	-	VI-VII	-	4,6	ORAN.ALG	VA/MOK/IGN
13	09/03/1901	22:26:00	0,55	35,73	-	VI	-	4,6	RELIZANE. ALG	BEN/HAM
14	23/08/1904	05:59:00	0,1	35,4	-	V	-	4	MASCARA.ALG	BEN/SSIS/ IGN/HAM
15	07/08/1907	01:18:49	0	35,8	-	VI	-	4,6	NOISY- MOSTAGANEM ^{SW}	SSIS/MOK/HAM
16	09/08/1907	01:21:00	0,4	35,7	-	VI	4,6 Ms	4,6	W REALIZANE.ALG	BEN/IGN
17	29/06/1909	05:45:00	0,6	35,73	-	VI	-	4,6	RELIZANE. ALG	SSIS/IGN / BEN/MOK
18	02/02/1910	01:00:00	-0,6	35,72	-	VII	-	5,2	ORAN. AL	SSIS/IGN/ BEN/MOK
19	10/01/1911	21:30:00	0,4	35,7	-	IV	-	3,4	W RELIZANE.ALG	IGN/ BEN
20	24/07/1912	18:07:00	-0,4	35,7	-	VII	-	5,2	ARZEW-NE ORAN	RT/SSIS/BEN/MOK
21	25/07/1912	18:31:25	-0,3	35,9	-	III	-	2,8	ARZEW-NE ORAN	IGN/BEN
22	31/07/1912	10:50:00	-0,3	35,9	-	V	-	4	ARZEW-NE ORAN	IGN/BEN
23	02/08/1912	15:40:00	-0,3	35,9	-	IV	-	3,4	ARZEW-NE ORAN	IGN/BEN
24	15/08/1912	23:10:00	-0,6	35,7	-	IV	-	3,4	ORAN.ALG	IGN/BEN
25	18/09/1912	20:45:00	-0,3	35,9	-	IV	-	3,4	ARZEW-NE ORAN	IGN/BEN
26	22/10/1912	03:57:00	0,1	35,9	-	III	-	2,8	ARZEW-NE ORAN	IGN/BEN
27	08/01/1913	20:36:58	-0,6	35,72	-	VII	-	5,2	ARZEW-NE ORAN	KV/IGN
28	09/01/1913	00:00:00	-0,6	35,7	-	III	-	2,8	ORAN.ARG	BEN
29	10/01/1913	06:30:00	-0,6	35,7	-	III	-	2,8	ORAN.ARG	BEN
30	26/02/1913	03:51:04	-0,6	35,73	-	V-VII	4,2 Ms	5,2	ARZEW-NE ORAN	RT/SSIS/MOK/BEN/IGN
31	31/08/1913	12:00:00	0,6	35,7	-	III	-	2,8	RELIZANE.ALG	IGN/BEN
32	10/06/1914	16:25:00	-0,43	35,78	-	III	-	2,8	ST.CLOUD.ALG	IGN/BEN
33	16/04/1915	16:45:00	-0,5	35,5	-	III	-	2,8	TIELAT.ALG	IGN/BEN

34	16/04/1915	16:25:00	-0,5	35,5	-	VI	-	4,6	TIELAT.ALG	IGN/BEN
35	22/01/1916	01:25:06	-0,6	35,7	-	IV	3,7 Ms	3,4	ORAN.ALG	IGN/BEN
36	28/04/1919	21:05:00	0,77	35,72	-	V	-	4	E RELIZANE.ALG	IGN/BEN
37	06/05/1919	03:35:08	-1,75	36	-	III	-	2,8	MER MEDITERRANEE	IGN/BEN
38	26/06/1919	19:00:19	-1,1	36,72	-	-	4.6 Ms	5,1	MER MEDITERRANEE	BEN/IGN
39	30/12/1919	00:30:00	0,6	35,7	-	IV	-	3,4	RELIZANE.ALG	IGN/BEN
40	09/05/1922	07:25:10	-1,5	34,5	-	V	-	4	E.SEBDOU. TLEMCEN SW	BEN/IGN
41	24/03/1924	01:50:30	0	37	-	VI	4,2 Ms	5	MER MEDITERRANEE	BEN
42	22/09/1924	22:04:10	-1,72	36,5	-	VII	4,4 Ms	5	MER MEDITERRANEE	BEN / HAM
43	19/06/1925	14:44:00	-0,4	35,8	-	VI	4 Ms	4,9	NE ORAN.ALG	RT/MOK/BEN/ IGN
44	20/06/1925	12:33:45	-0,18	35,82	-	VI	-	4,6	NE PORT POULES. AL	BEN
45	21/06/1925	03:00:25	-0,57	36,13	-	VI	4,3 Ms	5	MER MEDITERRANEE	BEN/IGN
46	04/08/1925	00:22:06	0	36,7	-	-	4,5 Ms	5,1	MER MEDITERRANEE	HAM
47	23/10/1925	13:35:00	0,1	35,4	-	VI	-	4,6	MASCARA. AL	BEN/IGN
48	24/10/1927	13:36:36	-1	36,5	-	-	4,4 Ms	5	MER MEDITERRANEE	BEN
49	26/05/1928	15:40:00	0,17	35,4	-	V	-	4	MASCARA.ALG	IGN/BEN
50	24/08/1928	09:44:00	0,6	35,9	-	VIII	5,4 Ms	5,2	N RELIZANE.ALG	RT/MOK/IGN/BEN
51	09/01/1929	21:27:20	-0,2	35,53	-	VII	-	5,2	SAINT-DENIS- SE ORAN	BEN/IGN
52	11/01/1929	01:52:00	-0,2	35,5	-	VIII	4.5 Mb	4,6	SAINT-DENIS- SE ORAN	BEN/ IGN
53	09/03/1932	09:07:01	-2	36,7	-	-	4,2 Ms	5	LUCAR. SP	BEN
54	27/02/1933	15:00:00	-0,33	35,85	-	IV	-	3,4	ARZEW.ALG	BEN/IGN
55	01/04/1939	08:02:00	0,1	35,9	-	VI-VII	-	4,6	MOSTAGANEM.ALG	RT/MOK/BEN/IGN
56	08/01/1941	14:39:41	0,08	35,93	-	VI	-	4,6	MOSTAGANEM.ALG	IMPGA/MOK/BEN/IGN
57	28/04/1941	21:12:48	0	36,6	-	VI	-	4,6	MER MEDITERRANEE	RT/MOK/BEN/IGN
58	12/06/1941	13:55:35	-1	36	35	-	5,6 Ms	5,7	MER MEDITERRANEE	HAM
59	27/04/1945	14:43:47	-0,58	36,66	-	V	4.4 MbLg	4,3	MER MEDITERRANEE	IGN/HAM

60	01/09/1947	03:45:00	0,47	35,82	-	IV	-	3,4	RELIZANE.ALG	BEN/IGN
61	16/12/1947	12:11:32	-0,47	36,9	-	-	3,9 Mb	4	MER MEDITERRANEE	BEN/IGN
62	06/07/1948	03:15:00	0,58	35,75	-	IV	-	3,4	RELIZANE. ALG	BEN
63	12/05/1949	14:00:00	0,1	35,4	-	V	-	4	MASCARA.ALG	BEN/IGN
64	19/05/1949	23:10:00	0,3	35,3	-	V	-	4	AIN-FARES- MASCARA	SE BEN/IGN
65	27/10/1949	20:55:00	0,25	35,42	-	VI-VII	-	5,2	E MASCARA.ALG	GJ/MOK/BEN/IGN/HAM
66	04/11/1949	12:35:59	-0,7	35,7	-	V	4,5 Mb	4,6	W- ORAN.ALG	BCIS/MOK/BEN/IGN/HAM
67	05/04/1950	06:40:00	-1,17	35,3	-	V	-	4	TROIS- MARABOUTS.ALG	BEN/IGN/HAM
68	06/04/1950	06:07:00	-1,17	35,3	-	V	-	4	TROIS-MARABOUTS	BEN/IGN
69	21/05/1950	10:44:29	0,2	35,7	-	V	4.6 MS	5,1	BOUGUIRAT- MOSTAGAMEN	SE GJ/MOK/ BEN/IGN/HAM
70	02/09/1950	20:20:00	-0,2	35,5	-	IV	-	3,4	ST.DENIS DU SIG. SE ORAN ALG	BEN/IGN
71	07/09/1950	20:50:00	-0,2	35,5	-	V	-	4	ST.DENIS DU SIG. SE ORAN ALG	BEN/IGN
72	21/11/1950	23:55:00	-0,17	35,8	-	V	-	4	PORAUX-POULES.ALG	BEN/ IGN/HAM
73	30/11/1950	03:20:00	0,1	35,92	-	IV	-	3,4	MOSTAGANEM.ALG	BEN/IGN
74	18/01/1951	19:12:15	-0,1	35,5	-	IV	-	3,4	ST.DENIS DU SIG.ALG	BEN/IGN
75	24/04/1951	12:19:19	0,8	35,8	-	V	-	4	L'HILLIL. ALG	BEN
76	14/07/1951	13:05:56	0,5	35,8	-	III	-	2,8	RELIZANE. ALG	BEN
77	20/06/1952	16:43:39	-0,2	35,8	-	V	4.2 Ms	5	E ORAN-ALG	BEN/HAM
78	04/08/1952	12:56:07	0,2	36,72	-	V	4 MS	4,9	MER MEDITERRANEE	BEN/IGN/HAM
79	04/02/1953	07:06:33	-0,2	35,5	-	IV	-	3,4	AIN CHEURF. ALG	BEN
80	05/05/1953	15:14:45	0,67	35,77	-	IV	-	3,4	FERRY. NE RELIZAINE- ALG	BEN/IGN

81	02/08/1953	02:05:05	1	36,25	-	III	-	2,8	E.MALAKOFF. ALG	BEN
82	18/08/1953	04:15:50	0	35,55	-	V	-	4	AIN FEKAN. NW MASCARA	BH/RS/MOK/IGN/BE N/HAM
83	20/09/1953	00:33:48	0,2	36,03	-	III	-	2,8	NE MOSTAGANEM.ALG	IGN/BEN
84	18/03/1954	17:35:45	-0,6	35,7	-	IV	-	3,4	ARCOLE. ALG	BEN
85	31/03/1954	01:55:42	0,6	35,8	-	VI	-	4,6	RELIZANE. ALG	BEN
86	23/06/1954	19:37:57	-2,03	36,87	-	III	3,2 Mb	3,5	HORTICHUEL. SP	BEN
87	05/07/1955	17:05:45	0,07	35,6	-	IV	-	3,4	PERREGAUX. N MASCARA. ALG	BEN/IGN
88	29/09/1955	00:38:02	-1	35,53	-	V	-	4	LOURMEL.ALG	BEN/IGN/HAM
89	10/10/1955	12:35:01	-0,83	35,5	-	IV	-	3,4	BOU TLELIS.ALG	BEN/IGN
90	15/10/1955	21:02:48	0,92	36,42	-	IV	-	3,4	EL MARSA.ALG	BEN/IGN
91	01/01/1956	08:07:37	-0,3	36,8	4	VI	-	4,6	ST. LEU. ALG	IMPGA/MOK/BEN
92	25/02/1956	18:28:28	0,08	35,92	-	IV	-	3,4	MER MEDITERRANEE	BEN/IGN
93	27/02/1956	12:38:16	-1,73	36,62	5	III	3,1 Mb	3,4	MER MEDITERRANEE	BEN/IGN
94	19/06/1956	10:09:06	-0,5	35,77	-	IV	-	3,4	ORAN.ALG	BEN/IGN
95	10/10/1956	07:31:47	-0,5	35,77	-	IV	-	3,4	ORAN.ALG	BEN/IGN
96	10/10/1956	23:47:01	-0,5	35,77	-	V	-	4	ORAN.ALG	BEN/IGN
97	07/01/1957	19:16:15	-1,74	36,28	5	III	3,5 Mb	3,7	MER MEDITERRANEE	BEN/IGN
98	14/02/1957	06:12:06	-0,4	35,8	8	V	-	4	ST.CLOUD. ALG	IMPGA/MOK/BEN
99	01/04/1957	18:40:54	0,53	35,73	-	IV	-	3,4	RELIZANE.ALG	BEN/IGN
100	12/04/1957	10:13:36	0,5	35,73	-	IV	-	3,4	CLINCHANT.ALG	BEN/IGN
101	08/06/1957	18:20:33	-0,52	35,72	-	V	-	4	DANISME. ALG	IMPGA/BCIS/MOK/BE N
102	29/06/1957	23:46:39	-1,35	36,32	5	IV	4,6 Mb	4,7	MER MEDITERRANEE	BEN/IGN/HAM
103	21/08/1957	20:20:39	0,55	35,73	-	III	-	2,8	RELIZANE. ALG	BEN
104	02/10/1957	02:45:42	-0,7	35,71	-	IV-V	-	4	AIN TURCK. ALG	IMPGA/MOK/BEN/IG N
105	04/10/1957	17:19:30	0,6	35,73	-	IV-V	-	4	RELIZANE. ALG	IMPGA/MOK/BEN/IG

										N
106	18/10/1957	16:48:00	-0,4	35,83	-	V	-	4	KLEBER. ALG	IMPGA/MOK/BEN/IGN/HAM
107	29/10/1957	13:08:36	-0,1	35,5	-	IV-V	-	4	JEAN MERMOZ. ALG	IMPGA/MOK/BEN/IGN/HAM
108	01/06/1958	03:06:24	0	35,5	-	V	-	4	DUBLINEAU. ALG	IMPGA/MOK/IGN/BEN/HAM
109	30/08/1958	14:21:36	0,41	36,2	-	III	-	2,8	LAPASSET. ALG	BEN/IGN
110	25/09/1958	22:32:00	-0,57	34,8	-	V	-	4	TELAGH. ALG	BEN/IGN/HAM
111	04/10/1958	17:34:06	-0,67	35,1	-	IV	3,3Mb	3,5	BOUKHANEFIG. ALG	BEN/IGN
112	11/10/1958	04:24:42	0,6	35,7	-	IV	-	3,4	RELIZANE. ALG	BEN/IGN
113	01/11/1958	18:21:30	0,67	35,67	-	V	-	4	KENENDA. ALG	BEN/IGN/HAM
114	18/03/1959	13:01:56	0,7	35,71	-	V	-	4	RELIZANE. ALG	BEN
115	02/10/1959	19:07:06	0,1	35,93	-	III	-	2,8	MOSTAGANEM. ALG	IGN/BEN/HAM
116	12/12/1959	20:00:05	-0,6	35,8	-	VII	4,3 Mb	4,4	ORAN. ALG	IMPGA/BCIS/MOK/BEN
117	26/01/1960	04:41:38	-0,66	35,7	-	III	-	2,8	ORAN. ALG	BEN
118	01/06/1960	11:40:01	-0,6	35,7	-	V	-	4	ORAN. ALG	IMPGA/MOK/IGN/BEN/HAM
119	09/06/1960	09:36:27	0,9	36,1	-	V-VI	-	4,6	MAZOUNA RELIZANE -NE	IMPGA/MOK/IGN/BEN/HAM
120	30/08/1960	09:28:16	-1,5	36,8	-	IV	-	3,4	TOTANA. SP	BEN
121	26/09/1960	20:10:19	1	36,25	-	IV	-	3,4	BOUGIE. NW CHLEF	BEN/IGN
122	01/12/1960	15:14:12	0,1	35,8	-	VI-VII	-	5,2	MOSTAGANEM. ALG	IMPGA/MOK
123	23/01/1961	02:46:23	-0,3	35,2	-	IV	-	3,4	E SIDI BEL ABBES. ALG	IMPGA/MOK/ BEN
124	29/01/1961	02:46:07	-0,25	35,33	-	IV	-	3,4	W MASCARA. ALG	BEN/IGN
125	29/05/1961	05:27:27	-1	36	-	V	-	4	MER MEDITERRANEE	BCIS/MOK/IGN/BEN/HAM
126	20/03/1962	18:15:00	-0,5	35,1	-	VII	-	5,2	SE SIDI BEL ABBES. ALG	MOK/BEN
127	15/07/1962	18:56:19	-0,7	36,2	-	IV	-	3,4	MER MEDITERRANEE	LCSS/MOK/IGN/BEN

128	27/08/1962	13:27:34	0,9	36,6	-	V	-	4	NW.C.CALAB.ALG	BEN
129	30/08/1962	00:04:30	-2	36,6	-	-	3 Mb	3,3	SE.CABO GATA. SP	BEN
130	08/10/1962	18:51:44	-1,66	36,2	10	III	-	2,8	MER MEDITERRANEE	IGN/HAM
131	27/04/1964	02:34:42	-1,64	36,27	60	III	3,3 Mb	3,5	MER MEDITERRANEE	IGN
132	27/04/1964	02:34:42	-1,5	36,5	-	V	-	4	MER MEDITERRANEE	LCSS/MOK/BEN/HAM
133	03/05/1964	23:30:05	-1,77	36,85	24	-	3,3 Mb	3,5	MER MEDITERRANEE	BEN/IGN
134	13/05/1964	13:46:23	-1,5	35,5	33	VII	4 Mb	4,1	MER MEDITERRANEE	IMPGA/MOK/ISC/ BEN
135	26/06/1964	23:50:49	-1,83	36,85	5	IV	3,3 Mb	3,5	MER MEDITERRANEE	BRN/IGN
136	13/07/1964	12:25:05	-2	36,7	-	-	3,9 Mb	4	ALMERIA. SP	BEN
137	15/07/1964	11:04:10	0,3	35,5	31	VI	3,6 Mb	3,8	NE MASCARA.ALG	IMPGA/MOK/BEN/ISC /HAM
138	02/10/1964	09:34:24	0,3	35,6	5	V	-	4	E MASCARA.ALG	IMPGA/MOK/BEN/HA M
139	05/07/1965	13:33:46	-0,14	36,89	40	-	3,2 Mb	3,5	MER MEDITERRANEE	BEN/IGN
140	18/05/1966	15:57:12	-2	36	-	-	2,6 Mb	3	MER D'ALBORAN	BEN/IGN
141	27/04/1967	01:54:24	-0,2	35,7	-	-	4,7 Mb	4,8	GULF ARZEW. ALG	BEN/IGN/HAM
142	14/05/1967	06:10:18	-1,76	36,85	5	-	3 Mb	3,3	MER MEDITERRANEE	BEN/IGN
143	27/05/1967	01:54:23	-0,2	35,7	2	V	4,6 Mb	4,7	W MOSTAGANEM.ALG	BCIS/MOK/BEN/IGN/I SC
144	13/07/1967	02:10:22	-0,1	35,52	23	VII -VIII	4,9 Mb	4,9	SIG- NW MASCARA.ALG	IMPGA /MOK/IGN/BEN
145	24/07/1967	16:36:57	-0,8	35,4	5	-	3,2 Mb	3,5	E TEMOUCHENT.ALG ^{AIN}	BEN/IGN/ISC
146	16/08/1967	13:46:12	-0,6	35,5	33	IV	4,1 Mb	4,2	SW ORAN.ALG	ISC
147	10/02/1968	21:54:32	-0,1	35,5	-	V	3,1 Mb	3,4	SIG - NW MASCARA.ALG	LCSS/ BCIS/MOK/IGN/ISC/H AM
148	31/03/1968	21:05:05	-1,6	35,2	10	III	3,4 Mb	3,6	MER MEDITERRANEE	LCSS/ SPGM/MOK/BEN
149	06/03/1969	21:24:01	-1,05	36,38	20	-	3,2 Mb	3,5	MER MEDITERRANEE	BEN/IGN
150	05/04/1969	19:56:24	0	35,5	5	VI	3,3 Mb	3,5	MASCARA. ALG	BEN/IGN/MOK

151	10/10/1969	07:12:48	-2	34,7	-	-	3,7 Mb	3,9	OUJDA. MO	BEN
152	16/03/1970	13:05:08	-1,3	36,85	5	-	3,2 Mb	3,5	MER MEDITERRANEE	BEN/IGN
153	09/09/1970	07:16:21	-0,75	35,7	-	IV-V	-	4	ZEMMOURA RELIZANE	MOK/BEN/IGN/HAM
154	31/08/1971	18:48:03	-1,06	36,94	33	-	3 Mb	3,3	MEDITERRANEAN	BEN
155	12/11/1971	01:40:30	-1,72	36,85	33	-	3,4 Mb	3,6	MER MEDITERRANEE	BEN/IGN
156	06/06/1972	00:00:00	-0,6	35,8	-	V	-	4	ORAN. ALG	BEN
157	12/06/1972	22:38:04	-0,9	35,8	33	V-VI	-	4	MER MEDITERRANEE	AM/MOK/BEN/IGN
158	02/07/1972	14:00:00	-0,72	35,73	-	III	-	2,8	W ORAN.ALG	AM/MOK
159	04/08/1972	19:04:34	-1,7	35,74	5	-	3,6 Mb	3,8	MER MEDITERRANEE	BEN/IGN
160	29/08/1972	15:55:07	-1,31	35,81	5	-	3,6 Mb	3,8	MER MEDITERRANEE	BEN/IGN
161	13/05/1973	15:35:11	-0,04	36,91	10	-	2,8 MbLg	2,6	MER MEDITERRANEE	IGN
162	24/08/1973	15:57:48	-0,04	35,85	33	-	3,3 Mb	3,5	MENDEZ. ALG	BEN
163	24/08/1973	10:50:53	-1,95	35,91	5	-	4,3 Mb	4,4	MER MEDITERRANEE	BEN/IGN
164	24/11/1973	15:57:48	-0,04	35,85	33	-	3,3 MS	4,8	SW MOSTAGANEM.ALG	HAM
165	05/10/1974	13:04:57	0,09	36,61	33	-	3,1 Mb	3,4	MER MEDITERRANEE	ISC
166	13/01/1975	07:17:54	-1,9	35,85	5	-	3,6 MbLg	3,4	MER MEDITERRANEE	IGN
167	24/03/1975	04:13:29	-1,98	36,9	33	-	3 Mb	3,3	ALMERIA. SP	ISC
168	04/05/1975	19:58:49	-2	34,84	-	-	3,7Mb	3,9	OUJDA. MO	ISC
169	15/05/1975	15:54:06	-1,5	36,9	33	-	2,9 Mb	3,2	ALBORAN	ISC
170	19/05/1975	16:21:53	-0,48	36,03	33	-	2,9 Mb	3,2	MER MEDITERRANEE	IGN/ISC/BEN
171	19/05/1975	23:54:41	-0,94	36,82	-	IV	-	3,4	N.MERS KEBIR.ALG	BEN/IGN/ISC
172	12/11/1975	22 30 00	-0,72	35,64	-	IV	-	3,4	NW ORAN.ALG	AM/MOK
173	27/11/1975	11:00:17	-0,11	36,35	-	-	3,1 Mb	3,4	N.GULF ARZEW. ALG	BEN/ISC
174	01/06/1976	00:00:00	0,07	35,93	-	IV	-	3,4	MOSTAGANEM. ALG	AM/MOK/BEN
175	28/05/1977	07:59:06	-0,2	34,8	11	-	3,8 Mb	4	EL TERNI. MO	BEN
176	28/01/1978	22:55:04	-1,86	35,38	40	V	3,9 Mb	4	MER MEDITERRANEE	BEN/IGN/ISC/HAM

177	18/03/1978	11:10:02	-2,04	36,65	5.0	-	3,4 Mb	3,6	SE NÍJAR.AL	ISC / IGN
178	16/11/1978	14:54:49	-1,05	36,27	20	-	4,1 Mb	4,2	MER MEDITERRANEE	IGN/ISC/BEN/HAM
179	17/11/1978	18:19:12	-0,63	35,77	33	IV	3,7 Mb	3,9	N ORAN,ALG	AM/MOK/BEN/IGN/ISC
180	25/07/1979	22:28:21	-1,74	36,4	20	-	3,6 Mb	3,8	MER MEDITERRANEE	BEN/ISC/IGN
181	16/01/1980	21:39:54	-1,03	35,35	10	V	3,8 Mb	4	NE TEMOUCHENT.ALG ^{AIN}	BEN/IGN
182	11/10/1980	09:25:19	-0,41	36,99	5	-	2,7 MbLg	2,5	MER MEDITERRANEE	IGN
183	19/01/1981	00:00:00	-0,32	35,81	-	VI	-	4,6	ARZEW-NE ORAN	BEN
184	04/02/1981	22:08:12	-1,29	36,04	5	-	4,4 Ms	5	MER MEDITERRANEE	HAM
185	19/04/1981	19:29:35	-0,22	35,99	16	VI	4,8 ML	4,8	ORAN. ALG	AM-CNAAG/MOK/BEN/IGN/HAM
186	22/07/1981	14:54:00	0,69	36,66	10	-	3,5 Mb	3,7	MER MEDITERRANEE	ISC
187	18/12/1981	21 00 00	0,07	35,58	-	IV	-	3,4	MASCARA.ALG	AM/MOK
188	07/03/1982	08:07:44	-0,57	35,82	20	-	3,4 Mb	3,6	ARZEW-NE ORAN	ISC
189	23/08/1982	22 55 00	-0,42	35,78	-	IV	-	3,4	NE ORAN.ALG	AM/MOK
190	30/10/1982	03:44:11	-1,96	36,06	5	-	3,8 MbLg	3,6	MER MEDITERRANEE	IGN
191	06/11/1982	16:32:17	-0,96	37	2	IV	-	3,4	MER D'ALBORAN	ISC
192	19/01/1983	18 00 00	-0,87	35,68	-	IV	-	3,4	NW ORAN.ALG	AM/MOK
193	10/11/1983	22 18 00	0,08	35,93	-	IV	3,1 MbLg	2,9	MOSTAGANEM.ALG	AM/MOK
194	09/06/1984	10:39:49	-0,17	35,64	20	-	3,1 MbLg	2,9	NW MASCARA.ALG	BEN/IGN/ISC
195	29/01/1985	09:38:32	-1,73	36,67	34	-	3,3 Mb	3,5	MER MEDITERRANEE	ISC/IGN
196	15/07/1985	11:20:42	-1,15	35,58	-	V	3,9 MbLg	3,7	MER MEDITERRANEE	AM/MOK/BEN/ISC/IGN
197	16/07/1985	13 13 00	-1,15	35,58	-	IV	*	3,4	NW TEMOUCHENT.ALG ^{AIN}	AM/MOK
198	18/07/1985	11:13:09	-1,2	35,38	8	IV	3,3 MbLg	3,1	MER MEDITERRANEE	AM/MOK/ISC/IGN
199	10/05/1986	13:18:45	0,32	35,84	10	-	3,7 Mb	3,9	SE MOSTAGANEM.ALG	IGN/ USGS/ ISC
200	08/07/1987	09:27:42	-0,65	35,72	-	III	3.3 MbLg	3,1	ORAN.ALG	AM /MOK/ IGN / ISC

