

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA  
RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed



Faculté des Sciences de la Terre et l'Univers

Département de Géologie

MÉMOIRE

Présenté pour l'obtention du grade de master en Science de la Terre et d'Univers  
Option : Risques géologiques

---

**Etude comparative entre l'aléa sismique des zones  
: Z1(Oran) et Z2(Arzew) ; de la wilaya d'Oran**

---

Présenté par le binôme :

M<sup>lle</sup>. Riahi Samah & M<sup>lle</sup>. Yousfi Fatiha

Soutenu le 26 septembre 2022 devant le Jury composé de :

Mr Boursali Tewfik	Enseignant à l'université Oran 2	Président
Mm Ablaoui Halima	Enseignante à l'université Oran 2	Examinatrice
Mr Nadji Abdelmansour	Enseignant à l'université Oran 2	Rapporteur

## Remerciements

*On tient à exprimer notre profonde gratitude envers notre DIEU, pour sa clémence et pour nous avoir donné le courage, la patience et la volonté pour réaliser ce mémoire.*

*Nos plus remerciements s'adressent à notre Rapporteur Pr. Nadji pour son assistance précieuse, ses conseils judicieux et son encadrement pour valoriser ce mémoire 'PFE'*

*Nous remercions très sincèrement notre examinatrice Mme. Ablaoui Halima et également à Monsieur le Président du Jury. Mr. Boursali Tewfik.*

*Nous n'omettons de présenter nos chaleureux remerciements à tous les Enseignants du Département de la Faculté des Sciences de la Terre de l'Universités d'Oran 2. Auxquels nous redevons beaucoup pour notre formation académique.*

## **Dédicaces/ Melle Yousfi Fatiha**

*Je dédie ce modeste travail,*

*A ma petite famille Zineb Ahmed, Souad, Maria, Fadila, Oum el khir, Kaouter, Mohamed et aussi Lina et ma moite Kaltoumi*

*A mes proches Hasnia, Mansoura.*

## **Dédicaces/ Melle Riahi Samah**

*Ce mémoire a dédié à mes chers parents Mahmoud et Fadila qui m'ont encouragé toujours pour que je réussisse dans mes études qu'ont veillé pour mon bien-être qui m'ont soutenu dans les moments plus difficiles de ma vie.*

*Le jour est venu pour dire merci. à mes sœurs Afaf, Sarah et Sirine qu'ont toujours été là pour moi, dans les grandes comme dans les petites choses.*

*A mes proches Islam Ghizlane Bouchra à toute ma famille*

*A tous ceux qui j'aime.*

## ***Résumé :***

Ce mémoire regroupe une synthèse de plusieurs travaux qui nous ont permis d'exploiter les données sismiques obtenus des catalogues sismiques régionaux. L'étude comparative de l'aléa sismique d'un secteur donné, n'est possible qu'après avoir déterminé les fréquences d'occurrence des différentes classes sismiques. L'engineering d'aléa a été réalisé pour les trois secteurs étudiés ou les différents paramètres sont les obtenus progressivement lors du traitement analytique des fréquences sismiques pour chaque zone envisagée ainsi de la modélisation des paramètres sismogènes qui ont favorisé la détermination de l'état d'activité sismique à la faveur du paramètre  $b\_value$  'sismique'. Ce travail favorise d'entreprendre également la reconnaissance de l'entité préventive des tremblements de terre ; ainsi il devient important d'intégrer les résultats obtenus dans les programmes d'aménagement future propre au littoral oranais.

Une fois avoir évalué l'aléa, la production des cartes thématiques sera possible ; de même que le champ d'investigation devient important pour tout utilisateur de carte préventive. Ce modeste travail devient important pour estimer le degré de dommages potentiels lors d'émergence d'un événement sismique notable ( $M_w > 5$ ). La configuration géométrique de l'aléa sismique permet de donner une bonne appréciation sur la distribution de la source sismique et son interaction avec les éléments tectoniques affectants la région d'étude. En fin grâce à cet expertise d'aléa nous venons de distinguer entre les états d'activité sismique sur l'ensemble de secteurs de l'Oranais ; qui semble s'accroître davantage de Ouest vers l'Est (Oran –Arzew).

## **Mots clés :**

Catalogue de sismicité régionale. Sources sismiques. Aléa sismique. Marge littorale de l'Oranais. Approche fréquentielle de G-R. Engineering d'aléa.

## **I. Abstract:**

This thesis brings together a synthesis of several works that have allowed us to exploit the seismic data obtained from regional seismic catalogs. The comparative study of the seismic hazard of a given sector is only possible after having determined the frequencies of occurrence of the different seismic classes. The hazard engineering was carried out for the three studied sectors where the various parameters are obtained gradually during the analytical treatment of the seismic frequencies for each zone considered as well as the modeling of the seismogenic parameters which favored the determination of the state of seismic activity thanks to the parameter  $b\_value$  'seismic'. This work favors to also undertake the recognition of the preventive entity of earthquakes; therefore, it becomes important to integrate the results obtained into future development programs specific to the Orans's coast.

Once the hazard has been evaluated, the production of thematic maps will be as well as the field of investigation becomes important for any user of the preventive map. This modest work becomes important to estimate the degree of potential damage during the emergence of a notable seismic event ( $M_w > 5$ ). The geometric configuration of the seismic hazard allows to give a good appreciation of the distribution of the seismic source and its interaction with the tectonic elements affecting the study region. Finally, thanks to this hazard expertise, we have just distinguished between the states of seismic activity on all sectors of Oran; which seems to increase more from West to East Algerian's country (Oran - Arzew).

## **Key words:**

Catalog of regional seismicity. Seismic sources. Seismic hazard. Orans's coast margin. Frequency approach by Gutenberg-Richter. Engineering Hazard.

## ملخص

تجمع هذه المذكرة العديد من الاعمال كانت قد سمحت لنا باستغلال البيانات الزلزالية التي تم الحصول عليها. المقارنة لخطر الزلازل لمنطقة معينة تدرس فقط بعد تحديد ترددات مختلفة للزلازل. ان هندسة المخاطر للمناطق الثلاثة المدروسة مكنتنا من الحصول على معالم مختلفة اثناء معالجة تحليلية للترددات الزلزالية لكل منطقة وايضا نمذجتها التي تمكننا من وايضا الوقاية من الزلازل. فمن هذا يترتب علينا دمج هاته النتائج في برامج التنمية 'b\_value' تحديد الحالة بواسطة قيمة  $Mw > 5$  المستقبلية لساحل وهران. وبعد تقييم الخطر بإمكاننا انتاج خرائط، تقدير الأضرار المحتملة اثناء ظهور زلزال واخيرا بواسطة هذه الخبرة غي مجال المخاطر تمكنا من التمييز بين حالات النشاط الزلزالي في جميع مناطق وهران التي "استنتجنا انها تزداد أكثر من الغرب باتجاه الشرق' وهران، ارزيو

## كلمات المفتاحية

البيانات الزلزالية، المخاطر ترددات زلزالية، هندسة مناطق، ساحل وهراني

**TABLE DE MATIERE**

Introduction Générale: .....	11
<u>I.Aspect Géographique Et Géomorphologique De l’Oranais</u> .....	14
<u>I.1.Aspect Géographique</u> .....	14
<u>I.1.1.Wilaya Oran</u> .....	14
<u>I.1.2.Aperçu Géographique d’Arzew :</u> .....	15
<u>I.2.Cadre Géomorphologique</u> .....	15
<u>I.Cadre Géologique Du Littorale Oranais :</u> .....	18
<u>I.</u> .....	23
<u>I.3.Introduction :</u> .....	23
<u>I.4.Structure Alpine d’Algérie Du Nord :</u> .....	23
<u>I.5.Cadre Structural</u> .....	23
<u>II.La Sismicité Historique De l’Oranie :</u> .....	24
<u>II.1.La Sismicité Actuelle De L’Oranie :</u> .....	28
<u>III.Séismotectonique :</u> .....	29
<u>III.1.Généralité :</u> .....	29
<u>III.2.Siesmotectonique Régionale :</u> .....	29
<u>III.3.Séismotectonique Locale :</u> .....	29
<u>I.Introduction :</u> .....	32
<u>III.4.Régime Tectonique De Atlas Tallien « Nord Oust d’Algérie »</u> .....	32
<u>IV.Méthodes D’évaluation D’aléa Seismique :</u> .....	32
<u>IV.1.La Méthode Fréquentielle De Gutenberg-Richter,</u> .....	33
<u>IV.2.Approche De Gutenberg Richter GR (1954) :</u> .....	33
<u>IV.3.Approche De Gumbel (1958) : GEV</u> .....	34
<u>V.Magnitude De Moment ‘MW’ :</u> .....	35
<u>V.1.La Zone 1 Représente Secteur Oran :</u> .....	36
<u>V.2.: La Zone 2 : Représente Le Secteur d’Arzew</u> .....	38
<u>V.3.La Zone 4 Représente Secteur Intermédiaire De l’Oranais :</u> .....	40

<a href="#">FIGURE 1: LES ORIENTATIONS ET LES LIMITES DE WILAYA D'ORAN</a> .....	13
<a href="#">FIGURE 2: LA SITUATION GEOGRAPHIQUE DE WILAYA D'ORAN SUR LA BASE DU PDAU D'ORAN(AGENCE NATIONALE D'INTERMEDIATION ET DE REGULATION FONCIERE-ANIREF)(2018)</a> .....	13
<a href="#">FIGURE 3:SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA ZONE ARZEW (SID AHMED BELLAL,SAID MOKRANE, TAREK GHADBANI ET OUASSASINI DARI)(2015)</a> .....	14
<a href="#">FIGURE 4: LES DIFFERENTES UNITES GEOMORPHOLOGIQUE</a> .....	15
<a href="#">FIGURE 5:CARTE DES STRUCTURES GEOLOGIQUE D'ORAN</a> .....	18
<a href="#">FIGURE 6:EXTRAIT DE LA CARTE GEOLOGIQUE DE LA REGION D'ORAN IN SOCOTEC(1986)</a> .....	24
<a href="#">FIGURE 7: CARTE ISOSEISTE DU SEISME DU 09-10-1970 IN AMBRASEYS(1982)</a> .....	26
<a href="#">FIGURE 8:CARTE ISOSEISTE DU SEISME DU 12-12-1959(BENHALLOU ET ROUSSEL,1971)</a> .....	27
<a href="#">FIGURE 9:CARTE DE LA SISMICITE DU NORD DE L'ALGERIE</a> .....	28
<a href="#">FIGURE 10: CARTE DE LA SISMICITE HISTORIQUE DE 1359 A 1859 AVEC LA SISMICITE INSTRUMENTAL DU NORD DE L'ALGERIE ENTRE 1900 ET 2005;BEL ABBES(2008)</a> .....	28
<a href="#">FIGURE 11:DISTRIBUTION SPATIALE DU PARAMETRE SEISMOGENE B VALUE SUR LE LITTORALE ORANAIS POUR LA PERIODE (1900-2016)</a> .....	35
<a href="#">FIGURE 12:EXTRAIT DE CARTE DE LA REPARTITION SEISMIQUE DE LA ZONE -1 / MAPP INFO D'ORAN 'CHEF-LIEU'</a>	36
<a href="#">FIGURE 13:LA COURBE ALEA DE FREQUENCE D'OCCURRENCE ET MAGNITUDE DE LA ZONE 01</a> .....	37
<a href="#">FIGURE 14:COURBE D'ALEA DE LA PERIODE DE RETOUR EN FONCTION DE MAGNITUDE DE MOMENT LA ZONE 01</a>	37
<a href="#">FIGURE 15:EXTRAIT DE CARTE DE LA REPARTITION SEISMIQUE DE LA ZONE 2/MAPP INFO D'ARZEW 'CHEF-LIEU'</a> .....	38
<a href="#">FIGURE 16COURBE ALEA DE LA FREQUENCE D'OCCURRENCE ET MAGNITUDE DE LA ZONE02</a> .....	39
<a href="#">FIGURE 17:COURBE D'ALEA DE LA PERIODE DE RETOUR EN FONCTION DE MAGNITUDE DE MOMENT DE LA ZONE02</a> .....	39
<a href="#">FIGURE 18:EXTRAIT DE CARTE DE LA REPARTITION SEISMIQUE DE LA ZONE 04 /MAPP_INFO D'INTERMEDIAIRE DE L'ORANAIS 'CHEFE-LIEU'</a> .....	40
<a href="#">FIGURE 19:COURBE ALEA DE FREQUENCE D'OCCURRENCE ET MAGNITUDE DE LA ZONE 04</a> .....	41
<a href="#">FIGURE 20:COURBE D'ALEA DE LA PERIODE DE RETOUR EN FONCTION DE MAGNITUDE DE MOMENT LA ZONE04</a>	41

## TABLEAUX

<a href="#">TABLEAU 1: LA SISMICITE HISTORIQUE DE 1505 A 1959</a> .....	24
---	----

---

# **INTRODUCTION GENERALE**

---

## **INTRODUCTION GENERALE :**

L'Algérie, comme les autres pays méditerranéens, est sujette à une activité sismique importante. Situé sur la bordure de la plaque africaine laquelle est en mouvement continue de collision avec la plaque eurasiennne.

Ce mouvement est responsable des séismes destructeurs qui se sont produits en Algérie et causés d'énormes pertes en vies humaines et en matériel.

Puisque le risque sismique peut être défini en une simple forme comme la convolution de l'aléa et la vulnérabilité, le risque peut être réduit en évaluant l'aléa et en réduisant la vulnérabilité des éléments à risque.

Dans ce travail, nous nous sommes intéressés à l'aléa sismique de littorale Oranaise.

Les séismes successifs des dernières décennies dans littorale oranais :

Chlef (1980), Hadjout (1988), Oued hdjer (1988), Tipaza (1989), Mascara (1994), Ain Temouchent (1999) et Beni our thilane (2000), Bou faite-Oran (janvier2008) et Oran (juin2008) montantes que nous somme exposes à un alea sismique omniprésente particulièrement dans la partie tellienne du pays. Aléa sismique selon la classification adoptée par l'organisation de nation unies. Les séismes sont l'aléa le plus destructeur des constructions et des infrastructures urbaines dans les pays développés et les pays en voie de développement, les victimes sont toujours nombreuses.

Le catalogue de Mokrane et al. (1994) traite la sismicité de l'Algérie. Il a été établi par le Centre de Recherche en Astronomie, Astrophysique et Géophysique (CRAAG, Alger, Algérie). Couvrant une période qui s'étale de (1365 )à(1992). Ce catalogue comporte un atlas de cartes isoséistes des séismes survenus en Algérie entre (1910) et (1989) inclus, avec un tableau récapitulatif des séismes historiques et instrumentaux Mokrane et al. (1994).

Le catalogue de Benouar (1994) est compilé pour toute la région du Maghreb, il couvre la période de (1900 – 1990). Une magnitude de surface Ms est estimé pour 2059 événements sur 7724 séismes. Plusieurs sources ont été utilisées pour compiler ce catalogue, dont les principales dérivent des catalogues réalisés par Mezcua et al. (1983), Karnik (1988), ainsi que celui publié par l'International Seismological Centre (ISC).

Le catalogue de l'Instituto Geografico Nacional (IGN) établi par Mezcua et al. (1983) et Martinez Solares et al. (2002) couvre la zone Ibéro-Maghrébine. Dans cette étude, cette base de données est utilisée pour la période (1790-2016). Son utilisation, nous a permis de compléter

le nouveau catalogue par des événements historiques et instrumentaux. Le catalogue IGN représente un vrai support concernant la région Ibéro Maghrébine. Sachant que la principale magnitude utilisée par l'IGN est la magnitude

Le catalogue de Nadji (2010) a été également utilisé. Cette dernière traite de la sismicité du littoral Oranais et de la Mer d'Alboran pour la période (1790-2007). L'auteur a utilisé plusieurs sources de données sismiques dérivantes de Mokrane et al. (1994) et d'une série de bulletins publiés par le CRAAG, ainsi que certaines données de différentes sources. Le catalogue de l'International Seismological Centre (ISC) est basé sur une compilation de données, pour la période (1926-2013), des plusieurs institutions internationales tels que l'IGN (Espagne), USGS (USA) et le CRAAG (Algérie)

Le catalogue de Hamdache et al. (2010) inclut 923 événements entre 856 et 2008, dont la magnitude est supérieure à 4. Pour élaborer ce catalogue, 5 bases de données ont été utilisées (IGN, CRAAG, ISC, EMSC, NEIC). Ce catalogue couvre le Nord de l'Algérie et la partie orientale Ibéro-Maghrébine, notant que, les magnitudes sont unifiées avec la magnitude du moment séismique  $M_w$ .

