

N° d'ordre :



République algérienne démocratique et populaire  
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique  
Université d'Oran 2 Mohamed ben Ahmed  
Faculté des sciences de la terre et de l'univers

**Mémoire :**

Master Académique en Sciences de la Terre

**Option : Risques géologiques**

**Etude comparative de l'activité sismique entre les zone : Dahraa –  
Ténès, le Bas de Chélif et les Monts de Béni-Chougrane.**

Présenté par le binôme :

**Mlle. Trad Chahinéz**

**&**

**Mr. Zagreb Aissa**

Soutenu le : 24 septembre 2024.

Devant le jury :

- |                         |                                   |            |
|-------------------------|-----------------------------------|------------|
| ❖ Mr Borsali Tewfik     | Enseignant à l'université Oran 2  | Président  |
| ❖ Mr Foukrache Mouhamed | Enseignante à l'université Oran 2 | Examineur  |
| ❖ Mr Nadji Abdelmansour | Enseignant à l'université Oran 2  | Rapporteur |

## Remerciements

*À notre encadrant,*

*Mr. Nadji Abdelmansour,*

*Votre enseignement riche, votre soutien constant et vos conseils éclairés nous ont permis de mener à bien ce travail. Pour cela, nous vous en serons profondément reconnaissants.*

*Aux membres du jury :*

*Président du jury : Mr. Borsali Tewfik*

*Examineur : Mr. Foukrache Mouhamed*

*Messieurs les membres du jury, veuillez recevoir nos sincères remerciements pour l'honneur que vous nous avez fait en acceptant d'évaluer ce modeste travail. À tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce mémoire*

## Dédicaces

### *À mes chers parents*

*dont le soutien, les sacrifices et la guidance ont été les clés qui m'ont conduite au sommet de mon parcours académique.*

### *À mes frères*

*Noufel, dont la présence est l'appui qui me donne la force de briller. Abderahman, un ami au cœur doux qui me fait croire qu'il porte le monde en lui. Ma sœur unique Khouloud, le plus beau cadeau sur qui je peux toujours compter. Et Islem, le petit soleil du foyer qui illumine nos journées par son énergie.*

### *À ceux qui me sont très chers*

*Ma famille, qui mérite toute mon affection et mon respect, ainsi qu'à mes amies, dont la connaissance ajoute une valeur précieuse à ma vie. À des êtres qui m'aiment et que j'aime, je vous dois tout.*

*Trad' Chahínéz.*

### *Je dédie ce travail*

*à ma famille vertueuse, à ma mère, à mon père, à mes frères, à mes sœurs, à la famille Zegrab, à mes amis et à tous ceux qui ont contribué à ce travail, y compris les professeurs et les experts, et je leur envoie un salut sincère et je vous remercie tous et que Dieu vous bénisse.*

*Zagreb Aïssa.*

### **Résumé :**

Ce modeste mémoire regroupe une synthèse de plusieurs travaux qui nous ont permis d'exploiter les données sismiques obtenus des catalogues régionaux et méditerranéens. L'étude comparative de l'aléa sismique du secteur envisagé, n'est possible qu'après avoir déterminé les fréquences d'occurrences des différentes classes sismiques.

A cet effet l'engineering d'aléa a été réalisé pour les trois zones étudiées ou les différents paramètres sont évalués progressivement lors du traitement analytique des fréquences sismiques pour chaque zone envisagée ainsi que la modélisation des paramètres séismogènes qui ont favorisé la détermination de l'état d'activité sismique à la faveur du paramètre  $b\_value$ . Ce travail a été également bénéfique pour illustrés ces entités séismogènes de la partie orientale du littoral oranais. L'engineering de l'aléa sismique de ces régions nous a permis de donner une bonne évaluation de la distribution des sources sismiques et leurs interactions avec les éléments tectoniques affectants les différents segments du littoral oranais.

### **Mots clés :**

Catalogue de la sismicité régionale. Sources sismiques. Aléa sismique. Marge littorale de l'Oranais. Approche fréquentielle de Gutenberg-Richter et l'Engineering d'aléa sismique.

### **Abstract:**

This modest report brings together a synthesis of several studies that allowed us to utilize seismic data obtained from regional and Mediterranean catalogs. The comparative study of seismic hazard in the considered sector is only possible after determining the occurrence frequencies of different seismic classes. To this end, seismic hazard engineering was conducted for the three studied zones, where various parameters are progressively evaluated during the analytical processing of seismic frequencies for each considered area, as well as the modeling of seismogenic parameters that facilitated the determination of seismic activity status through the b-value parameter. This work was also beneficial in illustrating the seismogenic entity in the eastern part of the Oran coastline.

Seismic hazard engineering has provided us with a good assessment of the distribution of seismic sources and their interactions with the tectonic elements affecting the study region.

**Keywords:** Regional seismicity catalog. Seismic sources. Seismic hazard. Oran coastal margin. G-R frequency approach. Hazard engineering.

## ملخص

جمع هذا التقرير المتواضع ملخصًا لعدة دراسات سمحت لنا باستغلال البيانات الزلزالية التي تم الحصول عليها من السجلات الإقليمية والمتوسطة. لا يمكن إجراء الدراسة المقارنة لمخاطر الزلازل في القطاع المعني إلا بعد تحديد تكرار حدوث الفئات الزلزالية المختلفة. لهذا الغرض، تم تنفيذ هندسة المخاطر الزلزالية للمناطق الثلاث المدروسة، حيث يتم تقييم مختلف المعلمات تدريجيًا خلال المعالجة التحليلية للترددات الزلزالية لكل منطقة محددة، بالإضافة إلى نمذجة المعلمات الزلزالية التي ساعدت في تحديد حالة النشاط الزلزالي بفضل معلمة

b-value

.كانت هذه الدراسة أيضًا مفيدة لتوضيح الكيان الزلزالي في الجزء الشرقي من الساحل الأوراني

سمحت لنا هندسة المخاطر الزلزالية بتقديم تقييم جيد لتوزيع المصادر الزلزالية وتفاعلاتها مع العناصر التكتونية التي تؤثر على منطقة الدراسة

### **الكلمات المفتاحية**

.سجل الزلزالية الإقليمية. المصادر الزلزالية. مخاطر الزلازل. هامش الساحل الأوراني. نهج الترددات لجوماري. هندسة المخاطر

## TABLE DES MATIERES

<b>I. INTRODUCTION GENERAL.....</b>	<b>11</b>
<b>II. CHAPITRE I : CADRE D'ETUDE REGIONALE.....</b>	<b>12</b>
II.1 Introduction :.....	12
II.2 La géologie du nord de l'Algérie :.....	12
II.3 -Aperçu sur la convergence Afrique –Eurasie : .....	13
II.4 Aspect structural du nord de l'Algérie.....	14
II.4.1 Le domaine interne .....	15
II.4.2 Le domaine des flyschs :.....	16
II.4.3 Le domaine externe :.....	16
II.5 MORPHOLOGIE DE LA MARGE OCCIDENTALE DE L'ALGERIE : .....	17
<b>III. CHAPITRE II : PRESENTATION DE LA REGION D'ETUDE .....</b>	<b>19</b>
III.1 Contexte géographique.....	19
III.1.1 Le bassin du Chélif .....	19
III.1.2 Ténès, Dahraa :.....	20
III.1.3 Les monts des Beni-Chougrane :.....	20
III.2 Contexte géologique .....	21
III.2.1 Le bassin du Chélif :.....	21
III.2.2 Ténès (Dahraa) .....	22
III.2.3 Les monts Beni-Chougrane.....	23
III.3 Contexte géomorphologique : .....	23
III.3.1 Bassin de Chélif :.....	23
III.3.2 Ténès (Dahraa) : .....	24
III.3.3 Les montes de Beni Chougrane :.....	25
<b>I. CHAPITRE III : LA SEISMICITE DE REGION ETUDIE .....</b>	<b>26</b>
I.1 La sismicité du Nord de l'Algérie :.....	26
I.1.1 Les caractéristiques :.....	26
I.1.2 Sismicité Historique :.....	26
I.1.3 Sismicité instrumentale :.....	28
I.2 La sismicité du Nord –Ouest de l'Algérie.....	28

I.2.1	Séismicité historique : .....	28
I.2.2	Séismicité instrumentale de la région Nord –Ouest .....	29
•	Région Ouest .....	29
•	La Mesta oranaise : .....	29
•	la zone tellienne .....	29
•	Zone du moyen atlas : .....	29
I.3	La région de mascara : .....	31
I.4	La région de Ténès : .....	32
I.4.1	La faille de Ténès Abou El Hassen (Oued Allalah) : .....	32
I.4.2	La zone faillée en mer : .....	32
I.5	La région de Chélif : .....	34
I.5.1	La faille de Chleff ou faille d’Oued Fodda : .....	34
I.5.2	La faille de Bled Bahari Karouch : .....	35
I.5.3	La faille d’Ouled Farès et des Montagnes rouges : .....	35
I.5.4	La faille d’Oued Ras : .....	36
I.5.5	La région d’Ain Defla–monts du Zaccar : .....	36
I.5.6	Séisme d’Orléansville du 9 septembre 1954 : .....	36
I.5.7	Séisme d’El Asnam du 10/10/1980 Le 10 octobre 1980 : .....	38
<b>II.</b>	<b>CHAPITRE IV : ENGINEERING D’ALEA : .....</b>	<b>39</b>
II.1	Méthode d’évaluation d’alea : .....	39
II.2	Les étapes fondamentales d’évaluation d’alea : .....	39
II.3	Evaluation de l’aléa sismique par l’analyse fréquentielle : .....	40
II.4	Analyse d’aléa sismique : .....	41
II.4.1	La zone 3 représente secteur du Dahraa-Ténès : .....	42
II.4.2	La zone 4 représente secteur du Bas-Chélif : .....	44
II.4.3	La zone 7 représente secteur du Béni-Chougrane .....	46
II.5	Evaluation de l’activité sismique de la zone étudiée : .....	53
	<b>Conclusion.....</b>	<b>54</b>

### **List des figures :**

**Figure 1:** Les principaux ensembles structuraux du nord de l'Algérie et du pourtour de la méditerranée occidentale (Bracène, 2002)

**Figure 2 :** La limite des plaques - Africaine et Eurasienne entre les Açores et la Sicile (Djeddi Mabrouk2020)

**Figure 3:** Principaux éléments structuraux du nord de l'Algérie (Djeddi Mabrouk2020)

**Figure 4 :** Carte morpho-bathymétrique de la marge occidentale algérienne. KDB: banc de Khayr-Al-Din. DSF=Deep-Sea-Fan de Kramis. (Rabia BADJI 2014)

**Figure 5 :** Localisation géographique du bassin du Bas Chélif (d'après Perrodon, 1957; modifiée par M BELHADJI Ahmed 2021).

Figure 6: Localisation de la zone de Béni-Chougrane (Zerkaoui L. & al. 2016)

**Figure7 :** Biozonation et principaux cycles transgressives dans la série type des bassins miocènes de l'Algérie nord-occidentale (Chélif, Tafna) .d'après Belkebir et al. (1996).

**Figure 8:** Carte de la sismicité historique (bases des données du CRAAG et USGS, de 1365 à 1972 (L'intensité est indiquée à l'échelle MSK).

**Figure 9:** La Carte macrosismique du séisme de Mascara du 18 août 1994, carte inédite du service séismologique (C.R.A.A.G.). L'étoile marque l'emplacement du tremblement de terre.

**Figure 10 :** Sismicité de la région de Chélif : (a) MNT, (b) structures actives (A. Yelles-Chaouche et al. / C. R. Géoscience 338 (2006).

**Figure11 :** L'enregistrement du séisme sur un appareil de mesure de l'institut de Strasbourg ( Institut de Strasbourg Physique du Globe).

**Figure 12:** Carte isoséiste à partir de l'épicentre du séisme d'Orléansville Institut de Strasbourg Physique du Globe).

**Figure. 13:** La carte des intensités du séisme du 10/10/1980 Chélif-Zeboudja.( Djeddi Mabrouk2020)

**Figure 14:** la carte de la sismicité régionale du littoral oranais 1790-2006, d'après Nadji 2010.

**Figure 15:** La carte de la répartition séismique de Dahraa-Ténès (zone -3).

**Figure 16 :** La courbe de fréquence d'occurrence et magnitude de la zone 03.

**Figure 17:** La courbe d'aléa séismique de la zone 3 bas de Ténès-Dahraa.

**Figure 18:** La courbe d'aléa de la période de retour ( $T_r$ ) en fonction de magnitude de moment  $M(w)$  de la zone 03.

**Figure 19:** La carte de la répartition séismique de bas de Chélif (la zone 4).

**Figure 20:** la courbe d'aléa de fréquence d'occurrence et magnitude de la zone 04.

**Figure 21:** La courbe de fréquence  $G'(M)_{ndp}$  en fonction de  $M(w)$  de z4 bas de Chélif .

**Figure 22:** La courbe d'aléa de la période de retour ( $T_r$ ) en fonction de magnitude de moment  $M(w)$  de la zone 04.

**Figure 23:** La carte de la répartition séismique de la Beni-Chougrane (zone -7)

**Figure 24:** La courbe de fréquence d'occurrence et magnitude de la zone 07.

**Figure 25 :** La courbe de fréquence  $G'(M)_{ndp}$  en fonction de  $M(w)$  de Beni-Chougrane (Z7) .

**Figure 26:** courbe d'aléa de la période de retour ( $T_r$ ) en fonction de magnitude de moment  $M(w)$  de la zone 07.

### **List des tableaux :**

**Tableau 1 :** Séismes historiques et récents dans le nord de l'Algérie ( $I_0 > VI$ ) du catalogue des tremblements de terre en Algérie (Abdelhakim Ayadi, Mourad Bezzeghoud 2015)

**Tableau 2 :** d'inventaire de l'évènement séismique de la z7 Beni-Chougrane.

**Tableau 3:** Les paramètres séismogènes des zones z3, z4, z7.

## **INTRODUCTION GENERAL :**

Le présent travail rentre dans le cadre de la formation des masters académiques affiliés à notre faculté des sciences de la terre et l'univers. La thématique envisagée concerne le domaine des risques naturels et géologiques affectant le Nord de l'Algérie y compris la marge occidentale de Nord algérien.

Cet endroit comprend plusieurs phénomènes géodynamiques d'un impact important notamment l'effet séismotectonique qui marque bien l'exercice d'interaction entre les plaques Eurasiatique et Africaine. Plusieurs études géologiques, géophysiques et géodésiques ont évoqué l'instabilité des structures à l'échelle régionale avec ou sans préciser autant l'impact différentiel entre willayas dans les terrains d'Ouest Algériens.