201	26/09/1987	05:29:19	-0,65	35,72	-	III- IV	3.5 MbLg	3,3	ORAN.ALG	AM / MOK/IGN / ISC
202	04/11/1987	02:58:54	-0,5	35,67	-	IV	3.5 MbLg	3,3	E ORAN.ALG	AM/CRAAG/MOK/IGN /ISC
203	13/03/1988	11:20:00	0,13	35,4	-	IV	3.2 MbLg	3	MASCARA.ALG	AM/MOK
204	13/03/1988	11:20:15	-0,65	35,91	-	-	3,2 MbLg	3	MER MEDITERRANEE	IGN
205	11/06/1988	09:49:49	-0,76	36,05	33	-	3,4 MbLg	3,2	MER MEDITERRANEE	IGN/ISC/USGS
206	02/03/1989	02:52:19	0,57	35,91	-	-	3,5 MbLg	3,3	N RELIZANE.ALG	IGN/ISC/USGS
207	22/04/1989	15:56:29	-1,71	36,09	-	-	3,4 MbLg	3,2	MER MEDITERRANEE	IGN/ISC/USGS
208	23/04/1989	07:55:06	-1,77	36,15	-	-	3 MbLg	2,8	MER MEDITERRANEE	ISC/USGS
209	15/05/1989	10:37:16	-0,91	35,92	-	-	3,4 MbLg	3,2	MER MEDITERRANEE	IGN/ISC/USGS
210	23/05/1990	22:52:01	-1,25	35,75	-	-	3,8 Mb	4	MER MEDITERRANEE	IGN
211	25/05/1990	01:42:28	-0,92	35,82	-	-	3,1 MbLg	2,9	MER MEDITERRANEE	ISC/USGS
212	08/03/1991	17:40:49	0,39	35,62	10	-	3,9 Mb	4	W RELIZANE.ALG	IGN
213	22/08/1991	10:30:50	-0,46	35,98	30	-	3,4 MbLg	3,2	NE ORAN.ALG	IGN/USGS/ISC
214	27/09/1991	12:11:17	-1,91	36,68	5	-	3,2 MbLg	2,9	MER MEDITERRANEE	IGN /ISC
215	20/12/1991	18:56:56	-1,03	36,09	-	-	3,5 MbLg	3,3	MER MEDITERRANEE	IGN/ISC
216	07/02/1992	18:14:00	0,11	35,84	7	-	3 MbLg	2,8	S MOSTAGANEM.ALG	IGN /ISC /USGS
217	08/02/1992	03:53:39	0,16	36,01	-	-	2,8 MbLg	2,6	NE MOSTAGANEM.ALG	IGN
218	26/02/1992	10:53:04	-0,25	35,95	-	-	3,9 MbLg	3,7	MER MEDITERRANEE	IGN /ISC /USGS
219	26/02/1992	11:53:00	-0,36	35,82	10	-	3,5 Mb	3,7	NE ORAN.ALG	ISC
220	03/06/1992	15:35:57	-1,96	36,31	5	-	3,5 MbLg	3,3	MER MEDITERRANEE	IGN
221	22/06/1992	08:10:52	-0,8	35,39	-	-	3,5 MbLg	3,3	NW SIDI BEL ABBES.ALG	IGN
222	05/08/1992	04:14:23	-0,33	36,17	-	-	3,3 MbLg	3,1	MER MEDITERRANEE	IGN
223	23/09/1992	22:43:47	-0,95	36,15	-	-	2,9 MbLg	2,7	MER MEDITERRANEE	IGN
224	24/09/1992	00:29:20	-1,82	36,25	4	II-III	3,3 MbLg	3,1	MER MEDITERRANEE	IGN/ISC /USGS
225	25/09/1992	17:52:05	-1,95	36,92	10	-	2,8 MbLg	2,6	MER MEDITERRANEE	ISC / IGN

226	11/10/1992	10:41:48	-1,85	36,41	-	-	3 MbLg	2,8	MER MEDITERRANEE	IGN
227	17/10/1992	20:43:19	-1,51	35,28	18.9	-	5.0 Mb	5	W TEMOUCHENT.ALG ^{AIN}	ISC/IGN/ USGS/HAM
228	05/01/1993	22:26:06	-1,47	35,54	-	-	3,1 MbLg	2,9	MER MEDITERRANEE	IGN
229	06/01/1993	21:39:58	-1,64	36,67	10	-	3 MbLg	2,8	MER MEDITERRANEE	ISC
230	02/04/1993	11:50:31	-1,08	36,21	-	-	3,1 MbLg	2,9	MER MEDITERRANEE	IGN
231	07/06/1993	07:36:35	0,15	36,77	-	-	2,8 MbLg	2,6	MER MEDITERRANEE	IGN
232	09/07/1993	18:12:06	0,58	35,7	-	-	3,4 MbLg	3,2	RELIZANE.ALG	IGN
233	16/07/1993	01:47:50	0,07	35,69	-	-	3,5 MbLg	3,3	S MOSTAGANEM.ALG	IGN /ISC /USGS
234	15/08/1993	06:35:43	-0,33	35,59	-	-	3,2 MbLg	3	SE ORAN.ALG	IGN
235	15/09/1993	21:00:42	-1,02	36,25	-	-	3 MbLg	2,8	MER MEDITERRANEE	IGN
236	29/09/1993	23:22:30	-1,57	36	-	-	2,9 MbLg	2,7	MER MEDITERRANEE	IGN
237	25/11/1993	18:28:23	-1,77	34,41	30	-	3.3 MD	3,1	SW TLEMEN.ALG	ISC
238	02/03/1994	22:08:18	0,8	36,53	10	-	3,5 MbLg	3,3	MER MEDITERRANEE	ISC
239	13/05/1994	17:58:30	-0,9	35,6	5.5	-	3,4 MbLg	3,2	W ORAN.ALG	ISC
240	18/08/1994	01:13:05	-0,11	35,5	8.7	VII	5,7 Mw	5,7	NW MASCARA.ALG	ISC/IGN
241	18/08/1994	01:22:19	0,08	35,31	-	-	3,3 MbLg	3,1	NW MASCARA.ALG	ISC/IGN
242	18/08/1994	01:42:48	-0,14	35,55	10	-	4,7 Mb	4,8	NW MASCARA.ALG	ISC/IGN
243	18/08/1994	01:51:14	-0,67	35,6	-	-	3.2 MbLg	3	SW ORAN.ALG	ISC
244	18/08/1994	01:58:23	-0,16	35,57	10	-	3, 6MbLg	3,4	W MASCARA.ALG	ISC/IGN
245	18/08/1994	02:23:46	-0,12	35,54	10	-	4,1 Mb	4,2	W MASCARA.ALG	ISC/IGN
246	18/08/1994	02:39:15	-0,6	35,49	-	-	3.0 MbLg	2,8	S ORAN.ALG	IGN
247	18/08/1994	03:23:44	-0,41	35,68	10	-	3,6 MbLg	3,4	MER MEDITERRANEE	IGN
248	18/08/1994	03:43:32	-0,88	35,9	-	-	3.0 MbLg	2,8	MER MEDITERRANEE	IGN
249	18/08/1994	04:34:03	0	35,59	-	-	3.3 MbLg	3,1	NW MASCARA.ALG	IGN
250	18/08/1994	05:00:54	-0,12	35,53	10	-	3,3 Mb	3,5	NW MASCARA.ALG	ISC/IGN
251	18/08/1994	08:18:18	-0,17	35,53	10	-	3,2 Mb	3,5	E ORAN.ALG	ISC
252	18/08/1994	09:13:42	-0,57	35,65	10	-	3,5 MbLg	3,3	SE ORAN.ALG	ISC/IGN

253	18/08/1994	09:37:05	-0,1	35,52	14.7	-	3,9 Mb	4	NW MASCARA.ALG	ISC
254	18/08/1994	10:18:16	-1,22	35,99	-	-	3.1 MbLg	2,9	MER MEDITERRANEE	IGN
255	18/08/1994	12:42:04	-0,83	35,54	-	-	2.9MbLg	2,7	SW ORAN.ALG	IGN
256	18/08/1994	14:49:43	-0,61	35,61	-	-	3.0 MbLg	2,8	SE ORAN.ALG	IGN
257	18/08/1994	17:01:26	-0,26	35,7	10	-	3,5 MbLg	3,3	MER MEDITERRANEE	IGN
258	18/08/1994	20:55:19	-1,2	36,08	-	-	2.8 MbLg	2,6	MER MEDITERRANEE	IGN
259	18/08/1994	21:27:05	-0,75	35,43	-	-	2.9 MbLg	2,7	NW SIDI BEL ABBES.ALG	IGN
260	19/08/1994	00:39:29	-0,89	35,47	-	-	2.6 MbLg	2,4	NE AIN TEMOUCHENT.ALG	IGN
261	19/08/1994	11:37:44	-0,18	35,73	3.2	-	3,1 Mb	3,4	NE ORAN.ALG	ISC
262	19/08/1994	11:39:10	-0,26	35,42	-	-	3.1 MbLg	2,9	W MASCARA.ALG	ISC
263	19/08/1994	14:51:31	-0,83	35,79	-	-	3.1 MbLg	2,9	NW ORAN.ALG	ISC
264	19/08/1994	17:45:12	-0,62	35,75	-	-	2.9 MbLg	2,7	W ORAN.ARG	ISC
265	19/08/1994	21:13:25	-0,54	36,08	-	-	3.2 MbLg	3	W MOSTAGANEM.ALG	ISC
266	20/08/1994	07:58:46	-0,13	35,56	10	-	3 Mb	3,3	NW MASCARA.ALG	ISC
267	21/08/1994	11:10:18	-1,61	36,38	10	-	3,4 MbLg	3,2	MER MEDITERRANEE	ISC
268	21/08/1994	12:54:28	-0,17	35,69	10	-	3 Mb	3,3	SW MOSTAGANEM.ALG	ISC
269	21/08/1994	13:44:50	-0,15	35,42	10	-	3,5 MbLg	3,3	E ORAN.ALG	ISC
270	21/08/1994	16:53:59	-0,62	36,11	-	-	3,0 MbLg	2,8	MER MEDITERRANEE	ISC
271	22/08/1994	06:03:39	-0,15	35,88	10	-	3,6 MbLg	3,4	W MOSTAGANEM.ALG	ISC
272	22/08/1994	16:49:57	-0,26	35,59	10	-	3,0 MbLg	2,8	E ORAN.ALG	ISC
273	23/08/1994	05:17:50	-0,37	35,28	-	-	2,9 MbLg	2,7	NE SIDI BEL ABBES.ALG	ISC
274	23/08/1994	05:41:06	-1	36,17	-	-	2,8 MbLg	2,6	MER MEDITERRANEE	ISC
275	23/08/1994	09:16:29	-0,2	35,54	10	-	3,2 Mb	3,5	SE ORAN.ALG	ISC
276	23/08/1994	13:59:46	-0,56	35,81	-	-	2,7 MbLg	2,5	NE ORAN.ALG	ISC
277	23/08/1994	21:08:36	-0,85	35,69	-	-	2,9 MbLg	2,7	W ORAN.ALG	ISC
278	24/08/1994	21:43:46	-0,4	35,5	-	-	3,0 MbLg	2,8	SE ORAN.ALG	ISC

279	25/08/1994	08:00:47	-0,53	35,39	-	-	3,4 MbLg	3,2	NE SIDI BEL ABBES.ALG	ISC
280	27/08/1994	01:12:45	-0,55	35,45	-	-	3,1 MbLg	2,9	SE ORAN.ALG	ISC
281	27/08/1994	03:51:54	-0,61	35,65	-	-	2,9 MbLg	2,7	SE ORAN.ALG	ISC
282	27/08/1994	10:13:30	-0,53	35,85	-	-	3,1 MbLg	2,7	E ORAN.ALG	ISC
283	28/08/1994	06:27:54	-0,12	35,51	3.5	-	3,7 MbLg	3,5	MER MEDITERRANEE	ISC
284	28/08/1994	18:39:47	-0,29	35,78	10	-	3 Mb	3,3	MER MEDITERRANEE	ISC
285	29/08/1994	14:06:41	-0,58	35,72	10	-	3,2 MbLg	3	SE ORAN.ALG	ISC
286	31/08/1994	18:42:00	-0,07	35,73	-	-	2,7 MbLg	2,5	SW MOSTAGANEM.ARG	ISC
288	31/08/1994	19:19:18	-0,04	35,52	10	-	3,6 MbLg	3,4	E ORAN.ALG	ISC
287	31/08/1994	21:08:20	-0,68	35,93	-	-	3,1 MbLg	2,9	MER MEDITERRANEE	ISC
289	04/09/1994	06:46:52	-0,94	36,01	10	-	3,4 MbLg	3,2	MER MEDITERRANEE	ISC
290	04/09/1994	21:19:04	-0,47	35,88	-	-	3,4 MbLg	3,2	NE ORAN.ALG	ISC
291	19/09/1994	23:24:24	-0,23	35,55	10	-	3,5 Mb	3,7	E ORAN.ALG	ISC
292	24/09/1994	08:57:18	-0,49	35,65	21.1	-	3,2 MbLg	3	SE ORAN.ALG	ISC
293	26/09/1994	17:33:52	-1,02	35,43	10	-	2,8 Mb	3,1	N TEMOUCHENT.ALG ^{AIN}	ISC
294	27/09/1994	21:28:01	-0,09	35,61	10	-	3,6 MbLg	3,4	E ORAN.ALG	ISC
295	30/09/1994	11:03:14	-0,41	35,81	-	-	3,2 MbLg	3	E ORAN.ALG	ISC
296	02/10/1994	02:43:49	-0,1	35,4	-	-	3,7 MbLg	3,5	W MASCARA.ALG	ISC
297	04/10/1994	00:01:37	-0,71	36,01	10	-	3,5 MbLg	3,3	NE ORAN.ALG	ISC
298	12/10/1994	23:02:15	-1,94	36,26	5.0	-	2,9 MbLg	2,7	MER MEDITERRANEE	ISC
299	20/10/1994	14:54:18	-0,18	36,16	-	-	3,5 MbLg	3,3	MER MEDITERRANEE	ISC
300	04/11/1994	14:45:08	-0,27	35,44	8.1	-	3,2 Mb	3,5	SE ORAN.ALG	ISC
301	17/01/1995	14:35:52	-0,84	35,94	10	-	3,1 MbLg	2,9	NW ORAN.ALG	IGN/USGS/ISC
302	27/01/1995	23:53:27	-1,07	36,04	-	-	3,5 MbLg	3,3	MER MEDITERRANEE	IGN/USGS/ISC
303	31/01/1995	15:40:35	-0,23	35,65	12	-	4,8 Mb	4,8	NE ORAN.ALG	ISC/IGN/USGS
304	07/03/1995	03:08:55	-1,77	36,24	9	-	3 MbLg	2,8	MER MEDITERRANEE	IGN/USGS/ISC
305	20/03/1995	22:32:22	-1,86	36,25	19	-	2,8 MbLg	2,6	MER MEDITERRANEE	IGN/ISC

306	20/03/1995	22:26:55	-1,9	36,19	3	-	3,3 MbLg	3,1	MER MEDITERRANEE	IGN/ISC
307	26/03/1995	12:03:48	-1,95	35,57	30	-	3,1 MD	2,8	MER MEDITERRANEE	ISC
308	01/04/1995	09:18:24	-1,89	36,29	11	-	3,3 MbLg	3,1	MER MEDITERRANEE	IGN
309	17/05/1995	22:07:52	-1,9	36,77	9	-	2,8 MbLg	2,6	MER MEDITERRANEE	IGN
310	17/05/1995	23:51:12	-1,85	36,8	8	-	2,8 MbLg	2,6	MER MEDITERRANEE	IGN
311	10/06/1995	19:37:30	-0,11	35,42	5	-	3,4 Mb	3,6	N MASCARA.ALG	ISC/IGN/HAM
312	14/06/1995	01:32:43	-1,81	35,79	4	-	3,2 MbLg	3	MER MEDITERRANEE	ISC/USGS
313	17/09/1995	02:46:53	0,15	35,75	-	-	4,2 ML	4,2	SE MOSTAGANEM.ALG	HAM
314	19/09/1995	02:09:37	0	35,81	12	-	3,9 MbLg	3,7	SW MOSTAGANEM.ARG	ISC
315	30/09/1995	19:08:34	-0,71	35,61	-	-	3,4 MbLg	3,2	SW ORAN.ALG	IGN
316	03/11/1995	23:28:17	-0,44	35,76	-	-	3,5 MbLg	3,3	NE ORAN.ALG	IGN
317	21/11/1995	00:25:15	-0,87	35,42	23	-	4,0 Mb	4,1	NE TEMOUCHENT.ALG ^{AIN}	ISC/USGS/IGN
318	29/11/1995	00:25:08	-0,74	35,32	-	-	4,7 Mw	4,7	NW SIDI BEL ABES.ALG	ISC
319	25/02/1996	08:21:51	-0,39	35,67	-	-	3,5 MbLg	3,3	E ORAN.ALG	IGN/ ISC/ USGS
320	12/04/1996	10:22:20	-0,28	36,01	10	-	3.1 Mb	3,4	MER MEDITERRANEE	ISC
321	12/04/1996	03:42:56	-0,22	35,42	-	-	3,8 Mb	4	Nw MASCARA.ALG	ISC /USGS /IGN/HAM
322	12/04/1996	10:21:10	-1,24	36,08	21	-	3,8 Mb	4	MER MEDITERRANEE	IGN/ ISC/ USGS
323	21/04/1996	17:01:57	-0,55	36,04	83.5	-	2.9 Mb	3,2	MER MEDITERRANEE	ISC/IGN
324	27/04/1996	13:07:17	-0,89	36	-	-	2,9 MbLg	2,7	MER MEDITERRANEE	IGN
325	05/05/1996	21:18:28	0,67	37	29	-	3 MbLg	2,8	MER MEDITERRANEE	IGN
326	31/05/1996	08:47:17	-0,96	35,35	-	-	3,1 MbLg	2,9	NE TEMOUCHENT.ARG ^{AIN}	IGN/ISC /USGS
327	06/07/1996	23:22:36	-1,68	37	4	-	2,9 MbLg	2,7	MER MEDITERRANEE	IGN/ISC/USGS
328	17/07/1996	03:24:01	-1,56	36,97	2	-	3,2 MbLg	3	MER MEDITERRANEE	IGN/ISC
329	13/08/1996	08:10:45	0,53	35,69	27	-	3,1 MbLg	2,9	W RELIZANE.ALG	IGN/ISC
330	19/08/1996	16:21:17	-1,21	35,9	4	-	3 MbLg	2,8	MER MEDITERRANEE	IGN/ISC

331	27/08/1996	01:15:23	-1,54	36,89	10	-	3,1 MbLg	2,9	MER MEDITERRANEE	ISC /IGN /USGS
332	18/12/1996	08:07:58	-1,8	36,83	11	-	3 MbLg	2,8	MER MEDITERRANEE	IGN/ISC/USGS
333	08/01/1997	21:22:05	-1,1	35,99	-	-	3,1 MbLg	2,9	MER MEDITERRANEE	IGN
334	09/02/1997	07:44:27	-1,04	35,75	-	-	3,1 MbLg	2,9	W ORAN.ALG	IGN/ISC/USGS
335	22/05/1997	10:15:43	-1,31	35,74	25	-	3,7 MbLg	3,5	MER MEDITERRANEE	IGN/ISC
336	25/05/1997	10:33:44	-1,43	35,74	9	-	3,4 MbLg	3,2	MER MEDITERRANEE	IGN/ISC
337	01/12/1997	22:47:28	-0,15	35,95	20.3	-	4.1 Mb	4,2	NE ARZEW -ORAN	ISC/IGN/USGS
338	19/12/1997	15:32:23	-0,9	35,4	7.8	-	4.0 Mb	4,1	NE AIN TEMOUCHENT	ISC
339	24/12/1997	02:38:03	-1,16	35,71	14	-	2,6 Mb	3	MER MEDITERRANEE	IGN
340	17/02/1998	10:52:16	-1,83	36,98	-	-	2,5 Mb	2,9	E CARBONERAS.AL	IGN
341	15/03/1998	19:28:37	-1,79	35,95	1.3	-	2,8 Mb	3,1	MER MEDITERRANEE	ISC
342	06/04/1998	00:11:17	-1,72	37,02	5	-	3,6 Mb	3,8	E ORAN.ALG	IGN/ISC/USGS
343	07/04/1998	07:45:19	-0,09	35,54	10	-	3.7 Mb	3,9	Nw MASCARA.ALG	ISC
344	19/06/1998	21:59:11	-0,16	36	10	-	3.0 Mb	3,3	MER MEDITERRANEE	ISC
345	19/06/1998	00:53:57	0,8	36,24	10	-	3.4 Mb	3,6	NE MOSTAGAMEN.ALG	ISC
346	02/07/1998	04:23:23	-1,71	35,76	-	-	3,9 Mb	4	MER MEDITERRANEE	IGN/USGS/ISC
347	12/07/1998	13:15:08	-1,69	37,05	7	-	3 MbLg	2,8	NE ORAN.ALG	IGN
348	28/10/1998	10:59:57	-0,4	35,8	-	-	2,9 Mb	3,2	NW MASCARA.ALG	ISC/IGN
349	10/12/1998	17:01:10	-0,1	35,5	-	IV	4,3 Mb	4,4	MER MEDITERRANEE	ISC/IGN/USGS
350	22/12/1998	05:59:55	0,15	36,41	41.8	-	4,1 Mb	4,2	MER MEDITERRANEE	ISC/IGN/USGS
351	05/01/1999	19:20:41	-1,77	36,73	11	-	3,2MbLg	3	MER MEDITERRANEE	IGN
352	06/01/1999	01:17:30	-1,79	36,84	12	-	3Mb	3,3	MER MEDITERRANEE	IGN
353	23/02/1999	02:35:04	-1,77	35,98	5	-	2.7 MbLg	2,5	MER MEDITERRANEE	IGN/ISC/EMSC
354	24/02/1999	12:02:38	-0,05	36	12	IV	2.7 MbLg	2,5	MER MEDITERRANEE	IGN/ISC/EMSC
355	10/07/1999	10:24:49	-0,84	35,96	-	IV	3 MbLg	2,8	MER MEDITERRANEE	IGN/USGS/ISC/HAM
356	13/08/1999	19:49:35	0,81	35,84	12	IV	2,8 Mb	3,1	E RELIZANE.ALG	IGN/USGS/ISC
357	16/08/1999	19:18:21	-1,68	36,73	2	-	2,9 MbLg	2,7	MER MEDITERRANEE	IGN/ISC

358	01/10/1999	08:01:28	-1,72	35,94	-	-	3,7 Mb	3,9	MER MEDITERRANEE	ISC/IGN
359	15/10/1999	04:16:56	-1,55	35,83	5	-	2,7 MbLg	2,5	MER MEDITERRANEE	IGN/USGS/ISC
360	20/11/1999	20:00:45	-0,77	35,99	-	-	2,7 MbLg	2,5	MER MEDITERRANEE	IGN/ISC
361	28/11/1999	17:10:58	-1,76	36,26	19	-	2,8 MbLg	2,6	MER MEDITERRANEE	IGN
362	22/12/1999	21:20:59	-0,96	35,31	2.7	-	3,3 Mb	3,5	E TEMOUCHENT.ALG ^{AIN}	ISC
363	22/12/1999	17:53:28	-1,52	35,36	22.4	-	3,6 Mb	3,8	MER MEDITERRANEE	ISC
364	22/12/1999	18:13:28	-1,19	34,91	12.2	-	3,6 Mb	3,8	E TLEMCEN.ALG	ISC
365	22/12/1999	22:34:25	-1,5	35,38	-	-	3,6 Mb	3,8	MER MEDITERRANEE	ISC
366	22/12/1999	17:54:22	-1,33	35,35	16.6	-	3,7 Mb	3,9	NW TEMOUCHENT.ALG ^{AIN}	ISC
367	22/12/1999	19:25:40	-1,58	35,29	38.1	-	3,7 Mb	3,9	MER MEDITERRANEE	ISC
368	22/12/1999	17:57:13	-1,21	35,17	9.0	-	3,9 Mb	4	SW AIN TEMOUCHENT	ISC
369	22/12/1999	18:32:50	-1,37	35,3	23.6	-	4,4 Mb	4,5	BENI SAF.ALG	ISC
370	22/12/1999	18:14:14	-1,37	35,23	1.1	-	4,8 Mb	4,9	W TEMOUCHENT.ALG ^{AIN}	ISC
371	22/12/1999	17:36:57	-1,3	35,25	6	VII	5,6 Mw	5,6	W TEMOUCHENT.ALG ^{AIN}	ISC/CRAAG/IGN/USGS /HAM/EMSC
372	23/12/1999	02:13:28	-0,71	34,76	-	-	3,6 Mb	3,8	SE TLEMCEN.ALG	ISC
373	23/12/1999	00:48:17	-1,35	35,4	2.0	-	4,8 Mb	4,9	MER MEDITERRANEE	ISC
374	24/12/1999	01:38:29	-1,61	35,64	-	-	3,3 Mb	3,5	MER MEDITERRANEE	ISC
375	24/12/1999	01:48:29	-1,17	34,7	-	-	3,4 Mb	3,6	SE TLEMCEN.ALG	ISC
376	24/12/1999	14:25:34	-1,4	35,37	4.5	-	3,9 Mb	4	MER MEDITERRANEE	ISC
377	25/12/1999	21:23:19	-1,9	35,4	8.6	-	2,6 MbLg	2,4	MER MEDITERRANEE	ISC
378	25/12/1999	19:24:16	-1,42	35,26	9.8	-	2,7 MbLg	2,5	W TEMOUCHENT.ALG ^{AIN}	ISC
379	28/12/1999	02:17:25	-1,46	35,45	-	-	3,7 Mb	3,9	MER MEDITERRANEE	ISC
380	31/12/1999	13:23:03	-1,51	35,29	15.0	-	4,1 Mb	4,2	W TEMOUCHENT.ALG ^{AIN}	ISC