Le Catalogue EMSC utilisé pour cette étude, couvre la période (1998-2012). Dans ce catalogue, nous trouvons plusieurs types de magnitude (ML, Mb, Ms,  $M_w$ ) pour un seul événement. Ces magnitudes ont été fournies par les institutions suivantes : USGS, ISC, NEIC, CRAAG.

Le catalogue d'USGS (2016) couvre la période (1973-2013). Dans ce catalogue, les événements sismiques sont essentiellement présentés en magnitude des ondes de volume Mb.

A cet effet nous avons pris l'exemple de la zone Oran et Arzew qui présente une grande partie de l'aléa sismique qui est une activité notable importante forte.

Le sujet attribue par département science de la terre staff technique sur les risques traite la thématique' étude comparative entre alea sismique des zones-1-(Oran) et la zone-2-(Arzew) de la wilaya Oran.

# **CHAPITRE I**

# **GENERALITES**

# I. ASPECT GEOGRAPHIQUE ET GEOMORPHOLOGIQUE DE L'ORANAIS

## I.1. ASPECT GEOGRAPHIQUE

### I.1.1. Wilaya Oran

Oran se trouve au bord de la rive sud du Bassin méditerranéen, elle se situe au nord-ouest de l'Algérie, à 432 km à l'ouest de la capitale Alger, elle est dominée à l'ouest par la montagne de Laidour (429 m d'altitude), au sud, elle est bordée par la commune d'Es-Senia, et au sud-ouest par une grande sebkha, La wilaya d'Oran comporte 26 communes. (Fig.1-2)

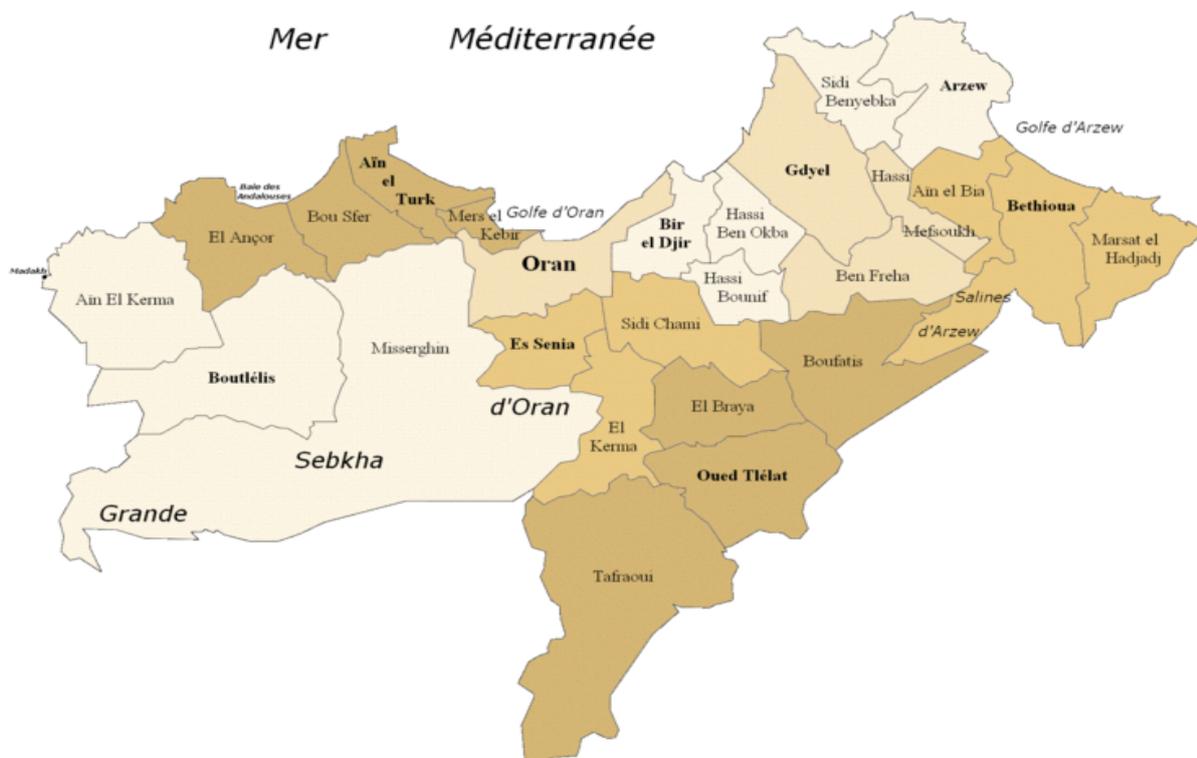


Figure 1: Communes et daïras de la wilaya d'Oran (27 January 2011)

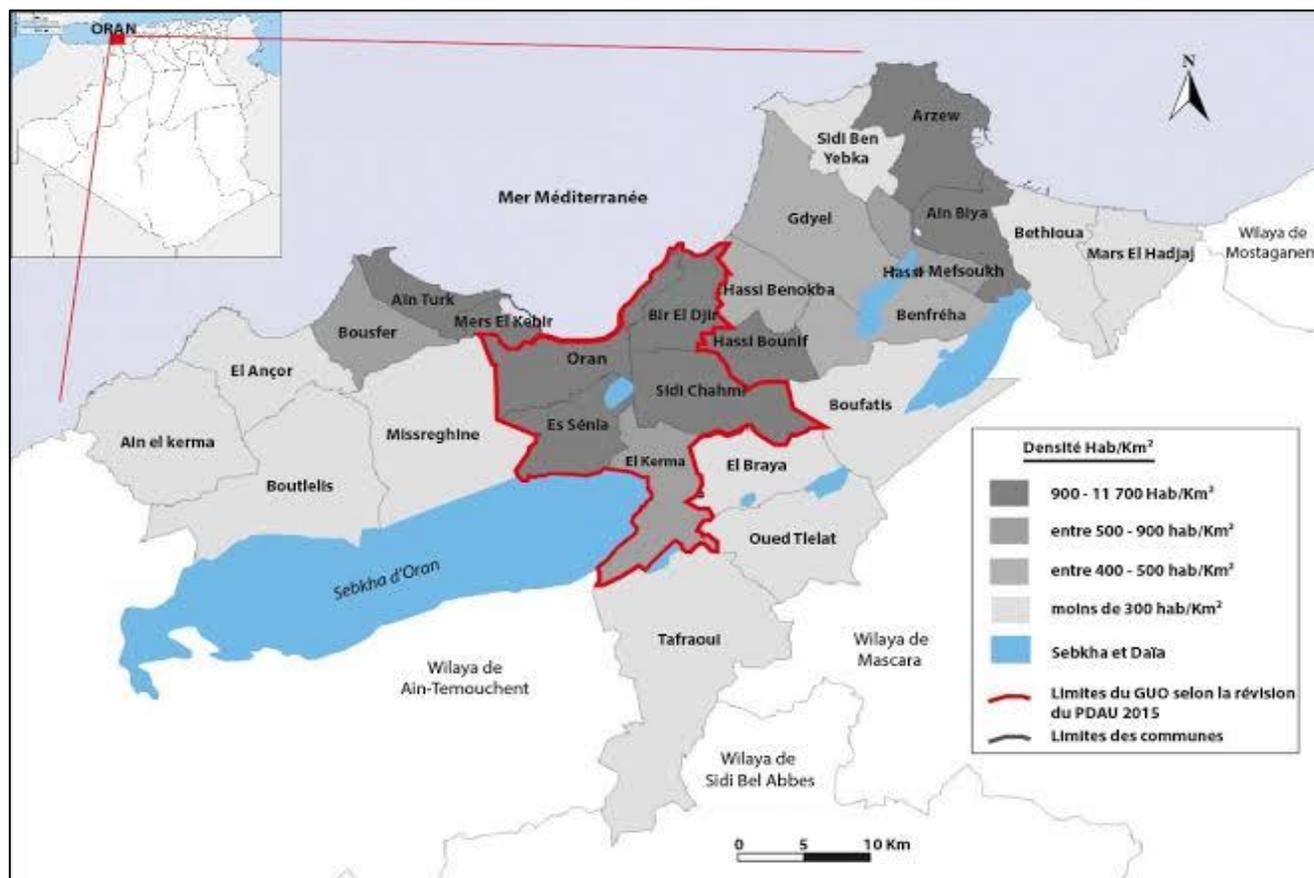


Figure 2: la situation géographique de wilaya d'Oran sur la base du PDAU d'Oran(agence nationale d'intermédiation et de régulation foncière-Aniref)(2018)

**I.1.2. Aperçu Géographique d’Arzew :**

La zone d’Arzew est une zone urbano industrielle située à l’externe est de la wilaya d’Oran et sentant sur un linéaire de 22km. limitée à l’Ouest par Gdyl, l’est par l’usine de mer méditerranée et au sud par la voie express Oran-mers-El Hadjaj, au nord par le port industriel(fig3)

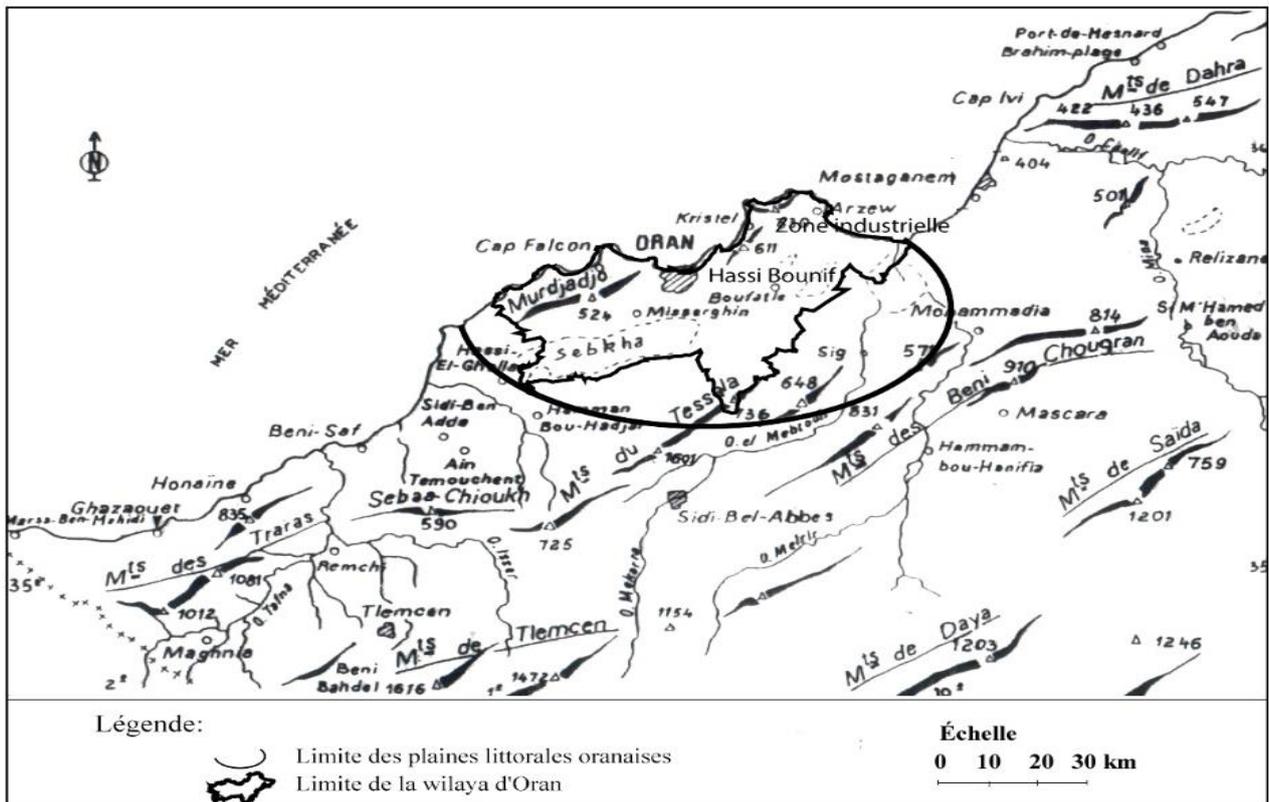


Figure 3:situation géographique de la zone Arzew (Sid Ahmed Bellal,Said Mokrane, Tarek Ghadbani et Ouassasini dari)(2015)

## I.2. CADRE GEOMORPHOLOGIQUE

Le secteur d'étude s'organise selon une zone déprimée présentée par deux plaines sublittorales séparées 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.4).

Les plaines sublittorales présentées par (i) La dépression M'léta-Habra constitue un sillon central est occupé par des dépressions endoréiques exemple (Salines D'Arzew). (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 ses structures de soulèvements sont interrompues 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 contribués à la naissance de plusieurs risques naturels, cette variété s'exprimé par (fig 4).

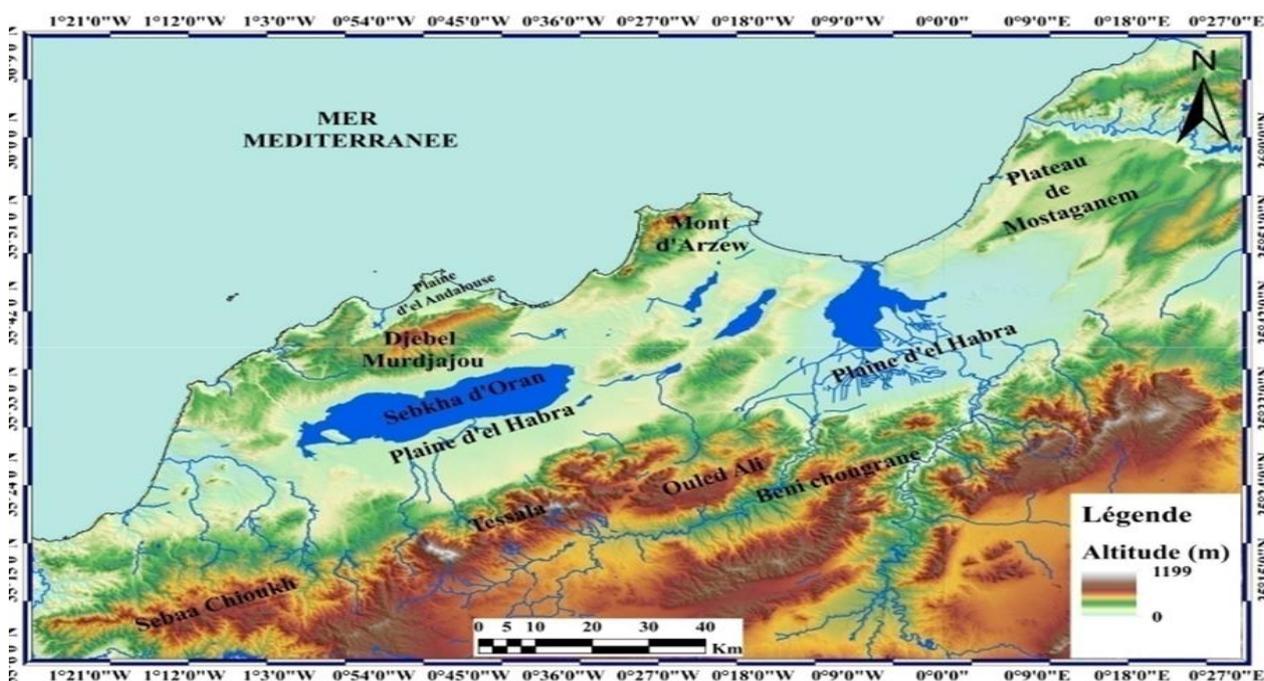


Figure 4: les différentes unités géomorphologique

# **CHAPITRE II**

# **LITHO STRATIGRAPHIE**

## II. CADRE GEOLOGIQUE DU LITTORALE ORANAIS :

La zone d'étude, s'étendant de la pointe de Canastel d'Oran jusqu'à Arzew, appartient au littoral oranais lui-même partie intégrante de la marge algérienne. Il est lié à la chaîne maghrébine. Les travaux géologiques ont permis de caractériser la chaîne Tellienne, Sub-tellienne est d'y reconnaître trois grands domaines in 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 sont constitués 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.