Sur le plan pratique, notre étude doit englober plusieurs notions fondamentales qui dérive de plusieurs domaines de point de vue géologique, géomorphologique, structurale et géophysique. Les données d'investigation géophysique utilisées sont basées sur l'inventaire des événements sismiques enregistré entre 1900 jusqu'à 2016 qui révèlent les données instrumentales, le traitement de ces données sous l'aspect d'engineering est basé sur les approches et proba-statistiques qui ont contribué a mettre en évidence un dimensionnement et paramétrage des coefficients seismogènes dans leur état normales.

La connaissance de modèles mathématiques des occurrences sismiques nous a facilité le travail pour obtenir des résultats favorables dans leur ensemble, la modélisation des courbes fréquentielles de chaque unité séismotectonique a permis de faire distinguer l'existence des variations plus ou moins notables de paramètres seismogènes  $b$ - value.

Ce modeste travail vient de renforcer l'hypothèse sur l'Etat de la sismicité régionale qui est qualifié faible à modérée.

Notre jugement on vers cet objet reste à confirmer a la faveur des paramètres seismogènes et leur alea. Les résultats doivent apporter des réponses sur l'Etat de l'activité séismique du Nord-ouest algérien. Compte tenu des enregistrements des séismes et des références sur l'activité sismique nous optons a classer les zones d'études dans leur contexte géodynamique et séismique.

En fin, on espère que ce travail peut contribuer favorablement à l'établissement d'un plan de prévention sismique régionale (PPRS)

## **CHAPITRE I : CADRE D'ETUDE REGIONALE**

### **I.1 Introduction :**

Le Nord occidental de l'Algérie est situé dans le domaine des Maghrebides qui se situe à la jonction entre les deux plaques lithosphériques de l'Afrique et de l'Eurasie. Cette jonction est soumise constamment à de fortes déformations tectoniques récentes, de caractère interminables et irrégulièrement réparties sur le long de littoral formant un relais des chaînes de montagnes accidentées par des failles et des plis. Ces déformations s'accompagnent des grandes formes de cisaillement essentiellement décrochement dextre en raison de la réorganisation du champ de contraintes. Cette position répond aux conditions sismiques qui dominent dans l'ouest de l'Algérie. La sismicité est généralement répartie entre plusieurs zones sismiques d'une intensité faible à modérée.

### **I.2 La géologie du nord de l'Algérie :**

Le nord de l'Algérie est composé de diverses unités structurales (Fig. I) qui constituent la chaîne alpine des Maghrebides et représentent un tronçon du système alpin de la Méditerranée occidentale, composé par le Rif marocain à l'ouest et l'Atlas Tellien algérien et tunisien. En Algérie, le domaine alpin peut être subdivisé du sud vers le nord en deux systèmes distincts (Bracène, 2002) chaque système est limité de son voisin par un front de déformation ou un contact tectonique majeur (Fig. I.) : 1- Le système atlasique, comprend l'Atlas saharien proprement dit, son prolongement avec le Haut Atlas marocain et le domaine mésétien (Fig. I.). Au sud, il est limité par le front sud atlasique qui parcourt le Maghreb d'Ouest en Est, depuis le Maroc jusqu'à la Tunisie et chevauche la plateforme saharienne (Frizon de Lamotte et al, 2000 ; Bracène, 2002). 2- Le système tellien au Nord du système atlasique, est partagé en deux parties : - La partie méridionale correspondant aux domaines des nappes de charriage représentant les dépôts mésozoïques et cénozoïque de la marge africaine avant l'inversion. Ces nappes ont été mises en place au Miocène (Caire 1958 ; Durand Delga, 1969 ; Kieken, 1974 et 1975 ; Vila, 1980). - La partie septentrionale correspondant à la bande sub-côtière algérienne : elle comprend différentes unités structurales : nappes de charriage (tellien, flyschs) et blocs AlKaPeCa que l'on retrouve en Alborán, en Kabylie, dans le Péloritain et en Calabre d'où leur nom donné par Bouillin (1986) (Fig. I.).

Ces derniers accrétés à la marge africaine et dénommés également Zones Internes représentent en réalité une partie de l'ancienne marge téthysienne dont l'essentiel se retrouverait actuellement en mer. (Rabia Badji 2014)

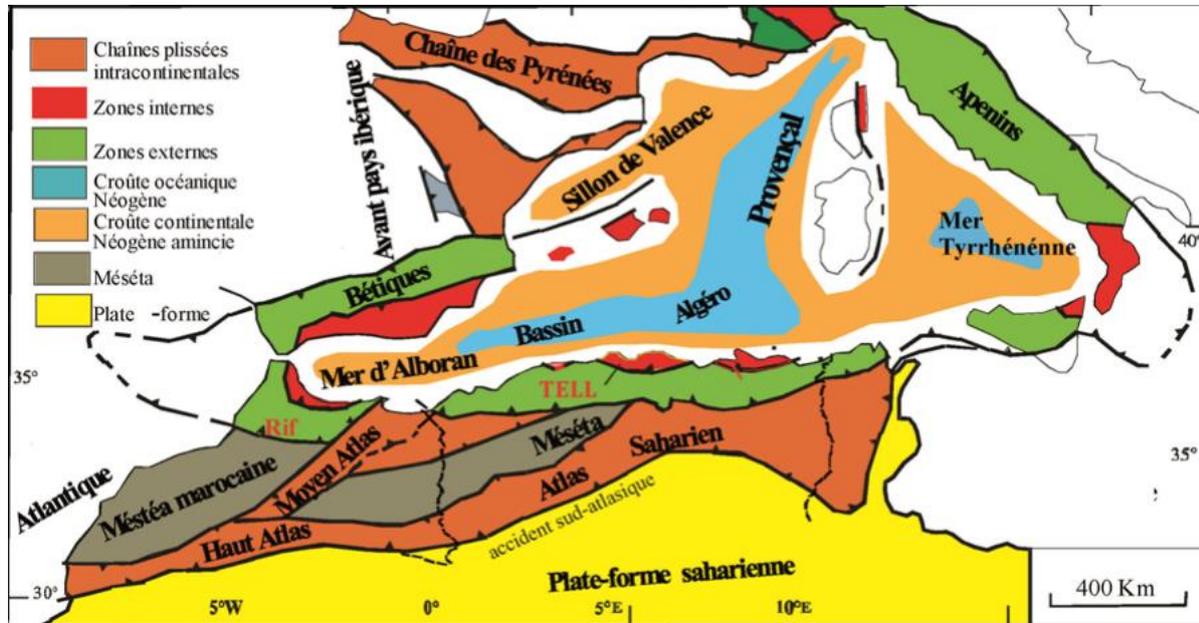


Figure 1: Les principaux ensembles structuraux du nord de l'Algérie et du pourtour de la méditerranée occidentale (Bracène, 2002)

### I.3 -Aperçu sur la convergence Afrique –Eurasie :

Des travaux montrent que Le mouvement relatif convergent entre la plaque africaine et la plaque eurasiennne change de direction et de vitesse d'ouest (Maroc) en Est (Egypte).

Cette convergence est de direction NO –SE au niveau du Maroc. Elle devient N-S à la longitude du Caire (Argus et Al 1989). En ce qui concerne la vitesse de convergence, elle croit de l'Ouest vers l'Est comme suit :

- 4 mm/an environ au niveau de la marge marocaine,
- 5 mm/an environ à la longitude d'Alger
- 6 mm/an environ au niveau de la marge tunisienne
- 9 mm/an environ à la longitude du Caire (Argus et al 1989)

Les travaux (Biju –Duval et al 1977 et Dewey and Celil Sengör, 1979) font ressortir que cette dérive globale entre les deux plaques depuis 18 Ma est évaluée entre 230 km et 350 km.

Cette convergence semble être le moteur de la déformation active dans l'ensemble de l'Afrique du nord et dont les effets de cette se matérialisent en Algérie par une grande zone de déformation sur une bande assez large limitée au Sud par l'Atlas saharien et au nord par l'Atlas tellien. Les chaînes Maghrebides et atlasiques longeant l'Afrique du Nord sont les conséquences de cette convergence. Dans la zone de leur jonction, on observe un régime de type compressif NO-SE avec des structures en plis –failles et chevauchements structurés en « échelon » (Mc Kenzie, 1972, Maghraoui, 1988, Buforn et al, 2004).

Les travaux de Anderson and Jackson (1987), Pondrelli et al (1995), Rebaï et al (1992) montrent qu'actuellement cette convergence se manifeste par une réduction de la croûte terrestre suivant la direction NNW-SSE.

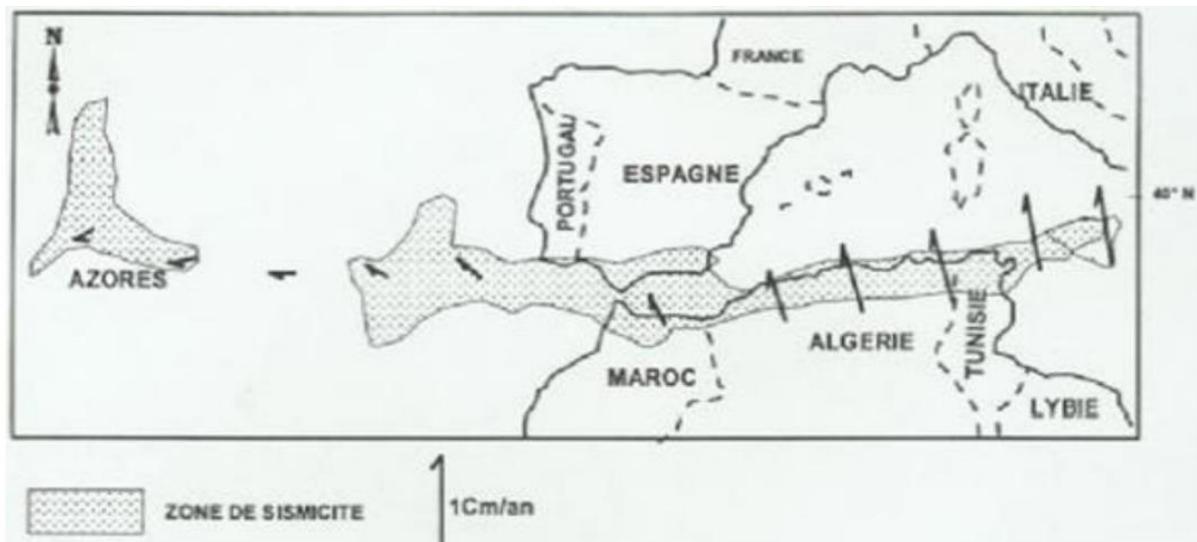


Figure 2 : La limite des plaques - Africaine et Eurasienne entre les Açores et la Sicile (Djeddi Mabrouk2020)

#### I.4 Aspect structural du nord de l'Algérie.

Très succinctement l'aspect structural du nord de l'Algérie se résume comme suit : La chaîne alpine, faisant partie de l'érogène alpin péri-méditerranéen est essentiellement d'âge tertiaire. Elle s'étale d'Ouest à l'Est du nord de l'Algérie sur 1200 kilomètres environ. Cette orogénèse est allongée suivant une direction E-W sur une bande large de plus 100km environ. La chaîne alpine est formée par 03 domaines morpho-structuraux : l'Atlas tellien au Nord, les hauts plateaux au centre et l'Atlas saharien au sud.

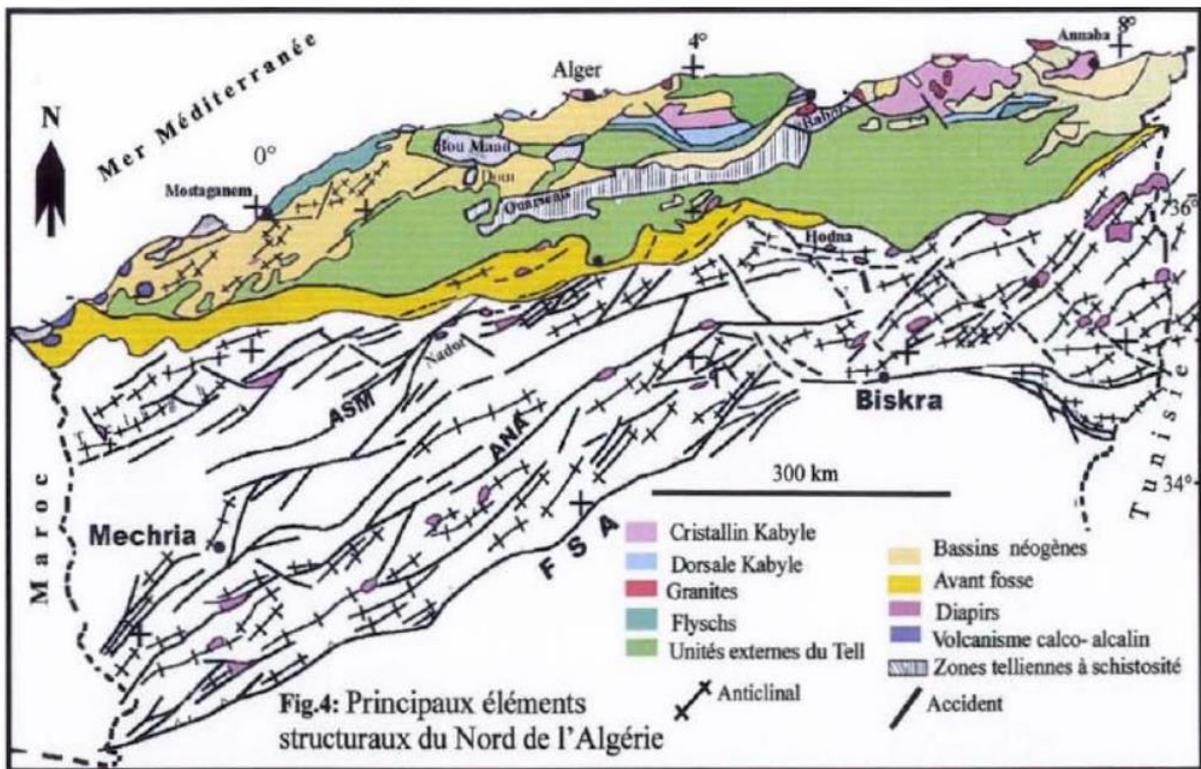


Figure 3: Principaux éléments structuraux du nord de l'Algérie (Djeddi Mabrouk2020)