381	02/01/2000	07:05:36	-1,02	35,01	-	-	3.6 Mb	3,8	SE TEMOUCHENT.ALG ^{AIN}	ISC
382	03/01/2000	07:50:05	-1,24	35,36	-	-	4.0 Mb	4,1	MER MEDITERRANEE	ISC/IGN
383	06/01/2000	11:56:09	-1,43	35,58	12.4	-	3.7 Mb	3,9	MER MEDITERRANEE	ISC
384	27/01/2000	14:43:32	-1,58	35,54	15.8	-	4,4 Mb	4,5	MER MEDITERRANEE	ISC
385	13/02/2000	07:41:21	-1,37	35,62	1.3	-	3.7 Mb	3,9	SW TEMOUCHENT.ALG ^{AIN}	IGN
386	18/03/2000	01:29:06	-1,34	35,11	-	-	4,1 Mb	4,2	NW TEMOUCHENT.ALG ^{AIN}	ISC
387	20/03/2000	15:46:23	-1,36	35,39	-	-	3,9 Mb	4	MER MEDITERRANEE	ISC
388	29/03/2000	22:52:17	-1,53	35,63	13.0	-	3,2 Mb	3,5	MER MEDITERRANEE	ISC
389	01/04/2000	00:07:57	-1,62	35,4	-	-	3.0 Mb	3,3	MER MEDITERRANEE	ISC
390	01/04/2000	00:36:51	-1,53	35,52	-	-	3.1 Mb	3,4	MER MEDITERRANEE	IGN
391	10/04/2000	18:39:45	-1,43	35,43	2.2	-	3,6 Mb	3,8	NW TEMOUCHENT.ALG ^{AIN}	ISC
392	01/05/2000	04:11:05	-1,58	35,81	-	-	3,4Mb	3,6	MER MEDITERRANEE	ISC
393	28/05/2000	12:26:32	-1,4	35,54	28	-	4,2 Mb	4,3	MER MEDITERRANEE	ISC/IGN
394	04/06/2000	04:59:13	-1,73	35,89	-	-	4,0Mb	4,1	MER MEDITERRANEE	ISC/IGN
395	11/06/2000	01:54:08	-1,33	35,74	-	-	3,3Mb	3,6	AIN TEMOUCHENT.ALG	ISC/IGN/USGS/EMSC
396	30/07/2000	01:05:15	-1,15	35,25	-	-	4,0Mb	4,1	S TEMOUCHENT.ALG ^{AIN}	ISC /IGN/USGS/HAM/EMS C/CRAAG
397	23/08/2000	00:42:04	-1,49	35,4	-	-	3,7 Mb	3,9	MER MEDITERRANEE	ISC/IGN
398	27/08/2000	02:25:43	-0,44	36,32	-	-	3.0 Mb	3,3	MER MEDITERRANEE	ISC/IGN
399	12/09/2000	15:18:32	-1,52	35,42	-	-	3,7 Mb	3,9	MER MEDITERRANEE	ISC
400	19/09/2000	00:58:06	-1,67	35,42	-	-	3.1 Mb	3,4	SW NÍJAR.AL	ISC/IGN
401	26/09/2000	17:46:03	-2,03	36,76	11.5	-	3.8 Mb	4	ALBORÁN	IGN/USGS
402	25/11/2000	02:24:05	-1,3	35,49	-	-	3,5 Mb	3,7	N TEMOUCHENT.ALG ^{AIN}	ISC

403	31/01/2001	03:33:19	-1,15	35,96	13.0	-	4,5 Mb	4,6	MER MEDITERRANEE	ISC/IGN
404	02/02/2001	02:42:36	-1,42	35,52	19.9	-	3,7 Mb	3,8	MER MEDITERRANEE	ISC
405	02/02/2001	02:29:52	-1,39	35,7	-	-	3,8 Mb	4	MER MEDITERRANEE	ISC/IGN
406	11/02/2001	12:01:56	-1,2	36,01	5.5	-	3,5 Mb	3,7	MER MEDITERRANEE	ISC/IGN
407	11/03/2001	21:03:15	-1,3	36,86	9.9	-	3,4 Mb	3,6	MER MEDITERRANEE	ISC/IGN
408	27/03/2001	02:34:10	-0,75	36,12	13.2	-	3,4 Mb	3,6	MER MEDITERRANEE	ISC/IGN
409	08/06/2001	10:16:43	-1,23	35,8	10.0	-	3,7 Mb	3,9	MER MEDITERRANEE	ISC/IGN
410	13/08/2001	02:22:48	-1,38	35,55	23.9	-	3,4 Mb	3,6	NE SIDI BEL ABBES.ALG	ISC/IGN
411	02/12/2001	13:32:25	-1,04	36,03	-	-	3,7 Mb	3,9	MER MEDITERRANEE	ISC/IGN
412	02/12/2001	13:33:18	-0,89	35,92	33.0	-	3,8 Mb	4	MER MEDITERRANEE	ISC/IGN
413	04/12/2001	10:11:40	-1,23	36,1	-	-	3,5 Mb	3,7	MER MEDITERRANEE	ISC/IGN
414	11/05/2002	06:28:23	-1,05	35,63	61.4	-	3,5 Mb	3,7	N EL AMRIA.ALG	ISC
415	23/06/2002	21:00:21	-0,43	35,81	10.0	-	3,3 Mb	3,5	ARZEW-NE ORAN	ISC
416	30/06/2002	11:32:59	-0,39	36,04	56.0	-	3,5 Mb	3,7	MER MEDITERRANEE	ISC
417	10/07/2002	01:33:57	-0,03	36,18	10.0	-	4 Mb	4,1	MER MEDITERRANEE	ISC
418	13/07/2002	22:24:15	-0,24	35,26	16.7	-	3 Mb	3,3	E SIDI BEL ABBES.ALG	ISC
419	13/07/2002	03:32:35	-0,91	36,2	-	-	3,9 Mb	4	MER MEDITERRANEE	ISC
420	21/07/2002	08:32:20	-1,67	35,8	-	-	3,1 Mb	3,4	MER MEDITERRANEE	ISC
421	06/08/2002	01:53:32	-1,14	35,44	-	-	2,9 Mb	3,2	N TEMOUCHENT.ALG ^{AIN}	ISC
422	07/08/2002	10:55:07	-0,47	36,15	30.1	-	4,6 Mb	4,7	MER MEDITERRANEE	ISC
423	14/08/2002	19:51:19	0,32	36,2	-	-	3,4 Mb	3,6	NE MOSTAGANEM.ALG	ISC
424	29/08/2002	01:15:29	-0,48	35,61	-	-	3,1 Mb	3,4	SE ORAN.ALG	ISC
425	29/08/2002	02:55:43	-1,16	35,54	-	-	3,3 Mb	3,5	N TEMOUCHENT.ALG ^{AIN}	ISC
426	21/09/2002	05:32:44	-0,97	35,3	-	-	3,4 Mb	3,6	NE TEMOUCHENT.ALG ^{AIN}	ISC
427	21/09/2002	05:18:48	-0,95	35,47	10	-	3,7 Mb	3,9	NE TEMOUCHENT.ALG ^{AIN}	ISC

428	21/09/2002	05:16:44	-0,97	35,4	10	-	3,9 Mb	4	NE TEMOUCHENT.ALG ^{AIN}	ISC
429	29/09/2002	07:04:06	-1,69	35,59	-	-	2,8 Mb	3,2	MER MEDITERRANEE	ISC
430	17/10/2002	06:07:30	-0,68	35,52	10	-	4 Mb	4,1	S ORAN.ALG	ISC
431	01/11/2002	20:31:20	-0,07	35,86	10.2	-	3,1 Mb	3,4	MER MEDITERRANEE	ISC
432	11/11/2002	20:27:10	-0,36	35,93	-	-	3 Mb	3,3	NE ARZEW -ORAN	ISC
433	01/12/2002	08:38:07	-1,28	35,71	10	-	4 Mb	4,1	MER MEDITERRANEE	ISC
434	07/12/2002	20:41:30	0,23	35,54	-	-	2,9 Mb	3,2	NE MASCRA.ALG	ISC
435	15/03/2003	13:20:16	-1,47	34,58	10	-	3,9 Mb	4	SW TLEMCEN.ALG	ISC
436	29/03/2003	04:03:44	-0,11	35,65	-	-	3,4 Mb	3,6	NW MASCARA.ALG	ISC
437	17/04/2003	19:58:23	-1,08	35,92	-	-	3 Mb	3,3	MER MEDITERRANEE	ISC
438	06/05/2003	06:10:27	-0,96	36,01	10	-	3,8 Mb	4	W ORAN.ALG	ISC
439	17/05/2003	23:50:56	-1,3	35,78	15.2	-	3,2 Mb	3,5	MER MEDITERRANEE	ISC
440	15/06/2003	14:27:20	0,53	35,8	10	-	3,9 Mb	4	NE MOSTAGANEM.ALG	ISC
441	29/06/2003	21:27:46	0,37	36,39	10	-	4,2 Mb	4,3	NE MOSTAGANEM.ALG	ISC
442	01/07/2003	03:39:29	0,11	35,85	10	-	4 Mb	4,1	NE MASCARA.ALG	ISC
443	08/07/2003	18:27:09	0,81	36,63	10	-	3,5 Mb	3,7	MER MEDITERRANEE	ISC
444	23/07/2003	19:28:01	-0,42	35,71	-	-	3,3 Mb	3,5	E ORAN.ALG	ISC
445	01/08/2003	00:59:38	-1,17	35,71	10	-	3,6 Mb	3,8	N TEMOUCHENT.ALG ^{AIN}	ISC
446	26/08/2003	22:55:51	-0,55	36,13	10	-	3,8 Mb	4	NE ORAN.ALG	ISC
447	31/08/2003	19:04:26	0,66	36,73	10	-	3,7 Mb	3,9	MER MEDITERRANEE	ISC
448	16/09/2003	02:15:44	-0,25	35,73	-	-	2,9 Mb	3,2	E ORAN.ALG	ISC
449	23/09/2003	18:37:50	-1	35,6	10	-	3,8 Mb	4	NW TEMOUCHENT.ALG ^{AIN}	ISC
450	14/10/2003	22:50:37	0,32	35,75	10	-	3,5 Mb	3,7	SW MOSTAGHANEM.ALG	ISC
451	17/10/2003	05:12:40	0,63	35,66	10	-	3,8 Mb	4	SE RELIZANE.ALG	ISC
452	18/10/2003	01:39:08	0,37	35,95	10	-	3,8 Mb	4	E MOSTAGHEM.ALG	ISC

453	21/10/2003	20:01:34	-1,14	35,85	10	-	3,6 Mb	3,8	MER MEDITERRANEE	ISC
454	21/10/2003	19:56:16	-1,18	35,8	10	-	4,1 Mb	4,2	MER MEDITERRANEE	ISC
455	23/11/2003	00:20:43	-0,58	36,11	-	-	3,2 Mb	3,5	MER MEDITERRANEE	ISC
456	26/12/2003	15:02:51	0,75	35,62	-	-	3,4 Mb	3,6	SW RELIZANE.ALG	ISC
457	06/01/2004	18:43:27	-1,44	35,71	-	-	3,2 Mb	3,5	MER MEDITERRANEE	ISC
458	08/01/2004	23:35:30	0,84	36,5	10	-	3,5 Mb	3,7	NW CHLEF.ALG	ISC
459	11/01/2004	16:05:29	-1,39	35,6	-	-	3,2 Mb	3,5	MER MEDITERRANEE	ISC
460	06/02/2004	09:48:02	-0,09	35,71	10	-	4,2 Mb	4,3	NW MASCARA.ALG	ISC
461	05/03/2004	02:12:39	-1,39	35,9	-	-	3,4 Mb	3,6	MER MEDITERRANEE	ISC
462	05/04/2004	10:32:20	0,71	35,54	30.6	-	3,9 Mb	4	SE RELIZANE.ALG	ISC
463	07/04/2004	06:07:24	0,31	35,7	10	-	3,8 Mb	4	SW RELIZANE.ALG	ISC
464	18/04/2004	18:39:36	-0,05	35,69	24.3	-	3,7 Mb	3,9	SW MOSTAGANEM.ALG	ISC
465	25/04/2004	17:19:55	0,4	35,57	19.1	-	3,8 Mb	4	SW RELIZANE.ALG	ISC
466	11/05/2004	04:39:15	-0,16	35,9	-	-	3,6 Mb	3,8	MER MEDITERRANEE	ISC
467	22/05/2004	21:56:01	-0,75	36,06	-	-	2,7 Mb	3	NW ORAN.ALG	ISC
468	30/05/2004	03:45:19	0,99	36,14	-	-	3 Mb	3,3	W CHLEF.ALG	ISC
469	01/06/2004	03:21:28	-0,56	36,19	-	-	3,6 Mb	3,8	MER MEDITERRANEE	ISC
470	19/06/2004	10:24:48	-0,98	35,22	10.0	-	3 ML	3,3	NW TEMOUCHENT.ALG ^{AIN}	ISC
471	09/08/2004	22:26:04	-0,14	36,01	-	-	3,5 Mb	3,7	MER MEDITERRANEE	ISC
472	12/08/2004	23:58:08	-1,23	35,82	-	-	3,3 Mb	3,5	MER MEDITERRANEE	ISC
473	18/10/2004	22:08:58	-1,61	34,96	30.0	-	3,5 Mb	3,7	NW TLEMCEN.ALG	ISC
474	26/11/2004	03:20:52	-0,57	35,78	-	-	3,4 Mb	3,6	NE ORAN.ALG	ISC
475	29/12/2004	01:36:08	0,31	35,99	-	-	3,2 Mb	3,5	SE RELIZANE.ALG	ISC
476	29/12/2004	01:05:06	0,5	35,74	35.6	-	3,8 Mb	4	SE RELIZANE.ALG	ISC
477	11/03/2005	06:28:29	-0,23	35,8	-	-	3,5 Mb	3,7	NE ORAN.ALG	IGN/ISC/USGS
478	18/03/2005	07:00:13	-0,68	35,99	25	-	3,1 ML	3,4	NE ORAN.ALG	CRAAG/ISC/USGS/EM SC/IGN

479	24/03/2005	17:23:19	-2,02	35,29	72	-	2,7 Mb	3,1	ALBORÁN SUR	IGN
480	03/04/2005	13:13:00	-1,33	35,8	-	-	3,4 Mb	3,6	MER MEDITERRANEE	IGN/ISC/USGS/EMSC
481	07/04/2005	02:48:43	-0,15	35,58	32.7	-	2,6 ML	2,6	SE ORAN.ALG	ISC/CRAAG/IGN/USGS/EMSC
482	10/04/2005	04:42:00	-0,98	36,11	5	-	3,3 Mb	3,5	MER MEDITERRANEE	ISC/ EMSC
483	18/04/2005	01:22:34	-0,18	35,65	10	-	3,7 ML	3,7	E ORAN.ALG	ISC/CRAAG/IGN/USGS/EMSC
484	21/04/2005	16:28:36	-0,38	35,95	10	-	3,2 ML	3,2	E ORAN.ALG	ISC/CRAAG/IGN/USGS/EMSC
485	09/05/2005	17:46:28	0,63	35,75	-	-	3,0 ML	3	E RELIZANE.ALG	ISC/CRAAG
486	21/05/2005	04:09:49	-1,29	35,58	10	-	3,8 ML	3,8	MER MEDITERRANEE	ISC/CRAAG/IGN/USGS/EMSC/HAM
487	02/06/2005	07:14:38	-2,05	35,32	-	-	3,5 Mb	3,7	ALBORÁN SUR	IGN
488	12/06/2005	01:28:21	-1,4	35,72	10	-	2,7ML	2,7	MER MEDITERRANEE	ISC/CRAAG/IGN/USGS/EMSC/HAM
489	24/06/2005	17:06:20	-1,56	36,67	5	-	2,8ML	2,8	MER MEDITERRANEE	ISC/IGN/USGS
490	30/06/2005	01:19:22	-1,54	35,65	11	-	3,8ML	3,8	MER MEDITERRANEE	ISC/CRAAG/IGN/USGS/EMSC/HAM
491	07/07/2005	00:30:01	-0,92	35,49	10	-	2.9 ML	2,9	W ORAN.ALG	ISC/CRAAG /IGN
492	07/07/2005	04:11:42	-0,71	35,82	10	-	4.0ML	4	W ORAN.ALG	ISC/CRAAG /IGN
493	20/07/2005	04:37:01	-1,09	35,68	23	-	2,8 ML	2,8	W ORAN.ALG	ISC/CRAAG/IGN/USGS/EMSC/HAM
494	20/07/2005	19:54:07	0,65	36,97	10	-	4,8 MbLg	4,8	MER MEDITERRANEE	HAM
495	23/07/2005	07:43:01	-1,38	35,35	4	-	3,3 ML	3,3	W TEMOUCHENT.ALG ^{AIN}	ISC/CRAAG/IGN
496	31/07/2005	11:16:25	0,07	35,51	-	-	3,8 MbLg	3,6	NW MASCARA.ALG	IGN/ISC/USGS/EMSC
497	31/07/2005	11:11:29	0,2	35,48	16	-	4,1ML	4,1	N MASCARA.ALG	ISC/CRAAG/IGN/USGS/EMSC/HAM
498	01/08/2005	02:46:29	0,23	35,66	13	-	3,1 Mb	3,4	NE MASCARA.ALG	IGN/ISC/USGS
499	01/08/2005	03:07:55	0,13	35,71	12	-	3,3 Mb	3,5	N MASCARA.ALG	IGN/USGS
500	01/08/2005	01:41:44	0,17	35,55	12	-	4ML	4	NE MASCARA.ALG	ISC-CRAAG/IGN/USGS/EMSC

501	08/08/2005	15:00:14	-1,1	35,7	-	-	3,5 Mb	3,7	MER MEDITERRANEE	ISC/USGS
502	17/08/2005	19:05:27	-0,2	35,68	10	-	3,2ML	3,2	SW MASCARA.ALG	ISC/CRAAG/IGN/USGS /EMSC
503	17/08/2005	05:30:56	0,14	35,81	10	-	4,4ML	4,4	E MASCARA.ALG	ISC/CRAAG/IGN/USGS /EMSC
504	19/09/2005	02:07:26	0,4	36,25	10	-	3,3ML	3,3	NE MOSTAGANEM.ALG	ISC-CRAAG/IGN//USGS/E MSC
505	23/09/2005	22:11:38	-0,63	36,09	-	-	2,7Mb	3,1	MER MEDITERRANEE	IGN/ISC/USGS
506	23/09/2005	18:27:22	-0,4	35,98	-	-	3,2 Mb	3,5	MER MEDITERRANEE	IGN/ISC/USGS
507	07/10/2005	04:40:53	-1,13	35,36	21	-	3,2Mb	3,5	NE TEMOUCHENT.ALG ^{AIN}	IGN
508	06/12/2005	23:10:06	-0,92	35,74	-	-	3,7Mb	3,9	MER MEDITERRANEE	ISC/USGS
509	12/12/2005	01:20:04	-0,74	35,81	-	-	3.0 Mb	3,3	MER MEDITERRANEE	ISC
510	12/12/2005	07:57:53	-1,34	36,19	-	-	3.1 Mb	3,4	MER MEDITERRANEE	ISC
511	12/12/2005	15:23:42	-1,3	35,87	-	-	3.3 Mb	3,5	MER MEDITERRANEE	ISC
512	28/12/2005	18:25:37	-1,32	35,01	75	-	3,1 Mb	3,4	N TLEMCEN.ALG	ISC/IGN
513	18/01/2006	00:49:36	-0,57	35,4	-	-	3,4ML	3,4	SW TAFRAOUI-ORAN	ISC/CRAAG
514	18/01/2006	00:09:38	-0,66	35,4	-	-	3,8 Mb	4	S ORAN.ALG	ISC/IGN/USGS/EMSC
515	31/01/2006	02:46:59	-1,08	35,79	-	-	2,8 Mb	3,2	W ORAN.ALG	ISC
516	08/04/2006	17:32:15	0,6	36,7	-	-	3,1 ML	3,1	MER MEDITERRANEE	ISC/CRAAG
517	19/04/2006	17:06:33	0,55	35,45	-	-	2,9 ML	2,9	E MASCARA.ALG	ISC/CRAAG
518	23/05/2006	19:24:13	0	35,3	-	-	2,5 ML	2,5	SW MASCARA.ALG	ISC/CRAAG
519	23/07/2006	23:07:00	0,6	35,93	10	-	3,5 Mb	3,7	MER MEDITERRANEE	CRAAG/ISC
520	23/07/2006	20:17:15	0,62	35,93	10	V	4,5 Mw	4,5	N RELIZANE.ALG	IGN/CRAAG/ISC/USGS /EMSC
521	23/07/2006	22:13:30	0,56	35,95	10	-	4,5ML	4,5	NE RELIZAINE.ALG	CRAAG/IGN/ISC/USGS /EMSC
522	11/08/2006	05:46:53	0,99	36,58	22	-	3 Mb	3,3	MER MEDITERRANEE	IGN/ISC
523	15/08/2006	22:10:48	-1,32	35,5	-	-	3,1 ML	3,1	MER MEDITERRANEE	ISC/USGS/EMSC/CRA AG

524	06/09/2006	07:20:10	-0,96	36	1.1	-	2,5 ML	2,5	MER MEDITERRANEE	ISC/CRAAG
525	26/09/2006	13:23:22	-1,76	35,53	10	-	2,5ML	2,5	MER MEDITERRANEE	ISC/CRAAG
526	26/10/2006	20:33:29	0,95	36,29	30	-	2,8 ML	2,8	N MAZOUNA- RELIZANE	ISC/CRAAG
527	21/11/2006	10:53:56	0,31	35,92	-	-	2,5 ML	2,5	E MOSTAGNEM.ALG	ISC/CRAAG
528	21/11/2006	21:45:59	-1,57	36,15	-	-	3,0 MbLg	2,8	MER MEDITERRANEE	IGN/USGS/ISC
529	03/12/2006	03:34:41	0,59	35,8	-	-	3,4 Mb	3,6	N RELIZANE.ALG	CSEM
530	06/12/2006	21:48:05	-1,11	35,01	-	-	3,8Mb	4	NE TLEMCEN.ALG	IGN/ISC/USGS/EMSC
531	16/12/2006	19:34:32	0,98	36,45	10	-	4,4 Mb	4,5	OUED RHIOU RELIZAINE	CRAAG/EMSC
532	23/12/2006	09:55:56	0,84	36	-	-	2,5 ML	2,5	NW OUED RHIOU RELIZAINE	CRAAG
533	06/01/2007	12:35:47	-1,1	35,76	-	-	3,5 Mb	3,7	MER MEDITERRANEE	ISC / USGS
534	27/01/2007	13:54:35	-0,6	35,8	-	-	2,8 ML	2,8	NE ORAN.ALG	ISC
535	29/01/2007	14:32:44	0,95	35,79	18	-	2,8 ML	2,8	E RELIZANE.ALG	IGN / ISC
536	05/02/2007	02:49:49	-1	35,73	-	-	2.8 Mb	3,2	NW ORAN.ALG	ISC
537	11/02/2007	17:41:12	0,06	34,53	-	-	3,0ML	3	S SAIDA.ALG	ISC/CRAAG/EMSC
538	11/02/2007	04:15:18	-1,09	35,9	6	-	3,4 Mb	3,6	MER MEDITERRANEE	IGN
539	15/02/2007	00:38:28	-0,74	35,3	10	-	3.4 Mb	3,6	NW SIDI BEL ABBES.ALG	ISC
540	15/02/2007	00:37:43	0,75	35,8	10	-	3,9 Mb	4,1	E RELIZANE.ALG	ISC
541	28/02/2007	12:46:28	-1,81	35,8	10	-	3,2 Mb	3,5	MER MEDITERRANEE	ISC
542	28/02/2007	12:47:31	-1,32	35,54	-	-	3,5 ML	3,5	MER MEDITERRANEE	CRAAG/ISC/IGN/USGS /EMSC
543	03/03/2007	17:48:48	-0,27	35,27	-	-	2,9 ML	2,9	E SIDI BEL ABBES.ALG	CRAAG
544	09/03/2007	08:17:35	-1,67	35,7	29.3	-	3.8 Mb	4	MER MEDITERRANEE	ISC
545	28/03/2007	20:34:20	0,56	35,66	32	-	3 ML	3	S RELIZANE.ALG	ISC/CRAAG/IGN/USGS /EMSC
546	21/04/2007	16:33:25	0,06	36,77	-	-	2.5 ML	2,5	MER MEDITERRANEE	CRAAG
547	28/04/2007	18:46:53	0,35	34,59	-	-	3.3 Mb	3,5	SE SAIDA.ALG	ISC

548	20/05/2007	17:25:53	-0,2	35,15	-	-	3,5 ML	3,5	E SIDI BEL ABBES.ALG	CRAAG
549	09/06/2007	15:32:25	0,38	35,7	-	-	3,8 Mb	4	W RELIZANE.ALG	IGN/ISC/CRAAG /USGS
550	22/06/2007	22:16:19	-0,77	35,76	25	-	3,6 Mb	3,8	NW ORAN.ALG	IGN/ISC/USGS
551	07/07/2007	23:19:56	-1,26	35,49	-	-	4,9Mw	4,9	MER MEDITERRANEE	HAM/IGN/USGS
552	18/07/2007	00:59:59	-0,09	35,38	16	-	4,4 Mb	4,5	E MASCARA.ALG	IGN / ISC / USGS / HAM
553	08/08/2007	21:26:27	0,09	35,99	-	-	4,1 Mb	4,2	N MOSTAGANEM.ALG	ISC / CRAAG
554	15/10/2007	23:06:52	-0,76	35,87	24,3	-	3,8 ML	3,8	NW ORAN.ALG	CRAAG / IGN / ISC / USGS
555	17/10/2007	16:29:39	-0,13	35,1	-	-	3,5 ML	3,5	SE MASCARA.ALG	CRAAG / ISC
556	31/10/2007	03:46:46	0,86	37,1	19	-	3,2 MbLg	3	MER MEDITERRANEE	IGN
557	19/11/2007	16:29:45	0,11	35,65	-	-	3,5 ML	3,5	S MOSTAGANEM.ALG	CRAAG / ISC
558	21/11/2007	18:00:27	-1,36	35,46	10	-	2,6 ML	2,6	MER MEDITERRANEE	CRAAG / IGN / ISC / USGS
559	14/12/2007	20:31:21	0,02	35,85	30	-	3,3 Mb	3,5	SW MOSTAGANEM.ALG	IGN / ISC / USGS
560	15/12/2007	18:05:41	-0,58	35,66	5	-	3,7 Mb	3,9	SE ORAN.ALG	IGN / ISC / USGS
561	30/12/2007	04:10:56	0,01	35,44	16	-	3,3 Mb	3,5	NW MASCARA.ALG	IGN / ISC
562	30/12/2007	15:08:50	-0,07	35,25	-	-	3,6 ML	3,6	SW MASCARA.ALG	CRAAG/ISC
563	03/01/2008	16:05:24	0,12	35,89	2,85	-	3,2 ML	3,2	SE MOSTAGANEM.ALG	CRAAG
564	07/01/2008	15:13:25	0,33	35,61	0,32	-	2,7 ML	2,7	SW RELIZANE.ALG	CRAAG
565	08/01/2008	16:25:35	0,11	35,35	26,12	-	2,7 ML	2,7	MASCARA.ALG	CRAAG
566	09/01/2008	23:56:40	-0,49	35,56	1,63	-	3,5 ML	3,5	SE ORAN.ALG	CRAAG
567	09/01/2008	23:55:00	-0,46	35,65	5,23	-	3,8 ML	3,8	SE ORAN.ALG	CRAAG
568	09/01/2008	22:24:04	-0,57	35,63	5,63	-	5,3 ML	5,3	SE ORAN.ALG	CRAAG
569	10/01/2008	02:49:41	-0,46	35,58	0,6	-	3 ML	3	SE ORAN.ALG	CRAAG
570	12/01/2008	16:54:51	0,46	35,77	5,68	-	2,8 ML	2,8	SE ORAN.ALG	CRAAG
571	13/01/2008	15:47:56	0,16	35,36	3,08	-	3 ML	3	MASCARA.ALG	CRAAG
572	21/01/2008	15:59:28	-0,55	35,6	0,05	-	2,6 ML	2,6	SE ORAN.ALG	CRAAG
573	21/01/2008	15:53:29	0,27	35,2	13,65	-	2,8 ML	2,8	NE MASCARA.ALG	CRAAG