La partie littorale de l'Algérie est la plus récente, la plus instable et là où il y a le plus de diversité de substrats géologiques. La région Oranaise est donc très diversifiée, ses strates géologiques appartiennent aux quatre ères. La région d'études s'intègre dans la terminaison occidentale de la chaîne alpine tellienne (ou atlas tellien). Les formations géologiques qui la constituent sont de natures et d'âges variés in Sadran (1958); Fenet (1975) et Guardia (1975). L'orogénèse alpine a permis la structure de cet atlas tellien en un empilement d'unités structurales charriées et imbriquées entre elles. Ceci a favorisé la mise à nu de roches anciennes telles que les schistes qui forment l'assise du massif des Traras et de la montagne des Lions (Djebel Khar). Les différentes formations géologiques de cette région s'étendent depuis l'âge primaire jusqu'au quaternaire. Les schistes, d'âge primaire, constituent le substratum du massif des Traras. Ce sont des schistes gris-noirs se débitant en plaquettes. Leur altération donne des produits argileux (sols) de couleur brun-rouge. D'autres types de schistes d'âge secondaire forment ce qu'on appelle les massifs schisteux côtiers de l'Oranie. Les monts d'Arzew, à l'ouest d'Oran ville, forment la montagne des Lions et surplombent la plage de Kristel et la partie septentrionale du Murdjadjo à l'Ouest de la ville. Les calcaires, d'âge secondaire sont assez bien représentés dans l'Oranie. Ils forment le plus souvent des reliefs assez escarpés. Ces calcaires forment la partie méridionale du Murdjadjo. Toujours au nord mais à l'est, le plateau de Mostaganem s'abaisse régulièrement vers l'ouest sur la plaine de la Macta et le golfe d'Arzew. Il surplombe régulièrement la mer et le bas Chélif par une falaise de 150 à 200 m au nord et au nord-ouest. Les calcaires sont

généralement clairs, le plus souvent compacts et massifs, leur altération donne presque toujours des sols blanchâtres crayeux. Le quaternaire est formé par du calcaire lacustre, argiles à lignites : couches rouges dues à la désagrégation des terrains pliocène qui se trouvent effectivement dans ce secteur. En s'avançant de 100 km de la côte vers l'intérieur des terres se dressent les Monts de Béni-Chougrane et de Tessala qui forment l'un à la suite de l'autre une chaîne montagneuse plissée couvrant la région d'étude d'est en ouest sur environ 60 km de largeur. Plus précisément les Monts de Tessala constituent un massif secondaire de calcaire nummulitique (protozoaires fossiles) à structure complexe d'une cinquantaine de kilomètres de longueur; ces monts sont des terrains créacés formés par des calcaires gréseux devenant plus argileux en profondeur. A l'est on trouve des grès fins argileux in Behar (1990). Les monts des Béni-Chougrane sont constitués en grande partie par une série de plateau miocène de 700 à 800 m d'altitude, inclinés régulièrement vers le Nord-Est, laissant affleurer de larges boutonnières créacées. En descendant vers le sud se dressent à nouveau des monts séparés par les hautes plaines de Bel-abbés (400 m) celle de Ghriss au sud de Mascara. Les monts de Saïda et de Daya appartiennent à l'atlas Tellien tabulaire. Ils ont tous deux une altitude moyenne comprise entre 1000 et 1200 m. Ces deux entités sont profondément découpées par des fossés d'effondrements

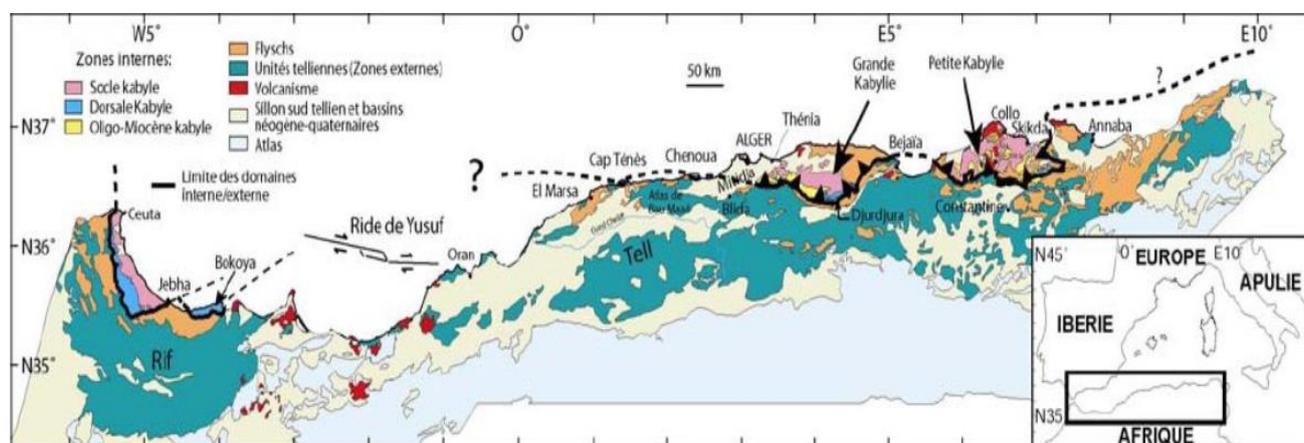


Figure 5: Carte géologique du nord de l'Afrique montrant les différentes unités géologiques (Wildi, 1983 ; Domzig et al., 2006 ).

La partie sud jusqu'à Télagh (Sidi Bel Abbas) est représentée par un terrain du créacé inférieur principalement représenté par des calcaires gréseux devenant plus argileux en profondeur et du grès fin argileux. Ce créacé se prolonge vers l'ouest et contourne les Monts de Daya.

Enfin, les plaines telliennes dont la plaine de Sidi bel abbés située à une altitude d'environ 400 m entre les Monts de Tessala et la région de Télagh. La plaine de Sidi Bel abbés est un terrain principalement pliocène formé par du grès marin et se prolonge à l'est rejoignant les monts des Béni-Chougrane dans le miocène in Behar (1990).

Les formations carbonatées, d'origine géologiques, ou géomorphologiques (alluvions, colluvions, encroûtements), sont loin d'être les plus caractéristiques et les plus étendues. Les roches peu ou pas calcaires même d'étendue restreinte. Supporte des sols et des végétations très particulières ; elles fournissent des substrats décalcarisés, sinon acides in Aimé (1991). Les formations volcaniques fournissent également des substrats diversifiés selon le type d'émission (effusif donnant des basaltes, phréatomagmatique fournissant des formations volcano-sédimentaires). Enfin, les terrains quaternaires fournissent des substrats diversifiés selon leur origine et leur dynamique : formations sableuses plus ou moins fixées sur le littoral, lunettes argileuses des bordures des sebkhas, dépressions endoréiques et sources thermales salées. La région est partagée en deux grands groupes de formations carbonatées qui s'opposent par la disponibilité des carbonates et par leurs caractéristiques mécaniques. Il s'agit d'une part des roches calcaires compactes (calcaires, grès, dolomies), d'autre part des roches plus tendres telles que les argiles ou les marnes. Les formations calcaires dures occupent la plus grande partie des sommets, à cause de la tectonique d'une part, et de l'érosion qui a déblayé les formations plus tendres adjacentes. Il s'agit de calcaires d'âges divers, surtout Jurassique. Elles sont prépondérantes sur les Traras et les Tessala et occupent une partie des sahels côtiers (Murdjadjo, sahel d'Arzew, etc...).

Sur ces formations dures se développent des sols bruns (en altitude et dans les positions topographiques les plus humides), des sols ferrallitiques (à moyenne altitude sur les milieux bien drainés (quelques fois à basse altitude, mais alors ils sont hérités, et le plus souvent en voie de décarbonatation). Enfin à basse altitude, se forment essentiellement des sols jeunes de type rendzine calcaire. Les formations calcaires tendres constituent l'essentiel des plateaux néogènes de basse altitude, mais peuvent également se rencontrer sur des reliefs plus importants, intercalées entre des formations plus compactes. C'est le cas sur le Tessala (marnes miocènes à bancs de grès) et les Béni-Chougrane (marnes bariolées, gypseuses triasiques). En dérivent des vertisols plus ou moins salins (marnes gypseuses) ou bien des rendzines plus ou moins sableuses (dans le cas des marnes à bancs de grès). Souvent, la susceptibilité du matériel aux actions érosives jointe à des conditions d'hydromorphie excessive fait évoluer ces terrains. Soit par érosion linéaire, soit par déplacements en masse, vers des bad-lands qui occupent les pentes accentuées.

Les formations non carbonatées sont représentées surtout par des massifs schisteux primaires (Murdjado, djebel Khar, Traras...). Les sols qui s'y développent sont rapidement décarbonatés, souvent acides et fortement lessivés en surface. Il s'agit, dans la plupart des cas, de sol ferrallitiques lessivés qui conditionnent l'existence de rares enclaves de végétation calcifuge de la région.

Les formations volcaniques sont représentées par des surfaces très restreintes dans l'ancien volcan « Tifaraouine » près de Madagh in Sadran (1952). Les formations quaternaires sont représentées par deux grands types. Ce sont des formations d'origine éolienne et des formations alluviales. Trois phénomènes se superposent localement à ces formations, avec d'une part des processus de confinement qui ont donné les accumulations salines (chlorures ou gypse) et les accumulations calcaire (encroûtements et tufs) et d'autre part des phénomènes pédogénétiques qui ont joué à plusieurs reprises et qu'ont laissé de nombreux paléosols. Les formations éoliennes apparaissent sous deux formes. Elles constituent en Oranie des paysages particulièrement étendus : les dunes de sables littoraux et les lunettes d'accumulation des bordures des sebkhas. Sur le cap Falcon, on peut distinguer, en plus des dunes et aspersion actuelles, quatre générations dunaires anciennes in Remaoun (1981). Les plus récentes sont des dunes grésifiées, c'est-à-dire consolidées dans leur masse par le calcaire. Elles présentent, selon les stratifications du sable, de fines pellicules rubanées blanches et sur certains sommets, une petite croûte légèrement feuilletée. Ces formations proviennent directement du remaniement d'un sable de plage. Les anciennes dunes à croûte rose feuilletée affleurent souvent sous les précédentes. Elles se caractérisent par une croûte feuilletée de 50 cm d'épaisseur, ainsi que par la présence de niveaux individualisés, sableux, horizontaux et rubéfiés. Le deuxième type de formations éoliennes se rencontre autour de certaine dépression endoréique. Lorsque, dans une dépression, une nappe phréatique salée affleure périodiquement à la surface du sol, il se développe en surface des efflorescences salines qu'associant aux éléments fins (argiles et limons), constituent des particules souvent appelées pseudo-sables qui correspondent aux mottes polyédriques décrites par Boulaine (1957) et qui sont facilement entraînées par le vent. Il se produit donc un creusement de la dépression lors de l'enfoncement de la nappe, ainsi qu'une accumulation corrélative du matériel enlevé sur les bordures de la dépression, à l'opposé des directions des vents dominants. Au cours de la saison pluvieuse, le lessivage immédiat des sels détruit les conditions physico-chimiques du transport éolien. Les anciennes topographies que l'on peut observer autour de la sebkha d'Oran semblent correspondre à trois phases d'activité particulièrement intenses de la déflation et de l'accumulation corrélative. Le plus haut niveau correspond à la plaine de la Mleta d'une altitude moyenne de 96 à 100 m. Elle se poursuit vers l'est par une série de petites dépressions résiduelles Dayet el Bagra et dayet Sidi M'hamed et Dayet Oum el ghezal in Bahi (2012). Cette dernière est bordée au sud-est par un cordon

de lunettes assez hautes (50 m au-dessus de la dépression). Un niveau intermédiaire semble être conservé entre El kerma et Hassi Bounif. Enfin la grande sebkha d'Oran, dont le niveau actuel est à 80 m en moyenne, constitue la surface la plus récente, encore active. Elle est bordée au sud-est par des lunettes anciennes, assez élevées (40 m en moyenne). A l'est de la dépression se rencontre des lunettes récentes, ainsi que des butes subactuelles de 1 à 2 m de haut in Boulaine (1957). Les formations alluviales sont représentées par des terrasses, étagées ou non, qui se rencontrent dans les vallées des principaux oueds de la région in Aimé (1991).

Bassin profond algérien :

Les travaux de Fahlquist et Hersey (1969) et Morelli et al. (1975), basés sur l'interprétation des données de sismique réfraction, ont révélé que le bassin algéro-provençal est en partie constitué de croûte océanique (vitesses 6,7 - 6,9 km/sec) (Hinz, 1972), contrairement à sa voisine, la mer d'Alboran, qui serait principalement de la croûte continentale amincie (Auzende, 1978 ; Comas et al., 1999), et que le Moho se situait entre 8 et 10 km de profondeur. Cependant, il existerait, selon Roca et al., (2004), une croûte transitionnelle au niveau de la pente continentale algérienne.

Par ailleurs, la campagne (Polymède II) menée au large de la Grande Kabylie a permis de réaliser un certain nombre de profil en sismique réflexion dont celui illustré

# **CHAPITRE III**

## **CADRE STRUCTURAL DU LITTORAL ORANAIS**

### **III.**

#### **III.1. INTRODUCTION :**

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.

#### **III.2. STRUCTURE ALPINE D'ALGERIE DU NORD :**

L'Atlas Tallien ou maghrébine est composé d'unités allochtones largement charriées sur l'avant pays des hauts plateaux aux cours de tertiaire in Aubin et Durand delga (1971).

Pour des considérations paléogéographiques, les maghrébines sont subdivisées en deux zones : les zones internes et les zones externes fig.

Les zones internes dites domaine kabyle (en Algérie) ou rifaine (au Maroc) représentent les témoins d'un ancien bloc disloqué.

Les zones externes : est le résultat de la superposition d'unités allochtones regroupées en nappes telliennes, celles-ci sont souvent constituées d'un substratum paléozoïque.

#### **III.3. CADRE STRUCTURAL**

Structurale locale à terre La carte géologique de la région d'études nous permet de distinguer les morpho-structures

**Morpho -Structures De Soulèvement :** Parmi les morphostructures de soulèvement les plus imposantes dans la région d'Oran, nous pouvons citer d'une part le Djebel Murdjadjo situé directement à l'Ouest de la Ville d'Oran, et d'autre part, le massif d'Arzew situé dans la partie littorale au Nord–Est de la zone d'étude. La première morphostructure est considérée comme un grand horst alors que la seconde est un vaste promontoire dissymétrique dont les collines schisteuses s'élèvent progressivement du S-E vers le N-W jusqu'aux formations carbonatées (Djebel Orousse etc.) du Jurassico-Crétacé.

**Morphostructure du Murdjadjo :** Ce grand horst, d'une longueur de plus de 50 Km et d'une largeur de 15 à 20 km, a été affecté lors du Plio-Quaternaire par des mouvements brusques et violents, ce qui a entraîné l'aplanissement des différents gradins et a engendré leurs déformations. A la suite de ces déformations, certains terrains mésozoïques ont pu affleurer (Djebel Murdjadjo, Djebel Santon) formant un ensemble morphostructural voûté fig.

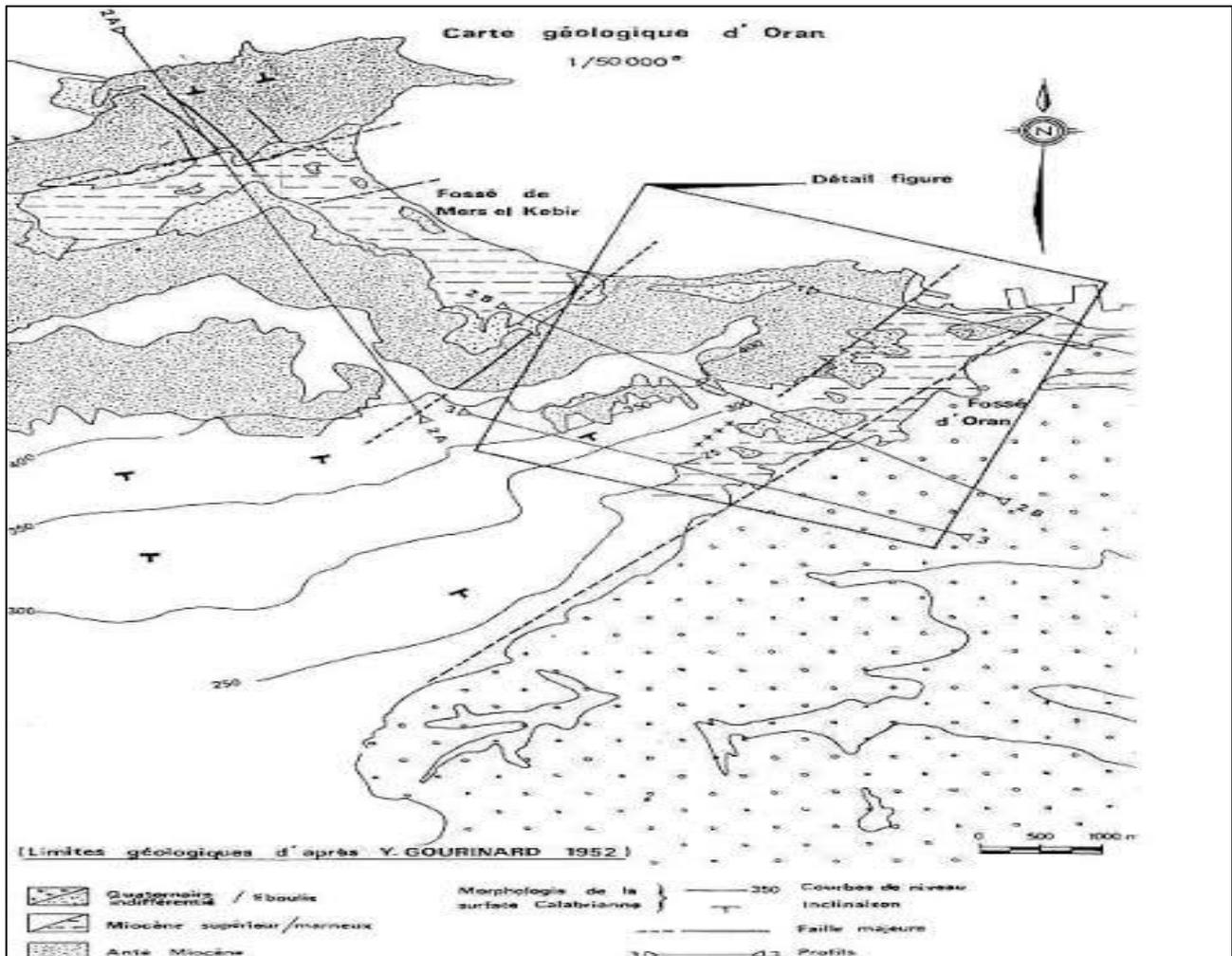


Figure 6 : extrait de la carte géologique de la région d'Oran in SOCOTEC (1986)