L'Atlas tellien : Il comporte 3 domaines structuraux

#### I.4.1 Le domaine interne

Appelé aussi socle kabyle ou Kabylide, est composé de massifs cristallophylliens métamorphiques (gneiss, marbres, amphibolites, micaschistes et schistes) et d'un ensemble sédimentaire paléozoïque (Ordovicien à Carbonifère) peu métamorphique. Ce socle affleure d'ouest en est dans les massifs du Chenoua (à l'Ouest d'Alger), d'Alger, de Grande Kabylie et de Petite Kabylie (entre Jijel et Skikda). Ce dernier, avec 120 km de long et 30 km de large, constitue le plus large affleurement du socle kabyle en Algérie. Le socle est par endroits recouvert en discordance par des dépôts détritiques (principalement des molasses conglomératiques) d'âge Oligocène supérieur–Miocène inférieur, appelés Oligo-Miocène Kabyle. Les massifs internes des Maghrébides ont donc constitué une zone haute de la fin du Paléozoïque à l'Oligocène supérieur. Le socle kabyle est bordé au sud par les unités mésozoïques et cénozoïques de la Dorsale Kabyle appelée parfois « chaîne calcaire » à cause de l'importance du Jurassique inférieur calcaire. Ce domaine est exceptionnellement étroit et ne dépasse jamais quelques km de largeur. Le premier affleurement de la dorsale kabyle en Algérie est situé au cap Ténès. On la retrouve ensuite dans le massif du Chenoua puis au Sud Est d'Alger où elle constitue d'importants reliefs sur plus de 125 km de long (massifs de Larba, du Bou Zegza et du Djurdjura). Elle apparaît ensuite au Nord de Constantine (Dj. Sidi

Dris) et on la suit sur 90 km jusqu'au Sud d'Annaba (Zit Emba). La dorsale kabyle se présente sous forme d'écaillés d'âge permo-triasiques à Eocène moyen (Lutézien). Du point de vue lithologique, ces formations comprennent des calcaires du Lias et de l'Eocène, des dolomies du Trias au Lias inférieur et des grès du Permo-Trias. La dorsale kabyle a été subdivisée du Nord au Sud en trois unités qui se différencient par le faciès et l'épaisseur des calcaires : dorsale interne, médiane et externe. En général, les faciès traduisent des conditions de sédimentation de plus en plus profondes lorsque l'on passe des formations de la dorsale interne (dépôts littoraux ou épicontinentaux) à celles de la dorsale médiane (dépôts marneux et plus profonds du Crétacé à l'Eocène) puis aux formations de la dorsale externe (qui montrent souvent des radiolarites au Dogger-Malm) (Bouillin, 1986). Du côté sud, un contact anormal sépare la Dorsale kabyle du domaine des flyschs. Les formations du domaine interne chevauchent le domaine des flyschs et le domaine externe tellien. (Moulley Charaf Chabou 2010)

#### **I.4.2 Le domaine des flyschs :**

Constitué par des nappes de flyschs crétacés-paléogènes qui affleurent dans les zones littorales sur 800 km de long, entre Mostaganem et Bizerte (Tunisie). Il s'agit essentiellement de dépôts de mer profonde mis en place par des courants de turbidités. Ces flyschs se présentent de trois manières : en position interne, superposés aux massifs kabyles, c'est-à-dire rétrocharriées sur les zones internes, et appelés flyschs nord-kabyles ; en position relativement externe à la bordure sud de la Dorsale kabyle (flyschs sud-kabyle) et enfin en position très externe, sous forme de masse isolées flottant sur le Tell charriées jusqu'à une centaine de kilomètres au sud. (Moulley Charaf Chabou 2010)

#### **I.4.3 Le domaine externe :**

Ou domaine tellien constitué par un ensemble de nappes allochtones pelliculaires constituées principalement de marnes d'âge Crétacé moyen à Néogène et qui ont été charriées sur une centaine de km vers le Sud. On distingue du Nord au Sud : (i) les nappes ultra-telliennes, aux formations bathyales du Crétacé et de l'Eocène et une série plus détritique au Sénonien et à l'Eocène, ne sont connues que dans l'Est algérien et en Tunisie. Elles présentent des caractères proches de ceux du flysch massylien. (ii) les nappes telliennes sensu-stricto formées de Lias de plate-forme surmonté de Jurassique plus marneux, puis par le Crétacé qui, détritique, devient marneux à argilo-calcaire et enfin, l'Eocène aux marnes épaisses et les (iii) nappes péni-telliennes dont les séries néritiques du Crétacé à l'Oligocène sont carbonatées et marneuses. Les nappes péni-telliennes, définies dans l'Est algérien, présentent des caractères

proches de ceux du néritique constantinois. Dans le domaine externe existe des unités encore plus externes et d'allochtonie notable, mais moindre, structurées au Miocène moyen qu'on appelle séries de l'avant-pays allochtone ou tellien et se placent entre les nappes telliennes au Nord et l'autochtone ou para-autochtone atlasique au Sud. On distingue ainsi d'ouest en est : (i) l'ensemble allochtone sud-sétifien (séries des Djebels Guergour, Anini, Zdimm, Youssef, Braou, Tnoutit, Sékirine, Tafourer, Agmérrouel, Zana, Azraouat, Hammam, Ain el Ahdjar, Koudiat Tella et série supérieure du Djebel Kalaoun) à matériel carbonaté et marneux du Jurassique au Miocène, et qui apparaît plus à l'ouest dans la fenêtre des Azerou dans la région des Biban. Il se présente sous la forme d'un vaste empilement d'écailles limité par des accidents cisailant (ii) la « nappe néritique constantinoise », à matériel carbonaté épais et massif du Jurassique–Crétacé, et, plus au sud, (iii) l'unité des « écailles des Sellaoua », dont le Crétacé possède des faciès de bassin. (Moulley Charaf Chabou 2010)

## **I.5 MORPHOLOGIE DE LA MARGE OCCIDENTALE DE L'ALGERIE :**

La marge algérienne est une des marges les plus escarpées de la Méditerranée occidentale. Elle se caractérise par un plateau continental très étroit notamment en face des massifs élevés tels que ceux de la Kabylie, d'Alger, du Chenoua ou de Ténès. La largeur du plateau continental n'excède pas 10 km (Cattaneo et al. 2010) et ainsi, le dénivelé moyen est proche de 3500 m sur une largeur d'environ 20 à 30 km. Dans sa partie occidentale, au large de Ténès, la marge algérienne, présente un plateau continental encore plus étroit (<10 km) entaillé par de nombreux canyons. Ces canyons généralement de direction Nord-Sud, rectilignes et étroits, avec des crêtes aigues, servent de voies de transits pour les sédiments (Fig. ). En revanche, en face des bassins néogènes, tels que la Mitidja et le bassin du Chéelif, le plateau continental devient plus étendu et la largeur du plateau peut atteindre quelques dizaines de kilomètres. En mer, alors que le bassin algérien atteint 3000 m de profondeur, à l'Ouest, dans la mer d'Alborán, la profondeur n'excède pas 1000 m. Les fonds marins sont accidentés par des reliefs sous-marins comme l'escarpement de Habibas ou la ride de Yusuf (El-Robrini, 1986).

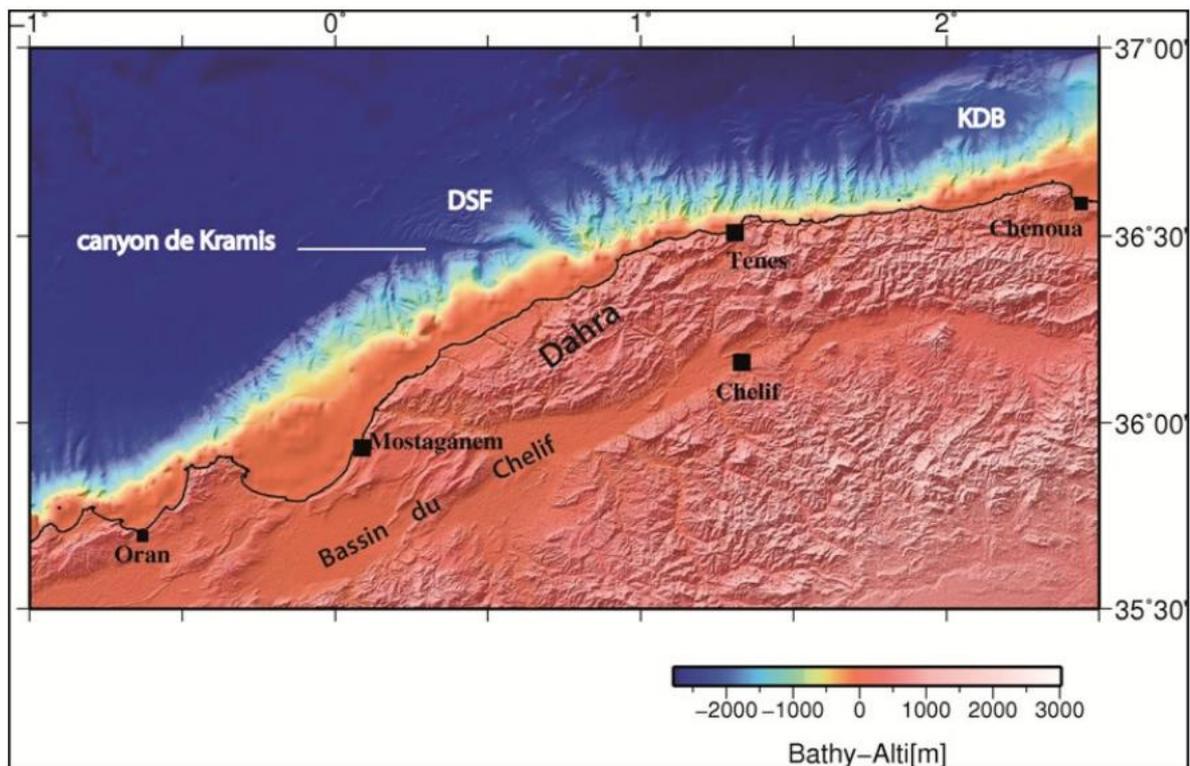


Figure 4 : Carte morpho-bathymétrique de la marge occidentale algérienne  
 . KDB: banc de Khayr-Al-Din. DSF=Deep-Sea-Fan de Kramis. (Rabia BADJI 2014)

# CHAPITRE II : PRESENTATION DE LA REGION D'ETUDE

## II.1 Contexte géographique

### II.1.1 Le bassin du Chélif

Le bassin du Bas-Chélif s'étend depuis la région de Ain Temouchent à l'Ouest jusqu'à celle de Chélif à l'Est sur plus de 300 km de longueur et 100 km de largeur. Perrodon (1957) a subdivisé longitudinalement ce bassin en trois régions géomorphologiques distinctes. Une région orientale bordée par les massifs du Dahra, des Beni Mnacer et de l'Ouarsenis, une région centrale formée par les plaines de Relizane, d'El Habra et le Plateau de Mostaganem et enfin une région occidentale encadrée par les massifs d'Oran, d'Arzew, des Tessala et des Beni Chougrane.

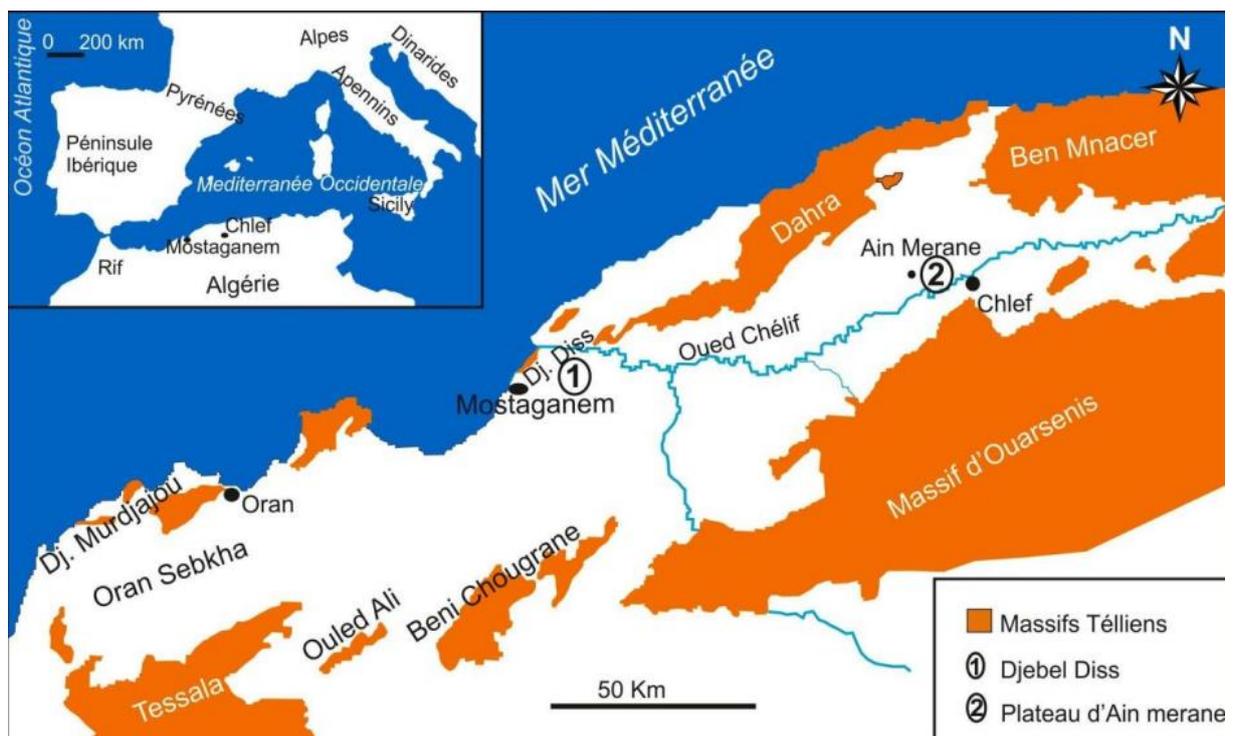


Figure 5 : Localisation géographique du bassin du Bas Chélif (d'après Perrodon, 1957; modifiée par M BELHADJI Ahmed 2021)

## **II.1.2 Ténès, Dahraa :**

### **II.1.2.1 Ténès :**

Ténès est une ville côtière de la mer Méditerranée, située à environ 215 km à l'est d'Alger et à 230 km à l'ouest d'Oran. Elle se trouve dans la wilaya de Chéelif, à 53 km au nord de la ville de Chéelif et à 108 km de Cherchell. La ville est bâtie sur un plateau surplombant la mer, ce qui lui confère une position stratégique en tant que port maritime.