574	22/01/2008	17:30:33	-0,3	35,86	6,01	-	3,3 ML	3,3	SE ORAN.ALG	CRAAG
575	22/01/2008	15:49:19	-0,46	35,88	5,93	-	3,4 ML	3,4	SE ORAN.ALG	CRAAG
576	25/01/2008	14:24:12	-0,52	35,84	5,98	-	2,6 ML	2,6	SE ORAN.ALG	CRAAG
577	04/02/2008	13:01:23	1,02	36,75	10	-	3,2 ML	3,2	NW CHLEF.ALG	ISC/ IGN
578	05/02/2008	16:24:19	-0,16	35,62	-	-	3,2 ML	3,2	SE MASCARA.ALG	CRAAG
579	18/02/2008	12:35:14	-1,94	35,87	10	-	3,6 Mb	3,8	MER MEDITERRANEE	ISC
580	19/02/2008	15:53:37	-0,3	35,33	-	-	3,7 ML	3,7	NE SIDI BEL ABBES.ALG	CRAAG
581	20/02/2008	08:26:42	0,52	35,63	10,9	-	3,7 ML	3,7	SW RELIZANE.ALG	ISC
582	20/02/2008	11:29:39	-0,92	35,69	-	-	3,6 Mb	3,8	W ORAN.ALG	ISC
583	23/02/2008	17:38:14	0,32	36,04	0,71	-	2,8 ML	2,8	SE MOSTAGANEM.ALG	CRAAG
584	28/02/2008	15:15:24	0,49	35,08	3,93	-	3,4 ML	3,4	SE MASCARA.ALG	CRAAG
585	28/02/2008	01:53:45	0,72	35,45	11,32	-	3,5 ML	3,5	SE RELIZANE.ALG	CRAAG
586	01/03/2008	17:57:39	0,62	35,79	5,99	-	2,9 ML	2,9	NE RELIZANE.ALG	CRAAG
587	02/03/2008	04:05:57	0,25	36,1	4,73	-	3,3 ML	3,3	NE MOSTAGANEM.ALG	CRAAG
588	02/03/2008	13:59:45	0,99	35,22	6,41	-	3,5 ML	3,5	SW-TIARET.ALG	CRAAG
589	04/03/2008	14:21:16	0,22	35,18	5,96	-	3,2 ML	3,2	MASCARA.ALG	CRAAG
590	04/03/2008	10:27:01	0,69	35,76	9,54	-	3,3 ML	3,3	NE RELIZANE.ALG	CRAAG/IGN
591	09/03/2008	18:27:11	0,54	35,68	17,23	-	2,8 ML	2,8	SE RELIZANE.ALG	CRAAG
592	09/03/2008	09:12:38	-0,51	34,97	3,27	-	3,2 ML	3,2	SE SIDI BEL ABBES.ALG	CRAAG
593	12/03/2008	18:32:29	-1,03	35,6	1,51	-	2,7 ML	2,7	W-ORAN.ALG	CRAAG
594	12/03/2008	16:37:32	0,29	35,93	6,11	-	2,9 ML	2,9	SE MOSTAGANEM.ALG	CRAAG
595	13/03/2008	07:34:10	0,7	35,76	7,05	-	2,9 ML	2,9	NE RELIZANE.ALG	CRAAG
596	30/03/2008	15:58:21	0,62	35,79	5,99	-	2,7 ML	2,7	RELIZANE.ALG	CRAAG
597	02/04/2008	16:48:21	0,64	35,76	3,55	-	2,9 ML	2,9	RELIZANE.ALG	CRAAG
598	05/04/2008	15:05:04	0,69	35,63	3,52	-	2,7 ML	2,7	SE-RELIZANE	CRAAG
599	05/04/2008	16:14:16	0,39	35,84	6,06	-	3,2 ML	3,2	NW RELIZANE.ALG	CRAAG
600	06/04/2008	17:26:17	0,62	35,81	13,55	-	2,7 ML	2,7	RELIZANE.ALG	CRAAG

601	06/04/2008	00:49:48	-1,22	35,23	3	-	3,1 ML	3,1	SW TEMOUCHENT.ALG AIN	CRAAG
602	06/04/2008	16:51:51	0,11	35,18	13,28	-	3,3 ML	3,3	S MASCARA.ALG	CRAAG
603	08/04/2008	16:42:45	-0,13	35,34	6	-	3,1 ML	3,1	W-MASCARA.ALG	CRAAG
604	12/04/2008	16:32:14	-0,16	35,38	0,13	-	3,3 ML	3,3	W-MASCARA	CRAAG
605	12/04/2008	16:51:13	0,07	35,36	4,22	-	3,3 ML	3,3	W-MASCARA	CRAAG
606	13/04/2008	05:04:55	0,52	35,8	7,64	-	3,2 ML	3,2	RELIZANE.ALG	CRAAG/IGN
607	17/04/2008	17:32:00	0,58	35,72	6,02	-	2,9 ML	2,9	RELIZANE.ALG	CRAAG
608	20/04/2008	12:34:59	0,74	35,83	3,3	-	3 ML	3	RELIZANE.ALG	CRAAG
609	26/04/2008	19:43:25	0,58	35,76	1,21	-	2,9 ML	2,9	RELIZANE.ALG	CRAAG
610	06/05/2008	23:07:32	1	36,41	6,79	-	3,2 ML	3,2	NW CHLEF.ALG	CRAAG/IGN
611	06/05/2008	06:35:20	0,96	36,43	8,76	-	3,3 ML	3,3	NW CHLEF.ALG	CRAAG/IGN
612	24/05/2008	02:03:24	-0,56	35,05	4,97	-	3 ML	3	S SIDI BEL ABBES.ALG	CRAAG
613	01/06/2008	17:46:35	0,05	35,22	6	-	3,1 ML	3,1	SW-MASCARA	CRAAG
614	06/06/2008	21:18:21	-0,66	35,63	4,44	-	3,4 ML	3,4	S ORAN.ALG	CRAAG
615	06/06/2008	22:48:24	-0,42	35,78	0,1	-	3,9 ML	3,9	NE ORAN.ALG	CRAAG
616	06/06/2008	21:10:40	-0,56	35,8	3,64	-	4,5 ML	4,5	NE ORAN.ALG	CRAAG
617	06/06/2008	20:02:58	-0,52	35,81	5,03	-	5,5 ML	5,5	NE ORAN.ALG	CRAAG
618	07/06/2008	19:50:09	-0,26	35,66	0,1	-	3 ML	3	NE MASCARA.ALG	CRAAG
619	07/06/2008	02:18:14	-0,51	35,56	1,81	-	3,5 ML	3,5	SE ORAN.ALG	CRAAG
620	07/06/2008	13:14:51	-0,45	35,59	2,21	-	3,5 ML	3,5	E ORAN.ALG	CRAAG
621	07/06/2008	02:55:43	-0,65	35,77	5,04	-	3,6 ML	3,6	N ORAN.ALG	CRAAG
622	07/06/2008	07:24:34	-0,37	35,76	21,82	-	3,9 ML	3,9	E ORAN.ALG	CRAAG
623	07/06/2008	01:39:14	-0,32	35,58	5,21	-	4,2 ML	4,2	SE ORAN.ALG	CRAAG
624	08/06/2008	16:35:48	-0,49	35,64	2,75	-	2,6 ML	2,6	SE ORAN.ALG	CRAAG
625	08/06/2008	16:52:05	-0,59	35,77	11,94	-	2,6 ML	2,6	NE ORAN.ALG	CRAAG
626	09/06/2008	04:22:39	-0,29	35,59	11,99	-	3,1 ML	3,1	SE ORAN.ALG	CRAAG

627	12/06/2008	18:59:22	1,09	35,15	39,04	-	3,3 ML	3,3	SW-TIARET.ALG	CRAAG
628	12/06/2008	09:37:02	-0,48	35,85	4,99	-	3,5 ML	3,5	NE ORAN.ALG	CRAAG
629	14/06/2008	18:44:58	0,58	35,86	6,57	-	2,8 ML	2,8	NW RELIZANE.ALG	CRAAG
630	14/06/2008	21:38:50	-0,51	35,9	4,2	-	3,5 ML	3,5	NE ORAN.ALG	CRAAG
631	15/06/2008	10:12:30	-0,59	35,86	17	-	3,5 ML	3,5	NE ORAN.ALG	CRAAG
632	16/06/2008	11:13:19	0,22	35,87	5,37	-	2,8 ML	2,8	SE MOSTAGANEM.ALG	CRAAG
633	19/06/2008	21:39:58	-0,53	35,57	11,38	-	3,1 ML	3,1	SE ORAN.ALG	CRAAG
634	20/06/2008	01:34:10	-0,39	35,71	6,09	-	3,5 ML	3,5	E ORAN.ALG	CRAAG
635	29/06/2008	05:03:10	-0,58	35,92	-	-	3.0 Mb	3,3	MER MEDITERRANEE	IGN
636	11/07/2008	17:04:36	-0,53	35,62	4,57	-	3,5 ML	3,5	SE ORAN.ALG	CRAAG
637	16/07/2008	04:25:15	0,6	35,66	8,55	-	3,1 ML	3,1	S RELIZANE.ALG	CRAAG
638	24/07/2008	17:19:57	-0,44	35,76	7,44	-	4,3 ML	4,3	NE ORAN.ALG	CRAAG
639	25/07/2008	21:34:40	-1,1	35,96	-	-	3.2 Mb	3,5	MER MEDITERRANEE	IGN
640	26/08/2008	01:11:54	-0,63	35,81	2,33	-	3,4 ML	3,4	MER MEDITERRANEE	CRAAG
641	29/08/2008	19:41:40	-0,61	35,89	-	-	3.6 Mb	3,8	MER MEDITERRANEE	IGN
642	15/09/2008	17:43:55	0,26	35,72	6,27	-	4,1 ML	4,1	SE MOSTAGANEM.ALG	CRAAG
643	30/09/2008	03:28:39	-0,68	35,81	1,21	-	3,2 ML	3,2	MER MEDITERRANEE	CRAAG
644	01/10/2008	10:32:28	-0,45	35,78	2,58	-	3,3 ML	3,3	NE ORAN.ALG	CRAAG
645	11/10/2008	19:38:35	-0,4	35,89	9,11	-	3,6 ML	3,6	NE ORAN.ALG	CRAAG
646	15/10/2008	17:49:11	-0,4	35,79	4,95	-	2,9 ML	2,9	NE ORAN.ALG	CRAAG
647	17/10/2008	00:08:03	-0,38	35,15	6,55	-	3,3 ML	3,3	W SIDI BEL ABBES.ALG	CRAAG
648	19/10/2008	16:24:04	0,28	35,78	5,01	-	2,8 ML	2,8	SE MOSTAGANEM.ALG	CRAAG
649	06/11/2008	19:00:44	0,31	35,27	-	-	3,2 ML	3,2	SE MASCARA.ALG	CRAAG
650	09/11/2008	15:17:43	0,56	35,85	6,25	-	3 ML	3	RELIZANE.ALG	CRAAG
651	16/11/2008	18:02:19	0,11	36,51	-	-	3.4 Mb	3,6	MER MEDITERRANEE	IGN
652	27/11/2008	18:03:09	-1,78	35,03	-	-	2,8 ML	2,8	NW TLEMCEN.ALG	CRAAG
653	20/12/2008	14:26:37	1,03	35,67	17,42	-	2,9 ML	2,9	NW-TIARET.ALG	CRAAG

654	24/12/2008	16:04:34	0,48	35,83	0,22	-	2,9 ML	2,9	NW- RELIZANE.ALG	CRAAG
655	28/12/2008	14:18:09	0,25	35,94	5,59	-	2,6 ML	2,6	SE MOSTAGANEM.ALG	CRAAG
656	04/01/2009	14:04:40	0,25	35,72	7,87	-	3,4 ML	3,4	SE MOSTAGANEM.ALG	CRAAG
657	15/01/2009	06:49:24	0,44	35,55	18,63	-	3 ML	3	SW-RELIZANE.ALG	CRAAG
658	17/01/2009	15:46:01	0,45	35,83	9,34	-	3,1 ML	3,1	NW-RELIZANE.ALG	CRAAG
659	23/01/2009	20 37 30	-0,51	35,32	7,02	-	3 ML	3	NE SIDI BEL ABBES.ALG	CRAAG
660	24/01/2009	22:03:15	0,07	35,75	5,75	-	2,8 ML	2,8	SW MOSTAGANEM.ALG	CRAAG/IGN
661	28/02/2009	16:20:08	0,57	35,82	14,19	-	2,7 ML	2,7	NW-RELIZANE.ALG	CRAAG
662	03/03/2009	03:22:41	-0,62	35,9	6,03	-	3,1 ML	3,1	NE ORAN.ALG	CRAAG
663	20/03/2009	21:07:57	-0,23	35,67	6	-	3,1 ML	3,1	BETHIOUA- E Oran	CRAAG
664	06/04/2009	17:46:35	0,58	35,89	6,1	-	2,9 ML	2,9	NW-RELIZANE.ALG	CRAAG
665	13/04/2009	17:23:28	0,57	35,82	1	-	2,7 ML	2,7	NW-RELIZANE.ALG	CRAAG
666	14/04/2009	13:05:19	0,58	35,83	4,77	-	2,7 ML	2,7	NW-RELIZANE.ALG	CRAAG
667	29/04/2009	16:57:06	0,99	36,72	9,29	-	3,6 ML	3,6	MER MEDITERRANEE	CRAAG
668	11/05/2009	04:59:14	0,71	35,84	6,08	-	3,2 ML	3,2	NE-RELIZANE.ALG	CRAAG
669	11/05/2009	16:20:23	0,16	35,78	8,83	-	3,2 ML	3,2	S MOSTAGANEM.ALG	CRAAG
670	18/05/2009	14:45:59	0,99	35,5	37,25	-	3 ML	3	NW-TIARET.ALG	CRAAG
671	20/05/2009	17:22:59	1,01	36,39	0,06	-	2,6 ML	2,6	NW-CHLEF.ALG	CRAAG
672	23/05/2009	12:49:53	0,73	35,46	47,65	-	2,6 ML	2,6	SW-RELIZANE.ALG	CRAAG
673	23/05/2009	14:55:35	0,52	35,81	0,14	-	2,7 ML	2,7	NW-RELIZANE.ALG	CRAAG
674	28/05/2009	16:20:34	0,41	35,46	0,32	-	2,9 ML	2,9	NE MASCARA.ALG	CRAAG
675	29/05/2009	11:58:05	-0,78	35,55	11,97	-	2,6 ML	2,6	SW ORAN.ALG	CRAAG
676	02/06/2009	05:00:03	-0,89	35,5	9,99	-	3,9 ML	3,9	SW ORAN.ALG	CRAAG
677	10/06/2009	15:04:51	0,95	35,64	5,5	-	2,6 ML	2,6	NW-TIARET.ALG	CRAAG
678	10/06/2009	12:27:59	0,94	35,55	5,95	-	3,2 ML	3,2	NW-TIARET.ALG	CRAAG
679	11/06/2009	08:26:09	0,49	35,92	6,92	-	4,2 ML	4,2	E MOSTAGANEM.ALG	CRAAG
680	11/06/2009	05:42:17	0,56	35,76	9,36	-	4,7 ML	4,7	RELIZANE.ALG	CRAAG

681	14/06/2009	14:58:28	0,72	35,75	11,94	-	2,5 ML	2,5	E RELIZANE.ALG	CRAAG
682	14/06/2009	13:42:27	0	35,88	2,13	-	2,7 ML	2,7	SW MOSTAGANEM.ALG	CRAAG
683	14/06/2009	04:47:54	0	36,47	-	-	3,2 ML	3,2	MER MEDITERRANEE	CRAAG
684	14/06/2009	04:47:54	-0,06	36,14	20	-	3.3 Mb	3,5	MER MEDITERRANEE	IGN
685	27/06/2009	22:50:55	-0,73	35,93	5,69	-	2,7 ML	2,7	MER MEDITERRANEE	CRAAG
686	28/06/2009	14:01:53	-0,02	34,74	14,86	-	3,3 ML	3,3	SW-SAIDA.ALG	CRAAG
687	30/06/2009	08:04:36	-1,86	35,35	10	-	2,7 ML	2,7	MER MEDITERRANEE	CRAAG
688	02/07/2009	16:02:55	-0,15	35,4	5,89	-	3,3 ML	3,3	W-MASCARA.ALG	CRAAG
689	04/07/2009	14:15:00	0,65	35,47	33,4	-	3,1 ML	3,1	S RELIZANE.ALG	CRAAG
690	11/07/2009	07:28:10	0,43	36,19	19,86	-	2,8 ML	2,8	NE MOSTAGANEM.ALG	CRAAG
691	23/07/2009	06:18:07	0,35	35,7	3,47	-	3,1 ML	3,1	W RELIZANE.ALG	CRAAG
692	04/08/2009	15:27:35	0,01	35,63	5,93	-	3,2 ML	3,2	NW MASCARA.ALG	CRAAG
693	13/08/2009	15:01:26	0,18	35,55	3,65	-	3,1 ML	3,1	N MASCARA.ALG	CRAAG
694	13/08/2009	12:04:36	0,68	35,34	73,15	-	3,2 ML	3,2	S RELIZANE.ALG	CRAAG
695	24/08/2009	16:39:15	-0,22	34,95	6	-	3,3 ML	3,3	NW SAIDA.ALG	CRAAG
696	24/08/2009	15:46:19	0,27	34,21	3,06	-	4,4 ML	4,4	NW SAIDA.ALG	CRAAG
697	27/08/2009	14:54:35	0,2	35,51	9,12	-	2,8 ML	2,8	MASCARA.ALG	CRAAG
698	31/08/2009	14:43:05	0,65	35,25	25,71	-	2,7 ML	2,7	SE MASCARA.ALG	CRAAG
699	17/09/2009	13:54:43	0,43	36,21	6	-	2,9 ML	2,9	NE MOSTAGANEM.ALG	CRAAG
700	20/09/2009	11:14:28	0,19	35,54	6	-	3 ML	3	NE MASCARA.ALG	CRAAG
701	25/09/2009	23:30:58	-0,75	35,32	2,18	-	3,5 ML	3,5	NW SIDI BEL ABBES.ALG	CRAAG
702	26/09/2009	16:54:22	-0,23	35,94	11,32	-	2,9 ML	2,9	ARZEW-NE ORAN	CRAAG
703	27/09/2009	01:26:03	-1,53	35,66	5,74	-	3,2 ML	3,2	MER MEDITERRANEE	CRAAG
704	04/10/2009	14:54:49	-0,33	36,14	6	-	3,2 ML	3,2	MER MEDITERRANEE	CRAAG
705	10/10/2009	21:19:11	0,44	35,75	8,87	-	2,5 ML	2,5	W RELIZANE.ALG	CRAAG
706	11/10/2009	14:17:13	0,9	35,3	6,41	-	3,1 ML	3,1	W TIARET.ALG	CRAAG
707	15/10/2009	15:11:03	0,22	35,44	3,08	-	3,2 ML	3,2	MASCARA.ALG	CRAAG

708	25/10/2009	15:38:11	0,21	35,44	6,65	-	3 ML	3	MASCARA.ALG	CRAAG
709	30/10/2009	03:33:40	0,44	35,78	6,8	-	3,6 ML	3,6	W RELIZANE.ALG	CRAAG
710	31/10/2009	23:55:37	0,55	35,72	4,33	-	3,2 ML	3,2	W RELIZANE.ALG	CRAAG
711	01/11/2009	22:09:19	0,58	35,62	2,07	-	3 ML	3	S RELIZANE.ALG	CRAAG
712	08/11/2009	15:07:16	0,18	35,68	3,47	-	2,9 ML	2,9	S MOSTAGANEM.ALG	CRAAG
713	12/11/2009	13:02:39	1,01	35,08	-	-	3,2 ML	3,2	SW-TIARET.ALG	CRAAG
714	15/11/2009	15:06:54	1,1	35,68	6	-	2,6 ML	2,6	NW-TIARET.ALG	CRAAG
715	17/11/2009	21:16:10	1	36,42	7,54	-	3 ML	3	NW-CHLEF.ALG	CRAAG
716	24/11/2009	14:37:38	0,16	35,58	1,94	-	2,7 ML	2,7	N MASCARA.ALG	CRAAG
717	24/11/2009	13:53:17	0,26	35,83	6	-	2,8 ML	2,8	SE MOSTAGANEM.ALG	CRAAG
718	18/12/2009	19:10:36	0,07	34	5,46	-	4,8 ML	4,8	NE MECHRIA.ALG	CRAAG
719	20/12/2009	14:28:38	0,73	35,41	38,48	-	2,5 ML	2,5	SE RELIZANE.ALG	CRAAG
720	20/12/2009	13:27:46	0,98	35,6	2,94	-	3 ML	3	SE RELIZANE.ALG	CRAAG
721	21/12/2009	15:04:37	0,16	35,66	5,58	-	2,5 ML	2,5	N MASCARA.ALG	CRAAG
722	21/12/2009	19:35:10	0,06	35,7	6,15	-	2,5 ML	2,5	SW MOSTAGANEM.ALG	CRAAG
723	21/12/2009	02:54:03	-0,1	35,44	6	-	3,5 ML	3,5	NW MASCARA.ALG	CRAAG
724	21/12/2009	02:45:00	-0,01	35,55	5,11	-	4,8 ML	4,8	NW MASCARA.ALG	CRAAG/IGN
725	22/12/2009	10:33:44	0,09	35,69	6,33	-	2,5 ML	2,5	SW MOSTAGANEM.ALG	CRAAG
726	22/12/2009	15:12:06	0,04	35,69	7,41	-	2,9 ML	2,9	SW MOSTAGANEM.ALG	CRAAG
727	22/12/2009	02:17:30	0,05	35,39	5,37	-	4,4 ML	4,4	W MASCARA.ALG	CRAAG/IGN
728	25/12/2009	21:00:26	0,17	35,62	6,5	-	2,7 ML	2,7	N MASCARA.ALG	CRAAG
729	29/12/2009	13:51:13	-0,42	35,31	5,54	-	2,7 ML	2,7	NE SIDI BEL ABBES.ALG	CRAAG
730	30/12/2009	14:26:20	0,35	36,06	0,57	-	2,5 ML	2,5	NE MOSTAGANEM.ALG	CRAAG
731	31/12/2009	13:15:46	0,25	35,75	7,06	-	2,8 ML	2,8	W RELIZANE.ALG	CRAAG
732	04/01/2010	14:20:01	0,1	35,9	8,91	-	3,3 ML	3,3	MOSTAGANEM.ALG	CRAAG/IGN
733	04/01/2010	15:47:08	-0,06	35,36	2,97	-	3,8 ML	3,8	NW MASCARA.ALG	CRAAG/IGN

734	06/01/2010	13:05:54	0,14	35,56	15,91	-	3 ML	3	MASCARA.ALG	CRAAG
735	10/01/2010	17:59:50	0,2	35,39	6,27	-	3,7 ML	3,7	MASCARA.ALG	CRAAG
736	11/01/2010	01:29:33	0,27	35,34	5,96	-	3,3 ML	3,3	MASCARA.ALG	CRAAG
737	11/01/2010	17:02:45	-0,73	35,38	6,41	-	3,6 ML	3,6	NW SIDI BEL ABBES.ALG	CRAAG
738	12/01/2010	14:51:23	1,01	35,65	3,14	-	2,6 ML	2,6	SE RELIZANE.ALG	CRAAG
739	13/01/2010	22:24:41	0,92	36,62	19	-	3 MbLg	2,8	MER MEDITERRANEE	IGN
740	13/01/2010	22:24:40	0,95	36,51	1,48	-	4 ML	4	MER MEDITERRANEE	CRAAG
741	17/01/2010	15:30:47	0,12	35,56	7,01	-	3,1 ML	3,1	N MASCARA.ALG	CRAAG
742	20/01/2010	17:23:48	1,04	35,32	1,66	-	2,7 ML	2,7	W TIARET.ALG	CRAAG
743	27/01/2010	14:40:41	0,23	35,68	4,53	-	2,8 ML	2,8	S MOSTAGANEM.ALG	CRAAG
744	28/01/2010	22:27:33	-0,71	35,85	0,75	-	3 ML	3	NW ORAN.ALG	CRAAG
745	28/01/2010	23:13:59	-0,49	35,75	3,21	-	3 ML	3	NE ORAN.ALG	CRAAG
746	02/02/2010	03:30:09	-0,54	35,58	4,49	-	2,9 ML	2,9	NE ORAN.ALG	CRAAG
747	04/02/2010	08:24:33	-0,38	35,13	2,14	-	2,6 ML	2,6	SE SIDI BEL ABBES.ALG	CRAAG
748	04/02/2010	14:24:13	0,1	35,78	5,99	-	2,6 ML	2,6	S -MOSTAGANEM.ALG	CRAAG
749	09/02/2010	08:38:49	0,57	35,81	9,43	-	3,4 ML	3,4	RELIZANE.ALG	CRAAG
750	25/02/2010	14:34:05	0,03	35,57	5,08	-	3 ML	3	KALAA-NE MASCARA	CRAAG
751	02/03/2010	13:28:46	0,67	35,53	0,01	-	2,8 ML	2,8	S- RELIZANE.ALG	CRAAG
752	11/03/2010	00:40:46	0,93	36,35	3,65	-	2,7 ML	2,7	W-TENES. ALG	CRAAG
753	19/03/2010	10:07:57	-0,89	35,83	8,34	-	3,5 ML	3,5	NW ORAN.ALG	CRAAG
754	23/03/2010	09:53:46	0,68	35,69	2,56	-	3 ML	3	E RELIZANE.ALG	CRAAG
755	25/03/2010	14:27:23	-0,07	35,57	7,73	-	3,7 ML	3,7	NW MASCARA.ALG	CRAAG
756	29/03/2010	14:48:53	0,41	35,43	6,46	-	2,5 ML	2,5	SW RELIZANE.ALG	CRAAG
757	29/03/2010	14:46:38	0,43	35,5	8,02	-	2,7 ML	2,7	SW RELIZANE.ALG	CRAAG
758	29/03/2010	00:36:55	0,46	35,59	11,48	-	2,9 ML	2,9	SW RELIZANE.ALG	CRAAG