#### IV. LA SISMICITE HISTORIQUE DE L'ORANIE :

La connaissance des caractéristiques des tremblements de la terre se fait par analyse critique des documents historique varies (photos, articles...) ou par des mesures instrumentale (réseaux WWSSN dans le monde). (Fig.6)

De 1505(date de début de l'occupation Espagnole) a 1959, la sismicité historique est mal connue la région Oran n'a connu au total que six évènements historiques (tableaux)

**PRINCIPAUX SEISMES HISTORIQUE DE L'ORANIE**

Référence	Date	Coordonnées	I	M	Localisation	Victimes
Roussel (1973) / Ambraseys (1982)	09/10/1790		X	-	Oran	3000
Roussel (1973)	03/1819	35.7N 0.7W	IX	-	Mascara	Nombre uses
Mokrane et al (1994) ; Benouar (1994)	1836	35.7N 0.6W	VI		Oran	
Karnik (1971)	26/07/1861	35.4N 0.1E	VII		Oran	-
Karnik (1969)	02/02/1910	36.4N 2.8E	VII		Oran	
Mokrane et al, Benouar (1994)	1949	35.7N 0.7W	V	4.1	Oran	-
Benhallou et Roussel (1971)	12/12/1959	36.5N 2.7E	VII		Oran	0
Mokrane et al (1994) Benouar (1994)	1975	35.64N 0.72W	IV	3.2	Oran	

*Tableau 1: la sismicité historique de 1505 à 1959*

Parmi les séismes historiques les plus évoqués on peut rappeler :

### **LE SEISME DE 09 OCTOBRE 1790 : (11H, 35°7N, 0°7W)**

Il fut l'un des plus désastreux qu'ait jamais subi l'Algérie et se fit même ressentir dans tout le pourtour méditerranéen et ce jusqu' à Malte (fig.). Les récits indiquent que presque toutes les maisons furent démolies causant la mort de près de trois mille victimes. L'ensemble des édifices publics (palais de la casbah, la Trésorier, l'intendance, la caserne du régiment des Asturies et les églises) s'écroula. Les rares habitations encore debout furent évacuées et la population invitée à s'établir sur les hauteurs de la ville. En même temps, des mesures vigoureuses furent prises pour défendre la ville contre les pillards. Fig (8)

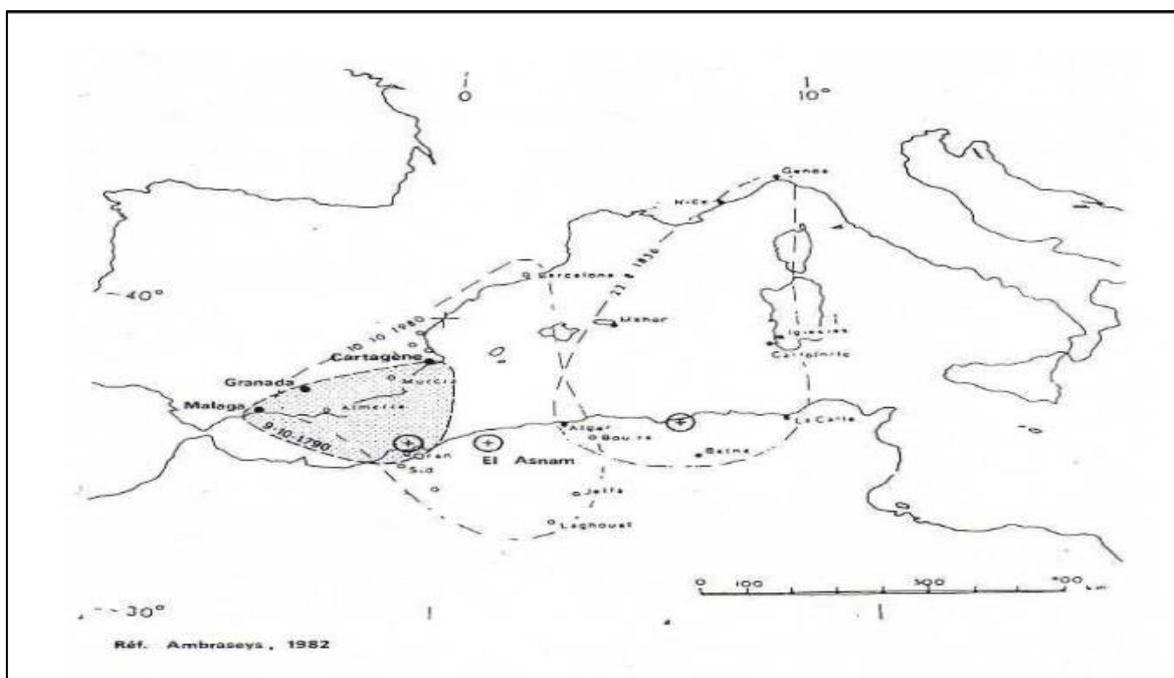


Figure 7: carte isoséiste du séisme du 09-10-1790 in Ambraseys(1982)

### **LE SEISME DU 29 JUILLET 1872 : (8H 15', 35°9N, 0°1E)**

Plusieurs maisons furent lézardées à Mostaganem. Cette secousse fut ressentie d'Oran jusqu' à Alger.

### **LE SEISME DU 21 MAI 1889 : (4H 15', 35°7N, 0°8W)**

Se produisant à Oran, ce séisme ayant provoqué le réveil général des habitants fut senti en mer (sur le navire Isaac Pereire ancré dans le port de Mers El-Kébir), à Sidi Chami et à Tlélat. Quelques maisons furent lézardées, des cheminées détruites et la caserne de la douane très éprouvée.

### **LE SEISME DE JUILLET 1912 : (18H 06', 35°7N, 0°4W)**

Les effets de ce séisme indiquent que l'intensité fut de VII à Arzew, V à Renan, III à Oran. Plusieurs répliques furent enregistrées le 24 et 25 juillet. Ce séisme, très violent dans la région d'Arzew, se caractérisa par un grand nombre de maisons lézardées, des meubles et objets renversés, des plafonds effondrés et un grondement sourd pareil à une explosion. (d'après Jean Pierre Badc)

### **LE SÉISME DU 12 DECEMBRE 1959 : (35°7N, 0°7W)**

Un séisme modéré se produisit à 20H00 dans la région d'Oran, St Cloud et Kristel produisant des fissures sur les vieilles habitations et causant la frayeur des populations. L'intensité du séisme était de VII pour une Magnitude de 5.2. L'épicentre macro- séismique se situe en bordure de côte au large d'Oran (fig.). De nombreuses répliques se sont produites après le séisme majeur et ceci jusqu'à la fin Janvier 1960. Sur le terrain, une fissure de plusieurs mètres de longueur et de 35 cm de largeur fut observée. Une canalisation d'eau fut également rompue dans la ville d'Oran. Fig(8)



*Figure 8:carte isoséiste du séisme du 12-12-1959(Benhallou et roussel,1971)*

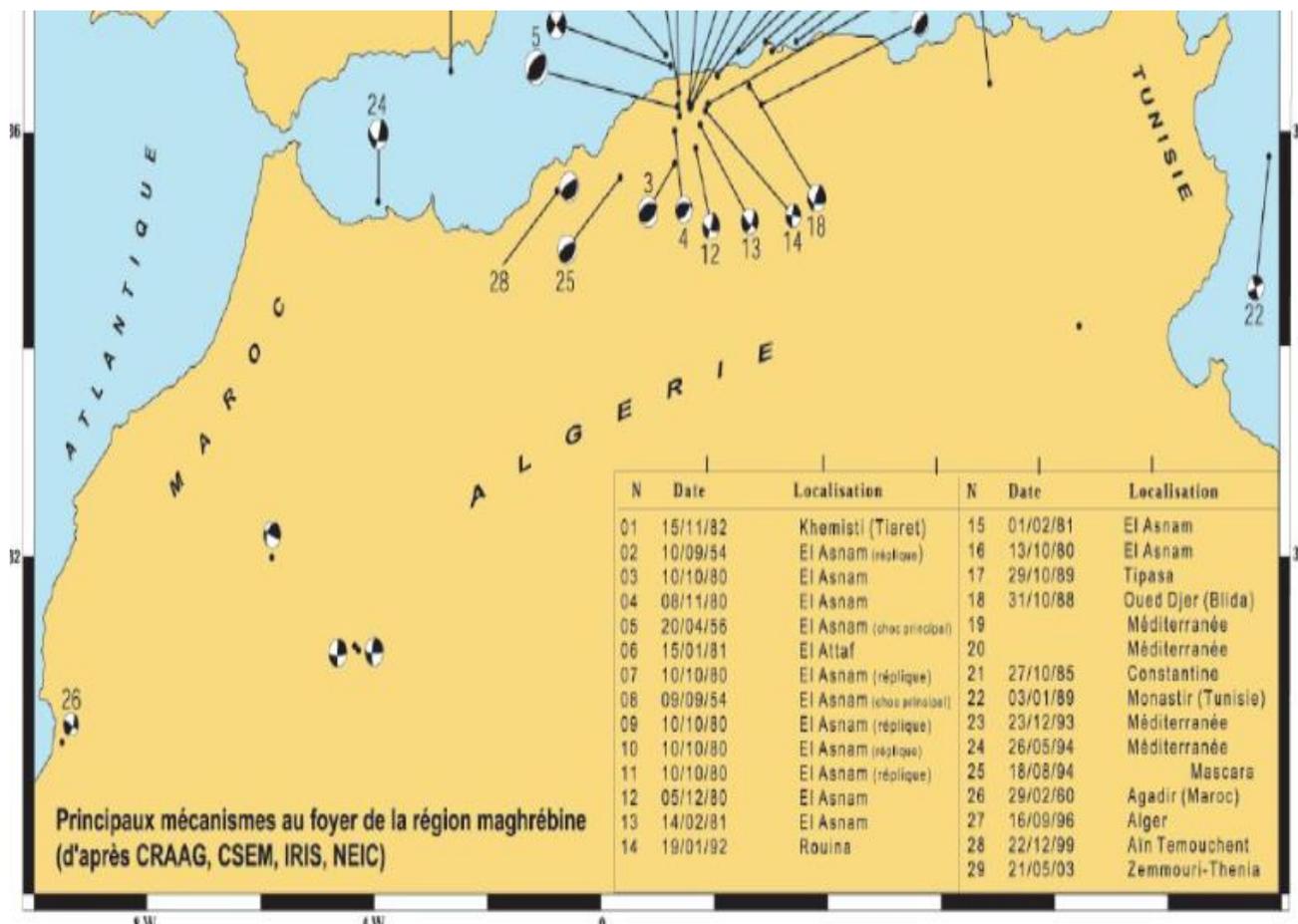


Figure 9: Mécanismes au foyer des principaux séismes instrumentaux du Maghreb (ANSS, NEIC, CRAAG).

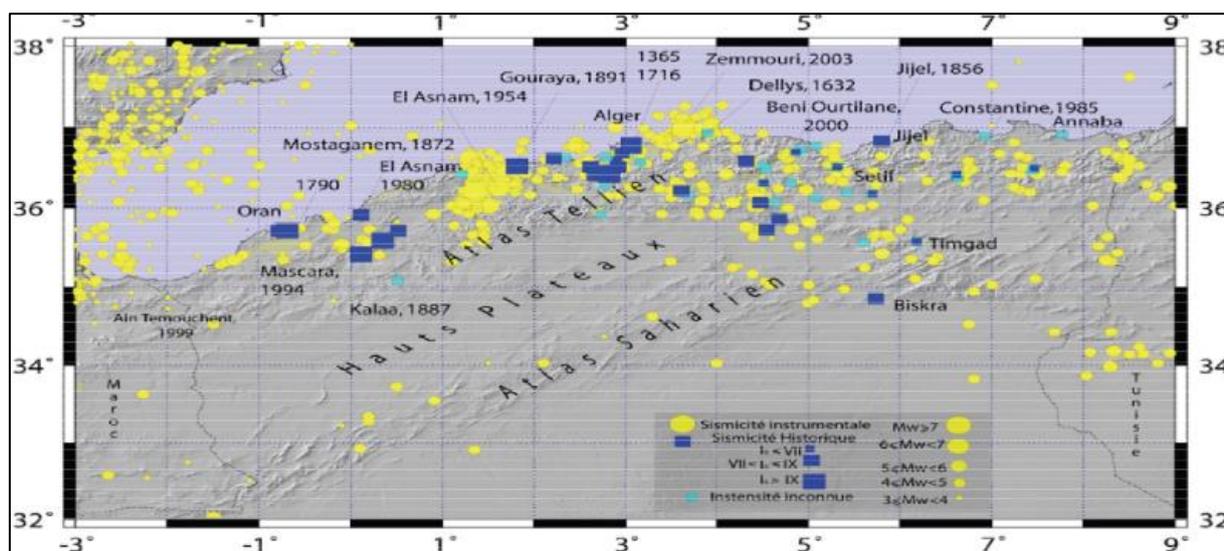


Figure 10: carte de la sismicité historique de 1359 à 1859 avec la sismicité instrumentale du Nord de l'Algérie entre 1900 et 2005; Bel abbés(2008)

#### **IV.1. LA SISMICITE ACTUELLE DE L'ORANIE :**

En Algérie, la tectonique active, comme on vient de le voir, est localisée à terre dans la région nord du pays (le tell), dans cette région, frontière entre les plaques africaines et eurasiatique, la déformation tectonique est l'expression de la convergence actuelle de ces deux plaques. Par contre de la marge, les nombreux épencentres marins confirment la présence de structures actives.

Le 06-06-2008, Oran a enregistré vers 20<sup>H</sup>:02 GMT, un séisme d'une forte magnitude (MW) de 5,6 suivis par 18 autres événements. L'épicentre du choc principal a été localisé au large d'Oran.

#### **V. SEISMOTECTONIQUE :**

##### **V.1. GENERALITE :**

La sismicité examinée à l'échelle planétaire, on constate que la distribution spatiale des tremblements de terre n'est pas aléatoire car la majeure partie des séismes se situe aux frontières des plaques tectoniques. En conséquence, un séisme est toujours le témoignage de la présence d'une faille. Mais, une faille ne produit pas toujours des séismes. Si la rupture n'est associée à aucune déformation on parlera de faille inactive. En revanche, même active, une faille ou une partie d'elle peut soit provoquer une sismicité diffuse de très faible magnitude, soit ne pas générer de séismes. Dans ce dernier cas, la faille est alors dite asismique. La séismotectonique s'intéresse, donc, aux rapports qui existent entre les séismes et les failles qui les génèrent (la tectonique).

##### **V.2. SISMOTECTONIQUE REGIONALE :**

La compréhension des correspondances qui se dégagent entre traits structuraux (failles, chevauchement, plis...) et activité sismique (épicentres des séismes connus, magnitudes, profondeur focale,...) permet de délimiter les zones étudiées en plusieurs provinces et de les caractériser en fonction de la spécificité de leur activité sismique. L'examen des provinces telles que définies par SOCOTEC EXPORT (1986) sur la carte séismotectonique régionale : Mesta oranaise, Zone Tellienne, Moyen Atlas, Zone rifaine, Bassin algérien, Zone Sub-Bétique – Baléares, Le couloir Nekro-Melilla, Sous plaque Alboran.