### **II.1.2.2 Dahraa :**

Dahra est une commune située dans la wilaya de Chéelif, au nord-ouest de l'Algérie. Elle est géographiquement positionnée à environ 90 km au nord-ouest de Chéelif, à proximité de la mer Méditerranée. Les coordonnées géographiques de Dahra sont 36° 15' 19" nord et 0° 51' 06" est, et elle s'étend sur une superficie de 207,15 km<sup>2</sup>.

Le Dahra est un massif montagneux étendu et varié faisant partie de l'Atlas tellien occidental. Il est couvert de forêts ou de cultures pauvres et abrite de nombreux cirques et ports de pêche. Il s'étend de l'oued Djer à l'est à l'embouchure du Chéelif à l'ouest ; de la Méditerranée au nord d'à l'oued Chéelif au sud. Il culmine à 1 550 mètres, au mont Zaccar situé au nord de Miliana. Les principaux autres sommets sont les monts Bissa, El Gourine (736 m) et Arbal (1 095 m). Certains massifs calcaires sont truffés des grottes. Le secteur du littoral est appelé « Corniche du Dahra » : Occidental, entre Ténès et Mostaganem ; et Oriental entre Ténès et Cherchell. Ce massif constitue une région très accidentée, à cheval sur les wilayas de Tipaza, Chéelif, Aïn Defla, Mostaganem, Relizane et Blida (extrémité orientale). La ville de Mostaganem est considérée en Algérie comme la capitale de la région.

## **II.1.3 Les monts des Beni-Chougrane :**

L'étude a été menée dans la région des Béni-Chougrane (Mascara-Ouest d'Algérie). La zone d'étude se situe à 35°50' de latitude Nord et 0°06' de longitude Ouest. Les monts de Beni Chougrane constitue une partie de la chaîne montagneuse tellienne de l'ouest algérien, ils s'étendent sur une superficie de l'ordre de 330 000 ha dont 20% dans la wilaya de Sidi-Bel-Abbès, 60% dans la wilaya de Mascara et 20% dans celle de Relizane (B.N.E.D.E.R., 1981). A l'Est, l'oued Mina les sépare des monts de l'Ouarsenis ; ils se prolongent à l'Ouest par les monts de Tessala, ils sont bordés au Nord par la plaine de l'Habra et au sud par les monts de Ghriss. La diversité de son milieu, tant physique, biotique que socio-économique font de cette zone un terrain privilégié pour étudier l'impact de la diversité floristique sur les potentialités

mellifères. Les Monts de Béni Chougrane Trois oueds les traversent (ou les bordent), d'Ouest en Est : Oued Mebtouh, Oued El Hammam et Oued Mina.

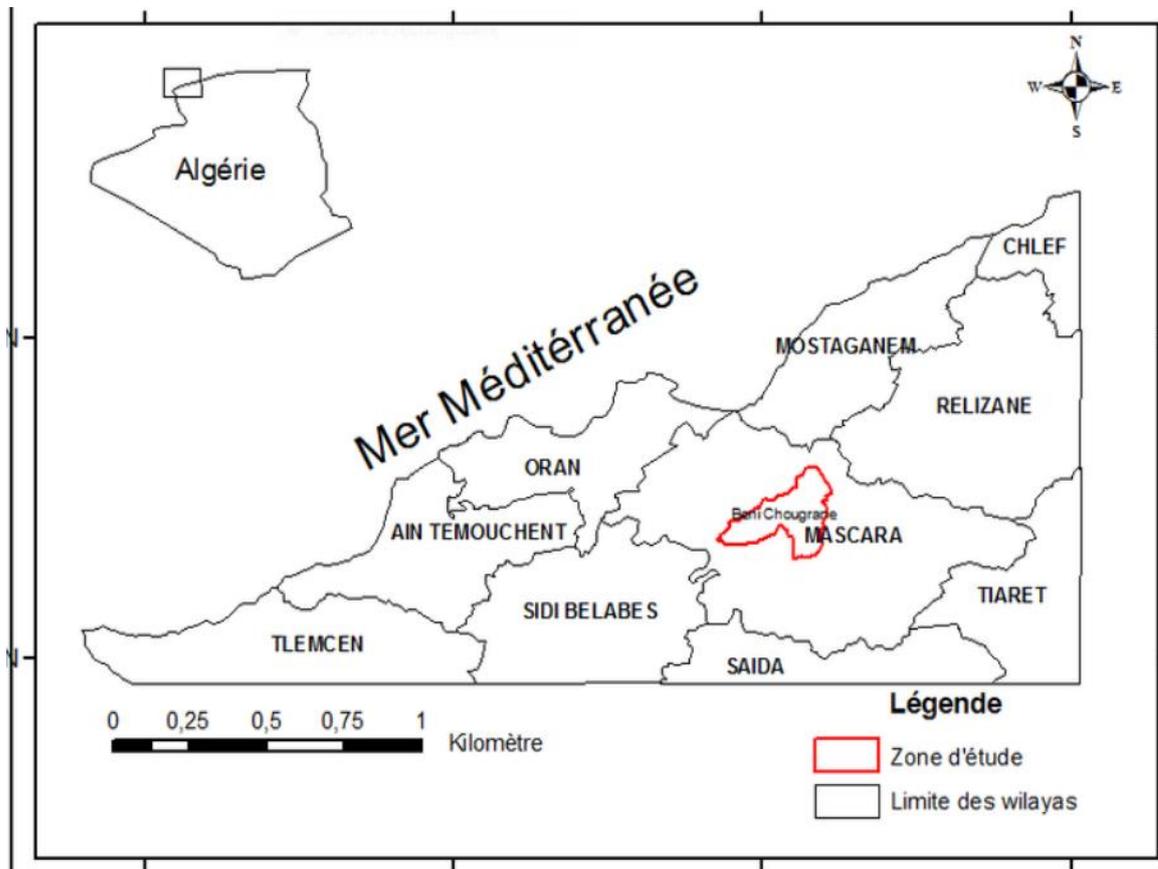


Figure 6: Localisation de la zone de Béni-Chougrane (Zerkaoui L. & al. 2016)

## II.2 Contexte géologique :

### II.2.1 Le bassin du Chélif :

Le bassin du Chélif est un bassin en compression d'âge mio-plio-quaternaire formé lors des dernières étapes de l'orogénèse alpine (Perrodon 1957). Sa genèse est rattachée à l'ouverture du bassin arrière-arc nord-algérien et engendrée par une subsidence tardi-tectonique enclenchée vers 17 Ma. Sa structuration est accompagnée par des mouvements extensifs (10-12 Ma) à l'origine des coulées andésitiques et des intrusions doléritiques (Lévrier et Magné 1975). Son ouverture s'est poursuivie au cours du Serravallien supérieur et au Tortonien inférieur entraînant la mise en place de structures en horst et graben. La série marno-diatomitique tortono-messinienne a permis le remplissage de ces structures. Les phases compressives du Pliocène ont non seulement engendré de nouvelles déformation mais également accentuer les structures plissées héritées du Tortonien supérieur et du Messinien.

La phase compressive quaternaire a entraîné la création de petits bassins allongés de direction Est-Ouest et le rétrécissement Nord Sud du bassin du bas Chélif (Magraoui, 1982). Cette direction de raccourcissement est à l'origine de la déformation actuelle du bassin. Elle résulte de la convergence entre les plaques Afrique et Eurasie (Philip et Thomas 1977).

Le bassin du Bas Chélif est caractérisé par un substratum allochtone d'âge Crétacé à Oligocène (Delteil, 1974) sur lequel repose, en discordance diastrophique (Perrodon, 1957), une couverture néogène. Très épaisse et continue dans la partie centrale du bassin, cette couverture accuse une réduction considérable dans les zones marginales du bassin. Cette réduction est accompagnée par de nombreuses discontinuités et d'importants passages latéraux de faciès.

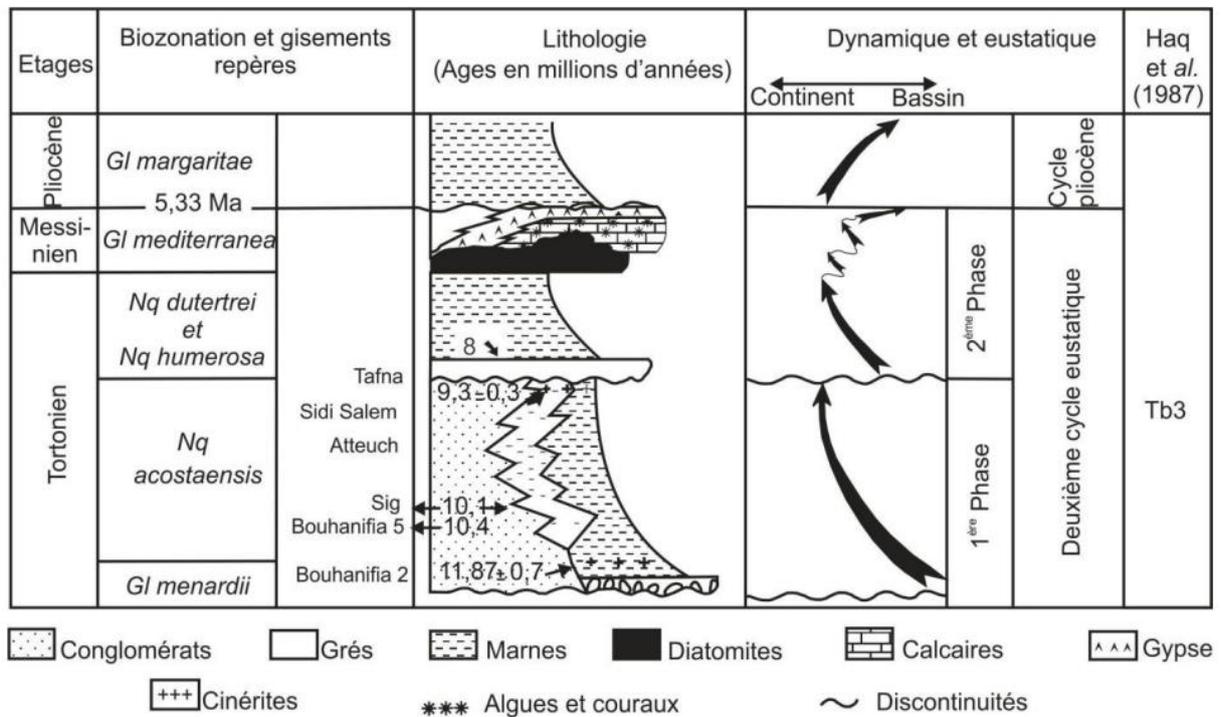


Figure 7: Biozonation et principaux cycles transgressives dans la série type des bassins miocènes de l'Algérie nord-occidentale (Chélif, Tafna) .d'après Belkebir et al. (1996).

## II.2.2 Ténès (Dahraa)

- **Terrains Crétacés et Néogènes** : La région est principalement constituée de formations géologiques datant du Crétacé et du Néogène. Les terrains crétacés, qui sont largement exposés en surface, sont suivis par des formations néogènes, notamment l'Oligocène et le Miocène, qui sont bien représentées dans le massif du Dahra et autour de Ténès. Ces formations comprennent des calcaires, des

marnes et des grès, avec des affleurements notables dans les montagnes environnantes.

- **Affleurements Triasiques** : Des affleurements de roches triasiques, souvent de type lagunaire ou marin, sont également présents, notamment au cœur du Dahra, ce qui témoigne d'une histoire géologique riche et variée.
- **Quaternaire** : Le Quaternaire est représenté par des formations superficielles d'origine alluviale et colluviale, qui jouent un rôle crucial dans l'agriculture locale en favorisant le développement des sols.

### **II.2.3 Les monts Beni-Chougrane**

Les monts Beni-Chougrane se composent principalement de roches sédimentaires, notamment des calcaires, argiles, grès et marnes, datant principalement du Jurassique. Cette diversité lithologique est le résultat de processus géologiques complexes, incluant des plissements et des érosions, qui ont façonné le paysage actuel.

Les altitudes dans cette région varient, culminant à 932 mètres au niveau du Chareb Er-Rih, avec une altitude moyenne autour de 700 mètres. Les formations géologiques incluent des terrains tendres tels que des marnes et des argiles, ainsi que des crêtes rocheuses formées par des roches plus résistantes comme le calcaire et le grès

## **II.3 Contexte géomorphologique :**

### **II.3.1 Bassin de Chélif :**

#### **II.3.1.1 Relief et topographie**

Le bassin du Chélif est dominé par un réseau hydrographique dense, avec des oueds importants comme l'oued Chélif, qui joue un rôle crucial dans le drainage de la région. La densité de drainage est élevée, ce qui reflète un relief marqué et une faible perméabilité des sols, notamment dans les zones où les affleurements de roches carbonatées et marneuses sont prédominants. Ce réseau fluvial a contribué à l'érosion et à la formation de vallées étroites, accentuant la diversité morphologique de la région.

### II.3.1.2 Érosion et gestion des ressources

Le climat méditerranéen de la région, caractérisé par des périodes de sécheresse et des pluies intenses, contribue à des phénomènes d'érosion et de ruissellement. Les inondations récurrentes sont un problème majeur, souvent exacerbées par une gestion inappropriée des ressources hydriques et des sols. L'analyse morphométrique du bassin a permis d'identifier des paramètres clés pour comprendre le comportement hydrologique et les risques d'inondation, soulignant l'importance d'une gestion durable des ressources en eau et en sol.

### II.3.2 Ténès (Dahra) :

#### II.3.2.1 Relief et topographie

- **Massif du Dahra** : Ce massif calcaire présente un relief varié avec des altitudes atteignant jusqu'à 779 mètres au mont Tazanout. Le paysage est caractérisé par des crêtes, des vallées et des plateaux, avec une topographie souvent escarpée.
- **Vallées et plaines** : La région est traversée par plusieurs vallées, dont celles des oueds, qui ont façonné le paysage par leur activité érosive. Le réseau hydrographique est dense, contribuant à l'érosion et à la formation de dépressions et de plaines alluviales.