759	31/03/2010	17:35:36	0,5	35,51	5,72	-	3,3 ML	3,3	SW RELIZANE.ALG	CRAAG
760	05/04/2010	11:21:50	-0,03	35,52	8,25	-	3,4 ML	3,4	NW MASCARA.ALG	CRAAG/IGN
761	12/04/2010	11:51:40	-0,79	35,8	0,86	-	2,5 ML	2,5	Nw ORAN.ALG	CRAAG
762	13/04/2010	13:18:47	-0,07	35,58	3,13	-	2,9 ML	2,9	NW MASCARA.ALG	CRAAG
763	27/04/2010	17:57:56	0,5	34,86	10,67	-	3,2 ML	3,2	E- SAIDA, ALG	CRAAG
764	28/04/2010	14:21:30	0,62	35,53	6,63	-	2,6 ML	2,6	S RELIZANE.ALG	CRAAG
765	01/05/2010	04:39:34	0,52	35,74	2,45	-	2,9 ML	2,9	RELIZANE.ALG	CRAAG
766	01/05/2010	01:51:38	0,32	35,99	4,4	-	3 ML	3	E MOSTAGANEM.ALG	CRAAG
767	02/05/2010	16:37:34	0,27	35,28	8,19	-	3,1 ML	3,1	SE MASCARA.ALG	CRAAG
768	27/05/2010	17:12:33	0,84	35,23	4,78	-	2,9 ML	2,9	NW FRENDA.ALG	CRAAG
769	30/05/2010	13:33:01	0,23	35,33	10,98	-	3 ML	3	SE MASCARA.ALG	CRAAG
770	30/05/2010	14:45:24	0,6	35,57	15,94	-	3 ML	3	S RELIZANE.ALG	CRAAG
771	06/06/2010	05:30:14	-1,98	35,26	1,18	-	3,3 ML	3,3	ALBORÁN SUD	CRAAG
772	07/06/2010	21:25:29	-0,04	35,52	8,16	-	3,5 ML	3,5	NW MASCARA.ALG	CRAAG
773	09/06/2010	20:11:56	-0,75	35,78	5,74	-	2,5 ML	2,5	Nw ORAN.ALG	CRAAG
774	13/06/2010	12:51:43	0,59	35,47	2,65	-	2,9 ML	2,9	S RELIZANE.ALG	CRAAG/IGN
775	13/06/2010	22:40:33	0,55	35,79	5,34	-	3,2 ML	3,2	N RELIZANE.ALG	CRAAG/IGN
776	14/06/2010	01:00:14	0,32	35,44	3,25	-	3,6 ML	3,6	E MASCARA.ALG	CRAAG/IGN
777	16/06/2010	07:15:07	0,54	35,68	21,59	-	2,7 ML	2,7	RELIZANE.ALG	CRAAG
778	16/06/2010	15:09:28	0,25	35,49	3,56	-	2,9 ML	2,9	E MASCARA.ALG	CRAAG
779	22/06/2010	16:40:55	0,65	35,19	0,14	-	2,9 ML	2,9	SE MASCARA.ALG	CRAAG
780	23/06/2010	16:57:35	-1,84	34,77	3,61	-	3,2 ML	3,2	SW-MAGHNIA.ALG	CRAAG
781	24/06/2010	13:40:21	-0,12	35,16	21,35	-	2,8 ML	2,8	SW-BOU HANIFIA.ALG	CRAAG
782	12/07/2010	16:10:50	0,06	35,6	6,04	-	3,4 ML	3,4	MOHAMMADIA- MASCARA	CRAAG
783	15/07/2010	13:00:23	1,08	35,62	4,97	-	3 ML	3	NW-TIARET.ALG	CRAAG
784	18/07/2010	16:56:12	-0,71	35,47	17,39	-	2,8 ML	2,8	S-ORAN.ALG	CRAAG
785	20/07/2010	15:19:58	-1,2	35,54	5,71	-	2,9 ML	2,9	NW AIN	CRAAG

									TEMOUCHENT.ALG	
786	21/07/2010	13:29:00	0,6	35,69	8,56	-	2,6 ML	2,6	RELIZANE.ALG	CRAAG
787	22/07/2010	15:47:14	0,96	35,61	7,06	-	2,6 ML	2,6	SE RELIZANE.ALG	CRAAG
788	28/07/2010	12:48:13	0,45	35,5	2,56	-	2,5 ML	2,5	SW-RELIZANE.ALG	CRAAG
789	04/08/2010	14:52:16	-0,28	35,48	12,17	-	3 ML	3	SE-ORAN.ALG	CRAAG
790	06/08/2010	03:02:05	-0,38	35,8	4,87	-	3,2 ML	3,2	NE-ORAN.ALG	CRAAG
791	08/08/2010	13:23:26	0,85	35,72	4,72	-	2,6 ML	2,6	E RELIZANE.ALG	CRAAG
792	08/08/2010	13:49:32	0,76	35,58	4,52	-	2,9 ML	2,9	SE RELIZANE.ALG	CRAAG
793	09/08/2010	13:26:27	0,04	35,4	18,16	-	3,1 ML	3,1	MASCARA.ALG	CRAAG
794	15/08/2010	05:35:24	0,39	35,79	9,4	-	3,3 ML	3,3	RELIZANE.ALG	CRAAG
795	22/08/2010	11:58:46	0,22	36,17	-	-	3,5 Mb	3,7	NE-MOSTAGANEM.ALG	ISC
796	24/08/2010	21:19:19	-1,18	35,16	2,68	-	3,2 ML	3,2	SW TEMOUCHENT.ALG ^{AIN}	CRAAG
797	26/08/2010	05 54 46	0,99	36,36	2,92	-	2,5 ML	2,5	SW-TENES.ALG	CRAAG
798	03/09/2010	06:02:53	-0,53	35,64	2,63	-	2,7 ML	2,7	ORAN.ALG	CRAAG
799	18/09/2010	02:12:13	-0,68	35,91	2	-	2,5 ML	2,5	N ORAN.ALG	CRAAG
800	19/09/2010	15:40:09	0,82	35,16	8,06	-	2,8 ML	2,8	W-TIARET.ALG	CRAAG
801	28/09/2010	04:11:25	0,54	35,77	30,92	-	3,2 ML	3,2	RELIZANE.ALG	CRAAG
802	30/09/2010	13:20:41	-0,22	35,46	23,07	-	2,9 ML	2,9	SIG.ALG	CRAAG
803	02/10/2010	02:56:36	0,51	35,77	6,5	-	3,5 ML	3,5	RELIZANE.ALG	CRAAG
804	14/10/2010	01:43:01	0,8	35,56	13,27	-	2,5 ML	2,5	SE RELIZANE.ALG	CRAAG
805	20/10/2010	14:26:01	0,67	35,52	1,18	-	2,7 ML	2,7	SE RELIZANE.ALG	CRAAG
806	27/10/2010	13:47:46	-0,27	35,55	11,28	-	3 ML	3	SIG-NW MASCARA	CRAAG
807	28/10/2010	14:56:50	1,02	36,31	4,61	-	3,3 ML	3,3	NW CHLEF.ALG	CRAAG
808	29/10/2010	16:08:17	-1,69	35,74	1,18	-	3,3 ML	3,3	MER MEDITERRANEE	CRAAG
809	03/11/2010	01:20:46	0,55	35,76	11,5	-	3 ML	3	RELIZANE.ALG	CRAAG
810	07/11/2010	00:06:17	-0,07	35,72	3,69	-	2,7 ML	2,7	E ORAN.ALG	CRAAG

811	08/11/2010	15:31:24	-0,76	35,55	3,6	-	3 ML	3	SW ORAN.ALG	CRAAG
812	11/11/2010	14:37:16	0,2	35,64	19,26	-	3,1 ML	3,1	S MOSTAGANEM.ALG	CRAAG
813	14/11/2010	16:40:45	1,12	35,42	19,85	-	2,6 ML	2,6	NW TIARET.ALG	CRAAG
814	20/11/2010	09:11:56	0,09	35,85	3,83	-	3,2 ML	3,2	MOSTAGANEM.ALG	CRAAG
815	06/12/2010	15:08:05	0,22	35,68	7,85	-	3,2 ML	3,2	W RELIZANE.ALG	CRAAG
816	09/12/2010	13:51:48	0,52	35,6	8,06	-	2,8 ML	2,8	SE RELIZANE.ALG	CRAAG
817	13/12/2010	13:50:26	-0,62	36	6	-	3 ML	3	MER MEDITERRANEE	CRAAG
818	16/12/2010	15:18:50	0,11	35,23	0,62	-	2,7 ML	2,7	S MASCARA.ALG	CRAAG
819	28/12/2010	14:45:24	0,72	35,7	5,17	-	2,6 ML	2,6	E RELIZANE.ALG	CRAAG
820	04/01/2011	21:04:28	-0,72	35,88	2,78	-	2,5 ML	2,5	Nw ORAN.ALG	CRAAG
821	13/01/2011	15:27:20	-0,5	35,61	6	-	2,5 ML	2,5	SE ORAN.ALG	CRAAG
822	13/01/2011	15:25:06	-0,43	35,88	0,9	-	2,7 ML	2,7	NE ORAN.ALG	CRAAG
823	13/01/2011	15:19:34	-0,16	35,28	13,75	-	2,8 ML	2,8	W MASCARA.ALG	CRAAG
824	15/01/2011	02:13:14	0,56	35,75	9,14	-	3 ML	3	RELIZANE.ALG	CRAAG/IGN
825	16/01/2011	15:51:12	0,66	35,51	5,14	-	2,6 ML	2,6	SE RELIZANE.ALG	CRAAG
826	16/01/2011	13:21:56	0,88	35,54	11,96	-	3 ML	3	SE RELIZANE.ALG	CRAAG
827	26/01/2011	14:37:14	0,19	35,62	10,85	-	2,6 ML	2,6	N MASCARA.ALG	CRAAG
828	26/01/2011	14:43:18	0,21	35,7	1,5	-	2,8 ML	2,8	S MOSTAGANEM.ALG	CRAAG
829	02/02/2011	18:44:19	0,57	35,77	5,59	-	3,1 ML	3,1	RELIZANE.ALG	CRAAG/IGN
830	03/02/2011	14:46:03	-0,12	36,12	6	-	2,7 ML	2,7	MER MEDITERRANEE	CRAAG
831	03/02/2011	14:50:53	-0,06	34,92	16,08	-	2,8 ML	2,8	NW SAIDA.ALG	CRAAG
832	04/02/2011	14:55:45	0,56	35,47	6,27	-	2,9 ML	2,9	E-MASCARA.ALG	CRAAG
833	09/02/2011	14:14:26	-0,04	35,08	39,49	-	2,9 ML	2,9	NW SAIDA.ALG	CRAAG
834	09/02/2011	14:16:17	0,32	34,53	6,68	-	3,3 ML	3,3	SW SAIDA.ALG	CRAAG
835	11/02/2011	12:30:17	-0,45	35,63	8,5	-	3,2 ML	3,2	SE ORAN.ALG	CRAAG
836	15/02/2011	00:09:00	0,48	35,77	7,13	-	2,9 ML	2,9	RELIZANE.ALG	CRAAG
837	15/02/2011	15:14:56	0,51	35,73	9,14	-	3,1 ML	3,1	RELIZANE.ALG	CRAAG

838	17/02/2011	14:17:57	0,26	35,61	8,8	-	2,8 ML	2,8	NE MASCARA.ALG	CRAAG
839	17/02/2011	14:19:51	-0,46	36,15	6	-	3 ML	3	MER MEDITERRANEE	CRAAG
840	23/02/2011	14:26:21	0,56	35,62	2,5	-	2,5 ML	2,5	S RELIZANE.ALG	CRAAG
841	24/02/2011	15:21:51	1,06	35,91	3,5	-	2,7 ML	2,7	NW RELIZANE.ALG	CRAAG
842	24/02/2011	15:12:45	-0,21	35,59	1,98	-	2,8 ML	2,8	SE ORAN.ALG	CRAAG
843	24/02/2011	15:09:50	0,11	34,97	0,03	-	2,9 ML	2,9	N SAIDA.ALG	CRAAG
844	24/02/2011	15:15:36	0,17	35,94	40,13	-	3,2 ML	3,2	MOSTAGANEM.ALG	CRAAG
845	25/02/2011	15:56:27	-1,53	34,85	5,95	-	2,9 ML	2,9	W TLEMCEN.ALG	CRAAG
846	02/03/2011	15:04:42	-0,02	34,62	8,98	-	2,5 ML	2,5	SW SAIDA.ALG	CRAAG
847	07/03/2011	15:21:06	-0,67	35,57	1,49	-	3 ML	3	S ORAN.ALG	CRAAG
848	07/03/2011	15:22:20	0,2	35,1	3,67	-	3,1 ML	3,1	S MASCARA.ALG	CRAAG
849	07/03/2011	15:23:32	-0,74	35,77	14,03	-	3,4 ML	3,4	NW ORAN.ALG	CRAAG
850	14/03/2011	16:01:55	-0,19	35,85	0,12	-	3 ML	3	E ARZEW-ORAN	CRAAG
851	17/03/2011	13:34:23	0,44	35,5	7,92	-	2,5 ML	2,5	NE MASCARA.ALG	CRAAG
852	21/03/2011	14:54:28	0,22	35,68	5,54	-	2,7 ML	2,7	S MOSTAGANEM.ALG	CRAAG
853	21/03/2011	14:42:56	0,21	35,63	4,17	-	2,8 ML	2,8	S MOSTAGANEM.ALG	CRAAG
854	21/03/2011	14:39:28	0,18	35,68	0,79	-	2,9 ML	2,9	S MOSTAGANEM.ALG	CRAAG
855	27/03/2011	14:42:08	-0,1	35,18	43,32	-	2,5 ML	2,5	NW MASCARA.ALG	CRAAG
856	27/03/2011	14:55:10	0,28	35,54	5,62	-	2,5 ML	2,5	NE MASCARA.ALG	CRAAG
857	27/03/2011	14:29:34	-0,03	35,39	6,44	-	3,2 ML	3,2	W-MASCARA.ALG	CRAAG
858	29/03/2011	17:35:22	0,12	34,99	0,99	-	3 ML	3	N SAIDA.ALG	CRAAG
859	31/03/2011	18:48:21	0,24	35,46	10,25	-	4 ML	4	NE MASCARA.ALG	CRAAG
860	04/04/2011	14:30:14	-0,07	35,79	5,81	-	2,7 ML	2,7	SW MOSTAGANEM.ALG	CRAAG
861	04/04/2011	14:16:38	-0,51	35,31	5,89	-	3 ML	3	NE SIDI BEL ABBES.ALG	CRAAG
862	04/04/2011	14:21:39	-0,24	35,8	6,31	-	3,3 ML	3,3	NE ORAN.ALG	CRAAG
863	07/04/2011	15:54:25	0,82	36,18	5,49	-	2,5 ML	2,5	W CHLEF.ALG	CRAAG
864	07/04/2011	17:10:48	1,08	34,78	6,04	-	3 ML	3	SW TIARET.ALG	CRAAG

865	13/04/2011	15:29:12	-0,41	36,31	5,65	-	3,1 ML	3,1	MER MEDITERRANEE	CRAAG
866	14/04/2011	18:19:16	0,8	36,07	6	-	2,6 ML	2,6	NE RELIZANE.ALG	CRAAG
867	18/04/2011	15:26:30	-0,29	35,7	4,23	-	2,9 ML	2,9	E ORAN.ALG	CRAAG
868	21/04/2011	15:35:04	-0,82	35,54	25,97	-	2,8 ML	2,8	SW ORAN.ALG	CRAAG
869	23/04/2011	13:28:48	-1,52	35,66	-	-	2,9 MbLg	2,7	MER MEDITERRANEE	IGN
870	23/04/2011	13:28:54	-0,65	36,02	23,24	-	3 ML	3	MER MEDITERRANEE	CRAAG
871	27/04/2011	15:07:20	0,55	35,58	4,9	-	2,8 ML	2,8	S RELIZANE.ALG	CRAAG
872	27/04/2011	16:19:30	1,08	35,35	2,89	-	2,8 ML	2,8	W TIARET.ALG	CRAAG
873	03/05/2011	14:24:50	-0,16	35,85	17,76	-	2,5 ML	2,5	E ARZEW-ORAN	CRAAG
874	03/05/2011	14:45:29	-0,07	36,03	6,14	-	2,5 ML	2,5	W MOSTAGANEM.ALG	CRAAG
875	16/05/2011	14:54:51	-0,14	35,84	14,8	-	2,6 ML	2,6	E ARZEW-ORAN	CRAAG
876	16/05/2011	15:00:14	-0,55	35,81	7,45	-	2,7 ML	2,7	NE ORAN.ALG	CRAAG
877	16/05/2011	14:58:46	0,07	35,74	3,81	-	2,9 ML	2,9	SW MOSTAGANEM.ALG	CRAAG
878	17/05/2011	15:08:43	0,5	35,58	2,61	-	2,9 ML	2,9	SW RELIZANE.ALG	CRAAG
879	17/05/2011	15:36:31	0,59	35,56	7,44	-	2,9 ML	2,9	SW RELIZANE.ALG	CRAAG
880	19/05/2011	17:01:35	1,02	35,01	13,49	-	3,2 ML	3,2	SW TIARET.ALG	CRAAG
881	24/05/2011	10:44:38	0,22	34,01	20,98	-	4,2 ML	4,2	NE MECHRIA.ALG	CRAAG
882	25/05/2011	15:15:42	-0,32	35,74	3,56	-	2,6 ML	2,6	E ORAN.ALG	CRAAG
883	29/05/2011	06:14:57	0,75	36,34	5,85	-	2,8 ML	2,8	NW CHLEF.ALG	CRAAG
884	30/05/2011	13:26:33	0,46	35,62	3,02	-	2,6 ML	2,6	SW RELIZANE.ALG	CRAAG
885	04/06/2011	18:21:43	1,03	36,4	1,39	-	2,9 ML	2,9	NW CHLEF.ALG	CRAAG
886	06/06/2011	14:35:40	-0,67	35,28	60,91	-	3,4 ML	3,4	NW SIDI BEL ABBES.ALG	CRAAG
887	08/06/2011	13:19:15	-0,71	35,77	6,09	-	2,7 ML	2,7	Nw ORAN.ALG	CRAAG
888	09/06/2011	15:49:08	-0,13	35,69	8,17	-	2,9 ML	2,9	E ORAN.ALG	CRAAG
889	09/06/2011	17:05:31	1,12	35,34	2,26	-	3 ML	3	W-TIARET.ALG	CRAAG
890	12/06/2011	06:18:32	-0,94	34,33	8,85	-	3,6 ML	3,6	SE TLEMCEN.ALG	CRAAG
891	14/06/2011	18:25:30	-0,45	35,79	6,93	-	2,6 ML	2,6	NE ORAN.ALG	CRAAG

892	15/06/2011	15:56:53	-0,15	35,67	0,09	-	2,5 ML	2,5	E ORAN.ALG	CRAAG
893	29/06/2011	16:12:18	0,63	35,57	4,24	-	3,1 ML	3,1	S RELIZANE.ALG	CRAAG
894	06/07/2011	17:23:40	1,05	35,31	2,56	-	2,8 ML	2,8	W-TIARET.ALG	CRAAG
895	06/07/2011	17:15:21	1	35,32	4,9	-	3,1 ML	3,1	W-TIARET.ALG	CRAAG
896	11/07/2011	14:14:49	0,06	35,59	2,13	-	2,8 ML	2,8	NE MASCARA.ALG	CRAAG
897	14/07/2011	14:50:03	-0,53	36,23	6	-	2,8 ML	2,8	MER MEDITERRANEE	CRAAG
898	14/07/2011	14:52:54	0,1	35,09	59,24	-	3,1 ML	3,1	N SAIDA.ALG	CRAAG
899	15/07/2011	18:23:10	-2	36,93	17,1	-	3,5 ML	3,5	SW CARBONERAS.ALG	ISC/IGN
900	18/07/2011	23:23:23	-0,18	35,64	3,4	-	2,7 ML	2,7	E ORAN.ALG	CRAAG
901	20/07/2011	16:20:31	0,65	35,12	5,33	-	2,6 ML	2,6	SE MASCARA.ALG	CRAAG
902	21/07/2011	15:35:26	-0,15	35,42	12,05	-	2,7 ML	2,7	E MASCARA.ALG	CRAAG
903	21/07/2011	15:52:07	-0,05	35,46	7,4	-	2,7 ML	2,7	Nw ORAN.ALG	CRAAG
904	21/07/2011	15:35:05	0,88	34,39	10	-	2,7 ML	2,7	N EL BAYADH.ALG	ISC
905	25/07/2011	09:36:07	0,43	35,84	5,73	-	2,5 ML	2,5	NW RELIZANE.ALG	CRAAG
906	27/07/2011	00:43:00	-0,87	35,57	7,6	-	2,8 ML	2,8	W ORAN.ALG	CRAAG
907	01/08/2011	05:53:59	1	36,46	0,07	-	2,5 ML	2,5	NW CHLEF.ALG	CRAAG
908	06/08/2011	18:02:15	1,06	36,56	3,58	-	2,7 ML	2,7	NW CHLEF.ALG	CRAAG
909	08/08/2011	22:09:26	0,59	36,05	4,76	-	3 ML	3	E MOSTAGANEM.ALG	CRAAG
910	11/08/2011	17:16:09	-0,01	35,68	5,93	-	2,9 ML	2,9	SW MOSTAGANEM.ALG	CRAAG
911	17/08/2011	15:27:39	0,45	35,79	3,8	-	2,7 ML	2,7	SE MOSTAGANEM.ALG	CRAAG
912	23/08/2011	15:32:38	0,61	35,67	11,48	-	2,8 ML	2,8	RELIZANE.ALG	CRAAG
913	25/08/2011	21:15:56	-1,18	35,14	0,04	-	3,3 ML	3,3	SW TEMOUCHENT.ALG AIN	CRAAG
914	27/08/2011	01:07:55	0,59	36,66	28,43	-	3 ML	3	MER MEDITERRANEE	CRAAG
915	29/08/2011	16:50:14	-0,43	35,5	7,34	-	2,7 ML	2,7	SE ORAN.ALG	CRAAG
916	15/09/2011	16:36:12	1,09	35,26	3,58	-	2,5 ML	2,5	W-TIARET.ALG	CRAAG
917	18/09/2011	14:30:12	0,61	35,64	3,81	-	2,7 ML	2,7	RELIZANE.ALG	CRAAG

918	21/09/2011	16:17:42	-1,65	35,09	0,08	-	2,8 ML	2,8	NW TLEMCEN.ALG	CRAAG
919	22/09/2011	17:27:30	0,5	35,89	12,92	-	2,9 ML	2,9	E MOSTAGANEM.ALG	CRAAG
920	24/09/2011	04:39:14	0,57	35,74	6,78	-	2,7 ML	2,7	RELIZANE.ALG	CRAAG
921	28/09/2011	13:43:48	-0,65	36,02	11,77	-	3,1 ML	3,1	MER MEDITERRANEE	CRAAG
922	01/10/2011	23:21:49	-1,63	35,66	9,65	-	2,9 ML	2,9	MER MEDITERRANEE	CRAAG
923	03/10/2011	03:46:09	-1,2	35,21	26,38	-	3,5 ML	3,5	SW TEMOUCHENT.ALG ^{AIN}	CRAAG
924	04/10/2011	06:34:43	0,67	35,74	3,1	-	2,8 ML	2,8	E RELIZANE.ALG	CRAAG/IGN
925	05/10/2011	03:00:07	0,82	36,02	2,03	-	2,6 ML	2,6	NE RELIZANE.ALG	CRAAG
926	05/10/2011	15:59:28	-0,14	35,09	25,55	-	3,5 ML	3,5	NW SAIDA.ALG	CRAAG
927	05/10/2011	16:09:28	0,21	35,46	9,5	-	3,6 ML	3,6	NE MASCARA.ALG	CRAAG
928	05/10/2011	16:17:18	-0,79	35,73	12,47	-	3,6 ML	3,6	NW ORAN.ALG	CRAAG
929	09/10/2011	14:59:04	0,54	35,64	3,07	-	2,8 ML	2,8	S RELIZANE.ALG	CRAAG
930	11/10/2011	02:58:51	0,68	36,05	4,48	-	2,5 ML	2,5	NE RELIZANE.ALG	CRAAG
931	13/10/2011	14:39:23	-0,94	35,45	3,54	-	3 ML	3	NW TEMOUCHENT.ALG ^{AIN}	CRAAG
932	19/10/2011	17:02:58	-1,47	34,96	4,25	-	2,7 ML	2,7	NW TLEMCEN.ALG	CRAAG
933	27/10/2011	14:07:49	-0,21	35,96	11,8	-	3,3 ML	3,3	MER MEDITERRANEE	CRAAG
934	30/10/2011	23:29:48	1,12	36,62	9	-	2,8 ML	2,8	MER MEDITERRANEE	CRAAG
935	09/11/2011	13:40:32	0,17	35,68	5,89	-	2,5 ML	2,5	S MOSTAGANEM.ALG	CRAAG
936	09/11/2011	13:37:52	0,09	35,73	5,95	-	2,7 ML	2,7	SW MOSTAGANEM	CRAAG
937	09/11/2011	13:35:23	0,12	35,7	2,21	-	2,9 ML	2,9	S MOSTAGANEM.ALG	CRAAG
938	16/11/2011	13:53:54	0,2	35,64	4,85	-	2,7 ML	2,7	S MOSTAGANEM.ALG	CRAAG
939	16/11/2011	17:30:41	1	35,45	10,44	-	2,8 ML	2,8	W TIARET.ALG	CRAAG
940	23/11/2011	14:15:19	0,19	35,61	6,77	-	2,8 ML	2,8	N MASCARA.ALG	CRAAG
941	30/11/2011	14:18:16	0,14	35,29	5,31	-	3 ML	3	MASCARA.ALG	CRAAG
942	01/12/2011	10:42:56	-1,55	36,24	15	-	2,9 MbLg	2,7	MER MEDITERRANEE	IGN
943	01/12/2011	10:42:55	-1,76	36,21	5,89	-	3,2 ML	3,2	MER MEDITERRANEE	CRAAG