##### **V.3. SISMOTECTONIQUE LOCALE :**

Établie par SOCOTEC (1986), dévoile un schéma séismotectonique local qui s'organise en bandes parallèles orientées vers le N-E. Ces bandes correspondent à un mécanisme de horst et graben. Les horsts, représentés par les massifs côtiers et le tell méridional de même âge (Anté-Miocène), enserrant le sillon Sebkh-Cheliff, en subsidence, datant du Miocène supérieur. Au passage de la transversale de Saida - Relizane (transverse de Glangeaud), le schéma est perturbé vers l'Est par un faisceau de failles

descendant du N-E pour donner deux unités distinctes : le bassin du Bas Chéelif et le massif des Béni-Chougrane. Au Sud et Sud-Est, nous avons des limites fixées par les régions très peu sismiques de la Meseta oranaise et du domaine saharien.

Les provinces séismotectoniques locales sont sept : Massifs côtiers et Tell méridional, Dépression Mleta-Habra, Bassin du Bas Chéelif, Massif des Béni-Chougrane, Sillon sud tellien, Chaîne orientale des horsts, Bordure du bassin nord Algérie.

# **CHAPITRE IV**

## **ENGINEERING D'ALÉA SÉISMIQUE**

## **VI. INTRODUCTION :**

Définition de l'aléa séismique :

L'Auteur Reitre (1990), a défini l'aléa séismique comme étant le potentiel de phénomènes naturels dangereux liés aux tremblements de terre ; comme les secousses du sol, rupture de faille ou liquéfaction du sol. L'aléa séismique pourrait être défini, au sens le plus général, comme la possibilité des effets séismiques 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 naturelles du sol induit par la propagation des ondes séismiques in Bommer (2002).

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

### **VI.1. REGIME TECTONIQUE DE ATLAS TALLIEN « NORD OUST D'ALGERIE »**

L'Atlas tellien est affecté par les évènements séismiques, ou plusieurs séismes destructeurs sont enregistrés. On mentionne celui d'Alger, 1365 avec une intensité  $I_0 = X$  et celui 1716;  $I_0 = X$ , d'Oran 1790 d'intensité  $I_0 = X$ , de Blida '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  $M_s = 7.3$ ; 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 ( $M < 6$ ) (Bel Abbas 2008). Le Nord algérien a connu des séismes de magnitude modérée dans sa partie Ouest, Mascara d'aout 1994,  $MW = 5,7$ ), celui d'Ain-Temouchent (décembre 1999,  $MW = 5,7$ ) et celui d'Oran (juin 2008),  $MW = 5,5$ . Dans la partie Est, le événement le plus forte est de Beni Ourtilane (10/11/2000,  $MW = 5.7$ ) in Ayadi and Bezzeghoud (2015)

## **VII. METHODES D'EVALUATION D'ALEA SEISMIQUE :**

Les approches utilisées dans ce travail de master sont surtout focalisées sur l'évaluation des fréquences d'occurrences des évènements sur chaque zone d'étude.

### **VII.1. LA METHODE FREQUENTIELLE DE GUTENBERG-RICHTER,**

Elle semble prioritaire car elle exploite les données enregistrées dans les catalogues de la sismicité régionale (récente). Une seconde approche peut être rentable pour confirmer l'état de risque séismique régional. Il s'agit de l'approche déterministe (DSHA) qui ne peut être exploitée qu'en connaissance de la répartition des sources séismiques majeures ; lorsque les paramètres géométriques des sources sont

connus et que le maximum du séisme crédible 'MCE' est bien notifié. L'analyse déterministe d'aléa séismique, in Bommer (2002)

L'analyse probabiliste d'aléa sismique (PSHA), Les deux méthodes utilisent les mêmes données sismologiques et informations géologiques, mais les approches à définir et calculer l'aléa séismique sont fondamentalement différemment.

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

## VII.2.APPROCHE DE GUTENBERG RICHTER GR (1954) :

La loi de Gutenberg - Richter (1954) exprime 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 :

$$\log_{10}(N(M)) = a - b \times (M) \dots \dots \dots (1)$$

N(M) : exprime le nombre annuel de séismes de magnitude supérieur ou égale à M.

(a) Et (b) : les paramètres de la loi de Gutenberg-Richter. a: variabilité séismique & b: la vitesse d'activité séismique.

On a trois étapes pour exprimer la modélisation d'activité séismique des régions d'étude « 1,2,4 » avec l'approche de Gutenberg-Richter G-R

- Le classement d'évènement Mw.
- Calcul de fréquence de chaque classe N(Mw).
- Calcul du logarithme pour tracer la courbe fréquentielle : log(Mw).

## VII.3.APPROCHE DE GUMBEL (1958) : GEV

La méthode exprime en fait une méthode probabiliste et statistique qui demande une préparation de données représentant le classement ordinal des évènements séismique; relatif à la période d'observation par les étapes suivantes :

1. Classements de la valeur de magnitude  $[x_i] = Mw$ , variable aléatoire =  $[Mw_{min} \text{ vers } Mw_{max}]$ , tableau
2. Classement de rang de la valeur.
3. Calcul de la fréquence théorique f(i) par la relation  $F_i = j' / n + 1 \dots \dots \dots (2)$

4. Calcule de la variable réduite de Gumbel par la relation suivante :  $u = \ln(\ln Pi)$ .

Après ces étapes on a défini le graphe qui est connu par le graphe d'ajustement de Gumbel, à partir de l'équation de graphe ressorte les valeurs d' $a$  et  $b$  et les valeurs d' $\alpha$ ,  $\beta$  par ces relations:

$$\alpha = a \times \ln(10) \dots \dots \dots (3)$$

$$\beta = b \times \ln(10) \dots \dots \dots (4)$$

5. Calcul de probabilité  $G(m)$  par l'équation suivante:

$$G(m) = -\log(f_i) \text{ o } u \text{ (} p_i \text{)} \dots \dots \dots (5)$$

6. Calcul proba-dépassement ( $GM'_{dps}$ ):

$$G(m'_{dps}) = e^{-\alpha e^{(\beta \times m)}} \dots \dots \dots (6)$$

7. Calcul proba-non dépassement ( $Gm_{ndp}$ ) :

$$(Gm_{ndp}) = 1 - GM \dots \dots \dots (7)$$

8. En fin la période de retour :

$$Tr = \frac{1}{Gm_{ndp}} \dots \dots \dots (8)$$

## VIII. MAGNITUDE DE MOMENT 'MW' :

La magnitude de moment, note  $M_w$  est un nombre sans dimension défini par :

$$M_w = 2/3 \log(m_0) - 6.07 \dots \dots \dots (9)$$

Ou  $m_0$  est le moment sismique.

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 in 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.

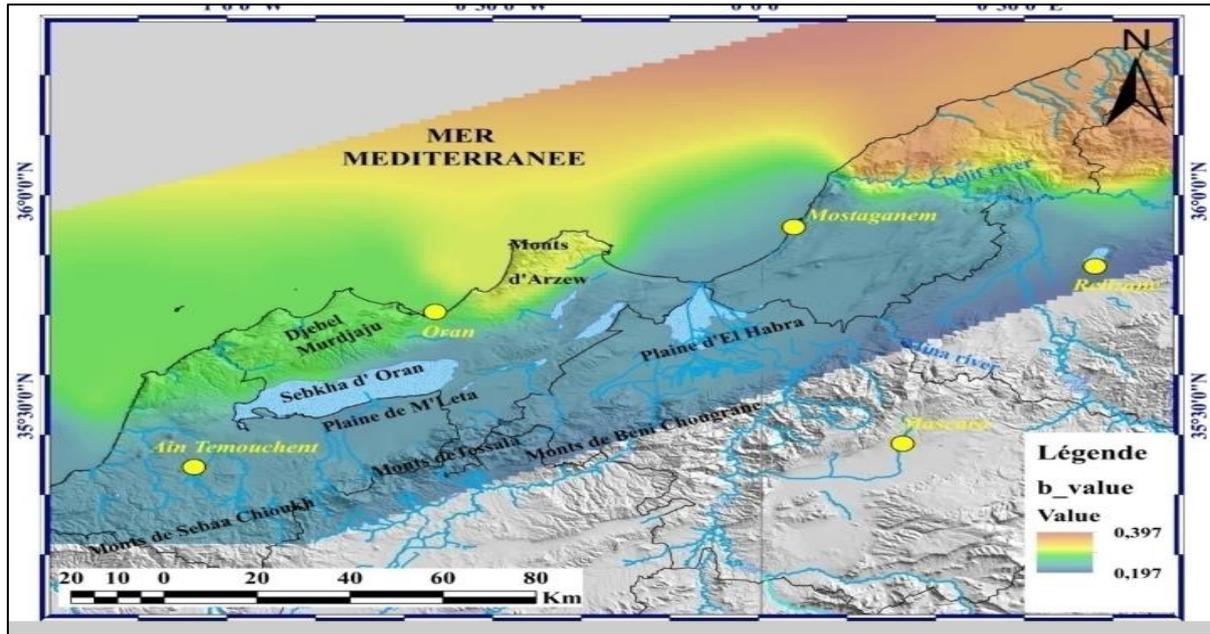


Figure 11: distribution spatiale du paramètre séismogène  $b\_value$  sur le littoral oranais pour la période (1900-2016)

### VIII.1. LA ZONE 1 REPRESENTE SECTEUR ORAN :

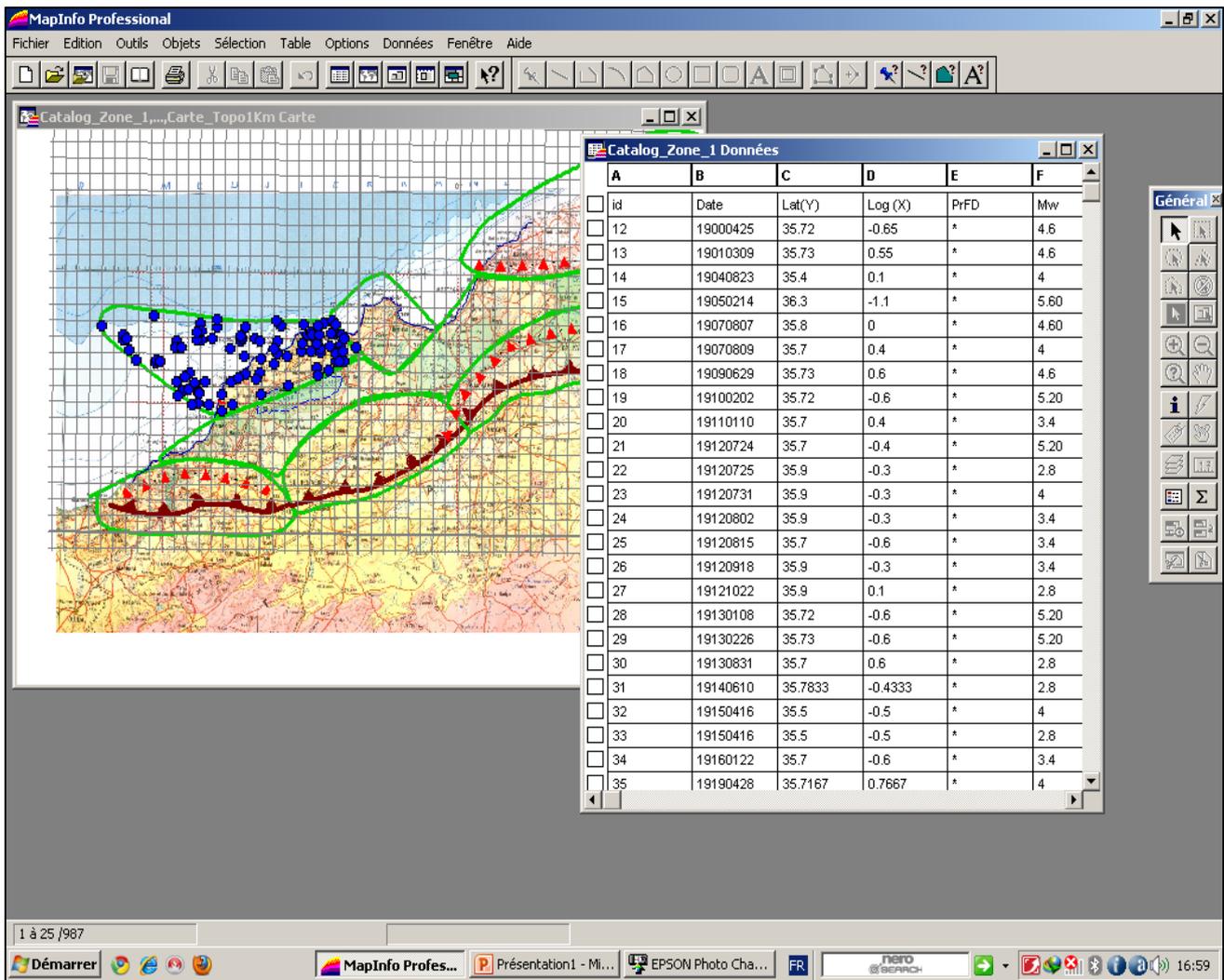


Figure 12: extrait de carte de la répartition séismique de la zone -1 / mapp info d'Oran 'chef-lieu'

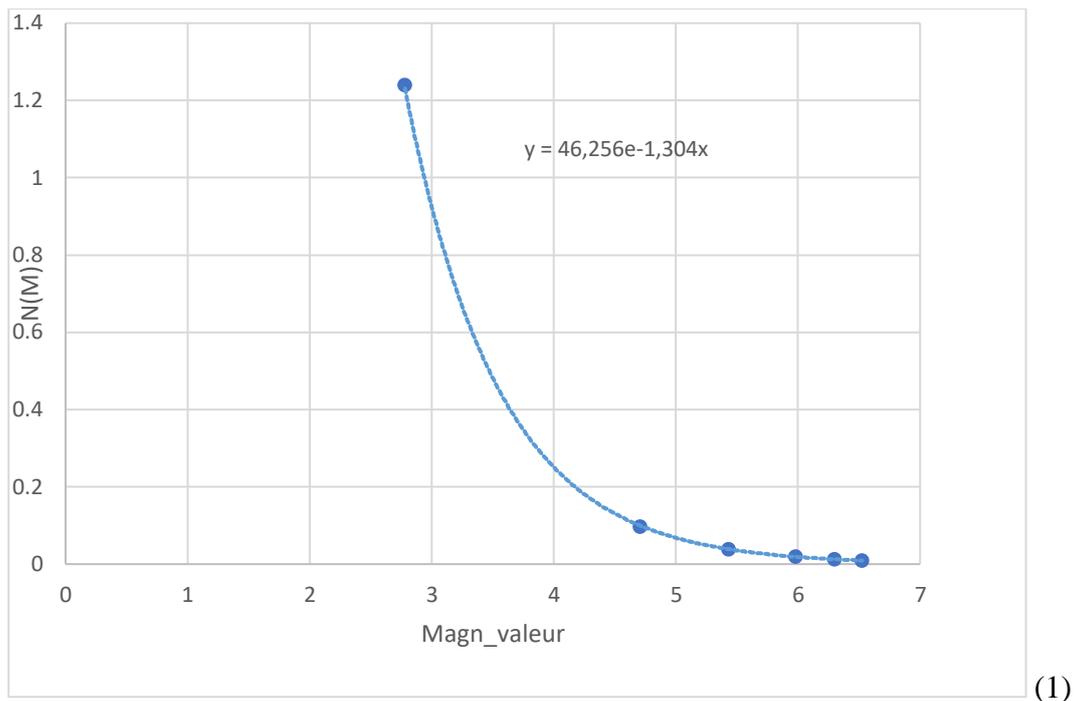


Figure 13: la courbe aléa de fréquence d'occurrence et magnitude de la zone 01

L'équation :  $N(M)=46.256 e^{-1.304(M)}$

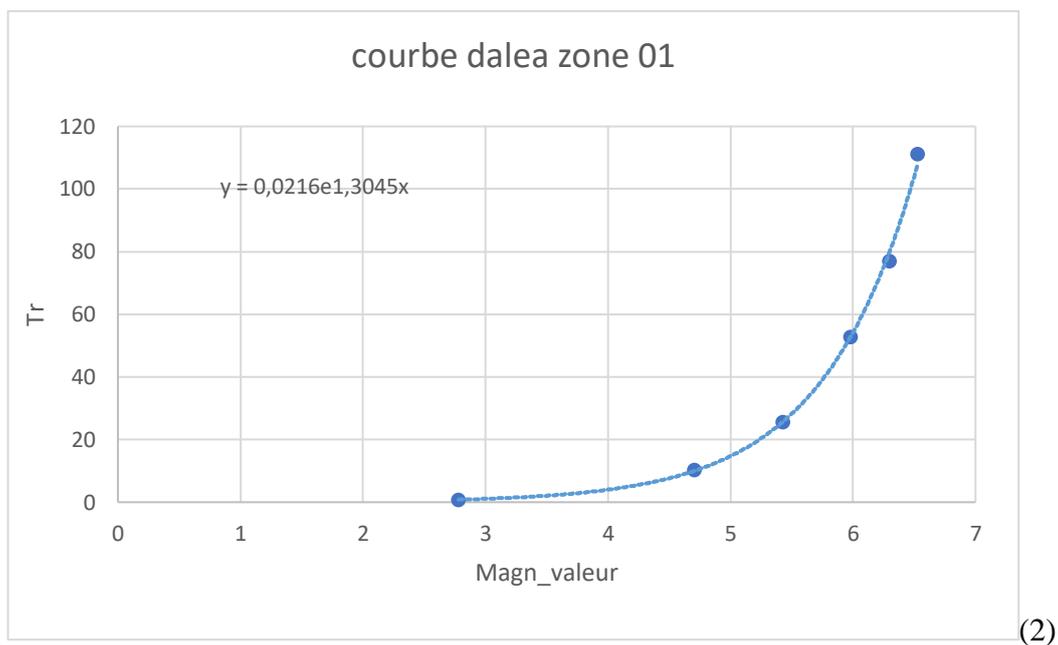


Figure 14 : courbe d'aléa de la période de retour en fonction de magnitude de moment la zone 01

L'équation :  $Tr=0.0216e^{1.3045(M)}$

La probabilité de récurrence d’un séisme de magnitude supérieure ou égale Mw 5.5 dans 100ans est de 84.80% pour la zone du Sahel Oranais et sa période de Retour ‘Tr’ est de 53 années.