#### II.3.2.2 Climat et érosion

- **Climat Méditerranéen** : Le climat de la région, méditerranéen et semi-aride, favorise l'érosion des sols et influence la végétation. Les périodes de sécheresse et les fortes pluies peuvent exacerber les processus érosifs, affectant la stabilité des pentes et la qualité des sols.
- **Dégradation environnementale** : La pression démographique et les pratiques agricoles inadaptées aggravent la dégradation des terres, rendant la région vulnérable à l'érosion et à la perte de biodiversité.

La géologie et la géomorphologie de Ténès et du Dahra sont marquées par une diversité lithologique et un relief complexe, avec des formations anciennes et récentes qui témoignent d'une histoire géologique dynamique. La région fait face à des défis environnementaux liés à l'érosion et à la gestion des ressources naturelles, soulignant l'importance d'une approche durable pour préserver son patrimoine naturel.

### **II.3.3 Les montes de Beni Chougrane :**

La géomorphologie des Beni-Chougrane est marquée par une succession de montagnes et de plaines, créant un paysage très compartimenté. Les formes de relief sont principalement convexes, et la région est traversée par des vallées étroites et profondes. Le climat méditerranéen semi-aride de la région favorise l'érosion, ce qui contribue à la dégradation du couvert végétal et des sols en raison de la pression démographique et de la gestion inadaptée des ressources naturelles.

Les monts des Beni-Chougrane jouent également un rôle écologique et hydrologique important, abritant plusieurs barrages et oueds, et faisant l'objet de programmes de reboisement et d'aménagement.

# CHAPITRE III : LA SEISMICITE DE REGION ETUDIE

## I.1 La séismicité du Nord de l'Algérie :

### I.1.1 Les caractéristiques :

L'activité sismique au nord de l'Algérie résulte comme partout dans le Maghreb du rapprochement lent entre la plaque eurasienne et la plaque africaine .La plus importante partie de ce rapprochement est absorbée au niveau de la jonction entre les deux plaques tectoniques. La majorité des séismes algériens se produisent sur la bande côtière du nord de l'Algérie dans l'atlas tellien (chaîne du type alpin). Cette étroite bande dont la largeur est d'environ 100km marque la limite des plaques tectoniques Eurasie Afrique Cette vaste bande de déformation est limitée au sud par les chaînes de l'Atlas Saharien .Les séismes qui s'y produisent sont liés à des structures néotectoniques en plis et pli-failles de direction NE-SO. La sismicité de l'Algérie du nord est localisée dans la zone de jonction des deux plaques tectoniques .Cette bande comprend du nord vers le sud : l'Atlas tellien (tell), les hauts plateaux et l'Atlas saharien. L'activité sismique et son ampleur s'amenuisent à mesure que l'on s'éloigne de vers le sud. Les séismes, généralement superficiels se localisent dans les 20 premiers kilomètres de la croûte terrestre .Ils sont générés par le jeu de failles du type inverse (souvent aveugle) d'orientation NE-SW et ou de coulissement .L'Atlas tellien est la région la plus sujette aux séismes les plus forts mais également destructeurs parce qu'elle est occupée par une forte population.

### I.1.2 Sismicité Historique :

Des indications historiques sur l'Algérie du nord permettent de considérer que l'activité sismique existait bien dans le passé .En effets, plusieurs séismes ont pu être considérés dans l'histoire grâce à l'ampleur des dégâts humains et matériels qu'ils provoquèrent. Le nord de l'Algérie est caractérisé par une activité sismique notable. Les données fournies par les sismographes installés depuis 1910 ne sont pas suffisamment fiables pour décrire cette activité. C'est la raison pour laquelle, les sismologues ce sont penchés sur l'étude des archives. De nombreux catalogues de la sismicité historique ont été établis depuis la fin du 18 éme siècle .Citons ceux du CRAAG(1994) pour la période de 1365 à 1992, Harbi (2006) pour l'est algérien pour la période 419 à 2002, CRAAG (2002) couvrant la période 1992 à 2001, Harbi(2001) pour l'est algérien de 1850 à 2000. Le catalogue de Benouar (1994) et celui de l'International Séismologiques Center (ISC).

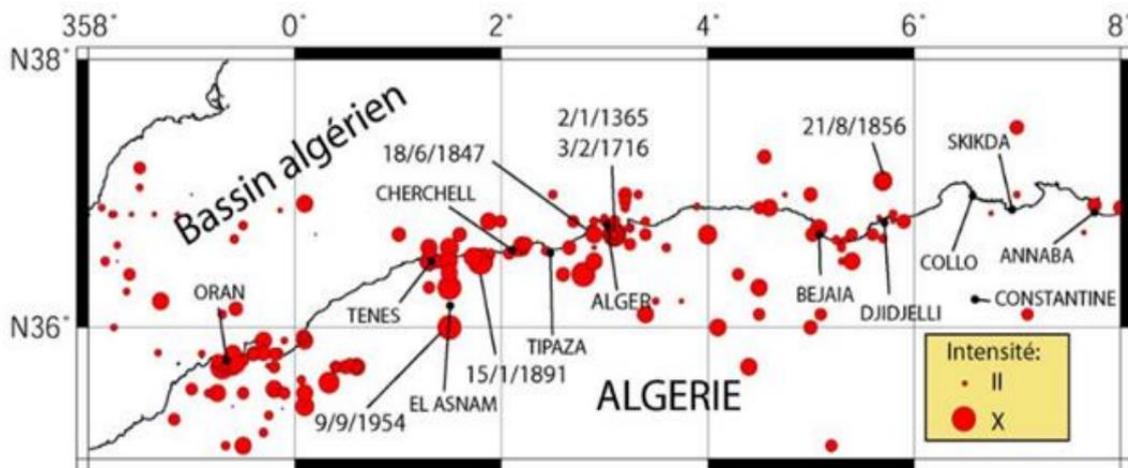


Figure8 : Carte de la sismicité historique (bases des données du CRAAG et USGS, de 1365 à 1972 (L'intensité est indiquée à l'échelle MSK).

La connaissance de la sismicité historique repose sur une analyse documentaire d'archives historiques notamment dans les récits historiques. Or, les catalogues de la sismicité en Algérie disponibles ne couvrent qu'une très courte période de l'histoire sismique de l'Algérie à cause du manque de documents ou d'archives correspondants surtout aux époques médiévales et antiques. Les premiers documents historiques retrouvés retraçant l'activité sismique en Algérie décrivent un événement majeur dans la région d'Alger en 1365. Antérieurement à cette date seule les séismes de l'an 42 de Dellys, de l'an 419 qui avait dévasté Setifis (Sétif), le séisme d'Ain Témouchent en l'an 700 et celui de Timgad en l'an 800 sont simplement mentionnés faute d'archives historiques. La sismicité du nord de l'Algérie a fait l'objet de nombreux travaux. Les premières descriptions détaillées des séismes furent menées par Perrey en 1848

Mais c'est Alsuyuti qui fut le premier auteur à avoir décrit le séisme qui secoua la ville d'Alger le 3 janvier 1365. De nombreux travaux plus récents ont été menés par Mme Hée, 1950 ; Rothé, 1950 ; Grandjean, 1954 ; Benhallou et Roussel, 1971 et bien d'autres. Les reliefs du nord de l'Algérie sont plus au moins parallèles à la marge et ils sont donc orthogonaux à la direction de convergence des deux plaques tectoniques Afrique-Eurasie. Dans ce qui suit, nous mentionnons très succinctement les principaux événements sismiques les plus connus par région. Il faut mentionner que la déformation se fait de manière distincte dans ces 3 régions. A l'ouest, il s'agit beaucoup plus de mouvements compressifs de direction NNWSSE et les failles sont généralement inverses tandis qu'à l'Est la déformation est assurée

essentiellement par des mouvements de coulissage. Notons également que l'activité sismique se manifeste principalement en continent tandis qu'au centre et à l'ouest elle se déroule aussi bien sur la marge qu'en continent

### **I.1.3 Séismicité instrumentale :**

Contrairement à la sismicité historique, la sismicité instrumentale a été largement analysée dans plusieurs travaux et ce depuis l'installation de la première station sismologique d'Alger en 1910.

Les séismes détectés sont distribués le long de zones de failles et des plissements hérités de temps géologiques très anciens. Les zones les plus actives sont la région d'Chleff, la Mitidja, de Mascara. La sismicité dans le constantinois est notable. Alors que les hauts plateaux et l'atlas saharien présentent une activité sismique très faible.

La première station sismologique en Algérie fut installée en 1910, cependant, les stations sismologiques ne furent utilisées de façon crédible et méthodique qu'à partir des années 1970. Grâce à l'augmentation du nombre de station sismologique et à l'enregistrement avec une meilleure dynamique, il est devenu non seulement possible de localiser les épencentres avec une meilleure précision qu'autres fois mais également d'en faire le lien avec le type de structure géologique lorsque cela est possible. De plus une sismicité instrumentale fondée sur un si peu de temps est tout à fait insuffisante pour indiquer la sismicité d'une zone de jonction sismique très complexe.

## **I.2 La séismicité du Nord –Ouest de l'Algérie**

### **I.2.1 Séismicité historique :**

C'est une région est assez active et de sismicité également artificielle dont les hypocentres n'excèdent guère 20km de profondeur .La sismicité est essentiellement concentrée une bande étroite le long des bordures des bassins néogènes quaternaires intra montagneux qui longent la côte. Cette région avait connu un violent séisme (séisme d'Oran en 1790) .La séismicité de cette région emprunte l'axe Oran- Mostaganem – Relizane –Mascara .Les principaux foyers se localisent dans la plaine de Sig et des Beni-Chougrane, les monts du Zaccar et de Meliana et enfin la région de Chélif.

- Oran à subit plusieurs violents séismes parmi lesquels on peut citer les séismes de 1790( I =X –XI) -1836( I= VI) -1861(I= VII) de 1889( I =VII) - Ténès en 1867 - Gouraya 1891 – Mascara (29/11/1887 I = X et 1819 I = IX). Les récits sur le séisme historique du

9/10/1790 indiquaient qu'il était l'un des plus désastreux. Il a été ressenti jusqu'à Malte et avait causé la destruction à peu près la totalité des habitations et provoqua la mort de plus de 3000 personnes.

## **I.2.2 Séismicité instrumentale de la région Nord –Ouest**

L'activité sismique en période instrumentale a été assurée à partir de 1955 par la station sismologique de Relizane et par les stations sismologiques installées près des barrages de Sidi Mohamed Benaouda et de Meffrouche (Tlemcen). De nos jours cette région dispose d'une station régionale faisant partie du réseau national télémétrique. Elle permet de collecter et de centraliser les données sismologiques des stations unies composantes installées dans la région de l'ouest algérien.

- **Région Ouest:**

Mascara (18/8/1994,  $M = 6$  et 17/8/2005  $M = 4.4$ ) - El Asnam (25/8/1922  $I = X$ , 4/9/1954  $M_s = 6.7$  et 10/10/1980  $M_s = 7.3$ ) - Tipaza (29 octobre 1989,  $M_w = 6.1$ ) - Ain Temouchent (22/12/1999,  $M_w = 5.7$ , en 1912 et en 1959) - Ténès (1956) - région d'Oran (2/2/1910  $I = VII$ , 1949  $I = V$ , 1913  $I = VII$ , 1959  $I = VII$ , 6/6/2008,  $M_w = 5.6$ ). Du point de vue séismotectonique cette région peut être circonscrite en plusieurs zones qui sont

- **La Mesta oranaise :** C'est une zone de déformation appartenant au domaine atlasique. La séismicité très superficielle, généralement faible et diffuse est générée par le jeu survenant dans les chaînes de horsts.
- **la zone tellienne.** Elle comprend les éléments structuraux comprenant les massifs côtiers, la vallée du Cheliff et ceux du tell méridional. L'activité sismique est élevée particulièrement dans la vallée du Chélif et dans la région d'Oran. La vallée du Chélif fut secouée à deux reprises par de forts séismes superficiels ( $< 15 \text{ km}$ ) en 1954 ( $M = 6.5$ ) et en 1980 ( $M = 7.3$ ). Ces deux séismes ont un mécanisme ressemblant aux failles inverses de direction NE-SW à ENE-WSW et avec des axes de pression horizontaux de direction NW-SE.
- **Zone du moyen atlas :** Elle occupe le territoire compris entre la Mesta oranaise à l'est et la Mesta marocaine à l'ouest. Elle se caractérise par une activité sismique assez faible et les séismes qui s'y produisent sont de faibles profondeurs. De toutes les zones sus mentionnées, il ressort que l'activité séismique de la région Nord -Ouest

de l'Algérie se concentre notamment dans deux régions importantes à savoir El Asnam et Oran

**Tableau 1** : Séismes historiques et récents dans le nord de l'Algérie (I o > VI) du catalogue des tremblements de terre en Algérie (Abdelhakim Ayadi , Mourad Bezzeghoud 2015)

Date	Location	Intensité (I)	M(w)	Observations
1790/10/09	Oran	IX-X		L'événement a semblé aussi loin que Malte ; 2000 personnes ont été tuées. Lourds dégâts dans la ville d'Oran et ses environs.
1887/11/29	Mascara	IX-X		Tremblement de terre destructeur avec 80 maisons détruites et 20 personnes tuées.
1954/09/09	Orléansville	X	6.7	Tremblement de terre destructeur, avec 1243 personnes tuées et 20 000 maisons détruites. Un soulèvement de 1,33 m a été observé dans l'épicentre.
1980/10/10	El Asnam	IX	7.3	Tremblement de terre destructeur avec 2633 personnes tuées, 8369 blessés, 348 blessés et 1000 sans-abri.
1994/08/18	Mascara	VII	5.7	171 personnes auraient été tuées, 289 blessées, 1328 sans-abri et 10 000 habitations partiellement ou complètement détruites.

### I.3 La région de Mascara :

Celle-ci, située au sud d'Oran, est le siège d'une activité sismique continue. Du point de vue historique, le séisme violent qui s'est produit le 29 novembre 1887 était d'intensité X. Pour la période récente, cette région a été le siège d'un séisme de magnitude 5,7 le 18 août 1994, qui a fait 22 victimes et des dégâts importants [8]. Le mécanisme focal inverse traduit le régime compressif de la sismicité des monts de Beni Chougrane, un faisceau de plis anticlinaux et de chevauchements qui bordent la région de Mascara. Tout récemment, un séisme de magnitude 4,4 s'est produit le 17 août 2005. Ce séisme a été localisé à l'extrémité est des monts des Beni Chougrane, non loin de la zone épiscopale du séisme du 17 août 1994.