944	08/12/2011	18:24:32	0,57	35,18	5,62	-	2,8 ML	2,8	SE MASCARA.ALG	CRAAG
945	20/12/2011	14 32:43	-0,06	36,03	5,69	-	3,1 ML	3,1	MER MEDITERRANEE	CRAAG
946	27/12/2011	14:44:08	-1,45	35,08	2,37	-	2,7 ML	2,7	NW TLEMCEN.ALG	CRAAG
947	29/12/2011	23:49:36	0,51	35,81	6,84	-	3,1 ML	3,1	NW RELIZANE.ALG	CRAAG
948	30/12/2011	06:28:57	-0,71	35,9	10,39	-	3,2 ML	3,2	MER MEDITERRANEE	CRAAG
949	02/01/2012	22:28:55	-1,21	35,19	8,44	-	3,3 ML	3,3	SW TEMOUCHENT.ALG ^{AIN}	CRAAG
950	04/01/2012	11:09:43	-0,6	35,61	12,15	-	3,9 ML	3,9	S ORAN.ALG	CRAAG
951	05/01/2012	08:57:22	-0,62	35,69	6,84	-	2,6 ML	2,6	S ORAN.ALG	CRAAG
952	10/01/2012	18:22:27	1,07	34,41	23,19	-	3,1 ML	3,1	N EL BAYADH.ALG	CRAAG
953	10/01/2012	16:53:10	0,45	35,7	6,46	-	3,2 ML	3,2	W RELIZANE.ALG	CRAAG/IGN
954	11/01/2012	16:18:09	-1,07	34,93	0,1	-	2,6 ML	2,6	E TLEMCEN,ALG	CRAAG
955	11/01/2012	03:51:00	-0,02	35,42	6,63	-	2,8 ML	2,8	SW SAID.ALG	CRAAG
956	15/01/2012	08:11:20	-0,6	35,67	7,22	-	3,5 ML	3,5	S- ORAN.ALG	CRAAG
957	15/01/2012	14:04:15	-1,07	35,91	-	-	3,5 Mb	3,7	MER MEDITERRANEE	ISC
958	15/01/2012	13:45:41	-0,69	35,52	12,86	-	4,9 ML	4,9	S- ORAN.ALG	CRAAG
959	20/01/2012	19:00:33	0,3	35,49	6,52	-	3,1 ML	3,1	SE MASCARA.ALG	CRAAG
960	25/01/2012	23:43:24	-0,51	35,65	12	-	2,8 ML	2,8	SE ORAN.ALG	CRAAG
961	29/01/2012	20:07:19	-0,2	35,44	3,74	-	3 ML	3	SE ORAN.ALG	CRAAG
962	29/01/2012	15:06:32	-0,21	35,95	16,89	-	3,2 ML	3,2	MER MEDITERRANEE	CRAAG
963	01/02/2012	05:36:56	0,54	35,83	25,38	-	3 ML	3	N RELIZANE.ALG	CRAAG
964	19/02/2012	14:27:16	-0,56	34,75	12,15	-	2,9 ML	2,9	S SIDI BEL ABBES.ALG	CRAAG
965	20/02/2012	19:41:05	0,53	36,76	8,58	-	3,2 ML	3,2	MER MEDITERRANEE	CRAAG
966	05/03/2012	04:56:30	0,97	36,48	6	-	2,6 ML	2,6	NW CHLEF.ALG	CRAAG
967	05/03/2012	03:04:50	0,95	36,45	10,23	-	2,9 ML	2,9	NW CHLEF.ALG	CRAAG
968	05/03/2012	08:51:45	0,94	36,5	0,51	-	3,1 ML	3,1	NW CHLEF.ALG	CRAAG
969	05/03/2012	02:52:39	0,98	36,46	1,24	-	3,5 ML	3,5	NW CHLEF.ALG	CRAAG

970	05/03/2012	02:52:43	0,87	36,59	12	-	4.3 Mb	4,4	MER MEDITERRANEE	IGN
971	05/03/2012	02:45:22	0,91	36,47	6,18	-	4,5 ML	4,5	NW CHLEF.ALG	CRAAG
972	08/03/2012	04:26:31	0,9	36,47	9,42	-	2,6 ML	2,6	NW CHLEF.ALG	CRAAG
973	17/03/2012	19:32:22	-0,58	35,75	17,7	-	2,8 ML	2,8	NE ORAN.ALG	CRAAG
974	19/03/2012	01:28:22	0,97	36,29	8,59	-	2,5 ML	2,5	NW CHLEF.ALG	CRAAG
975	19/03/2012	16:02:13	-0,33	35,9	13,06	-	2,6 ML	2,6	ARZEW-NE ORAN	CRAAG
976	21/03/2012	06:41:58	-0,64	35,82	4,1	-	4,7 ML	4,7	MER MEDITERRANEE	CRAAG
977	24/03/2012	05:50:00	0,97	36,44	0,76	-	3,9 ML	3,9	NW CHLEF.ALG	CRAAG
978	24/03/2012	13:17:16	1	36,4	1,34	-	3,9 ML	3,9	NW CHLEF.ALG	CRAAG
979	24/03/2012	05:50:02	0,81	36,47	-	-	4.0 Mw	4	MER MEDITERRANEE	IGN
980	25/03/2012	08:37:21	0,96	36,43	6,07	-	2,5 ML	2,5	NW CHLEF.ALG	CRAAG
981	26/03/2012	15:25:56	-0,4	35,58	6,13	-	2,8 ML	2,8	SE ORAN.ALG	CRAAG
982	03/04/2012	15:15:47	0,92	36,52	5,97	-	2,6 ML	2,6	NW CHLEF.ALG	CRAAG
983	05/04/2012	17:56:32	0,98	36,37	6,04	-	3,6 ML	3,6	NW CHLEF.ALG	CRAAG
984	06/04/2012	08:49:03	0,97	36,4	5,98	-	3,3 ML	3,3	NW CHLEF.ALG	CRAAG
985	16/04/2012	23:51:26	0,42	36,8	30	-	2,8 MbLg	2,6	MER MEDITERRANEE	IGN
986	17/04/2012	13:13:15	0,66	35,53	6,23	-	2,9 ML	2,9	S RELIZANE.ALG	CRAAG
987	19/04/2012	21:13:02	0,93	35,95	17,52	-	3 ML	3	NW CHLEF.ALG	CRAAG
988	22/04/2012	18:41:53	-0,35	35,87	6,17	-	2,6 ML	2,6	ARZEW-NE ORAN	CRAAG
989	25/04/2012	21:44:26	1	36,43	5,86	-	2,6 ML	2,6	NW CHLEF.ALG	CRAAG
990	21/06/2012	13:28:09	0,63	35,53	7,01	-	2,7 ML	2,7	SE RELIZANE.ALG	CRAAG
991	22/07/2012	17:01:35	0,81	35,64	16,3	-	2,8 ML	2,8	SE RELIZANE.ALG	CRAAG
992	17/08/2012	23:49:02	1,09	36,47	14.0	-	2.5 ML	2.5	W TENES.ALG	ISC
993	01/09/2012	21:59:41	-0,07	35,42	7,69	-	3,1 ML	3,1	SW SAIDA.ALG	CRAAG
994	11/09/2012	16:04:29	-1,18	34,69	5,25	-	2,7 ML	2,7	S TLEMCEN.ALG	CRAAG
995	09/10/2012	00:37:23	-1,16	35,32	3,88	-	3,4 ML	3,4	NE TEMOUCHENT.ALG ^{AIN}	CRAAG

996	25/10/2012	13:54:22	0,46	34,89	6,3	-	2,9 ML	2,9	E SAIDA.ALG	CRAAG
997	19/11/2012	14:34:23	0,13	35,21	2,95	-	2,9 ML	2,9	S MASCARA.ALG	CRAAG
998	25/11/2012	17:16:05	-1,25	35,07	6,3	-	2,5 ML	2,5	NE TLEMCEN.ALG	CRAAG
999	25/11/2012	21:25:44	-1,18	35,42	7,63	-	2,6 ML	2,6	N TEMOUCHENT.ALG ^{AIN}	CRAAG
1000	02/12/2012	15:31:22	0,45	35,55	9,8	-	2,5 ML	2,5	NE MASCARA.ALG	CRAAG
1001	23/12/2012	02:24:18	-0,59	35,71	7,44	-	2,5 ML	2,5	ORAN.ALG	CRAAG
1002	23/12/2012	17:25:04	-1,67	35,1	4,62	-	2,6 ML	2,6	E GHAZAOUET.ALG	CRAAG
1003	23/12/2012	18:34:36	-0,42	35,68	3,63	-	2,6 ML	2,6	E ORAN.ALG	CRAAG
1004	23/12/2012	23:41:15	-2	35,07	5,47	-	2,6 ML	2,6	W GHAZAOUET.ALG	CRAAG
1005	03/01/2013	16:35:22	-0,97	35,49	-	-	2.8 MbLg	2,6	NE TEMOUCHENT.ALG ^{AIN}	IGN
1006	17/01/2013	14:18:02	-1,34	35,44	21	-	2.9 MbLg	2,7	NW TEMOUCHENT.ALG ^{AIN}	IGN
1007	17/01/2013	13:45:38	-1,37	35,47	26	-	3.3 MbLg	3,1	MER MEDITERRANEE	IGN
1008	14/03/2013	16:58:27	-1,34	35,45	12	-	3.4 MbLg	3,1	NW TEMOUCHENT.ALG ^{AIN}	IGN
1009	02/05/2013	18:09:24	0,06	35,7	18	-	3.7 Mb	3,5	S MOSTAGANEM.ALG	IGN
1010	02/05/2013	18:55:35	0,08	35,61	19	-	4,7 Mb	4,8	N MASCARA.ALG	IGN
1011	02/05/2013	19:05:59	0,1	35,71	20	-	3.7 Mb	3,5	S MOSTAGANEM.ALG	IGN
1012	04/05/2013	02:36:30	-0,94	35,71	-	-	2,8 MbLg	2,6	W ORAN.ALG	IGN
1013	08/05/2013	10:43:51	-1,73	34,3	6.8	-	2,5 ML	2,5	SW TLEMCEN.ALG	CNRM
1014	24/05/2013	18:54:02	-0,97	35,22	-	-	2,5 ML	2,5	SE TEMOUCHENT.ALG ^{AIN}	ISC/CRAAG
1015	24/05/2013	13:03:15	-1,06	35,76	40.0	-	2,8 ML	2,8	NW ORAN.ALG	ISC/CRAAG
1016	25/05/2013	23:54:21	-0,34	35,52	-	-	3,0 Mb	3	SE ORAN.ALG	ISC
1017	02/06/2013	14:50:55	0,52	35,71	-	-	3,0ML	3	W RELIZANE.ALG	ISC/CRAAG
1018	10/06/2013	18:31:24	0,05	35,71	-	-	3,0ML	3	S MOSTAGANEM.ALG	ISC/CRAAG
1019	16/06/2013	19:09:05	0,52	36,37	31	-	2,7 MbLg	2,5	MER MEDITERRANEE	IGN
1020	23/06/2013	11:15:14	-1,31	35,54	16	-	3,2 MbLg	3	NW TEMOUCHENT.ALG ^{AIN}	IGN

1021	28/07/2013	12:55:50	0,22	35,36	22	-	4,2 Mb	4,3	SE MASCARA.ALG	IGN
1022	06/09/2013	12:10:52	-0,15	35,65	-	-	3,6 Mb	3,8	SW MOSTAGANEM.ALG	IGN
1023	04/11/2013	22:03:32	-1,48	35,53	-	-	2,7 MbLg	2,5	MER MEDITERRANEE	IGN
1024	01/01/2014	11:24:28	-1,38	35,48	25.8	-	2,8 ML	2,8	MER MEDITERRANEE	ISC
1025	01/01/2014	07:34:43	-1,37	35,44	20	-	3,3 MbLg	3,1	NW AIN TEMOUCHENT.ALG	IGN
1026	14/01/2014	17:28:57	-0,62	35,25	24	-	4,3 Mb	4,4	NE SIDI BEL ABBES.ALG	IGN
1027	23/01/2014	21:26:09	-1,26	35,99	-	-	2,7 Mb	3	MER MEDITERRANEE	IGN
1028	01/02/2014	21:18:39	-0,52	36,01	-	II	2,7 MbLg	2,5	MER MEDITERRANEE	IGN/ISC
1029	20/03/2014	23:27:35	-0,42	35,81	13	-	3,8 MbLg	3,6	NE ORAN.ALG	ISC
1030	23/03/2014	10:06:14	-0,36	35,47	28	-	3,9 Mb	4	SE ORAN.ALG	IGN
1031	11/05/2014	19:53:25	-0,64	35,39	24.2	-	2,7 ML	2,7	N SIDI BEL ABBES.ALG	IGN
1032	21/05/2014	16:11:37	0,63	35,55	-	-	2,5 ML	2,5	S RELIZANE.ALG	IGN
1033	22/05/2014	05:26:50	0,38	35,57	14	-	3,8 ML	3,8	SW RELIZANE.ALG	IGN
1034	22/05/2014	05:33:33	0,24	35,66	10	-	3,7 Mb	3,9	W RELIZANE.ALG	IGN
1035	22/05/2014	21:05:57	0,32	35,69	24	-	3,7 Mb	3,9	W RELIZANE.ALG	IGN
1036	22/05/2014	06:53:55	0,05	35,89	-	-	3,8 Mb	4	SW MOSTAGANEM.ALG	IGN
1037	22/05/2014	05:26:38	0,33	35,5	10	-	4,1 Mb	4,2	NE MASCARA.ALG	IGN
1038	22/05/2014	02:57:42	0,28	35,66	21	-	4,5 Mb	4,6	SW RELIZANE.ALG	IGN
1039	22/05/2014	05:22:02	0,12	35,78	-	-	Mw 4,9	4,9	S MOSTAGANEM.ALG	IGN
1040	05/06/2014	13:00:43	0,65	36,09	-	-	3,6 Mb	3,8	NE RELIZANE.ALG	IGN
1041	08/06/2014	13:33:47	-0,04	35,4	21	-	3,9 Mb	4	NW MASCARA.ALG	IGN
1042	08/06/2014	12:58:59	-1	35,19	24	-	4,5 Mb	4,6	SE AIN TEMOUCHENT.ALG	IGN
1043	13/06/2014	13:58:18	-1,03	35,69	23.1	-	2,7ML	2,7	W ORAN.ALG	ISC
1044	18/06/2014	11:22:42	-2	36,89	10.5	-	2,7MbLg	2,7	MER MEDITERRANEE	ISC
1045	08/07/2014	18:25:35	0,39	35,66	39	-	3,9 Mb	4	SW RELIZANE.ALG	IGN
1046	11/07/2014	19:55:01	-1,37	35,32	13.4	-	2,8 ML	2,8	BENI SAF.ALG	ISC

1047	30/07/2014	06:06:40	-0,11	35,38	-	-	3,6 Mb	3,8	SW MASCARA.ALG	IGN
1048	30/07/2014	08:55:07	-0,14	35,47	-	-	4,0 Mb	4,1	SIG-NW MASCARA	ISC
1049	07/08/2014	01:27:17	0,24	35,81	-	-	3,4 Mb	3,6	SE MOSTAGANEM.ALG	IGN
1050	10/08/2014	17:08:58	0,66	35,17	-	-	3,4 Mb	3,6	SE MASCARA.ALG	ISC
1051	12/08/2014	00:26:50	0,1	35,74	-	-	2.6 ML	2,6	S MOSTAGANEM.ALG	ISC
1052	12/08/2014	22:45:26	0,87	36,43	-	-	2.8 ML	2,8	MER MEDITERRANEE	ISC
1053	16/08/2014	05:38:28	0,75	36,44	-	-	2.7 ML	2,7	N MASCARA.ALG	IGN
1054	18/08/2014	07:51:05	0,17	35,63	-	-	3,2 Mb	3,5	N MASCARA.ALG	ISC
1055	19/08/2014	02:24:58	-0,19	35,68	-	-	2,8 ML	2,8	SE BETHIOUA- E ORAN	ISC
1056	22/08/2014	00:22:47	0,23	35,62	15	-	4,3 Mb	4,4	S MOSTAGANEM.ALG	IGN
1057	05/09/2014	18:54:28	0,49	35,64	50	-	3,2 Mb	3,5	SW RELIZANE.ALG	ISC
1058	07/09/2014	23:34:14	0,12	35,72	-	-	2,7 Mb	3	S MOSTAGANEM.ALG	ISC
1059	09/09/2014	23:26:55	0,25	35,7	16	-	3.9 Mb	4	S MOSTAGANEM.ALG	IGN
1060	11/09/2014	03:26:33	0,1	35,82	-	-	3.5 Mb	3,7	SE MOSTAGANEM.ALG	IGN
1061	28/09/2014	15:03:03	0,35	35,66	29	-	3.7 Mb	3,9	SW RELIZANE.ALG	IGN
1062	28/09/2014	19:37:38	0,2	35,73	15	-	3.7 Mb	3,9	SE MOSTAGANEM.ALG	IGN
1063	02/10/2014	14:28:57	0,18	35,58	-	-	3.5 Mb	3,7	N MASCARA.ALG	IGN
1064	06/10/2014	02:16:37	0,14	35,77	-	-	3.1 Mb	3,4	SE MOSTAGANEM.ALG	IGN
1065	16/10/2014	01:32:40	0,46	35,56	41.9	-	3.8 Mb	4	NE MASCARA.ALG	ISC
1066	21/10/2014	15:40:34	0,63	35,71	-	-	2,9 ML	2,9	E RELIZANE.ALG	ISC
1067	25/10/2014	12:10:59	-1,39	35,45	24.6	-	2.8 ML	2,8	MER MEDITERRANEE	ISC
1068	29/12/2014	07:53:27	0,09	35,6	64	-	3.7 Mb	3,9	SW MOSTAGANEM.ALG	ISC
1069	03/01/2015	04:33:19	-1,43	35,53	28	-	2.7 MbLg	2,5	MER MEDITERRANEE	IGN
1070	03/01/2015	21:19:34	0,53	35,48	19	-	3.6 Mb	3,8	SW RELIZANE.ALG	IGN
1071	04/01/2015	22:18:29	-0,49	35,85	12.3	-	3.0 ML	3	MER MEDITERRANEE	CRAAG
1072	06/01/2015	15:10:45	0,51	35,61	-	-	2.8 ML	2,8	S RELIZANE.ALG	CRAAG
1073	07/01/2015	02:16:24	0,78	36,28	19.0	-	3.5 Mb	3,7	MER MEDITERRANEE	MDD

1074	13/01/2015	14:44:24	0,7	35,03	-	-	2.7 ML	2,7	NE SAIDA.ALG	CRAAG
1075	14/01/2015	13:08:02	0,5	35,57	-	-	2.5 ML	2,5	S RELIZANE.ALG	CRAAG
1076	01/02/2015	01:28:42	0,19	35,76	*	-	3.9 Mb	4	SE MOSTAGANEM.ALG	IGN
1077	17/03/2015	15:57:15	0,5	36	15	-	4.5 Mb	4,6	NE MOSTAGANEM.ALG	IGN
1078	26/03/2015	17:04:33	-0,33	35,79	13	-	3.1 MbLg	2,9	NE ORAN.ALG	IGN
1079	12/04/2015	00:55:56	-1,35	35,49	22	-	2.9 MbLg	2,7	MER MEDITERRANEE	IGN
1080	13/05/2015	09:19:48	-0,25	35,73	39	II	3.7 Mb	3,9	E ORAN.ALG	IGN
1081	02/06/2015	19:15:47	-1,51	36,11	11	-	3.9 MbLg	3,8	MER MEDITERRANEE	IGN
1082	07/06/2015	03:24:25	-0,18	35,57	18	-	3.3 Mb	3,5	W MASCARA.ALG	IGN
1083	09/06/2015	16:21:50	-1,59	36,24	17	-	3.1 MbLg	2,9	MER MEDITERRANEE	IGN
1084	09/06/2015	01:50:03	-0,23	35,62	-	-	3.7 Mb	3,9	W MASCARA.ALG	IGN
1085	11/06/2015	22:03:52	-0,06	35,25	25	-	3.6 Mb	3,8	W MASCARA.ALG	IGN
1086	16/06/2015	21:52:32	0,99	35,7	10	-	3.4 Mb	3,6	E RELIZANE.ALG	IGN
1087	20/06/2015	18:24:46	-0,34	36,05	14.1	-	2,9 ML	2,9	MER MEDITERRANEE	ISC
1088	11/07/2015	03:10:30	-0,19	35,5	30	-	3.9 Mb	4	NW MASCARA.ALG	IGN
1089	01/11/2015	12:50:05	-1,51	36,2	5	II	3.0 MbLg	2,8	MER MEDITERRANEE	IGN
1090	16/12/2015	14:41:52	-1,53	36,18	13	-	3.3 MbLg	3,1	MER MEDITERRANEE	IGN
1091	23/12/2015	13:58:54	-0,72	35,8	52	-	3.8 Mb	3,9	NW ORAN.ARG	IGN
1092	13/01/2016	23:41:58	-0,39	35,91	21	-	2.7 MbLg	2,5	NE ORAN.ARG	IGN
1093	22/02/2016	22:58:53	0,29	35,84	25	-	3.1 MbLg	2,9	SE MOSTAGANEM.ARG	IGN
1094	20/03/2016	22:40:55	0,9	35,91	1	-	3.2 Mb	3,5	NE RELIZANE.ARG	IGN
1095	04/04/2016	06:41:37	-1,55	36,19	12	-	2.8 MbLg	2,6	MER MEDITERRANEE	IGN
1096	07/05/2016	17:36:57	-0,47	35,84	23	-	2.9 MbLg	2,7	NE ORAN.ARG	IGN
1097	16/06/2016	01:33:22	-1,5	36,27	7	-	2.8 MbLg	2,6	MER MEDITERRANEE	IGN
1098	13/07/2016	10:33:38	-0,85	35,89	1	-	2.7 MbLg	2,5	MER MEDITERRANEE	IGN
1099	08/08/2016	17:13:51	0,25	36,6	-	-	2.8 MbLg	2,6	MER MEDITERRANEE	IGN
1100	15/08/2016	22:42:44	-1,56	36,18	29	-	2.8 MbLg	2,6	MER MEDITERRANEE	IGN

1101	02/09/2016	08:31:22	-0,51	36,01	24	-	2.9 MbLg	2,7	MER MEDITERRANEE	IGN
------	------------	----------	-------	-------	----	---	----------	-----	------------------	-----

Annexe2 : Ajustement de la loi-Gumbel**Zone 1**

MW Calculé	Rang	$p(i)=(rang-0.5)/102$	$u=-\ln[-\ln(pi)]$	$G(Mw)=\exp[-\alpha*\exp(-\beta*Mw)]$	$N(Mw)=-\ln(G(Mw))$
2,5	1	0,0049	-1,6711	0,6568	0,4203
2,6	5	0,0441	-1,1381	0,6875	0,3746
2,7	7	0,0637	-1,0127	0,7160	0,3339
2,8	15	0,1421	-0,6682	0,7425	0,2976
2,9	23	0,2205	-0,4130	0,7669	0,2653
3	27	0,2598	-0,2984	0,7893	0,2365
3,1	31	0,2990	-0,1883	0,8099	0,2108
3,2	33	0,3186	-0,1342	0,8286	0,1879
3,3	39	0,3774	0,0260	0,8457	0,1674
3,4	42	0,4068	0,1061	0,8613	0,1493
3,5	50	0,4852	0,3243	0,8753	0,1330
3,6	59	0,5735	0,5870	0,8881	0,1186
3,7	65	0,6323	0,7802	0,8996	0,1057
3,8	70	0,6813	0,9580	0,9100	0,0942
3,9	78	0,7598	1,2920	0,9194	0,0840
4	84	0,8186	1,6088	0,9278	0,0748
4,1	94	0,9166	2,4417	0,9354	0,0667
4,2	95	0,9264	2,5721	0,9422	0,0594
4,3	96	0,9362	2,7204	0,9483	0,0530
4,6	97	0,9460	2,8926	0,9631	0,0375
4,9	99	0,9656	3,3548	0,9737	0,0266
5,2	100	0,9754	3,6963	0,9813	0,0188

a) Zone 2

Mw_Calculé	Rang	$p(i)=(rang-0.5)/58$	$u=-\ln[-\ln(pi)]$	$G(Mw)=\exp[-\alpha*\exp(-\beta*Mw)]$	$N(Mw)=-\ln(G(Mw))$
2,5	1	0,0086	-1,5589	0,4343	0,8338
2,6	3	0,0431	-1,1455	0,4656	0,7644
2,7	8	0,1293	-0,7156	0,4962	0,7007
2,8	12	0,1982	-0,4812	0,5260	0,6423
2,9	15	0,25	-0,3266	0,5549	0,5888
3	16	0,2672	-0,2773	0,5828	0,5397
3,2	19	0,3189	-0,1333	0,6353	0,4535
3,3	24	0,4051	0,1015	0,6598	0,4157
3,4	28	0,4741	0,2926	0,6831	0,3811
3,5	36	0,6120	0,7114	0,7051	0,3493
3,6	41	0,6982	1,0240	0,7259	0,3202
3,7	45	0,7672	1,3281	0,7456	0,2935
3,9	46	0,7844	1,4158	0,7813	0,2466
4	47	0,8017	1,5096	0,7976	0,2261
4,3	53	0,9051	2,3062	0,8401	0,1741
4,4	54	0,9224	2,5162	0,8524	0,1596
4,5	55	0,9396	2,7767	0,8638	0,1463
4,7	56	0,9568	3,1222	0,8842	0,1229
4,9	57	0,9741	3,6419	0,9018	0,1033
5,5	58	0,9913	4,7492	0,9405	0,0613

a) Zone 3

Mw_Calculé	Rang	$P(i)=(rang-0.5)/57$	$U=-\ln[-\ln(pi)]$	$G(Mw)=\exp[-\alpha*\exp(-\beta*Mw)]$	$N(Mw)=-\ln(G(Mw))$
2,5	1	0,0087	-1,5552	0,5567	0,5857
2,6	10	0,1666	-0,5831	0,5876	0,5315
2,7	16	0,2719	-0,2640	0,6172	0,4824
2,8	19	0,3245	-0,1180	0,6454	0,4378
2,9	27	0,4649	0,2666	0,6720	0,3973
3	30	0,5175	0,4175	0,6972	0,3606
3,1	32	0,5526	0,5224	0,7208	0,3272
3,2	33	0,5701	0,5765	0,7430	0,2970
3,3	34	0,5877	0,6320	0,7637	0,2695
3,4	41	0,7105	1,0736	0,7829	0,2446
3,5	43	0,7456	1,2257	0,8008	0,2220
3,6	44	0,7631	1,3082	0,8174	0,2015
3,7	47	0,8157	1,5916	0,8328	0,1828
3,8	50	0,8684	1,9584	0,8470	0,1659
3,9	51	0,8859	2,1113	0,8601	0,1506
4	53	0,9210	2,4981	0,8722	0,1367
4,5	55	0,9561	3,1044	0,9192	0,0841
4,6	57	0,9912	4,7317	0,9264	0,0763

a) Zone 4

Mw_Calculé	Rang	$p(i)=(rang-0.5)/213$	$u=-\ln[-\ln(pi)]$	$G(Mw)=\exp[-\alpha*\exp(-\beta*Mw)]$	$N(Mw)=-\ln(G(Mw))$
2,5	1	0,0023	-1,8007	0,7008	0,3554
2,6	10	0,0446	-1,1346	0,7284	0,3168
2,7	24	0,1103	-0,7904	0,7539	0,2823
2,8	33	0,1525	-0,6312	0,7774	0,2517
2,9	50	0,2323	-0,3779	0,7990	0,2243
3	66	0,3075	-0,1648	0,8187	0,1999
3,1	79	0,3685	0,0018	0,8367	0,1782
3,2	87	0,4061	0,1040	0,8530	0,1589
3,3	99	0,4624	0,2597	0,8679	0,1416
3,4	112	0,5234	0,4349	0,8813	0,1262
3,5	125	0,5845	0,6217	0,8935	0,1125
3,6	141	0,6596	0,8768	0,9045	0,1003
3,7	144	0,6737	0,9289	0,9144	0,0894
3,8	150	0,7018	1,0384	0,9233	0,0797
3,9	155	0,7253	1,1360	0,9314	0,0710
3,9	155	0,7253	1,1360	0,9314	0,0710
4	168	0,7863	1,4258	0,9386	0,0633
4,1	178	0,8333	1,7019	0,9451	0,0564
4,2	183	0,8568	1,8672	0,9509	0,0503
4,3	189	0,8849	2,1021	0,9561	0,0448
4,4	190	0,8896	2,1464	0,9608	0,0399
4,5	191	0,8943	2,1924	0,9649	0,0356
4,6	194	0,9084	2,3432	0,9687	0,0317
4,7	200	0,9366	2,7260	0,9720	0,0283
4,8	201	0,9413	2,8054	0,9750	0,0252
4,9	205	0,9600	3,2009	0,9777	0,0224