**VIII.2. : LA ZONE 2 : REPRESENTE LE SECTEUR D’ARZEW**

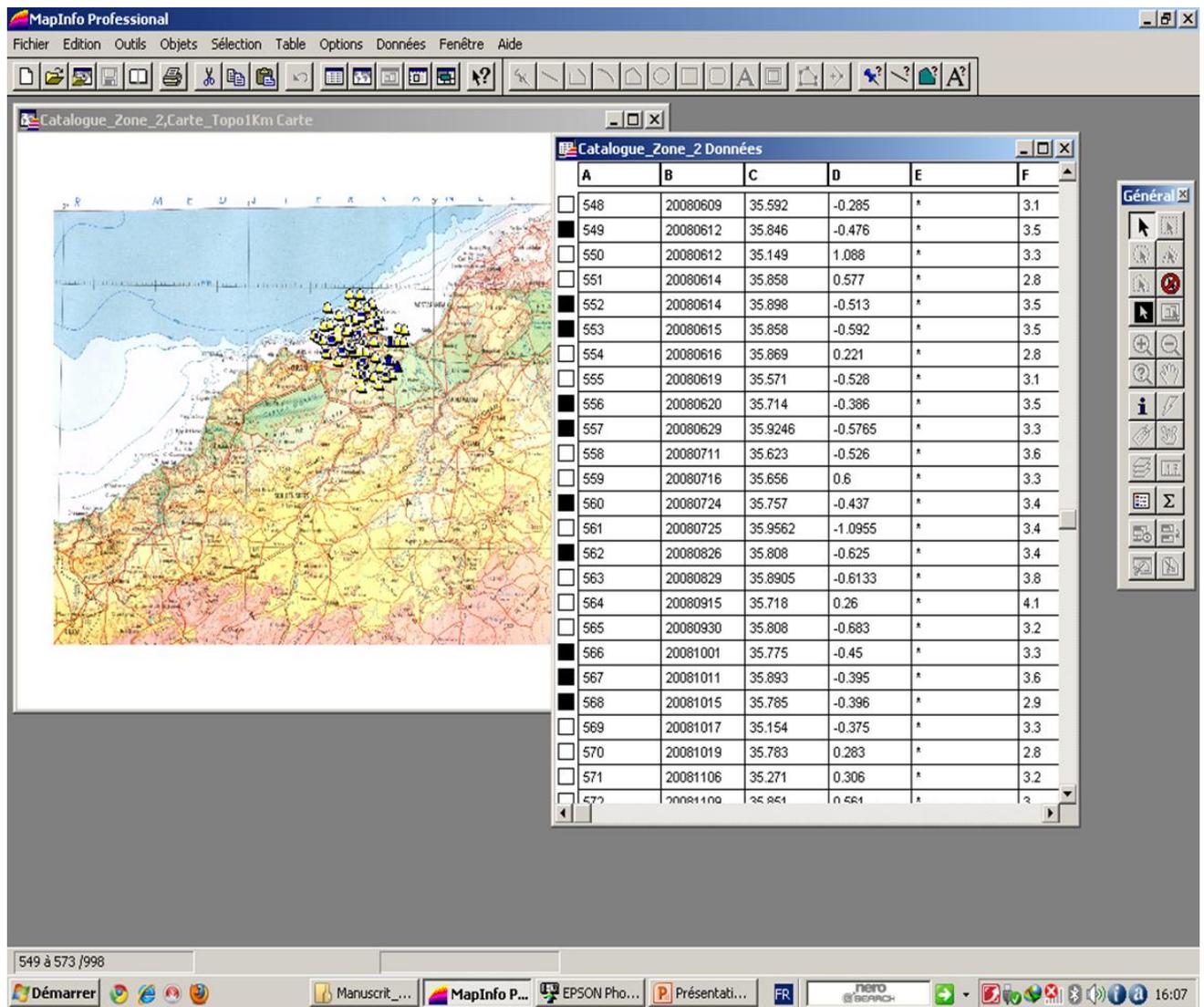


Figure 15: extrait de carte de la répartition séismique de la zone \_2/mapp info d'Arzew 'chef-lieu'

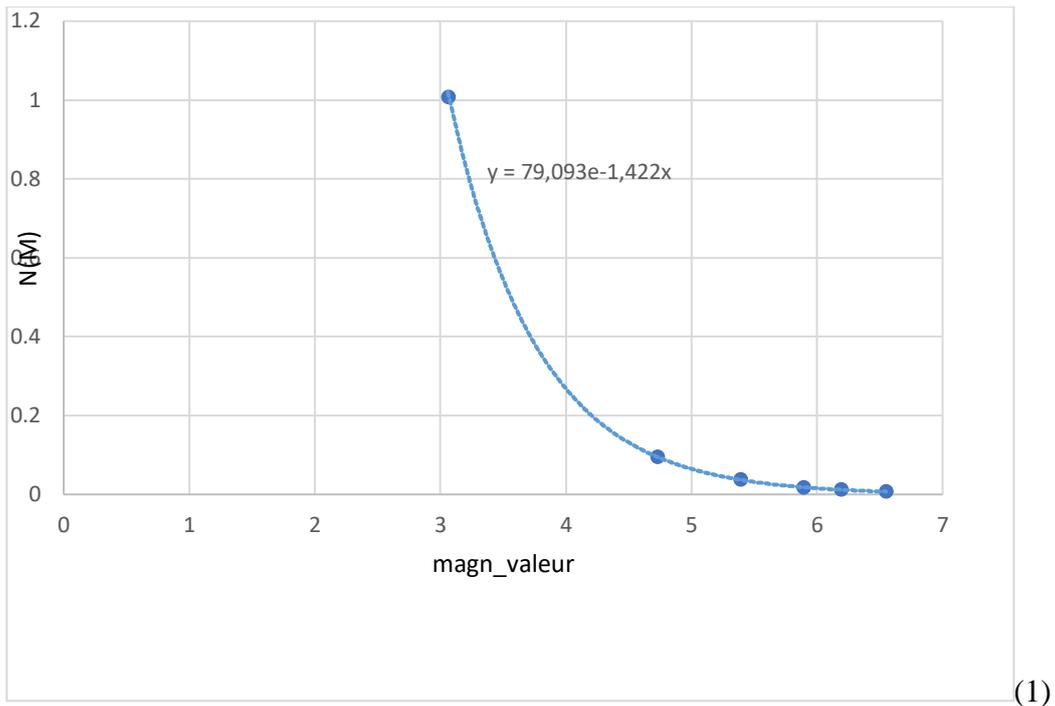


Figure 16 courbe aléa de la fréquence d'occurrence et magnitude de la zone02

L'équation :  $N(M) = 79.093e^{-1.422(M)}$

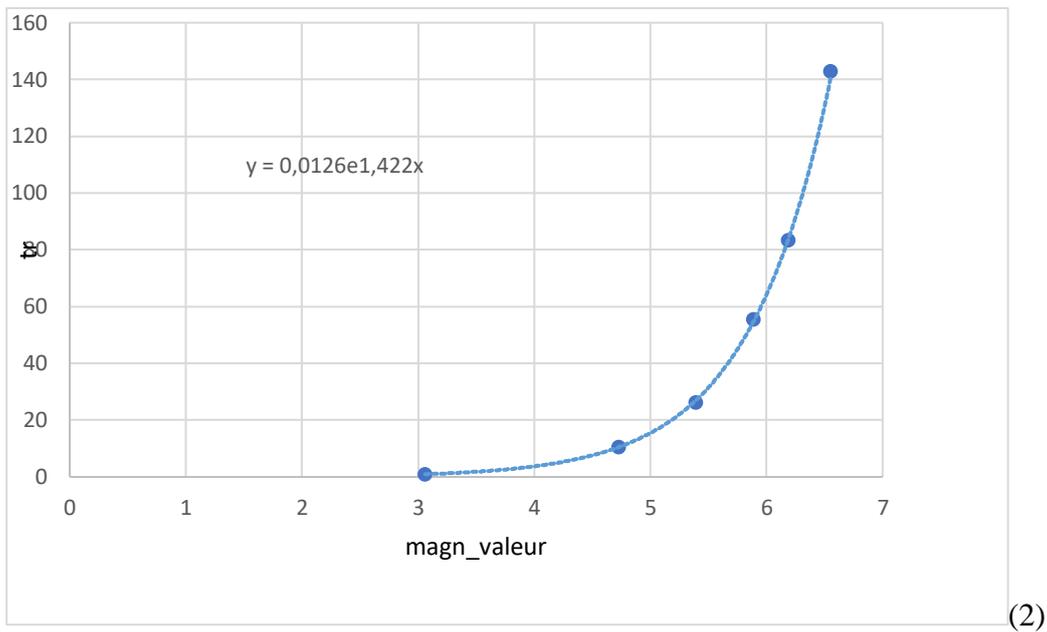
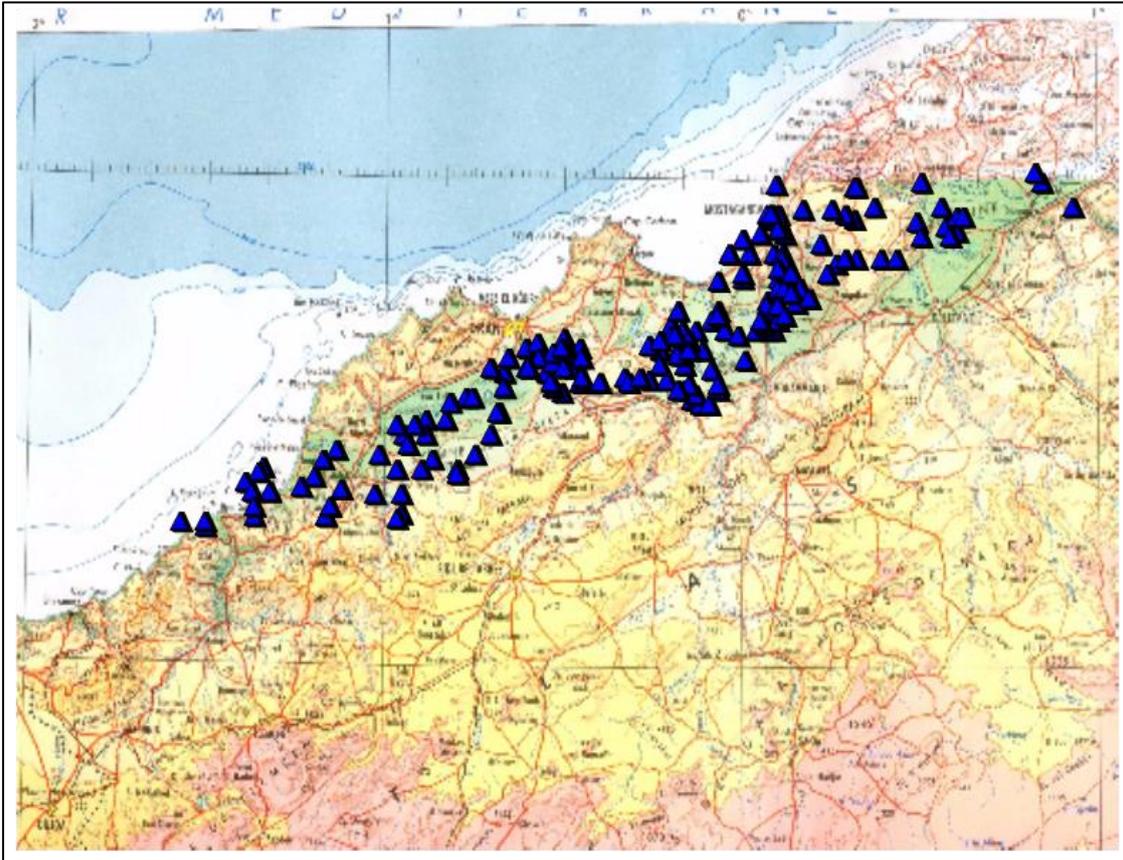


Figure 17: courbe d'aléa de la période de retour en fonction de magnitude de moment de la zone02

L'équation :  $Tr = 0.0126 * e^{1.422(M)}$

Pour le secteur d’Arzew la probabilité de récurrence d’un séisme de magnitude supérieure Mw 5.5 dans 100ans est d’ordre 99.87% et sa période de retour Tr est de 16 ans.

**VIII.3. LA ZONE 4 REPRESENTE SECTEUR INTERMEDIAIRE DE L'ORANAIS :**

*Figure 18: extrait de carte de la répartition sismique de la zone 04 /mapp\_info d'Intermédiaire de l'oranais 'chefe-lieu'*

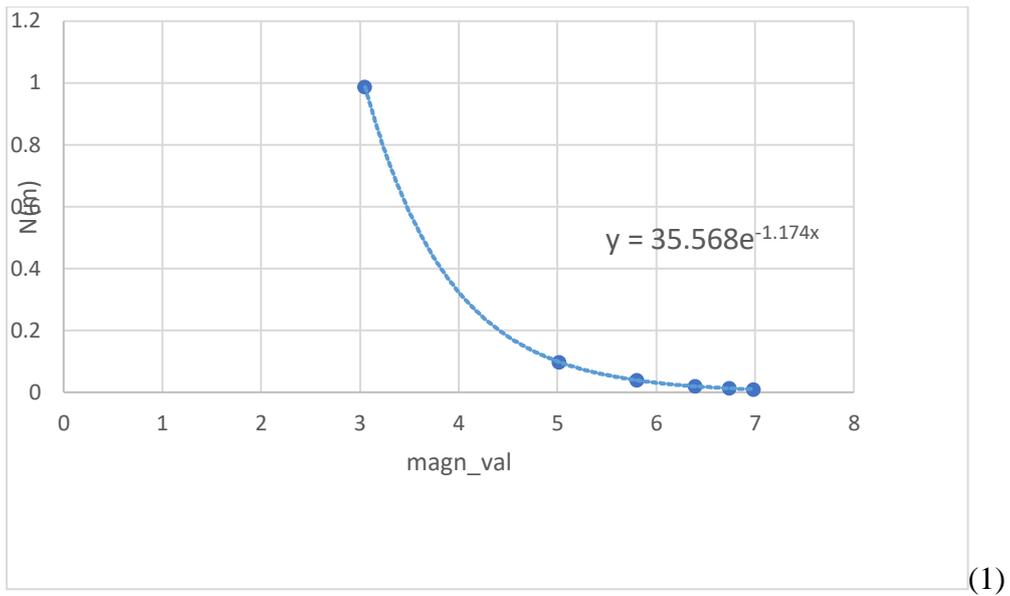


Figure 19: courbe aléa de fréquence d'occurrence et magnitude de la zone 04

L'équation :  $N(M)=35.568e^{-1.174(M)}$

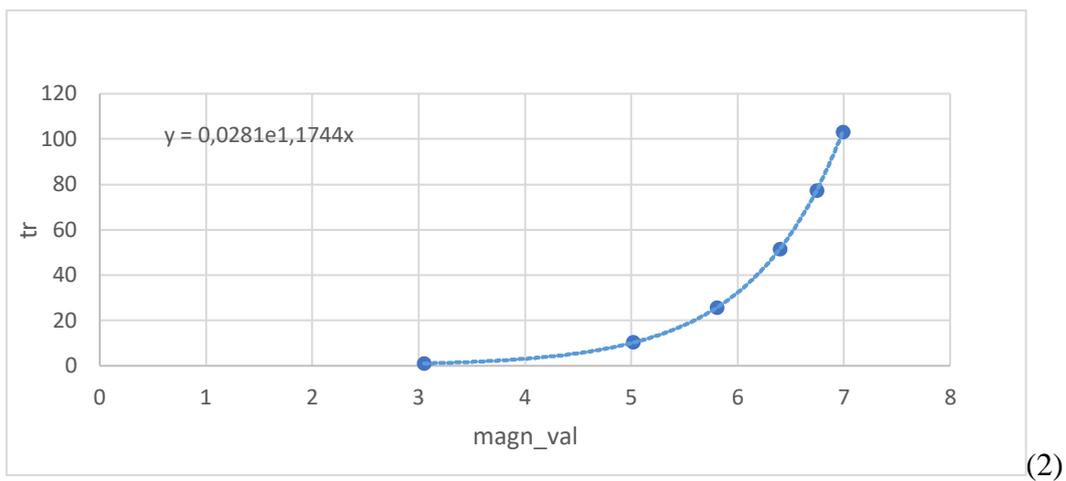


Figure 20: courbe d'aléa de la période de retour en fonction de magnitude de moment la zone04

L'équation :  $Tr = 0.0281 e^{1.1744 (M)}$

la probabilité de récurrence d’un séisme de magnitude supérieure ou égale à Mw 5.3 dans 100ans est de 75.83% pour la zone du Sahel Oranais leur période de retour Tr est évaluée à 70 ans.