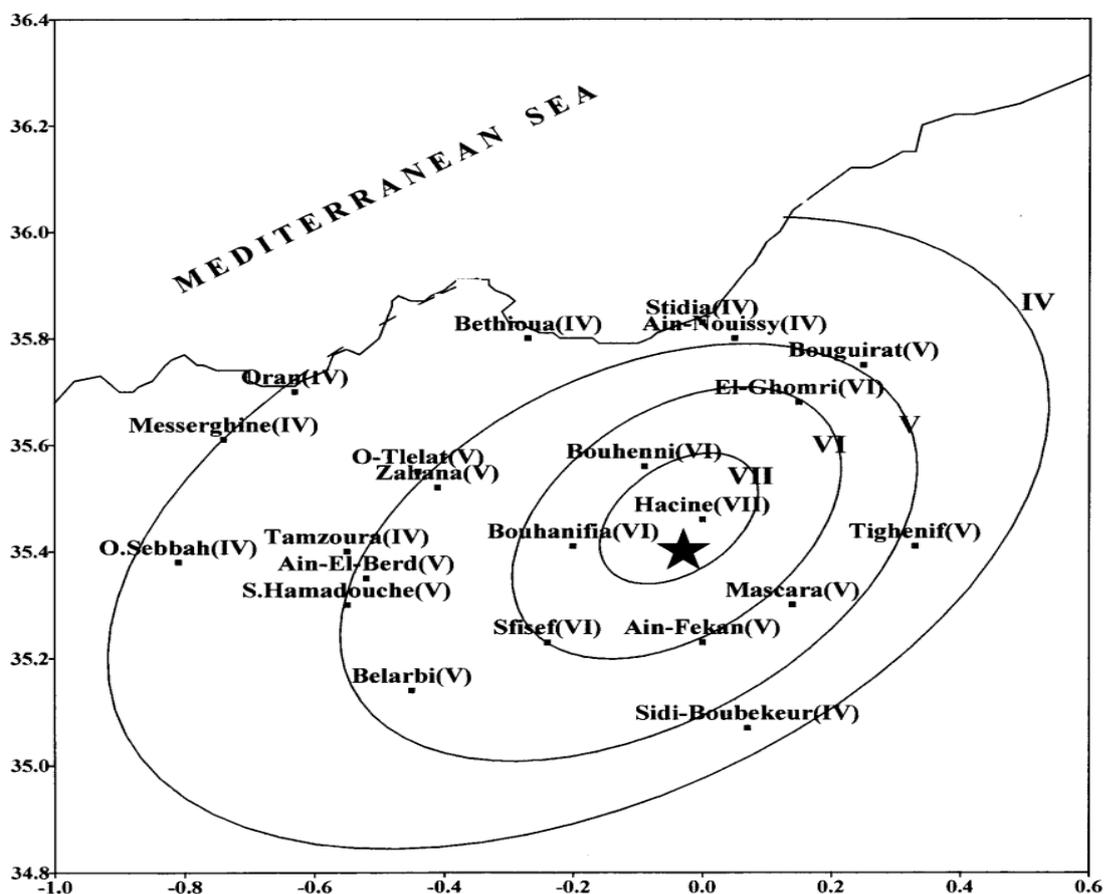


Figure 9: La Carte macrosismique du séisme de Mascara du 18 août 1994, carte inédite du service séismologique (C.R.A.A.G.). L'étoile marque l'emplacement du tremblement de terre.

## **I.4 La région de Ténès :**

Dans cette région, qui a subi le violent tremblement de terre du 25 août 1922 (I = X), on distingue deux structures actives importantes :

### **I.4.1 La faille de Ténès Abou El Hassen (Oued Allalah) :**

Celle-ci se trouve près de la région de Ténès et suit une direction NE–SW. Cette structure est un anticlinal faillé complexe, avec un flanc sud raide. Des reconnaissances transversales à cette structure, effectuées au cours de cette étude, ont confirmé l'interprétation d'anticlinal et ont montré que le pli est brisé par une zone de failles chevauchantes à pendage nord-ouest. Ces chevauchements affleurent en plusieurs endroits le long de la charnière du pli. Ils ont une direction parallèle au pli, un pendage de direction nord-ouest et présentent des miroirs ondulés. La direction moyenne des stries est approximativement perpendiculaire à la direction de l'anticlinal. À 2 km à l'ouest d'Abou El Hassan (Cavaignac), les failles permettent le charriage de roches métamorphiques sur des grès néogènes. Un âge inférieur à 100 000 ans est établi pour cette fracturation à partir des relations le long des failles secondaires observées dans l'Oued Allalah, à environ 2 km au nord du village d'Oued Akacha (Montenotte). En effet, près de l'extrémité sud de ces failles, le substratum néogène est recouvert par une terrasse alluviale présentant un sol gris faiblement développé, ce qui laisse supposer que les dépôts de la terrasse sont âgés de moins de 100 000 ans. Une faille croise le contact entre cette terrasse et le rocher sous-jacent et abaisse ce contact d'approximativement 60 cm vers le nord. Ces observations sont cohérentes avec l'hypothèse que le séisme de Ténès du 25 août 1922 [3] s'est déclenché sur la structure d'Oued Allalah.

### **I.4.2 La zone faillée en mer :**

Une faille active a été localisée en mer, le long du littoral de la région de Ténès. Elle est plus clairement exprimée dans la zone côtière à l'ouest de Ténès. Plusieurs critères ont été retenus :

- le relevé réalisé en 1970 montre des flexures de direction nord-est, avec des flancs nord raides.

Des failles sont localement présentes au cœur des flexures et présentent un abaissement du compartiment nord-ouest selon un plan vertical. Ces structures sont similaires à celles qui sont associées avec les failles actives dans la zone de Chéelif.

- la cartographie montre une faille, de direction nordest et de 15 à 20 km de longueur le long de la projection des flexures. Cette faille montre un abaissement du compartiment nord-ouest selon un plan vertical ;
- ces failles et flexures reposent le long d'une ligne qui sépare une zone déformée, topographiquement plus élevée, au sud-est, d'une zone topographiquement plus basse, soulignée par des terrasses, au nord-ouest. Ces caractéristiques structurales et géomorphologiques se poursuivent en mer jusqu'à environ 15 km à l'ouest de la limite de zone côtière. Elles sont supposées s'étendre le long de la côte au nord de la région d'étude, pour trois raisons :
- à l'est de Ténès, les roches du Néogène ont une direction approximative est-ouest (parallèle à la côte) et un pendage de 60° vers le nord. Ceci laisse supposer une flexure faisant face au nord, qui devrait être similaire à celles qui longent le côté nord de la plaine du Chéelif ;
- plusieurs séismes de taille moyenne ont eu lieu le long de la côte près de Ténès, et un fort séisme a eu lieu près du littoral, au voisinage de la ville de Gouraya, vers l'est ;
- le littoral de la région de Ténès est escarpé et s'élève rapidement, l'altitude atteint couramment 500 à 700 m dès les premières crêtes situées au sud de la côte.

Ces structures sont une image miroir de celles de la région de Chéelif, le long du côté sud de la chaîne, et sont interprétées comme résultant d'une ceinture de failles inverses de direction nord-est, qui s'enfonce au sud-est sous les roches déformées et relativement soulevées de la chaîne ouest du Dahra. Bien que la zone faillée en mer soit décrite comme une fracture continue, les segments émergés sont similaires à la zone faillée de la vallée du Bas Chéelif par leur aspect en segments de faille relativement courts et discontinus. Ils présentent par ailleurs approximativement la même direction, et sont couramment joints par des plis ou des flexures.

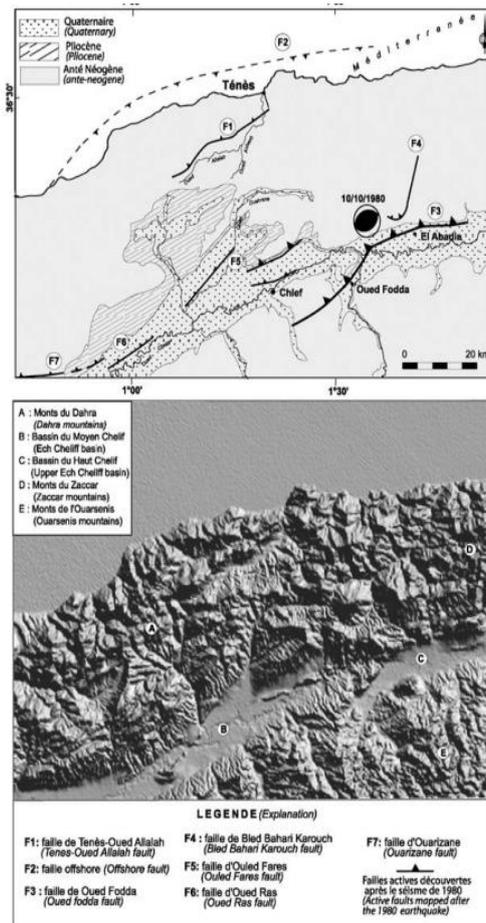


Figure10 : Sismicité de la région de Chélif : (a) MNT, (b) structures actives (A. Yelles-Chaouche et al. / C. R. Geoscience 338 (2006))

## I.5 La région de Chélif :

Cette région a été le siège des deux plus importants séismes du XXe siècle (4 septembre 1954, Ms : 6,7, et 10 octobre 1980, Ms : 7,3) qu'a connus la région ouest-méditerranéenne. Ces deux séismes ont été produits par l'une des failles actives les mieux connues du bassin méditerranéen, la faille du Chélif, pli-faille de direction NE-SW s'étendant sur 36 km. Dans cette région de Chélif, on distingue un ensemble de structures actives :

### I.5.1 La faille de Chélif ou faille d'Oued Fodda :

C'est une faille inverse de direction NE-SW, avec un pendage de 50-60° vers le nord-ouest. À l'exception de son extrémité sud-ouest, elle est associée avec un anticlinal asymétrique présentant un flanc redressé à fort pendage vers le sud-est. Sur presque toute sa longueur, elle juxtapose le substratum déformé plio-pléistocène au nord-ouest contre les alluvions pléistocènes récentes ou holocènes au sud-est. Durant le séisme de 1980, la rupture en surface de 47 km le long de la faille inverse primaire s'étendait vers le nord-est jusqu'à un point situé

approximativement à 3 km à l'ouest d'El Abadia. Les failles secondaires normales s'étendaient jusqu'à un point juste au nord d'El Abadia. Les études paléosismologiques réalisées sur cette faille ont permis de mettre en évidence le taux cumulé de déplacement sur cette faille, ainsi que d'estimer les périodes de récurrence des événements majeurs [31]. Les observations tirées de ces tranchées concordent avec les indices géomorphologiques, qui montrent un taux faible de déplacement à long terme sur la faille. Les données des tranchées indiquent, de plus, que la plus grande partie – et peut-être la totalité – du déplacement postérieur à la formation du paléosol s'est produite assez récemment, probablement à la fin de l'Holocène.

#### **I.5.2 La faille de Bled Bahari Karouch :**

Cette faille se trouve près de l'extrémité nord-est de la faille d'Oued Fodda. Les données sismologiques et géologiques suggèrent que la faille fait partie d'un groupe complexe de structures qui termine la faille d'Oued Fodda et forme la limite est de son compartiment surélevé. Les cartes géologiques existantes montrent que les caractéristiques de cette faille changent avec la direction de sa trace. Cette donnée, complétée par les orientations des stries le long de la faille, suggère que la faille est chevauchante à son extrémité sud et est principalement décrochant, avec une composante horizontale sénestre, le long de sa partie située au nord et au nord-est. Le relevé géologique effectué montre que cette faille a une forme de J. Les stries mesurées sur des surfaces de faille, situées sur une centaine de mètres le long de la trace principale, dans la partie de direction nord-est de la faille, confirment une composante décrochant sénestre significative. La faille se situe aussi dans la large ceinture des répliques qui se sont produites au nord de l'extrémité nord-est de la faille d'Oued Fodda après le séisme de 1980. Cette ceinture de sismicité fait probablement partie d'une large zone diffuse de plis et failles qui agissent à la frontière est du compartiment soulevé de la faille d'Oued Fodda.

#### **I.5.3 La faille d'Ouled Farès et des Montagnes rouges :**

Sur les photographies aériennes, la faille forme un linéament facilement identifiable, défini par un contact rectiligne entre les alluvions holocènes et le substratum déformé. On remarque aussi un alignement des têtes de cônes de déjection, ainsi que, localement, les bords déformés des dépôts pléistocènes récents de crue de la plaine. Géologiquement, la structure consiste en une flexure à flanc sud-est raide, parallèle au linéament vu sur la photo aérienne. La flexure est développée dans les conglomérats, les grès et les molasses d'âge Villafranchien. L'orientation de la flexure varie de N40E à N50E et son pendage varie de 5 à 15° vers le

nord-ouest jusqu'à 40 à 60° vers le sud-est. La faille est supposée être une faille inverse plongeant vers le nord-ouest sous les régions surélevées qui se trouvent à cet endroit.

#### **I.5.4 La faille d'Oued Ras :**

La faille d'Oued Ras se trouve au sud-ouest de la précédente. Cette faille est définie sur les photos aériennes par un linéament de direction NE–SW qui sépare le substratum rocheux déformé des cônes de déjections holocènes et des dépôts de crue. Ce linéament coïncide avec la flexure plongeant en direction du sud-est, déformant les conglomérats, les grès et les molasses du Villafranchien. La direction de la flexure est approximativement N40E et son pendage est approximativement de 30° sur le flanc escarpé situé au sud-est. Sur la base de ces caractéristiques, la faille d'Oued Ras est classée comme une faille active probable. La faille est interprétée comme une faille inverse nord-est, à pendage vers le nord-ouest. Près de l'extrémité nord-est de la faille d'Oued Ras, les recherches par photo-interprétation et par investigations sur le terrain ont montré un groupe de cônes de déjection d'âge Pléistocène tardif, qui sont tronqués par un escarpement faisant face au sud-est. Cet escarpement est l'un des éléments définissant le linéament sur la photographie aérienne. Il est parallèle à la flexure

#### **I.5.5 La région d'Ain Defla–monts du Zaccar :**

À l'est de Chéelif, la région d'Ain Defla est le siège d'une intense activité microsismique actuelle, liée à l'activité du mont D'oui ou du Djebel Zaccar jouxtant la côte. À l'extrémité est du Djebel Zaccar s'est produit à Oued Djer, le 31 octobre 1988, un séisme de magnitude.