5	208	0,9741	3,6434	0,9801	0,0200
5,2	210	0,9835	4,1002	0,9841	0,01593
5,3	213	0,9976	6,0532	0,9858	0,01420

Annexe3 : Calcule de la probabilité de récurrence et les périodes de retour (1, 50 et 100 ans)

a) Zone 1

Mw	N(Mw)	R1	50N	R50	100N	R100	Tr
2,5	0,4203	0,3432	21,0150	1	42,0300	1	2,3793
2,6	0,3746	0,3125	18,7321	1	37,4641	1	2,6692
2,7	0,3339	0,2839	16,6971	1	33,3943	1	2,9945
2,8	0,2977	0,2575	14,8833	1	29,7665	1	3,3595
2,9	0,2653	0,2330	13,2664	1	26,5329	1	3,7689
3	0,2365	0,2106	11,8252	0,9999	23,6505	1	4,2282
3,1	0,2108	0,1901	10,5406	0,9999	21,0813	1	4,7436
3,2	0,1879	0,1713	9,3956	0,9999	18,7911	1	5,3217
3,3	0,1675	0,1542	8,3749	0,9997	16,7498	1	5,9702
3,4	0,1493	0,1387	7,4651	0,9994	14,9302	1	6,6978
3,5	0,1331	0,1246	6,6541	0,9987	13,3083	1	7,5141
3,6	0,1186	0,1119	5,9313	0,9973	11,8625	1	8,4299
3,7	0,1057	0,1003	5,2869	0,9949	10,5739	1	9,4573
3,8	0,0943	0,0899	4,7126	0,9910	9,4252	0,9999	10,6099
3,9	0,0840	0,0806	4,2006	0,9850	8,4013	0,9998	11,9029
4	0,0749	0,0722	3,7443	0,9763	7,4886	0,9994	13,3536
4,1	0,0668	0,0646	3,3376	0,9644	6,6751	0,9987	14,9810
4,2	0,0595	0,0578	2,9750	0,9489	5,9500	0,9974	16,8068
4,3	0,0530	0,0517	2,6518	0,9294	5,3036	0,9950	18,8551
4,6	0,0376	0,0369	1,8781	0,8471	3,7561	0,9766	26,6233
4,6	0,0376	0,0369	1,8781	0,8471	3,7561	0,9766	26,6233
4,9	0,0266	0,0263	1,3301	0,7355	2,6602	0,9301	37,5918
5,2	0,0188	0,0187	0,9420	0,6101	1,8840	0,8480	53,0792

b) Zone 2

Mw	N(Mw)	R1	50N	R50	100N	R100	Tr
2,5	0,8339	0,5656	41,6942	1	83,3884	1	1,1992
2,6	0,7644	0,5344	38,2201	1	76,4402	1	1,3082
2,7	0,7007	0,5038	35,0355	1	70,0710	1	1,4271
2,8	0,6423	0,4739	32,1162	1	64,2325	1	1,5568
2,9	0,5888	0,4450	29,4402	1	58,8804	1	1,6984
3	0,5397	0,4171	26,9872	1	53,9744	1	1,8527
3,2	0,4535	0,3646	22,6772	1	45,3545	1	2,2049
3,3	0,4158	0,3402	20,7877	1	41,5754	1	2,4053
3,4	0,3811	0,3169	19,0556	1	38,1112	1	2,6239
3,5	0,3494	0,2949	17,4678	1	34,9357	1	2,8624
3,6	0,3202	0,2740	16,0124	1	32,0247	1	3,1226
3,7	0,2936	0,2544	14,6782	1	29,3564	1	3,4064
3,9	0,2467	0,2186	12,3340	1	24,6681	1	4,0538
4	0,2261	0,2024	11,3063	1	22,6126	1	4,4223
4,3	0,1742	0,1599	8,7090	0,9998	17,4181	0,9999	5,7412
4,4	0,1597	0,1476	7,9834	0,9997	15,9668	0,9999	6,2630
4,5	0,1464	0,1362	7,3182	0,9993	14,6364	0,9999	6,8323
4,7	0,1230	0,1157	6,1494	0,9979	12,2989	0,9999	8,1308
4,9	0,1033	0,0982	5,1674	0,9943	10,3347	0,9999	9,6761
5,5	0,0613	0,0595	3,0660	0,9534	6,1319	0,9978	16,3081

a) Zone 3

Mw	Nw	R1	50N	R50	100N	R100	Tr
2,5	0,5857	0,4433	29,2862	1	58,5725	1	1,7072
2,6	0,5316	0,4123	26,5789	1	53,1578	1	1,8811
2,7	0,4824	0,3827	24,1218	1	48,2437	1	2,0728
2,8	0,4378	0,3546	21,8919	1	43,7838	1	2,2839
2,9	0,3974	0,3279	19,8681	1	39,7363	1	2,5165
3	0,3606	0,3028	18,0314	0,9999	36,0629	1	2,7729
3,1	0,3273	0,2791	16,3645	0,9999	32,7291	1	3,0553
3,2	0,2970	0,2570	14,8517	0,9999	29,7035	1	3,3666
3,3	0,2696	0,2363	13,4788	0,9999	26,9576	1	3,7095
3,4	0,2447	0,2170	12,2327	0,9999	24,4655	1	4,0873
3,5	0,2220	0,1991	11,1019	0,9999	22,2038	1	4,5037
3,6	0,2015	0,1825	10,0756	0,9999	20,1512	1	4,9624
3,7	0,1829	0,1671	9,1441	0,9998	18,2883	0,9999	5,4679
3,8	0,1660	0,1529	8,2988	0,9997	16,5977	0,9999	6,0249
3,9	0,1506	0,1398	7,5316	0,9994	15,0633	0,9999	6,6386
4	0,1367	0,1278	6,8354	0,9989	13,6708	0,9999	7,3148
4,5	0,0842	0,0807	4,2085	0,9851	8,4171	0,9997	11,8805
4,6	0,0764	0,0735	3,8194	0,9780	7,6389	0,9995	13,0907

a) Zone 4

M _w	N(M _w)	R1	50N	R50	100N	R100	Tr
2,5	0,3554	0,2991	17,77	1	35,54	1	2,8137
2,6	0,3168	0,2715	15,84	1	31,68	1	3,1566
2,7	0,2823	0,2460	14,115	1	28,23	1	3,5423
2,8	0,2517	0,2225	12,585	1	25,17	1,0000	3,9730
2,9	0,2243	0,2009	11,215	1	22,43	1,0000	4,4583
3	0,1999	0,1812	9,995	1	19,99	1,0000	5,0025
3,1	0,1782	0,1632	8,91	1	17,82	1,0000	5,6117
3,2	0,1589	0,1469	7,945	1	15,89	1,0000	6,2933
3,3	0,1416	0,1320	7,08	1	14,16	1,0000	7,0621
3,4	0,1262	0,1186	6,31	1	12,62	1,0000	7,9239
3,5	0,1125	0,1064	5,625	1	11,25	1,0000	8,8889
3,6	0,1003	0,0954	5,015	1	10,03	1	9,9701
3,7	0,0894	0,0855	4,47	1	8,94	0,9999	11,1857
3,8	0,0797	0,0766	3,985	1	7,97	0,9997	12,5471
3,9	0,071	0,0685	3,55	1	7,1	0,9992	14,0845
4	0,0633	0,0613	3,165	1	6,33	0,9982	15,7978
4,1	0,0564	0,0548	2,82	1	5,64	0,9964	17,7305
4,2	0,0503	0,0491	2,515	1	5,03	0,9935	19,8807
4,3	0,0448	0,0438	2,24	1	4,48	0,9887	22,3214
4,4	0,0399	0,0391	1,995	1	3,99	0,9815	25,0627
4,5	0,0356	0,0350	1,78	1	3,56	0,9716	28,0899
4,6	0,0317	0,0312	1,585	1	3,17	0,9580	31,5457
4,7	0,0283	0,0279	1,415	1	2,83	0,9410	35,3357
4,8	0,0252	0,0249	1,26	1	2,52	0,9195	39,6825
4,9	0,0224	0,0222	1,12	1	2,24	0,8935	44,6429
5	0,02	0,0198	1	1	2	0,8647	50
5,2	0,0152	0,0151	0,76	1	1,52	0,7813	65,7895
5,3	0,0142	0,0141	0,71	1	1,42	0,7583	70,4225

Annexe 4: Précipitation moyenne annuelle observée au niveau de la station d'Oran

Année	P (mm)
1983	383.10
1984	350.50
1985	442.90
1986	362.20
1987	295.60
1988	294.50
1989	251.80
1990	409.90
1991	329.90
1992	191.50
1993	240.40
1994	361.50
1995	585.80
1996	324.50
1997	496.10
1998	329.60
1999	197.90
2000	410.20
2001	380.50
2002	424.70
2003	366.00
2004	278.70
2005	419.80
2006	270.70
2007	319.20
2008	566.90
2009	451.00
2010	416.50
2011	381
2012	568
2013	386

Annexe 5: Distribution spatiale et la pondération de chaque paramètre calculé par les méthodes RF, VI

Parametre	Classe	No du pixel dans chaque classe	% de la classe	No. Du pixel (glissement)	% du glissement	RF	VI	Pondération selon % du glissement	RL
Pente (°)	0-10	765879	0,64	851	0,141	0,22	-0,653	0,266	0.4265
	10_20	297997	0,249	3193	0,528	2,12	0,331	1	
	20-30	119046	0,099	1887	0,312	3,136	0,501	0,59	
	30-40	13706	0,011	106	0,018	1,53	0,189	0,033	
	>40	529	0	15	0,002	5,609	0,754	0,017	
Aspect	Plat	157457	0,132	128	0,021	0,161	-0,789	0,087	-0.1706
	Nord	131112	0,11	1364	0,225	2,058	0,318	0,932	
	Nord est	136825	0,114	1464	0,242	2,117	0,33	1	
	Est	111535	0,093	552	0,091	0,979	-0,004	0,377	
	Sud est	116742	0,098	590	0,097	1	0,005	0,403	
	Sud	106274	0,089	663	0,11	1,234	0,096	0,453	
	Sud ouest	106473	0,089	422	0,07	0,784	-0,101	0,288	
	Ouest	125133	0,105	368	0,061	0,582	-0,23	0,251	
	Nord ouest	205606	0,172	501	0,083	0,482	-0,312	0,342	
Lithologie	class1	741540	0,619	495	0,082	0,132	-0,874	0,101	0.8858
	class2	108717	0,091	641	0,106	1,166	0,072	0,13	
	class3	346845	0,29	4916	0,812	2,804	0,453	1	
Distance par rapport à la faille (m)	0-1000	458476	0,383	432	0,071	0,186	-0,725	0,179	0.5246
	1000-2000	329012	0,275	719	0,119	0,432	-0,359	0,297	
	2000-3000	197067	0,165	2419	0,4	2,428	0,39	1	
	3000-4000	122252	0,102	1526	0,252	2,469	0,397	0,631	
	>4000	90297	0,075	956	0,158	2,094	0,326	0,395	

Précipitation (mm/an)	300	512371	0,428	0	0	0	0	0	4.4148
	350	206332	0,172	12	0,002	0,012	-1,934	0,002	
	400	478402	0,4	6040	0,998	2,497	0,402	1	
Distance par rapport à la source d'eau (m)	1000	233807	0,195	2300	0,38	1,946	0,294	0,714	-0.2320
	1000 - 2000	246712	0,206	3221	0,532	2,582	0,417	1	
	2000 - 3000	183435	0,153	492	0,081	0,531	-0,27	0,153	
	3000 - 4000	146184	0,122	39	0,006	0,053	-1,273	0,012	
	> 4000	386966	0,323	0	0	0	0	0	
Distance par rapport au cours d'eau (m)	0-100	258073	0,216	1657	0,274	1,27	0,109	1	-0.2292
	100-200	225800	0,189	1391	0,23	1,219	0,091	0,839	
	200-300	193669	0,162	962	0,159	0,983	-0,003	0,581	
	300-400	161474	0,135	849	0,14	1,04	0,022	0,512	
	400-500	118531	0,099	377	0,062	0,629	-0,196	0,228	
	500-600	84100	0,07	222	0,037	0,522	-0,277	0,134	
	600-700	63433	0,053	300	0,05	0,936	-0,024	0,181	
	>700	92063	0,077	294	0,049	0,632	-0,195	0,177	
Occupation du sol	Plan d'eau	1058	0,001	0	0	0	0	0	-0.1139
	Sol nu	342620	0,286	3903	0,645	2,254	0,358	1	
	Culture	569661	0,476	814	0,135	0,283	-0,544	0,209	
	Culture arboricole	1591	0,001	0	0	0	0	0	
	Polyculture	4990	0,004	0	0	0	0	0	
	Urbain	67022	0,056	0	0	0	0	0	
	Oléiculture	26457	0,022	0	0	0	0	0	
	Maquis- Reboisement	175805	0,147	1283	0,212	1,444	0,164	0,329	
	Foret	8193	0,007	52	0,009	1,256	0,104	0,013	

NDVI	<0.07	996	0,001	0	0	0	0	0	0.0587
	0.07 – 0.25	286330	0,239	1563	0,258	1,08	0,038	0,444	
	0.25 – 0.4	642559	0,537	3517	0,581	1,083	0,039	1	
	>0.4	267219	0,223	972	0,161	0,72	1,507	0,276	

SPI	< 5	959528	0,802	2762	0,456	0,569	-0,240	0,875	0.0039
	5 - 10	230243	0,192	3157	0,522	2,712	0,438	1,000	
	10 – 20	5700	0,005	93	0,015	3,227	0,514	0,029	
	>20	1686	0,001	40	0,007	4,693	0,676	0,013	
STI	<2	1080652	0,903	4641	0,767	0,850	-0,066	1,000	0.3115
	2 - 22	53593	0,045	627	0,104	2,314	0,369	0,135	
	22 - 44	27732	0,023	345	0,057	2,461	0,396	0,074	
	>44	35180	0,029	439	0,073	2,468	0,397	0,095	
Courbure transversale	< -0.05	334324	0,279	2733	0,452	1,617	0,214	1,000	0.0763
	-0.05 – 0.05	515906	0,431	1011	0,167	0,388	-0,407	0,370	
	>0.05	346927	0,290	2308	0,381	1,316	0,124	0,844	
Courbure longitudinale	<-0.05	435425	0,364	2264	0,374	1,029	0,017	0,762	-0.0213
	-0.05 – 0.05	315817	0,264	818	0,135	0,512	-0,286	0,275	
	>0.05	445915	0,372	2970	0,491	1,318	0,125	1,000	
Altitude(m)	< 200	501211	0,419	0	0,000	0,000	0,000	0,000	-0.1822
	200-300	139360	0,116	11	0,002	0,016	-1,802	0,004	
	300-400	91138	0,076	522	0,086	1,133	0,059	0,183	
	400-500	114950	0,096	2858	0,472	4,918	0,697	1,000	
	500-600	149203	0,125	1889	0,312	2,504	0,403	0,661	
	600-700	112713	0,094	735	0,121	1,290	0,115	0,257	
	700-800	58706	0,049	37	0,006	0,125	-0,899	0,013	
	plus800	29876	0,025	0	0,000	0,000	0,000	0,000	

Annexe 6: Distribution spatiale et le poids de chaque paramètre calculé par la méthode WOE

Paramètre	Classes	No. des Pixels dans la class i	% de la classe i	No. des glissements dans la classe i	% des glissements de terrain	Wi	W+	W-	WC
Pente (°)	0-10	765879	0,640	851	0,141	0,267	-1,519	0,876	-2,395
	10-20	297997	0,249	3193	0,528	1,000	0,757	-0,466	1,222
	20-30	119046	0,099	1887	0,312	0,591	1,153	-0,270	1,423
	30-40	13706	0,011	106	0,018	0,033	0,427	-0,006	0,433
	plus40	529	0,000	15	0,002	0,018	1,747	-0,002	1,749
Aspect	Flat	157457	0,132	128	0,021	0,087	-1,832	0,120	-1,952
	N	131112	0,110	1364	0,225	0,932	0,727	-0,140	0,867
	NE	136825	0,114	1464	0,242	1,000	0,755	-0,156	0,912
	E	111535	0,093	552	0,091	0,377	-0,021	0,002	-0,024
	SE	116742	0,098	590	0,097	0,403	0,000	0,000	0,000
	S	106274	0,089	663	0,110	0,453	0,212	-0,023	0,235
	SW	106473	0,089	422	0,070	0,288	-0,244	0,021	-0,265
	W	125133	0,105	368	0,061	0,251	-0,544	0,048	-0,592
Lithologie	NW	205606	0,172	501	0,083	0,342	-0,732	0,103	-0,835
	class1	741540	0,619	495	0,082	0,101	-2,029	0,888	-2,917
	class2	108717	0,091	641	0,106	0,130	0,155	-0,017	0,171
Proximité au réseau de fracturation (m)	class3	346845	0,290	4916	0,812	1,000	1,040	-1,334	2,375
	0-1000	458476	0,383	432	0,071	0,179	-1,684	0,411	-2,095
	1000-2000	329012	0,275	719	0,119	0,297	-0,842	0,196	-1,038
	2000-3000	197067	0,165	2419	0,400	1,000	0,894	-0,332	1,226
	3000-4000	122252	0,102	1526	0,252	0,631	0,912	-0,184	1,096
Precipitation (mm/an)	>4000	90297	0,075	956	0,158	0,395	0,744	-0,094	0,838
	300	512371	0,428	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	350	206332	0,172	12	0,002	0,002	-4,469	0,188	-4,657
	400	478402	0,400	6040	0,998	1,000	0,924	-5,719	6,642

Proximité à la source (m)	< 1000	233807	0,195	2300	0,380	0,714	0,671	-0,262	0,932
	1000 - 2000	246712	0,206	3221	0,532	1,000	0,957	-0,531	1,487
	2000 - 3000	183435	0,153	492	0,081	0,153	-0,636	0,082	-0,718
	3000 - 4000	146184	0,122	39	0,006	0,012	-2,946	0,118	-3,064
	> 4000	386966	0,323	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Proximité au cours d'eau	0-100	258073	0,216	1657	0,274	1,000	0,241	-0,078	0,319
	100-200	225800	0,189	1391	0,230	0,839	0,199	-0,052	0,251
	200-300	193669	0,162	962	0,159	0,581	-0,018	0,003	-0,022
	300-400	161474	0,135	849	0,140	0,512	0,039	-0,006	0,045
	400-500	118531	0,099	377	0,062	0,228	-0,465	0,040	-0,505
	500-600	84100	0,070	222	0,037	0,134	-0,653	0,036	-0,688
	600-700	63433	0,053	300	0,050	0,181	-0,066	0,004	-0,070
	>700	92063	0,077	294	0,049	0,177	-0,461	0,030	-0,491
Occupation du sol	Plan d'eau	1058	0,001	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Sol nu	342620	0,286	3903	0,645	1,000	0,819	-0,701	1,520
	Culture	569661	0,476	814	0,135	0,209	-1,267	0,507	-1,774
	Culture arboricole	1591	0,001	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Polyculture	4990	0,004	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Urbain	67022	0,056	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Oléiculture	26457	0,022	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Maquis	175805	0,147	1283	0,212	0,329	0,370	0,920	-0,550
	Foret	8193	0,007	52	0,009	0,013	0,228	-0,002	0,230
STI	<2	1080652	0,903	4641	0,767	1,000	-0,164	0,882	-1,045
	2-22	53593	0,045	627	0,104	0,135	0,846	-0,064	0,910
	22 - 44	27732	0,023	345	0,057	0,074	0,908	-0,035	0,944
	>44	35180	0,029	439	0,073	0,095	0,913	-0,046	0,959

SPI	< 5	959528	0,802	2762	0,456	0,875	-0,565	1,016	-1,582
	5-10	230243	0,192	3157	0,522	1,000	1,006	-0,526	1,532
	10 – 20	5700	0,005	93	0,015	0,029	1,188	-0,011	1,199
	>20	1686	0,001	40	0,007	0,013	1,564	-0,005	1,569
NDVI	<0.07	996	0,001	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	0.07 – 0.25	286330	0,239	1563	0,258	0,444	0,077	-0,026	0,103
	0.25 – 0.4	642559	0,537	3517	0,581	1,000	0,080	-0,101	0,181
	>0.4	267219	0,223	972	0,161	0,276	-0,331	0,078	-0,409
Plan du curvature	<-0.05	334324	0,279	2733	0,452	1,000	0,484	-0,274	0,758
	-0.05 – 0.05	515906	0,431	1011	0,167	0,370	-0,951	0,383	-1,334
	>0.05	346927	0,290	2308	0,381	0,844	0,276	-0,139	0,415
profile de curvature	<-0.05	435425	0,364	2264	0,374	0,762	0,028	-0,017	0,045
	-0.05 – 0.05	315817	0,264	818	0,135	0,275	-0,672	0,162	-0,834
	>0.05	445915	0,372	2970	0,491	1,000	0,278	-0,210	0,487
Altitude	<200	501211	0,419	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	200-300	139360	0,116	11	0,002	0,004	-4,166	0,123	-4,288
	300-400	91138	0,076	522	0,086	0,183	0,126	-0,011	0,137
	400-500	114950	0,096	2858	0,472	1,000	1,614	-0,540	2,154
	500-600	149203	0,125	1889	0,312	0,661	0,926	-0,242	1,168
	600-700	112713	0,094	735	0,121	0,257	0,257	-0,031	0,288
	700-800	58706	0,049	37	0,006	0,013	-2,085	0,044	-2,130
	>800	29876	0,025	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Annexe 6: Catalogue des inondations survenues dans la wilaya d'Oran (1847-2018)

ID	date	commune	site	type	longitude	latitude	conséquence	observation
1	01/08/1847	Oran	Ras el Ain	IE	-0,6535	35,7039	0	Dommages au niveau de site
2	20/11/1900	Messereghin	/	IE	-0,7349	35,6192	7	Débordement de l'oued
3	29/10/1927	Gdyel	/	IU	-0,4244	35,7832	2	Orage, hauteur d'eau atteindre 1 mètre dans le centre ville
4	15/11/1927	Oran	/	IU	-0,6528	35,6987	1	Orage, inondation urbain
5	27/11/1927	Arzew	Mohgoun	IR	-0,3573	35,8215	0	Route inondée
6	27/11/1927	El Kerma	/	PI	-0,5776	35,6135	0	Inondation de la plaine
7	27/11/1927	Gdyel	/	IU	-0,4238	35,7825	0	20 maisons sinistrées
8	27/11/1927	Hassi bounif	/	RI	-0,4424	35,7122	0	Route inondée
9	27/11/1927	Oran	ravin blanc	IU	-0,6196	35,7041	0	30 maisons sinistrées
10	27/11/1927	Oued Tlélat	oued Tlelat	PI	-0,4872	35,5557	0	Dommages au niveau des terres agricole
11	27/11/1927	Sid Chahmi	/	RI	-0,5146	35,6597	0	Route inondée
12	27/11/1927	Tafraoui	Tafraoui	PI	-0,5496	35,5143	0	Inondation de la plaine
13	01/11/1945	Oran	/	IE	-0,6505	35,7059	3	Dommages et pertes
14	29/01/1946	Oran	/	IU	-0,6536	35,7009	2	Des dommages et des éboulements au niveau du site
15	07/10/1948	Arzew	centre	IU	-0,3097	35,8577	0	Plusieurs habitats inondés (le niveau d'eau atteindre 1,5 m)
16	31/10/1948	Oued Tlélat	centre	IE	-0,4504	35,5525	16	Crue catastrophique de l'oued Tlélat
17	22/12/1963	El Ançor	El Ançor	IU	-0,9260	35,6625	0	Effondrement des anciens bâtis
18	26/01/1966	Es-Senia	/	IU	-0,6239	35,6477	0	Inondation urbain
19	11/12/1967	Arzew	Port d'Arzew	IC			1	les lames d'eau ont atteint une hauteur de 10m emportant 100m de la jetée qui mesure 850m
20	11/05/1968	Oued Tlélat	/	IE	-0,4485	35,5584	12	Crue catastrophique de l'oued Tlélat
21	09/12/1995	Es-Senia	/	IU	-0,6239	35,6477	0	Inondation urbain
22	03/09/1996	Es-Senia	/	IU	-0,6239	35,6477	0	Inondation urbain
23	15/01/2001	Es-Senia	/	IU	-0,6239	35,6477	0	Inondation urbain
24	29/10/2007	Bir el Djir	/	IU	-0,6148	35,7077	0	Inondation urbain
25	02/12/2008	Ain el Turck	/	IC	-0,7743	35,7475	1	Hauteur de l'eau atteindre 21 mètre

26	21/09/2009	Es-Senia	/	IU	-0,6443	35,6779	0	Forte pluviométrie
27	23/09/2009	Es-Senia	/	IU	-0,6489	35,6477	0	Forte pluviométrie
28	23/09/2009	Oran	/	IU	-0,6567	35,6911	1	142mm de précipitation
29	23/09/2009	Sid Chahmi	/	IU	-0,5246	35,6596	1	Centaine des maisons sinistrées
30	23/12/2010	Bir el Djir	Morchid	IR	-0,5942	35,7079	0	Route Bloquée
31	23/12/2010	Bir el Djir	Rend point pépinière	IR	-0,5776	35,7143	0	Route Bloquée
32	23/12/2010	Bir el Djir	USTO (rue)	IU	-0,5815	35,7110	0	Route Bloquée
33	23/12/2010	Oran	Victor Hugo	IU	-0,6214	35,6838	0	Les habitants étaient obligés eux aussi de quitter leurs domiciles durant la nuit
34	23/12/2010	Oran	Petit lac	IU	-0,6149	35,6861	0	les habitants étaient obligés eux aussi de quitter leurs domiciles durant la nuit
35	23/10/2010	Oran	Cité Djamel	IR	-0,6043	35,6967	0	Route Bloquée
36	23/12/2010	Oran	El Hamri	IU	-0,6394	35,6877	0	Les habitants étaient obligés eux aussi de quitter leurs domiciles durant la nuit
37	23/12/2010	Oran	Rond point El Bahia	IR	-0,6097	35,6835	0	Route Bloquée
38	23/12/2010	Oran	Nakache	IR	-0,5963	35,7020	0	Route Bloquée
39	23/12/2010	Es-Senia	ENSEP	IR	-0,6337	35,6641	0	Route Bloquée
40	23/12/2010	Es-Senia	Es-Senia	IU	-0,6194	35,6383	0	plusieurs endroits transformées en un grand lac/ citoyens paniqués
41	30/11/2011	Es-Senia	/	IU	-0,6489	35,6477	0	inondation urbain
42	02/02/2012	Es-Senia	Ain El Baida	IU	-0,6717	35,6420	0	30 maisons sinistrées
43	24/04/2013	Bir el Djir	Belgaid	IU	-0,5461	35,7384	0	Le niveau d'eau atteindre 1 m
44	24/04/2013	El braya	/	IU	-0,5225	35,6286	0	Hauteur d'eau atteindre 30cm + dizaines d'habitations sinistrées
45	24/04/2013	El kerma	/	IU	-0,5776	35,6135	0	Plusieurs habitations et établissements sinistrées
46	24/04/2013	Es-Senia	/	IU	-0,6239	35,6477	0	Plusieurs habitations et établissements sinistrées
47	24/04/2013	Hassi bounif	/	IU	-0,4424	35,7122	0	Plusieurs habitations et établissements sinistrées
48	24/04/2013	Oran	Akid Lotfi (méridienne)	IU	-0,6016	35,7169	0	Route inondée