Présentation de la relation entre les magnitudes « Mw »et la probabilité de récurrence à différentes périodes de retour. (1) probabilité de récurrence (2) période de retour

---

# **CONCLUSION**

### **CONCLUSION GENERALE DE L'ACTIVITE SEISMIQUE DES ZONES : Z1- Z2 & Z4**

Actuellement les connaissances en domaine des Géosciences sont évoluées pour mettre à l'épreuve la prévision séismique d'une région donnée pour une période d'observation déterminée. Le développement des programmes mathématiques et l'évolution informatique ont permis aux chercheurs d'être tout à fait convaincus que le risque des tremblements de terre est bien réel et devient pratiquement métrisable. L'Algérie est un pays qui encaissait annuellement plusieurs séismes notables faisant de bon gré à la compréhension sur l'approche déterministe de l'engineering d'aléa séismique qui permet la prévention des catastrophes naturels.

En cet égard, il faut a priori apprendre comment définir le risque, comprendre les mécanismes physiques d'un séisme et ensuite apprendre comment il agit sur l'aménagement des communautés humaines à l'échelle d'une région donnée. Les données séismiques que nous avons exploité son de plusieurs sources d'inventaires et catalogues nationaux et universels dont leur traitement a permis le classement et la complétude des événements sismiques en plusieurs catégorie.

Dans ce modeste travail, nous avons appréhendé les approches probabiliste et statistiques pour modéliser l'aléa et de mieux présenter les paramètres et les coefficients séismogènes de notre région d'étude. L'utilisation des lois fréquentielles de Gutenberg-Richter et celle de Gumbel nous ont permis d'estimer les coefficients de la variabilité séismique 'a' et de la vitesse de variation séismique 'b'. L'interprétation des données ont contribué à résoudre l'aléa séismique qui favorise la compréhension du poids de sollicitation et terme de contraintes tectoniques qui influent sur les paramètres séismogènes affectant l'ensemble des terrain étudiés des zones 1, 2 et 4 (Bas-Chélif).

Au terme de cette étude, nous pouvons conclure que la sismicité de l'Oranais s'intègre dans le contexte géo structural du Nord-Ouest de l'Algérie qui est caractérisé par une sismicité modérée liée à une géodynamique régionale où on souligne l'effet d'un cisaillement profond qui affecte le substratum de la région selon un relai directionnel qui s'oriente pratiquement d'Ouest en Est; in Nadjji (2010). En conséquence, nous avons effectué une comparaison sur la latitude séismique de cette région littorale via le paramètre séismogènes; 'b\_value' qui exprime vraisemblablement la vitesse de l'activité séismique approuvées par différentes sources séismiques qui est essentiellement croissante de l'Ouest vers l'Est.

En tenant compte de l'annotation importante spécifique à la zone-4; qui conserve sur le long de son extension des valeurs en 'b\_value' qui sont intermédiaires à faibles par rapport à l'ensemble des secteurs étudiés. Voir le tableau de synthèse suivant :

<b>Data (unités- séismotectoniques)</b>	<b>b_value /Magnitudes (Ms); in Nadji (2010)</b>	<b>b_value/Magnit (Mw); Ce travail (2022)</b>
<b>Zone-1</b>	b= 0,31	b1 = 0,55
<b>Zone-2</b>	b2 = 0,31	b2 = 0,61
<b>Zone-4</b>	b4 = 0,28	b4 = 0,51

De ce présent constat, on peut souligner l'existence d'une évolution conséquente en vue d'interprétation des résultats d'engineering sismique relatif à la région d'étude. Ce fait notable se présume via la concordance entre l'état géodynamiques du sahel occidental et de l'Algérie et l'état dynamique de la sismicité de la marge littorale. La contribution de la 'séismologie' vient de conforter l'hypothèse d'augmentation progressive de la sismicité de l'Ouest en Est pour marquer l'édification des reliefs régionaux de l'Oranais. Comme on souligne

Concernent la zone 4 qui relative au bas Chélif , elle présent une activité sismique moins importants vue son éloignement de la marge littorale.

**REFERENCES**

**BIBLIOGRAPHIQUES**

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

- 📖 Aimé S., (1991). Étude écologique de la transition entre les bioclimats subhumide, semi-aride et aride dans l'étage thermo-méditerranéen du tell oranais (Algérie occidentale), thèse doct. Etat, univ. Aix Marseille III, 156 p. et ann.
- 📖 AMBRASEYS N.N., (1995). The prediction of earthquake peak ground acceleration in Europe, *Earth-quake Engineering and Structural Dynamics*, 24 (4), 467–490.
- 📖 AMBRASEYS N.N., Jackson J.A., (1998). Faulting associated with historical and recent earthquakes in the Eastern Mediterranean region, *Geophys. J. Int.*, 133 (2), 390–406.
- 📖 Ayadi A., Bezzeghoud M., (2015). Seismicity of Algeria from 1365 to 2013: Maximum Observed Intensity Map (MOI2014). *Seismological Research Letters*, 86(1): 236-244. doi: 10.1785/0220140075.
- 📖 Benabdalah M., (2011). Mise en évidence des phénomènes dynamiques contrôlant le littoral oranais (de la Célère à la Pointe de Canastel) : étape fondamentale pour une cartographie des risques géologiques, Oran, mem, pp. 174-176
- 📖 Benhallou H., (1985). Les catastrophes séismiques de la region de Cheliff dans le contexte de la sismicité historique de l'Algérie, thèse doct es-Sciences Univ Houari Boumediene (USTHB), Alger, 294p.
- 📖 Belkhouati F., (2013). impact socioéconomique d'un risque sismique cas de la zone d'Arzew Oran, Oran2, mem, pp. 3-8.
- 📖 Benouar D, Aoudia A, Maouche S, Meghraoui M., (1994). The 18 August 1994 Mascara (Algeria) earthquake – A quick-look report, *Terra Nova*(6), pp.634–637.
- 📖 Bommer JJ., (2002). Deterministic vs. probabilistic seismic hazard assessment: an exaggerated and obstructive dichotomy *Journal of Earthquake Engineering* 6:43-73
- 📖 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
- 📖 Gumbel E.J., (1958). *Statistics of Extremes*, Columbia Univ Press, New York 201

- 📖 GUTEMBEG B., RICHTER C F., (1954). Seismicity of Earth and Associated Phenomena, Princeton University Press, NJ. 310 pp.
- 📖 Hamdache, M., Peláez, J. A., Tadili A., López Casado., (2010). Unified Catalog of Main Earthquakes for Northern Algeria from A.D. 856 to 2008, Seismological Research Letters, 81(5) : 732-739.
- 📖 KARNIK, V., (1969). Seismicity of European Area, Part-I. Szechoslovakian Academy of Science, D. Reidel Publishing Company, Dordech-Holland.
- 📖 Lakhdari., M Sassi M Y., (2019). étude d'aléa sismique de la région Chéelif, Oran, mem,univ,p39 p39 p 41.
- 📖 Mansouri S., (2012). LES PELOUSES de l'ORANIE : Flore et Phytoécologie, Univ Mohamed Benahmed, Oran, mém, pp.11-14
- 📖 McGuire RK., (2004). Seismic hazard and risk analysis. Earthquake Engineering Research Institute, Berkeley, Californie.
- 📖 Meghraoui M., (1988). Géologie des zones sismiques du Nord de l'Algérie : Paléosismologie, tectonique active et synthèse sismotectonique, thèse. D'État. Univ, Paris11, 356 p.
- 📖 Mezcua, J., Martínez Solares, J. M., (1983). Seismicity of the Ibero-Maghrebian region. IGN Report., Madrid.
- 📖 Mokrane A., Ait Messaoud A., Sebai N., Menia A., Ayadi M., Bezzeghoud M., (1994). Les séismes en Algérie de 1365 à 1992, Publication CRAAG.
- 📖 Nadjji A., (2010). étude sismotectonique du littoral Oranais – Contribution à l'Aléa sismique, Université d'Oran Es-sénia, Oran, thèse, pp68-69.
- 📖 Reiter L., (1990). Earthquake hazard analysis : issues and insights vol 22. vol 3. Columbia Univ Press, New York.
- 📖 Roukh Z., (2020). Cartographie algébrique d'alea multirisque du littoral Oranais, NO Algérie, Univ Mohamed Benahmed, Oran, thèse, pp. 34-41.
- 📖 ROUSSEL, J., (1973). Activité sismique en Algérie de 1951 à 1970 inclus. Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord., t.64 f.3 et 4 Alger.

- 📖 Rothé J-P, Dechevoy N, Seltzer P., (1950). Les séismes de Kerrata et la sismicité de l'Algérie Bulletin du Service de la Carte géologique de l'Algérie, 24, pp40.
- 📖 Sadran G., (1982). Les roches cristallines du littoral oranais. XIXe congrès géologique international. Monographies régionales, première série 18, Alger.
- 📖 Philip H., (1983). structural-analysis and interpretation of the surface deformations of the El-Asnam earthquake of October 10, 1980, Tectonics (2),17p.
- 📖 Yelles-Chaouche A., Djellit H., Beldjoudi., Bezzeghoud H. M., and Buform E., (2004). The Ain Temouchent (Algeria) Earthquake of December 22nd, 1999. Pure Appl. Geophys., 161, 607-621. <https://doi.org/10.1007/s00024-003-2465-2>.

---

# **ANNEXE**

**ZONE 01**

ID.	Date Event	Long	Lat	Mw
12	25/04/1900	-0,65	35,72	4,6
18	02/02/1910	-0,6	35,72	5,2
24	15/08/1912	-0,6	35,7	3,4
27	08/01/1913	-0,6	35,72	5,2
28	09/01/1913	-0,6	35,7	2,8
29	10/01/1913	-0,6	35,7	2,8
30	26/02/1913	-0,6	35,73	5,2
35	22/01/1916	-0,6	35,7	3,4
66	04/11/1949	-0,7	35,7	4,6
84	18/03/1954	-0,6	35,7	3,4
88	29/09/1955	-1	35,53	4
104	02/10/1957	-0,7	35,71	4
117	26/01/1960	-0,66	35,7	2,8
118	01/06/1960	-0,6	35,7	4
153	09/09/1970	-0,75	35,7	4
157	12/06/1972	-0,9	35,8	4
158	02/07/1972	-0,72	35,73	2,8
159	04/08/1972	-1,7	35,74	3,8
160	29/08/1972	-1,31	35,81	3,8
172	12/11/1975	-0,72	35,64	3,4
179	17/11/1978	-0,63	35,77	3,9
192	19/01/1983	-0,87	35,68	3,4
196	15/07/1985	-1,15	35,58	3,7
197	16/07/1985	-1,15	35,58	3,4
200	08/07/1987	-0,65	35,72	3,1
201	26/09/1987	-0,65	35,72	3,3
210	23/05/1990	-1,25	35,75	4
211	25/05/1990	-0,92	35,82	2,9
239	13/05/1994	-0,9	35,6	3,2
255	18/08/1994	-0,83	35,54	2,7
263	19/08/1994	-0,83	35,79	2,9
264	19/08/1994	-0,62	35,75	2,7
277	23/08/1994	-0,85	35,69	2,7
285	29/08/1994	-0,58	35,72	3
334	09/02/1997	-1,04	35,75	2,9
335	22/05/1997	-1,31	35,74	3,5
336	25/05/1997	-1,43	35,74	3,2
339	24/12/1997	-1,16	35,71	3
346	02/07/1998	-1,71	35,76	4
359	15/10/1999	-1,55	35,83	2,5
383	06/01/2000	-1,43	35,58	3,9

ID.	Date Event	Long	Lat	Mw
385	13/02/2000	-1,37	35,62	3,9
388	29/03/2000	-1,53	35,63	3,5
392	01/05/2000	-1,58	35,81	3,6
393	28/05/2000	-1,4	35,54	4,3
395	11/06/2000	-1,33	35,74	3,6
402	25/11/2000	-1,3	35,49	3,7
405	02/02/2001	-1,39	35,7	4
409	08/06/2001	-1,23	35,8	3,9
410	13/08/2001	-1,38	35,55	3,6
414	11/05/2002	-1,05	35,63	3,7
420	21/07/2002	-1,67	35,8	3,4
425	29/08/2002	-1,16	35,54	3,5
433	01/12/2002	-1,28	35,71	4,1
439	17/05/2003	-1,3	35,78	3,5
445	01/08/2003	-1,17	35,71	3,8
449	23/09/2003	-1	35,6	4
454	21/10/2003	-1,18	35,8	4,2
457	06/01/2004	-1,44	35,71	3,5
459	11/01/2004	-1,39	35,6	3,5
472	12/08/2004	-1,23	35,82	3,5
480	03/04/2005	-1,33	35,8	3,6
486	21/05/2005	-1,29	35,58	3,8
488	12/06/2005	-1,4	35,72	2,7
490	30/06/2005	-1,54	35,65	3,8
492	07/07/2005	-0,71	35,82	4
493	20/07/2005	-1,09	35,68	2,8
501	08/08/2005	-1,1	35,7	3,7
508	06/12/2005	-0,92	35,74	3,9
509	12/12/2005	-0,74	35,81	3,3
515	31/01/2006	-1,08	35,79	3,2
523	15/08/2006	-1,32	35,5	3,1
533	06/01/2007	-1,1	35,76	3,7
536	05/02/2007	-1	35,73	3,2
542	28/02/2007	-1,32	35,54	3,5
550	22/06/2007	-0,77	35,76	3,8
551	07/07/2007	-1,26	35,49	4,9
554	15/10/2007	-0,76	35,87	3,8
582	20/02/2008	-0,92	35,69	3,8
593	12/03/2008	-1,03	35,6	2,7
621	07/06/2008	-0,65	35,77	3,6
643	30/09/2008	-0,68	35,81	3,2

ID.	Date Event	Long	Lat	Mw
703	27/09/2009	-1,53	35,66	3,2
744	28/01/2010	-0,71	35,85	3
753	19/03/2010	-0,89	35,83	3,5
761	12/04/2010	-0,79	35,8	2,5
773	09/06/2010	-0,75	35,78	2,5
785	20/07/2010	-1,2	35,54	2,9
808	29/10/2010	-1,69	35,74	3,3
849	07/03/2011	-0,74	35,77	3,4
869	23/04/2011	-1,52	35,66	2,7
887	08/06/2011	-0,71	35,77	2,7

ID.	Date Event	Long	Lat	Mw
906	27/07/2011	-0,87	35,57	2,8
928	05/10/2011	-0,79	35,73	3,6
951	05/01/2012	-0,62	35,69	2,6
973	17/03/2012	-0,58	35,75	2,8
1001	23/12/2012	-0,59	35,71	2,5
1012	04/05/2013	-0,94	35,71	2,6
1015	24/05/2013	-1,06	35,76	2,8
1020	23/06/2013	-1,31	35,54	3
1043	13/06/2014	-1,03	35,69	2,7
1091	23/12/2015	-0,72	35,8	3,9

Classe	Bins	Frq Simpl	Frq Relative	Frq cuml cro	Frq cuml décr	Log N (M)
<b>2,50 2,89</b>	2,89	22	21,57	21,57	100	2
<b>2,90 3,29</b>	3,29	16	15,69	37,25	78,43	1,89
<b>3,30 3,69</b>	3,69	26	25,49	62,75	62,75	1,80
<b>3,70 4,09</b>	4,09	29	28,43	91,18	37,25	1,57
<b>4,10 4,49</b>	4,49	<b>3</b>	<b>2,94</b>	<b>94,12</b>	<b>8,82</b>	<b>0,95</b>
<b>4,50 4,89</b>	4,89	<b>2</b>	<b>1,96</b>	<b>96,08</b>	<b>5,88</b>	<b>0,77</b>
<b>4,90 5,29</b>	5,29	<b>4</b>	<b>3,92</b>	<b>100,00</b>	<b>3,92</b>	<b>0,59</b>