#### **I.5.6 Séisme d'Orléansville du 9 septembre 1954 :**

Le 9 septembre 1954 à 01h 04 mn 37 s, un séisme d'intensité évaluée entre X et XI dans la zone épicertrale ( $M_s = 6.7$ ) secoue toute la région d'Orléans ville, ville située à 160 km d'Alger .Il est considéré comme le plus violent séisme jamais enregistré en Algérie depuis les cents dernières années. Une forte réplique de magnitude 6.3 a suivi le choc principal à 01 h 49 mn et 48 s. quatre autres répliques ont été enregistrées entre la forte réplique et 09h 28mn 42 s du matin du même jour.

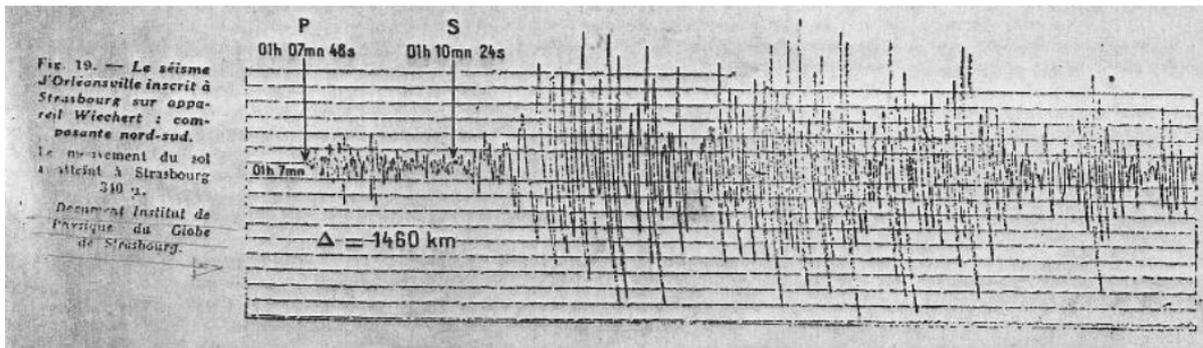


Figure11 : L'enregistrement du séisme sur un appareil de mesure de l'institut de Strasbourg (Institut de Strasbourg Physique du Globe).

La secousse a duré 12 secondes environ et avait détruit les 2/3 de la ville, elle a été suivie par plus de 350 répliques entre septembre et novembre 1954. Ce séisme superficiel (environ 10km de profondeur) dont l'épicentre est localisé dans la localité de Beni Rached a provoqué d'importantes déformations de surface notamment à Beni Rached et Sidi -Djillali .On y observa des cassures et des glissements de terrain .Il a provoqué plus 1200 morts, 5000 blessés et plus de60000 sans abri

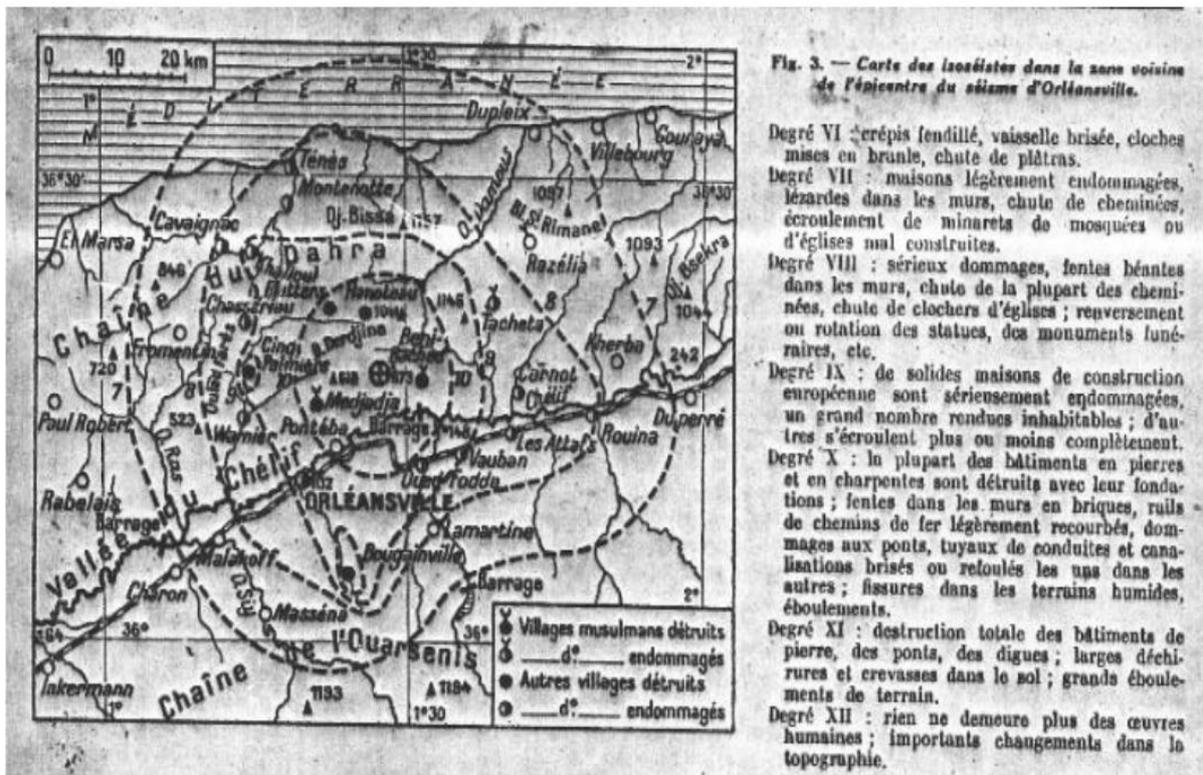


Figure12 : Carte isoséiste à partir de l'épicentre du séisme d'Orléansville (Institut de Strasbourg Physique du Globe).

### I.5.7 Séisme d'El Asnam du 10/10/1980 Le 10 octobre 1980 :

À 12 h 25 mn, un violent séisme de magnitude 7.3 évaluée à partir des ondes de surface et 6.5 à partir des ondes de volume, soit une intensité estimée à IX (échelle MSK) secoua la région d'El Asnam .Il est le troisième séisme violent enregistré durant la période instrumentale après les seimes du 25 /8/1922 (I= X) et du 4/9/1954 (Ms= 6.7). Ce séisme peut être cité parmi les séismes le plus violent non seulement durant la période instrumentale mais le plus destructeur depuis au moins trois siècles dans toute la méditerranée occidentale. Il a causé d'importantes déformations de surface dans la zone épiscoptrale et perturba même le régime des sources d'eau. Il a été causé par la rupture d'une faille inverse et chevauchante faisant partie d'abondantes structures compressives actives qui composent le nord de l'Algérie. Il s'agit d'une faille inverse associée à un anticlinal, de direction NE-SW et à pendage dirigé vers le nord -ouest. La rupture a laissé des traces surface perceptibles sur 40 km le long de la faille avec un rejet vertical maximum observé de 6 mètres. Ce séisme a été ressenti sur un rayon de 250 Km .et provoqua plus de 4000 victimes et 400 000 sans abri. Fut suivi par des centaines répliques parmi lesquelles on dénombre 50 répliques de magnitude supérieure à 4 entre le choc principal et le 31 janvier 1981.

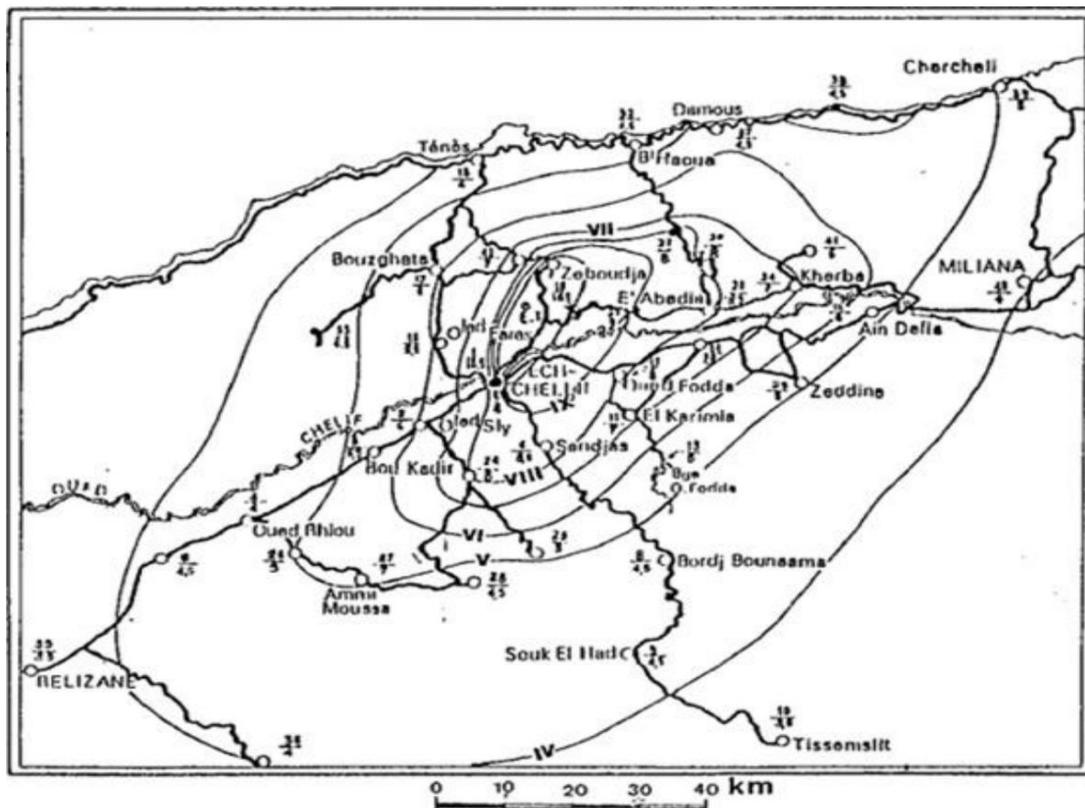


Figure 13: La carte des intensités du séisme du 10/10/1980 Ech- Chélif-Zeboudja(Djeddi Mabrouk2020)

## **CHAPITRE IV : ENGINEERING D'ALEA :**

### **II.1 Méthode d'évaluation d'alea :**

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).

### **II.2 Les étapes fondamentales d'évaluation d'alea :**

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 séismotectonique régionale et la disponibilité des données de la sismicité de la région d'étude.

- La première étape est d'établir un zonage séismotectonique 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 séismotectonique local qui dépend de la distance focale ou épacentrale, de la magnitude, ou de l'intensité épacentrale 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.

### **II.3 Evaluation de l'aléa sismique par l'analyse fréquentielle :**

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 :

$$\mathbf{Log10(N(M))=a-b*M}$$

**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 séismotectonique 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 :

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

$\alpha$  et  $\beta$  représentent les coefficients de régression de Gumbel, peuvent s'exprimer par les relations suivantes :

$$\alpha = 10a, a = \log \alpha$$

$$\beta = b/\log e, b = \beta \log e$$

- 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 ( $R_1$ ) et  $D$  années ( $R_D$ ) et la période de retour ( $Tr$ ) peuvent être estimées selon les équations suivantes (Tezcan 1996) :

$$R(M) = \alpha e^{-\beta M}$$

$$Tr = 1/R(M)$$

#### II.4 Analyse d'aléa sismique :

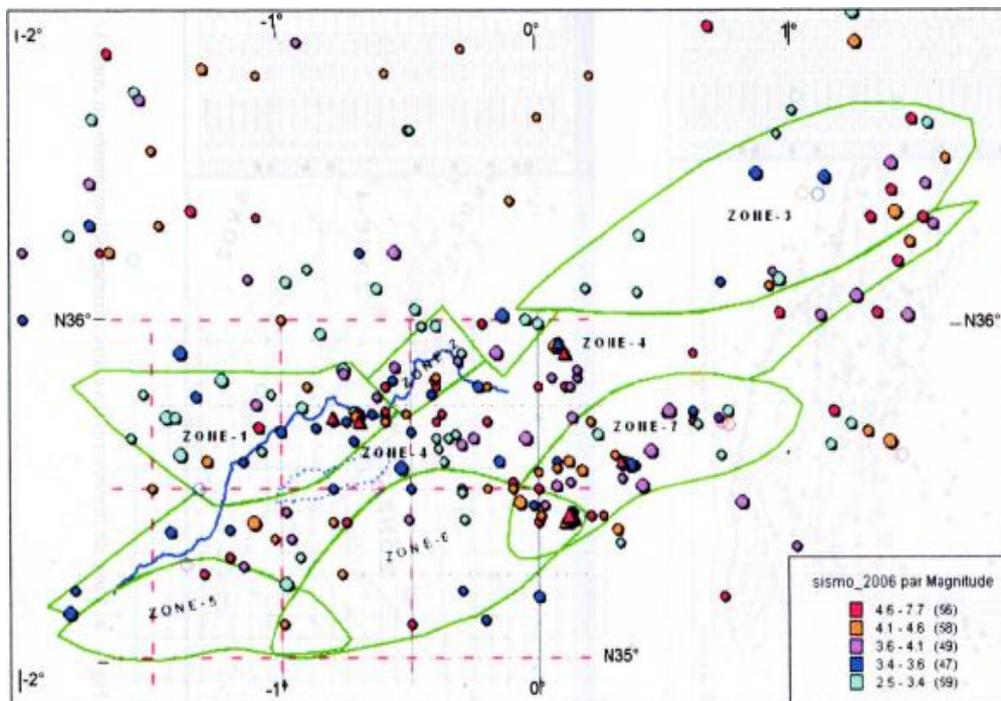


Figure 14 : la carte de la sismicité régionale du littoral oranais 1790-2006, d'après Nadji 2010.

- Analyse fréquentielle des données séismogènes ( $a$  et  $b$  value) en été évalués grâce à la réalisation des courbes de régression de Gutenberg Richter 1956

Cette courbe est le résultat du plotage de  $\log(10)$  de fréquences théoriques ( $f_i$ ) et valeur de magnitude de moment  $M(w)$

- et la proche probabiliste de Gumbel 1958 (double exponentiel) pour résoudre les courbes d'aléa :

Une première courbe qui intéresse de fréquence de non dépassement  $G'(M)_{ndp}$  en fonction de  $M(w)$ . Qui reflète une allure de forme exponentielle inverse.