49	24/04/2013	Sid Chahmi	El berki	IU	-0,6016	35,6809	0	Plusieurs habitations envahies par les pluies
50	24/04/2013	Sid Chahmi	Hai Sabah	IU	-0,5742	35,6945	0	Route partiellement inondée
51	24/04/2013	Sid Chahmi	/	IU	-0,5282	35,6594	0	Plusieurs habitations et établissements sinistrées
52	09/09/2013	Hassi bounif	Chaahid Mahmoud	IU	-0,5164	35,6970	0	Plusieurs habitations et établissements sinistrées
53	09/09/2013	Mers el kebir	/	IU	-0,1624	35,7910	0	route inondée
54	09/09/2013	Oran	Hai Bouamama	IU	-0,5705	35,6696	0	route inondée
55	09/09/2013	Oran	Pêcherie	IC	-0,6563	35,7095	0	les lames d'eau ont atteint une hauteur de 10m
56	09/09/2013	Oran	Cité Djamel	IU	-0,6043	35,6967	0	Route Bloquée
57	09/09/2013	Oran	Yaghmorasen	IU	-0,6591	35,6682	0	Route Bloquée
58	09/09/2013	Oran	Es_sedekia	IU	-0,5974	35,7147	0	Route Bloquée
59	09/09/2013	Oran	Saint rimy	IU	-0,5705	35,6696	0	Inondation urbain
60	09/09/2013	Sid Chahmi	EHU USTO	IU	-0,5828	35,6973	0	plusieurs services inondés
61	29/09/2014	Arzew	Zone industrielle	RI	-0,3074	35,8318	0	Route inondée
62	29/09/2014	Es-Senia	Douar	IU	-0,6118	35,6492	0	2 blessées
63	29/09/2014	Oran	Ras El aine	IU	-0,6702	35,6868	1	100mm, route inondée
64	29/10/2014	Bir el Djir	Hôpital Canastel	IU	-0,5737	35,7383	0	Hôpital inondé, évacuation des malades
65	15/12/2014	Bir el Djir	Sid el Bachir	IE	-0,5252	35,7292	0	Débordement de l'oued de Sid el Bachir
66	21/01/2015	Boutlelis	Bouyakoure	IU	-0,8504	35,5754	0	Route bloquée, 6 blessés
67	21/01/2015	Hassi bounif	CEM/ Ecole	IU	-0,5044	35,6929	0	30cm hauteur d'eau
68	21/01/2015	Mers el Hadjadj	marina	IU	-0,1624	35,7910	0	route inondée
69	21/01/2015	Sid Chahmi	El berki	IU	-0,6016	35,6809	0	Habitations inondées
70	21/01/2015	Sid Chahmi	Sid Chahmi	IU	-0,5282	35,6594	0	Habitation inondées
71	21/01/2015	Tafraoui	Essadla	IE	-0,5865	35,5139	0	Débordement de l'oued
72	20/10/2015	El braya	Station de service	IU	-0,5225	35,6286	0	Stagnation des eaux
73	20/10/2015	Es-Senia	Ain El baida	IU	-0,6717	35,6420	0	2 blessés

74	20/10/2015	Hassi Bounif	Constructions licites	IU	-0,4424	35,7122	0	Stagnation des eaux
75	20/10/2015	Oran	Kouchet el Djir	IU	-0,6770	35,6844	0	Eboulement
76	20/10/2015	Sid Chahmi	Sid Chahmi	IU	-0,5282	35,6594	0	Dégâts matérielles / 60mm
77	01/12/2015	Es-Senia	Ain El baida	IU	-0,6717	35,6420	0	Plusieurs habitations et établissements sinistrées
78	01/12/2015	Es-Senia	Kara	IU	-0,6194	35,6383	0	plusieurs habitations et établissements sinistrées
79	01/12/2015	Messereghin	Oued	IU	-0,7349	35,6192	0	Débordement de l'oued
80	16/11/2016	El braya	Centre	IU	-0,5225	35,6286	0	Stagnation des eaux
81	16/11/2016	El Kerma	Centre	IU	-0,5776	35,6135	0	plusieurs habitations et établissements sinistrées
82	16/11/2016	Es-Senia	Kara	IU	-0,6194	35,6383	0	Plusieurs habitations et établissements sinistrées
83	16/11/2016	Sid Chahmi	El berki	IU	-0,6016	35,6809	0	Plusieurs habitations et établissements sinistrées
84	16/11/2016	Sid Chahmi	Centre	IU	-0,5216	35,6568	0	Plusieurs habitations et établissements sinistrées
85	21/01/2017	Bir el Djir	Station de service	IU	-0,5663	35,7170	0	Route nationale n° 11 bloquée
86	21/01/2017	Oran	Place 1 novembre	IU	-0,6489	35,7029	0	Habitations et centre commercial inondées
87	21/01/2017	Oued Tlélat	Usine Renault	PI	-0,4847	35,5623	0	Usine sinistrée /production arrêté
88	21/01/2017	Sid Chahmi	Hai Sabah	IU	-0,5742	35,6945	0	Hauteur d'eau (1m)/ durée 1 heure
89	21/01/2017	Sid Chahmi	El berki	IU	-0,6016	35,6809	0	Habitation sinistrées
90	21/07/2017	Oran	Petit lac	IU	-0,6127	35,6813	0	Habitation sinistrées
91	01/12/2017	Bir el Djir	Station de service	RI	-0,5663	35,7170	0	Route bloquée
92	01/12/2017	Boufatis	/	IU	-0,8504	35,5754	0	Habitation sinistrées
93	01/12/2017	Es-Senia	Kara	IU	-0,6194	35,6383	0	Stagnation des eaux
94	01/12/2017	Oran	Route bahia-cité djamel	IU	-0,6090	35,6865	0	1 blessé suite accident
95	01/12/2017	Oran	Sid el Houari	IU	-0,6536	35,7021	0	Effondrements partiels de bâtis
96	01/12/2017	Oran	Cité Djamel	RI	-0,6043	35,6967	0	Route bloquée
97	01/12/2017	Oran	Cité Djamel	IU	-0,6043	35,6967	0	Hauteur d'eau (1,5m) au niveau du tunnel, Tribunal sinistré
98	21/12/2017	Oran	CHU plateau	IU	-0,5828	35,6973	0	Inondation au niveau du tunnel vers le département des maladies thoraciques

99	28/01/2018	Ain el Turck	/	IU	-0,5225	35,6286	0	Plusieurs habitations et établissements sinistrées
100	28/01/2018	Bir el Djir	Sid el Bachir	IU	-0,5252	35,7292	0	Plusieurs habitations et établissements sinistrées
101	28/01/2018	El braya	centre	IU	-0,5225	35,6286	0	Plusieurs habitations et établissements sinistrées
102	28/01/2018	Es-Senia	Ain El baida	IU	-0,6717	35,6420	0	Plusieurs habitations et établissements sinistrées
103	28/01/2018	Hassi bounif	Hassi Aneur	IU	-0,4424	35,7122	0	Plusieurs habitations et établissements sinistrées
104	28/01/2018	Hassi bounif	Hassi bounif	IU	-0,4424	35,7122	0	Plusieurs habitations et établissements sinistrées
105	09/09/2018	Benfriha	Benfriha	IU	-0,4137	35,6944	0	Plusieurs habitations et établissements sinistrées
106	09/09/2018	Bir el Djir	Sid el Bachir	IU	-0,5252	35,7292	0	Plusieurs habitations et établissements sinistrées
107	09/09/2018	Boufatis	Boufatis	IU	-0,8504	35,5754	0	Plusieurs habitations et établissements sinistrées
108	09/09/2018	Es-Senia	Rond point Amir AEK	IU	-0,6288	35,6719	0	Route bloquée
109	09/09/2018	Es-Senia	Ain El baida	IU	-0,6717	35,6420	0	Plusieurs habitations et établissements sinistrées
110	09/09/2018	Gdyel	Gdyel	IU	-0,5742	35,6945	0	Inondation urbain
111	09/09/2018	Hassi bounif	Hassi Aneur	IU	-0,4742	35,7027	0	Inondation urbain
112	09/09/2018	Oran	Petit lac	IU	-0,6127	35,6813	0	Plusieurs habitations et établissements sinistrées
113	09/09/2018	Oued Tlélat	Oued Tlelat	IU	-0,4238	35,7825	0	Inondation urbain
114	09/09/2018	Sid Chahmi	Sid Chahmi	IU	-0,5282	35,6594	0	Plusieurs habitations et établissements sinistrées
115	17/10/2018	El kerma	Show room	IU	-0,5901	35,6508	0	Route bloquée
116	18/10/2018	Oued Tlélat	Gare ferroviaire	IU	-0,4518	35,5471	0	Inondation urbain
117	18/10/2018	Oued Tlélat	Cité nouvelle	IU	-0,4504	35,5567	0	Inondation urbain
118	18/10/2018	Tafraoui	Graïdia Thatta	IE	-0,5373	35,4856	0	Débordement de l'oued
119	18/10/2018	Tafraoui	El khaylia	IE	-0,4896	35,5066	0	Débordement de l'oued

Ou IE inondation éclair, IU inondation urbain, IC inondation côtière, IR, inondation des routes, IP inondation des plaines

Table

Table des figures

Figure 1: localisation de la zone d'étude.....	15
Figure 2 : carte montre les différentes unités géomorphologiques.....	19
Figure 3: carte structural du bassin de Bas Chélif	20
Figure 1.1 : Séismes mondiaux (M5+, 1960-2007) et frontières des plaques, rouges : frontières divergentes, bleues frontières de transformation et jaunes frontières convergentes.....	25
Figure 1.2 : Sismicité superficielle et moyenne ($h < 150$ km, $M > 4$; source NEIC) de L'Atlantique central jusqu'en méditerranée orientale de 1973 à 2008.....	26
Figure 1.3 : comparaison de différent résultats de la vitesse de convergence calculée le long de la limite des plaque Afrique/Eurasie selon plusieurs model.....	27
Figure 1.4 : Vitesses de convergence à la limite des plaques Afrique et Eurasie en Méditerranée Occidentale et Atlantique central d'après le modèle Nuvel-1.....	27
Figure 1.5 : Principaux régimes tectoniques et cinématique à limite de plaque Afrique-Eurasie avec les déformations correspond antes en mm/an	28
Figure 1.6 : Principales unités structurales de l'Atlas.....	28
Figure 1.7 : Carte structurale schématique du domaine tello-rifain.....	29
Figure 1.8 : Carte de la sismicité historique de 1359 à 1895 avec la sismicité instrumentale du Nord de l'Algérie de 1900 à 2005.....	30
Figure 1.9 : les séismes significatifs survenus dans la région Nord de l'Algérie.....	31
Figure1.10 : Distribution des structures plio-quaternaires actives dans les bassins Néogènes de l'Atlas Tellien.....	32
Figure 1.11 : Sismicité de nord Algérien et les mécanismes focaux des principaux séismes.....	33
Figure 1.12 : localisation du séisme du 09/10/1790.....	36
Figure 1.13 : Distribution des intensités dans la ville d'Oran suite au tremblement de terre de 1790.....	37
Figure 1.14 : Rejet de faille séismogène de 22 cm.....	38
Figure 1.15 : Interprétation sismotectonique du séisme d'Ain Temouchent 22/09/1999.....	38
Figure 1.16 : interprétation sismotectonique du séisme d'Oran (06/03/2008).....	39
Figure 1.17: Distribution spatiale des séismes reportée en Algérie nord occidentale pour la période 1790 – 2016.....	40
Figure 1.18: Carte sismotectonique du littoral Oranais.....	43
Figure 1.19 : distribution spatiale du paramètre séismogène b_value sur le Littoral.....	45

Figure 1.21 : présentation de la relation entre la magnitude (M_w) et la probabilité de récurrence (PR%) et les différents périodes de retour (ans)	47
Figure 2.1 : Exemple des glissements de terrain catastrophiques dans le monde.....	51
Figure 2.2 : Organigramme de la méthodologie utilisée dans la cartographie de la susceptibilité aux glissements de terrain.....	52
Figure 2.3 : les types de mouvement de terrain selon la classification de (Cruden and Varnes 1996).....	55
Figure 2.4 : classification de la vitesse des glissements de terrains selon les traits géomorphologique.....	56
Figure 2.5 : exemple d'un inventaire d'événement dans l'Italie.....	57
Figure 2.6 : Exemple d'une carte d'inventaire géomorphologique dans la France.....	58
Figure 2.7 : Exemple d'un inventaire multi date de glissement de terrain dans l'Inde.....	59
Figure 2.8 : Inventaire des mouvements de terrain par les méthodes conventionnelles...	60
Figure 2.9 : Nouvelle méthodes d'inventaire et de surveillance des glissements de terrain.....	61
Figure 2.10 : a) carte d'inventaire des glissements de terrain, b) carte d'aléa des glissements de terrain de l'île de Hong Kong.....	66
Figure 2.11 : Carte géomorphologiques de l'aléa des mouvements de terrain (bassin versant de l'Alpago, Italie).....	68
Figure 2.12 Exemple de la cartographie par pondération de facteurs.....	69
Figure 2.13 : Carte géologique du site étudié.....	73
Figure 2.14 La topographie de la zone d'étude.....	74
Figure 2.15 : Carte piézométrique du plateau d'Oran.....	75
Figure 2.16 : Histogramme des Précipitations moyennes mensuelles (1983-2013).....	77
Figure 2.17 : Régime saisonnier de la station d'Oran.....	78
Figure 2.18 : Histogramme des Précipitations Annuelles.....	78
Figure 2.19 : Variation des Températures Moyennes Mensuelles –Es Senia(2000-2009)....	79
Figure 2.20: Graphe pluviométrique.....	81
Figure 2.21 : Courbe Ombrothermique.....	82
Figure 2.22 Abaque d'indice d'aridité.....	83
Figure 2.23: Glissements de terrain G1 et G2.....	84
Figure 2.24 : Logs des sondages réalisés au niveau de la zone des glissements G1 et G2...	87
Figure 2.25 : résultats inclinométriques.....	89
Figure 2.26 : Position des sondages réalisés pour suivre le niveau piézométrique.....	90
Figure 2.27 : Interprétation géologique.....	93
Figure 2.28 : Glissement de terrain G3, G4 et G5.....	94

Figure 2.29: les données inclinométriques, I, I2, I3, I4, I5, I6, I7, I8, I9, I10, INCSUPP12 et INCSUPP17.....	97
Figure 2.30 : Coupes interprétatives de la structure interne des glissements de terrain G3, G4, G5.....	99
Figure 2.31 : Glissement de terrain détecté par le MNT LIDAR.....	101
Figure 2.32 : Vue 3D du flan Nord du Douar Belgaid montrant les glissements de terrain détectés par le MNT LIDAR.....	102
Figure 2.33 : Localisation du glissement de terrain du Mers El Kebir.....	103
Figure 2.34 : Morphologie de la zone du Mers El kebir affecté par le glissement de terrain.....	103
Figure 2.35 : interprétation du glissement de terrain de Mers El Kebir.....	104
Figure 2.36 : Localisation des secteurs concernés par la cartographie de la susceptibilité aux glissements de terrain.....	105
Figure 2.37 : Matrice AHP de Satty.....	109
Figure 2.38 : localisation du Secteur de Taфраoui.....	127
Figure 2.39 : Carte lithologique de la commune de Taфраoui.....	129
Figure 2.40 : Exemple de quelques glissements de terrain affectant la zone de Taфраoui.....	132
Figure 2.43 : Carte thématique utilisé dans l'évaluation de la susceptibilité aux glissements de terrain affectant la zone de Taфраoui.....	135
Figure 2. 44 : Carte de susceptibilité aux glissements de terrain obtenue à partir de la méthode valeur informative, rapport de fréquence et la régression logistique.....	143
Figure 2.45 : Histogramme montre le pourcentage de différentes classes de susceptibilité des modèles appliquées.....	144
Figure 2.46 : La corbe de ROC montre la performance des méthodes utilisées (VI, RF, RL).....	145
Figure 2.47 : Carte de la susceptibilité aux glissements de terrain de la commune de Taфраoui établie par la théorie de l'évidence.....	146
Figure 2.48 : carte finale de la susceptibilité aux glissements de terrain de la commune de Taфраoui établie par la méthode AHP.....	148
Figure 2.49 : localisation de la commune de Mers el Kebir.....	149
Figure 2.50 : Carte géologique de la commune de Mers El Kebir.....	150
Figures 2.51 : paramètres d'entrée de la susceptibilité aux glissements de terrain de la zone de Mers El Kebir.....	153
Figure 2.52 : Carte finale de la susceptibilité aux glissements de terrain de la commune de Mers El Kebir.....	157
Figure 3.1: les pertes humaines enregistrées au niveau du pays méditerranéens suite à des inondations catastrophiques durant la période (1945-2015).....	161

Figure 3.2: les dommages causés par les inondations de Mostaganem du 1927 et de Bab El Oued en 2011 et inondation catastrophique du quartier de Bab el Oued (Alger) le 10/11/2001.....	162
Figure 3.3: Exemple de quelques inondations inventorie au niveau de la wilaya d'Oran.....	168
Figure 3.4: Localisation de la wilaya d'Oran.....	169
Figure 3.5: Carte géologique de la wilaya d'Oran.....	171
Figure 3.6: Aperçu géomorphologique de la wilaya d'Oran.....	172
Figure 3.7: Densité de la population de la wilaya d'Oran.....	173
Figure 3.8: Localisations des sous bassins versants de la wilaya d'Oran.....	174
Figure 3.9: Carte d'Occupation du sol de la wilaya d'Oran.....	175
Figure 3.10 : Les sources utilisées dans la compilation du catalogue d'inondation.....	177
Figure 3.11: Type des inondations historiques dans la wilaya d'Oran (1847-2018).....	178
Figure 3.12 : plan cadastral (1867 section 'A' La Senia) de la zone de Petit Lac.....	179
Figure3.13 : Expansion industrielle et urbain au détriment de la zone inondable Petit Lac.....	180
Figure 3.14 : Distribution spatial des inondations par commune.....	181
Figure 3.15 : Distribution spatial des inondations par commune en fonction de la densité de population.....	182
Figure 3.16 : Distribution spatial des inondations par bassin versant.....	183
Figure 3.17: distribution spatial des inondations par unité morphologique.....	184
Figure 3.18: Distribution mensuel des inondations durant la période de (1847-2018).....	185
Figure 3.19: Densité des inondations dans la wilaya d'Oran.....	186
Figure 3.20 : les inondations catastrophiques d'Oued Tlélet.....	187

Liste des Tableaux

Tableau1.1 : paramètres séismogènes des unités sismotectonique du littoral Oranais.....	44
Tableau2.1 classification des mouvements de terrain.....	53
Tableau2.2: Coordonnées des stations utilisées.....	76
Tableau 2.3: Précipitations moyennes mensuelles 1983-2013 St Oran.....	77
Tableau 2.4 : regroupement des mois trois par trois.....	77
Tableau 2.5 : Température moyenne (source ONM).....	79
Tableau2.6: Statistiques générales.....	80
Tableau 2.7 : Les valeurs P/T pour une période (2000-2009).....	81
Tableau 2.8 : Récapitulatif des données de sondage et inclinomètre pour les glissements G1 et G2.....	85
Tableau 2.9 : Résumé des résultats inclinomètres.....	88
Tableau 2.10 : lectures piézométriques des sondages installés au niveau de la zone d'étude.....	91
Tableau 2.11 : résumé des résultats inclinomètres.....	96
Tableau 2.12 : Echelle de comparaison de Satty.....	108
Tableau 2.13 : indice aléatoire IA.....	109
Tableau 2.14 : Description des différentes formations lithologiques affleurant dans la zone de Tafraoui.....	130
Tableau2.15: matrice de comparaison par pair (zone de Tafroaui).....	147
Tableau2.16 : sources d'informations des paramètres d'entrés.....	152
Tableau2.17: matrice de comparaison par pair (AHP Mers El Kebir).....	154
Tableau 2.18 : rang attribué, Rang Normalisé, et la pondération de chaque classe.....	155

Résumé :

Les risques géologiques présentent une importante énigme qui entrave tout développement d'un pays. Ils peuvent causer annuellement des sérieux dégâts et de grandes pertes humaines. Dans ce contexte, la partie nord-occidentale de l'Algérie inventorie plusieurs risques naturels sur le long du littoral Oranais. L'objectif principal de notre recherche se focalise notamment sur l'évaluation d'aléas liés aux données sismiques, morpho structurales et hydriques. Notre modeste investigation est basée notamment sur l'approche algébrique qui permet d'établir une cartographie thématique relative aux indexes de la susceptibilité des terrains exposés aux différents risques natures et géologiques. Il s'agit des méthodes paramétriques, quantitatives et semi-quantitatives, qui sont appliqués pour mieux modéliser la distribution spatiale des paramètres intrinsèques et extrinsèques des différents événements envisagés (séismes, glissements de terrain et les inondations).

Dans ce travail de thèse une approche systématique ; fondée à priori sur l'inventaire d'aléas événementiels et sur l'échantillonnage des paramètres intrinsèque et extrinsèques des phénomènes à risque. En second lieu, l'introduction d'une analyse statistique est exercée à la faveur d'outillage informatique performant qui nous a permis de résoudre la thématique recherchée grâce au maillage matriciel dont la source de données est acquise par le biais des catalogues régionaux (inventoriés en annexes).

En fin, nous soulignons que les résultats obtenues sont d'actualité et se rapportent mieux à la prévention des risques sismiques, des glissements de terrains et des inondations. Par ailleurs, le travail sous l'égide des programmes de cartographie sous l'environnement SIG et via l'introduction du Système de gestion de bases de données SGBD est aussi important pour accéder aux résultats prospérés. En effet, cette étude vient de combler une lacune d'informations liées aux risques géologiques qu'on recommande les responsables et les collectivités locales d'utiliser ces documents pour toute planification future à l'échelle régionale et notamment sur le littoral oranais.

Mots clés : *Cartographie algébrique, aléa multirisque, sismique, glissement de terrain, inondation, SIG, Littoral Oranais, Algérie.*

Abstract:

Geological hazards present an important conundrum that hinders any development of a country. They can cause serious damage and loss of life every year. In this context, the north-western part of Algeria inventories several natural risks along the Oran coast. The main objective of our research focuses in particular on the evaluation of hazards related to seismic, morpho-structural and hydric data. Our modest investigation is based in particular on the algebraic approach which allows establishing a thematic cartography relating to the indexes of the susceptibility of the grounds exposed to the various natural and geological risks. Parametric, quantitative and semi-quantitative methods are applied to better model the spatial distribution of intrinsic and extrinsic parameters of the different events considered (earthquakes, landslides and floods).

In this thesis work, a systematic approach is used; based a priori on the inventory of event hazards and on the sampling of the intrinsic and extrinsic parameters of the phenomena at risk. Secondly, the introduction of a statistical analysis is carried out using high-performance computer tools that have enabled us to solve the subject in question through a matrix grid, the data source of which is acquired through regional catalogues (inventoried in the appendices).

Finally, we would like to stress that the obtained results are topical and more relevant to the prevention of seismic risks, landslides and floods. Furthermore, the work under the aegis of the mapping software under the GIS environment and through the introduction of the DBMS database management system is also important for accessing the results that have been achieved. Indeed, this study has just completed a lack of information related to geological hazards and it is recommended that decision makers and local authorities use these documents for any future planning at the regional level and particularly on the Oran coastline.

Key words: *geological hazards, seismic, landslides, flood, GIS, Oran Coastal, Algeria*

الملخص :

تمثل الأخطار الجيولوجية لغزاً هاماً يعيق أي تنمية في البلد. يمكن أن تتسبب في أضرار جسيمة وخسائر في الأرواح كل عام. في هذا السياق، يخزن الجزء الشمالي الغربي من الجزائر العديد من المخاطر الطبيعية على طول ساحل وهران. يركز الهدف الرئيسي من بحثنا بشكل خاص على تقييم المخاطر المتعلقة بالبيانات الزلزالية والخصائص الهيكلية والبيانات المائية. يعتمد بحثنا المتواضع بشكل خاص على النهج الجبرية الذي يسمح بوضع رسم خرائط موضوعية تتعلق بمؤشرات حساسية الأراضي المعرضة لمختلف المخاطر الطبيعية والجيولوجية. يتم تطبيق الأساليب البارامترية والكمية وشبه الكمية لتحسين تصميم التوزيع المكاني للمعاملات الداخلية والخارجية لمختلف الأحداث التي تم النظر فيها (الزلازل والانزلاقات الأرضية والفيضانات).

في هذه الرسالة ، يتم استخدام نهج منظم. بناء على جرد مخاطر الأحداث وأخذ عينات من المعلمات الداخلية والخارجية للظواهر المعرضة للخطر، يتم إدخال التحليل الإحصائي باستخدام أدوات الكمبيوتر عالية الأداء التي مكنتنا من حل الموضوع المعني من خلال شبكة مصفوفة، يتم الحصول على مصدر البيانات من خلال الكتلوجات الإقليمية (التي تم جردها في الملاحق). وأخيراً، يؤكد على أن النتائج التي تم الحصول عليها موضعية وأكثر صلة بالوقاية من مخاطر الزلازل والانزلاقات الأرضية والفيضانات. علاوة على ذلك، فإن العمل تحت رعاية برنامج رسم الخرائط تحت بيئة نظم المعلومات الجغرافية ومن خلال إدخال نظام إدارة قاعدة بيانات DBMS مهم أيضاً للوصول إلى النتائج التي تم تحقيقها في الواقع ، اكملت هذه الدراسة للتو نقصاً في المعلومات المتعلقة بالمخاطر الجيولوجية ويوصى بأن يستخدم صناع القرار والسلطات المحلية هذه الوثائق في أي تخطيط مستقبلي على المستوى الإقليمي وخاصة على مستوى الساحل الوهراني.

كلمات مفتاحية: المخاطر الجيولوجية، مخاطر الزلازل، مخاطر الانهيارات الأرضية، مخاطر الفيضانات، نظم المعلومات الجغرافية، الساحل الوهراني، الجزائر