## ZONE 02

ID	Date Event	Long	Lati	Mw
21	25/07/1912	-0,3	35,9	2,8
22	31/07/1912	-0,3	35,9	4
23	02/08/1912	-0,3	35,9	3,4
25	18/09/1912	-0,3	35,9	3,4
32	10/06/1914	-0,43	35,78	2,8
43	19/06/1925	-0,4	35,8	4,9
54	27/02/1933	-0,33	35,85	3,4
94	19/06/1956	-0,5	35,77	3,4
95	10/10/1956	-0,5	35,77	3,4
96	10/10/1956	-0,5	35,77	4
98	14/02/1957	-0,4	35,8	4
101	08/06/1957	-0,52	35,72	4
106	18/10/1957	-0,4	35,83	4
116	12/12/1959	-0,6	35,8	4,4
156	06/06/1972	-0,6	35,8	4
188	07/03/1982	-0,57	35,82	3,6
189	23/08/1982	-0,42	35,78	3,4
213	22/08/1991	-0,46	35,98	3,2
219	26/02/1992	-0,36	35,82	3,7
276	23/08/1994	-0,56	35,81	2,5
282	27/08/1994	-0,53	35,85	2,7
290	04/09/1994	-0,47	35,88	3,2
295	30/09/1994	-0,41	35,81	3
316	03/11/1995	-0,44	35,76	3,3
348	28/10/1998	-0,4	35,8	3,2
415	23/06/2002	-0,43	35,81	3,5
432	11/11/2002	-0,36	35,93	3,3
474	26/11/2004	-0,57	35,78	3,6
484	21/04/2005	-0,38	35,95	3,2

ID	Date Event	Long	Lati	Mw
506	23/09/2005	-0,4	35,98	3,5
534	27/01/2007	-0,6	35,8	2,8
574	22/01/2008	-0,3	35,86	3,3
575	22/01/2008	-0,46	35,88	3,4
576	25/01/2008	-0,52	35,84	2,6
615	06/06/2008	-0,42	35,78	3,9
616	06/06/2008	-0,56	35,8	4,5
617	06/06/2008	-0,52	35,81	5,5
625	08/06/2008	-0,59	35,77	2,6
628	12/06/2008	-0,48	35,85	3,5
630	14/06/2008	-0,51	35,9	3,5
631	15/06/2008	-0,59	35,86	3,5
638	24/07/2008	-0,44	35,76	4,3
640	26/08/2008	-0,63	35,81	3,4
644	01/10/2008	-0,45	35,78	3,3
645	11/10/2008	-0,4	35,89	3,6
646	15/10/2008	-0,4	35,79	2,9
745	28/01/2010	-0,49	35,75	3
790	06/08/2010	-0,38	35,8	3,2
822	13/01/2011	-0,43	35,88	2,7
876	16/05/2011	-0,55	35,81	2,7
891	14/06/2011	-0,45	35,79	2,6
975	19/03/2012	-0,33	35,9	2,6
976	21/03/2012	-0,64	35,82	4,7
988	22/04/2012	-0,35	35,87	2,6
1029	20/03/2014	-0,42	35,81	3,6
1071	04/01/2015	-0,49	35,85	3
1092	13/01/2016	-0,39	35,91	2,5
1096	07/05/2016	-0,47	35,84	2,7

Classes	Bins	Frq Simpl	Frq-Relative	frq Cuml Cro	Frq Cuml Décr	Log N (M)
<b>2,50 2,93</b>	2,93	15	25,86	25,86	100	2
<b>2,94 3,37</b>	3,37	12	20,69	46,55	74,14	1,87
<b>3,38 3,81</b>	3,81	18	31,03	77,59	53,45	1,73
<b>3,82 4,25</b>	4,25	7	12,07	89,66	22,41	1,35
<b>4,26 4,96</b>	4,69	3	5,17	94,83	10,34	1,01
<b>4,70 5,13</b>	5,13	2	3,45	98,28	5,17	0,71
<b>5,14 5,57</b>	5,57	<b>1</b>	<b>1,72</b>	<b>100,00</b>	<b>1,72</b>	<b>0,24</b>

## ZONE 4

ID	Date Event.	Long	Lat	Mw
15	07/08/1907	0	35,8	4,6
20	24/07/1912	-0,4	35,7	5,2
26	22/10/1912	0,1	35,9	2,8
44	20/06/1925	-0,18	35,82	4,6
50	24/08/1928	0,6	35,9	5,2
55	01/04/1939	0,1	35,9	4,6
56	08/01/1941	0,08	35,93	4,6
67	05/04/1950	-1,17	35,3	4
68	06/04/1950	-1,17	35,3	4
72	21/11/1950	-0,17	35,8	4
73	30/11/1950	0,1	35,92	3,4
77	20/06/1952	-0,2	35,8	5
89	10/10/1955	-0,83	35,5	3,4
92	25/02/1956	0,08	35,92	3,4
115	02/10/1959	0,1	35,93	2,8
122	01/12/1960	0,1	35,8	5,2
141	27/04/1967	-0,2	35,7	4,8
143	27/05/1967	-0,2	35,7	4,7
145	24/07/1967	-0,8	35,4	3,5
162	24/08/1973	-0,04	35,85	3,5
164	24/11/1973	-0,04	35,85	4,8
174	01/06/1976	0,07	35,93	3,4
181	16/01/1980	-1,03	35,35	4
183	19/01/1981	-0,32	35,81	4,6
193	10/11/1983	0,08	35,93	2,9
194	09/06/1984	-0,17	35,64	2,9
198	18/07/1985	-1,2	35,38	3,1
199	10/05/1986	0,32	35,84	3,9
202	04/11/1987	-0,5	35,67	3,3
206	02/03/1989	0,57	35,91	3,3
216	07/02/1992	0,11	35,84	2,8
217	08/02/1992	0,16	36,01	2,6
221	22/06/1992	-0,8	35,39	3,3
227	17/10/1992	-1,51	35,28	5
233	16/07/1993	0,07	35,69	3,3
234	15/08/1993	-0,33	35,59	3
242	18/08/1994	-0,14	35,55	4,8
243	18/08/1994	-0,67	35,6	3
244	18/08/1994	-0,16	35,57	3,4
245	18/08/1994	-0,12	35,54	4,2
247	18/08/1994	-0,41	35,68	3,4
252	18/08/1994	-0,57	35,65	3,3

256	18/08/1994	-0,61	35,61	2,8
257	18/08/1994	-0,26	35,7	3,3
259	18/08/1994	-0,75	35,43	2,7
260	19/08/1994	-0,89	35,47	2,4
261	19/08/1994	-0,18	35,73	3,4
266	20/08/1994	-0,13	35,56	3,3
268	21/08/1994	-0,17	35,69	3,3
272	22/08/1994	-0,26	35,59	2,8
281	27/08/1994	-0,61	35,65	2,7
284	28/08/1994	-0,29	35,78	3,3
286	31/08/1994	-0,07	35,73	2,5
292	24/09/1994	-0,49	35,65	3
293	26/09/1994	-1,02	35,43	3,1
294	27/09/1994	-0,09	35,61	3,4
303	31/01/1995	-0,23	35,65	4,8
313	17/09/1995	0,15	35,75	4,2
314	19/09/1995	0	35,81	3,7
315	30/09/1995	-0,71	35,61	3,2
317	21/11/1995	-0,87	35,42	4,1
319	25/02/1996	-0,39	35,67	3,3
326	31/05/1996	-0,96	35,35	2,9
338	19/12/1997	-0,9	35,4	4,1
343	07/04/1998	-0,09	35,54	3,9
362	22/12/1999	-0,96	35,31	3,5
363	22/12/1999	-1,52	35,36	3,8
365	22/12/1999	-1,5	35,38	3,8
366	22/12/1999	-1,33	35,35	3,9
367	22/12/1999	-1,58	35,29	3,9
369	22/12/1999	-1,37	35,3	4,5
373	23/12/1999	-1,35	35,4	4,9
376	24/12/1999	-1,4	35,37	4
380	31/12/1999	-1,51	35,29	4,2
382	03/01/2000	-1,24	35,36	4,1
387	20/03/2000	-1,36	35,39	4
391	10/04/2000	-1,43	35,43	3,8
397	23/08/2000	-1,49	35,4	3,9
421	06/08/2002	-1,14	35,44	3,2
424	29/08/2002	-0,48	35,61	3,4
426	21/09/2002	-0,97	35,3	3,6
427	21/09/2002	-0,95	35,47	3,9

ID	Date Event.	Long	Lat	Mw
428	21/09/2002	-0,97	35,4	4
430	17/10/2002	-0,68	35,52	4,1
431	01/11/2002	-0,07	35,86	3,4
436	29/03/2003	-0,11	35,65	3,6
442	01/07/2003	0,11	35,85	4,1
444	23/07/2003	-0,42	35,71	3,5
448	16/09/2003	-0,25	35,73	3,2
452	18/10/2003	0,37	35,95	4
460	06/02/2004	-0,09	35,71	4,3
464	18/04/2004	-0,05	35,69	3,9
475	29/12/2004	0,31	35,99	3,5
477	11/03/2005	-0,23	35,8	3,7
481	07/04/2005	-0,15	35,58	2,6
483	18/04/2005	-0,18	35,65	3,7
491	07/07/2005	-0,92	35,49	2,9
495	23/07/2005	-1,38	35,35	3,3
502	17/08/2005	-0,2	35,68	3,2
503	17/08/2005	0,14	35,81	4,4
507	07/10/2005	-1,13	35,36	3,5
519	23/07/2006	0,6	35,93	3,7
520	23/07/2006	0,62	35,93	4,5
521	23/07/2006	0,56	35,95	4,5
527	21/11/2006	0,31	35,92	2,5
532	23/12/2006	0,84	36	2,5
553	08/08/2007	0,09	35,99	4,2
558	21/11/2007	-1,36	35,46	2,6
559	14/12/2007	0,02	35,85	3,5
560	15/12/2007	-0,58	35,66	3,9
563	03/01/2008	0,12	35,89	3,2
567	09/01/2008	-0,46	35,65	3,8
568	09/01/2008	-0,57	35,63	5,3
569	10/01/2008	-0,46	35,58	3
572	21/01/2008	-0,55	35,6	2,6
578	05/02/2008	-0,16	35,62	3,2
594	12/03/2008	0,29	35,93	2,9
599	05/04/2008	0,39	35,84	3,2
614	06/06/2008	-0,66	35,63	3,4
618	07/06/2008	-0,26	35,66	3
619	07/06/2008	-0,51	35,56	3,5
620	07/06/2008	-0,45	35,59	3,5
622	07/06/2008	-0,37	35,76	3,9
623	07/06/2008	-0,32	35,58	4,2
624	08/06/2008	-0,49	35,64	2,6

ID	Date Event.	Long	Lat	Mw
626	09/06/2008	-0,29	35,59	3,1
629	14/06/2008	0,58	35,86	2,8
632	16/06/2008	0,22	35,87	2,8
633	19/06/2008	-0,53	35,57	3,1
634	20/06/2008	-0,39	35,71	3,5
636	11/07/2008	-0,53	35,62	3,5
655	28/12/2008	0,25	35,94	2,6
660	24/01/2009	0,07	35,75	2,8
663	20/03/2009	-0,23	35,67	3,1
664	06/04/2009	0,58	35,89	2,9
669	11/05/2009	0,16	35,78	3,2
675	29/05/2009	-0,78	35,55	2,6
676	02/06/2009	-0,89	35,5	3,9
679	11/06/2009	0,49	35,92	4,2
682	14/06/2009	0	35,88	2,7
692	04/08/2009	0,01	35,63	3,2
717	24/11/2009	0,26	35,83	2,8
722	21/12/2009	0,06	35,7	2,5
725	22/12/2009	0,09	35,69	2,5
726	22/12/2009	0,04	35,69	2,9
732	04/01/2010	0,1	35,9	3,3
746	02/02/2010	-0,54	35,58	2,9
748	04/02/2010	0,1	35,78	2,6
755	25/03/2010	-0,07	35,57	3,7
762	13/04/2010	-0,07	35,58	2,9
766	01/05/2010	0,32	35,99	3
784	18/07/2010	-0,71	35,47	2,8
798	03/09/2010	-0,53	35,64	2,7
810	07/11/2010	-0,07	35,72	2,7
811	08/11/2010	-0,76	35,55	3
814	20/11/2010	0,09	35,85	3,2
821	13/01/2011	-0,5	35,61	2,5
835	11/02/2011	-0,45	35,63	3,2
842	24/02/2011	-0,21	35,59	2,8
844	24/02/2011	0,17	35,94	3,2
847	07/03/2011	-0,67	35,57	3
850	14/03/2011	-0,19	35,85	3
860	04/04/2011	-0,07	35,79	2,7
862	04/04/2011	-0,24	35,8	3,3
867	18/04/2011	-0,29	35,7	2,9
868	21/04/2011	-0,82	35,54	2,8
877	16/05/2011	0,07	35,74	2,9
882	25/05/2011	-0,32	35,74	2,6

ID	Date Event.	Long	Lat	Mw
888	09/06/2011	-0,13	35,69	2,9
892	15/06/2011	-0,15	35,67	2,5
900	18/07/2011	-0,18	35,64	2,7
905	25/07/2011	0,43	35,84	2,5
910	11/08/2011	-0,01	35,68	2,9
919	22/09/2011	0,5	35,89	2,9
925	05/10/2011	0,82	36,02	2,6
931	13/10/2011	-0,94	35,45	3
936	09/11/2011	0,09	35,73	2,7
950	04/01/2012	-0,6	35,61	3,9
956	15/01/2012	-0,6	35,67	3,5
958	15/01/2012	-0,69	35,52	4,9
960	25/01/2012	-0,51	35,65	2,8
981	26/03/2012	-0,4	35,58	2,8
987	19/04/2012	0,93	35,95	3
995	09/10/2012	-1,16	35,32	3,4
999	25/11/2012	-1,18	35,42	2,6
1003	23/12/2012	-0,42	35,68	2,6
1005	03/01/2013	-0,97	35,49	2,6
1006	17/01/2013	-1,34	35,44	2,7
1007	17/01/2013	-1,37	35,47	3,1
1008	14/03/2013	-1,34	35,45	3,1
1009	02/05/2013	0,06	35,7	3,5

ID	Date Event.	Long	Lat	Mw
1011	02/05/2013	0,1	35,71	3,5
1014	24/05/2013	-0,97	35,22	2,5
1018	10/06/2013	0,05	35,71	3
1022	06/09/2013	-0,15	35,65	3,8
1025	01/01/2014	-1,37	35,44	3,1
1036	22/05/2014	0,05	35,89	4
1039	22/05/2014	0,12	35,78	4,9
1046	11/07/2014	-1,37	35,32	2,8
1049	07/08/2014	0,24	35,81	3,6
1051	12/08/2014	0,1	35,74	2,6
1055	19/08/2014	-0,19	35,68	2,8
1058	07/09/2014	0,12	35,72	3
1060	11/09/2014	0,1	35,82	3,7
1064	06/10/2014	0,14	35,77	3,4
1067	25/10/2014	-1,39	35,45	2,8
1076	01/02/2015	0,19	35,76	4
1077	17/03/2015	0,5	36	4,6
1078	26/03/2015	-0,33	35,79	2,9
1080	13/05/2015	-0,25	35,73	3,9
1082	07/06/2015	-0,18	35,57	3,5
1084	09/06/2015	-0,23	35,62	3,9
1093	22/02/2016	0,29	35,84	2,9
1094	20/03/2016	0,9	35,91	3,5

Classes	Bins	Frq Simple	Frq relative	Frq Cuml Croi	Frq Cuml Décr	Log N (M)
<b>2,400 2,975</b>	2,975	66	30,56	30,56	100	2,00
<b>2,985 3,561</b>	3,561	75	34,72	65,28	69,44	1,84
<b>3,571 4,146</b>	4,146	42	19,44	84,72	34,72	1,54
<b>4,156 4,731</b>	4,731	18	8,33	93,06	15,28	1,18
<b>4,741 5,317</b>	5,317	13	6,02	99,07	6,94	0,84
<b>5,327 5,902</b>	5,902	<b>0</b>	<b>0,00</b>	<b>99,07</b>	<b>0,93</b>	<b>-0,03</b>
<b>5,912 6,487</b>	6,487	<b>0</b>	<b>0,00</b>	<b>99,07</b>	<b>0,93</b>	<b>-0,03</b>
<b>6,497 7,073</b>	7,073	<b>1</b>	<b>0,46</b>	<b>99,54</b>	<b>0,93</b>	<b>-0,03</b>
<b>7,083 7,658</b>	7,658	<b>1</b>	<b>0,46</b>	<b>100,00</b>	<b>0,46</b>	<b>-0,33</b>