Une deuxième courbe d'aléa représentative du période de retour en fonction de  $M(w)$ , cette dernière reflète un diagramme de forme exponentielle normale.

#### II.4.1 La zone 3 représente secteur du Dahraa-Ténès :

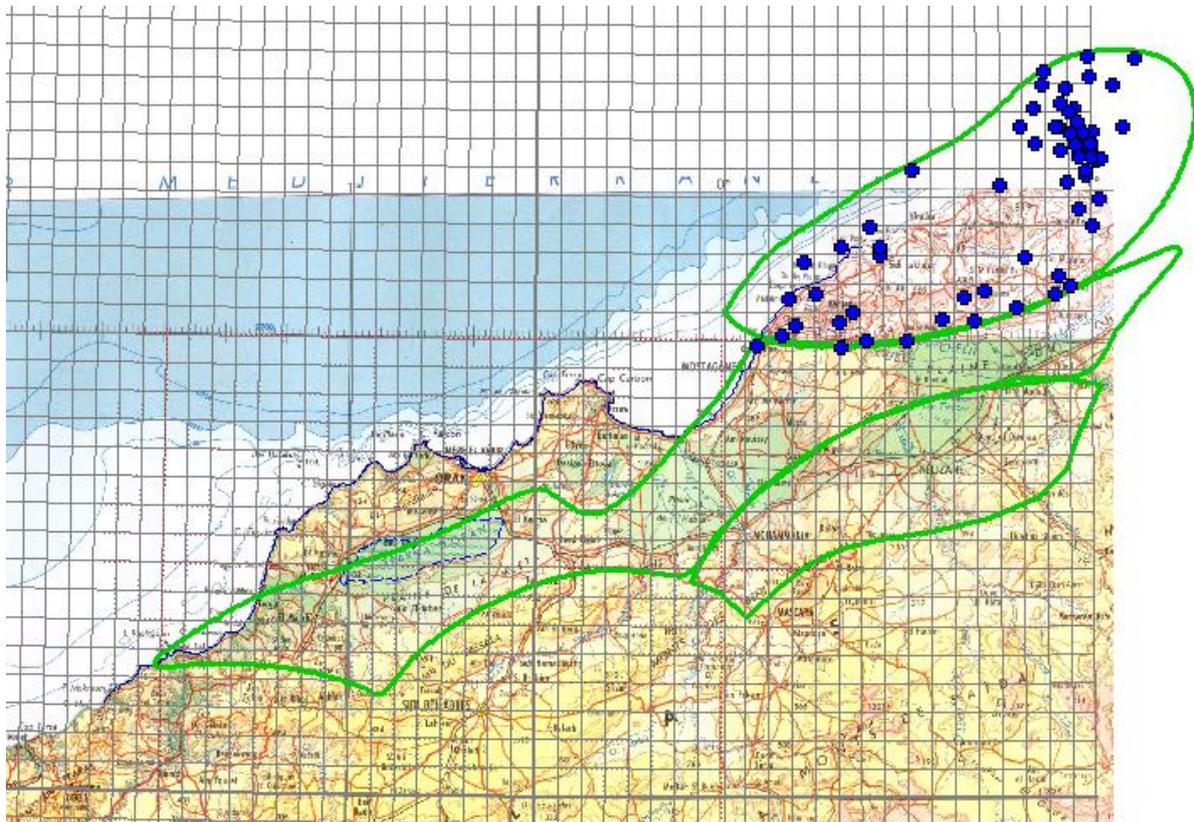


Figure 15: La carte de la répartition séismique de Dahraa-Ténès (zone -3)

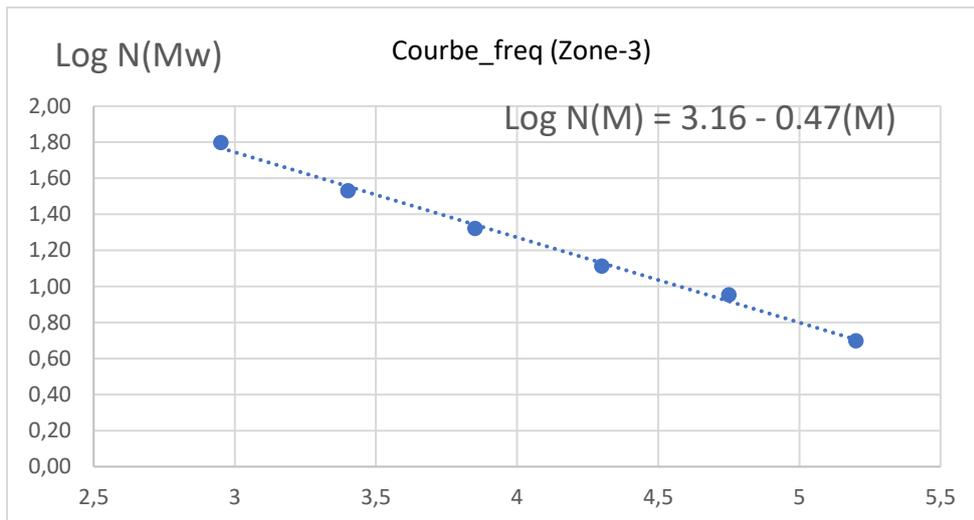


Figure16 : La courbe de fréquence d'occurrence et magnitude de la zone 03.

l'équation :

$$N(M) = 13,37 * e^{-1,08 (M)}$$

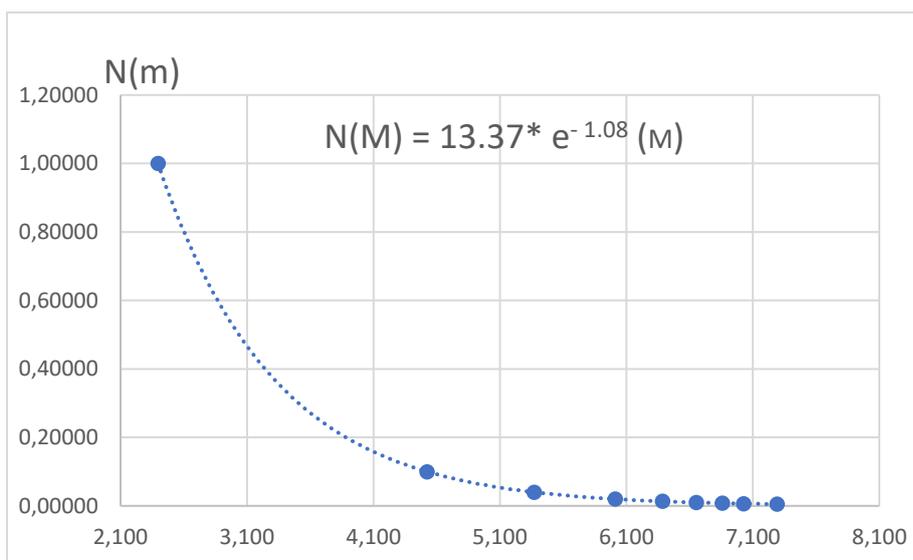


Figure 17: La courbe d'aléa séismique de la zone 3 bas de Ténès-Dahraa

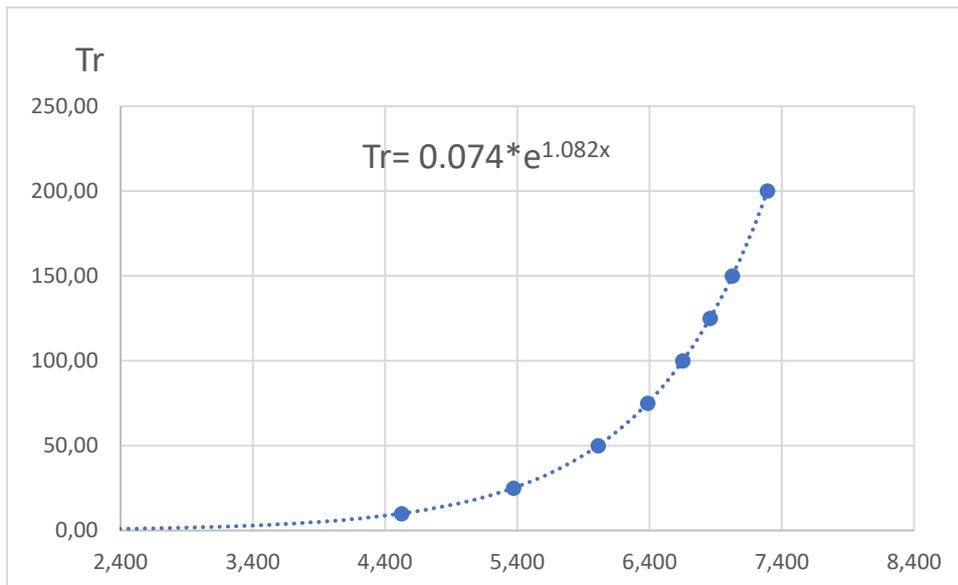


Figure 18 : La courbe d'aléa de la période de retour ( $Tr$ ) en fonction de magnitude de moment  $M(w)$  de la zone 03.

L'équation :  $Tr = 0.074 * e^{1.082 (M)}$  la probabilité de récurrence d'un séisme de magnitude supérieure ou égale à  $M_w 5.6$  est prévue de d'ordre 32 ans pour la zone du Dahraa-Ténès.

#### II.4.2 La zone 4 représente secteur du Bas-Chélif :

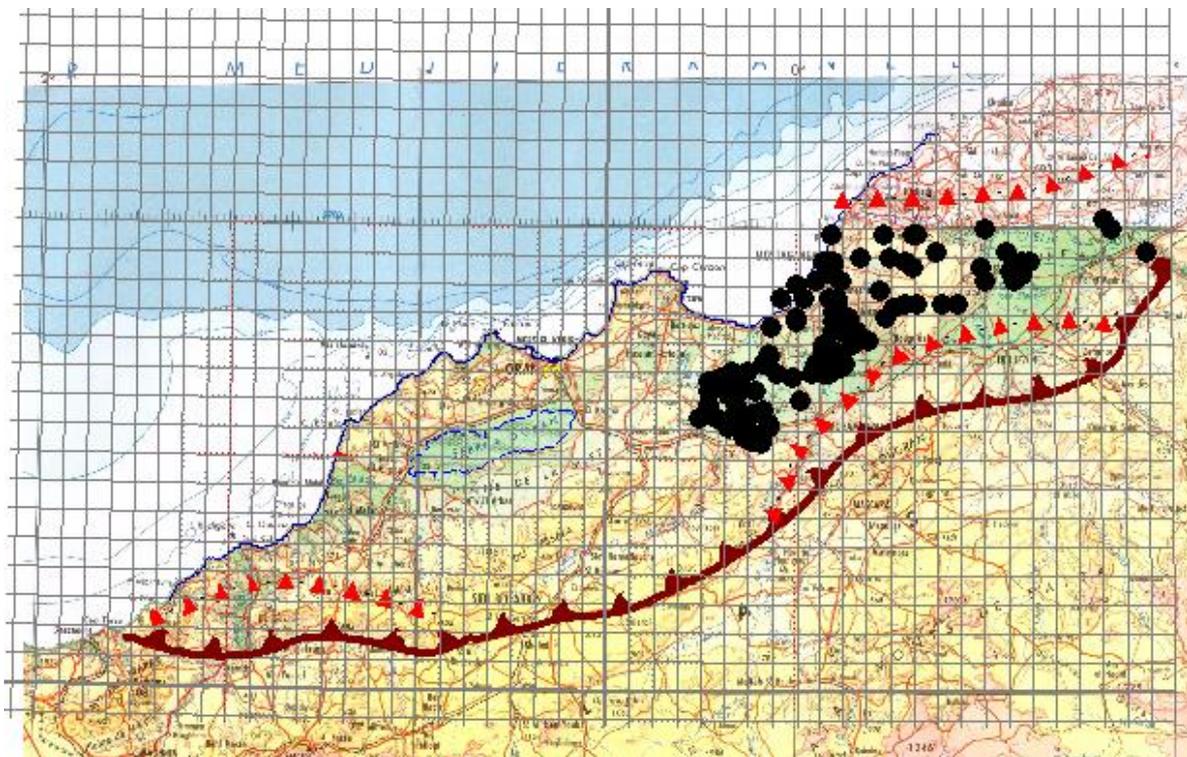


Figure 19 : La carte de la répartition sismique de bas de Chélif (la zone -4)

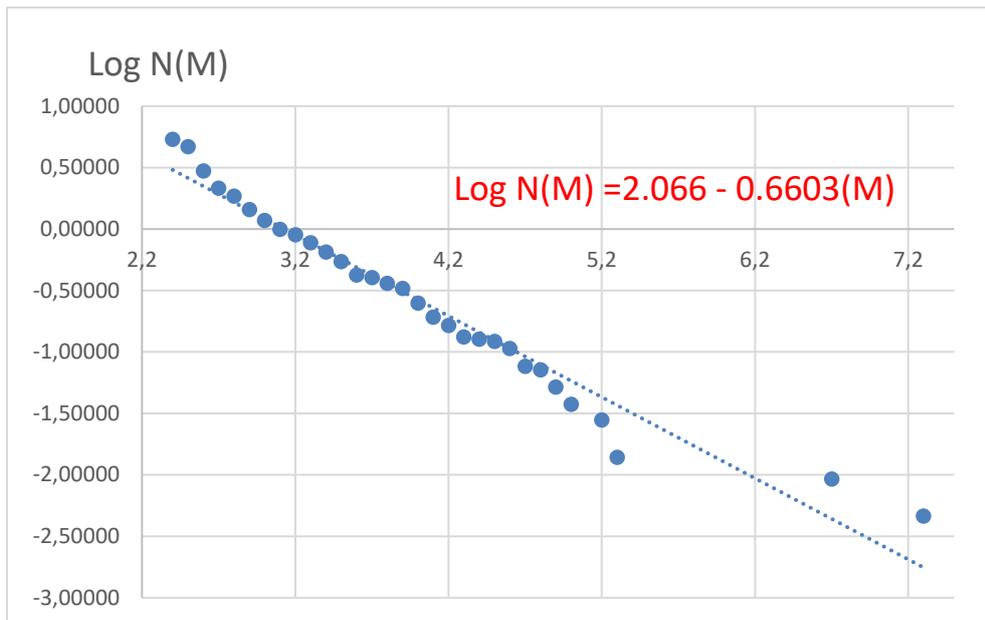


Figure20 : la courbe d'aléa de fréquence d'occurrence et magnitude de la zone 04  
L'équation :  $N(M) = 76,31 e^{-1,174 (MW)}$

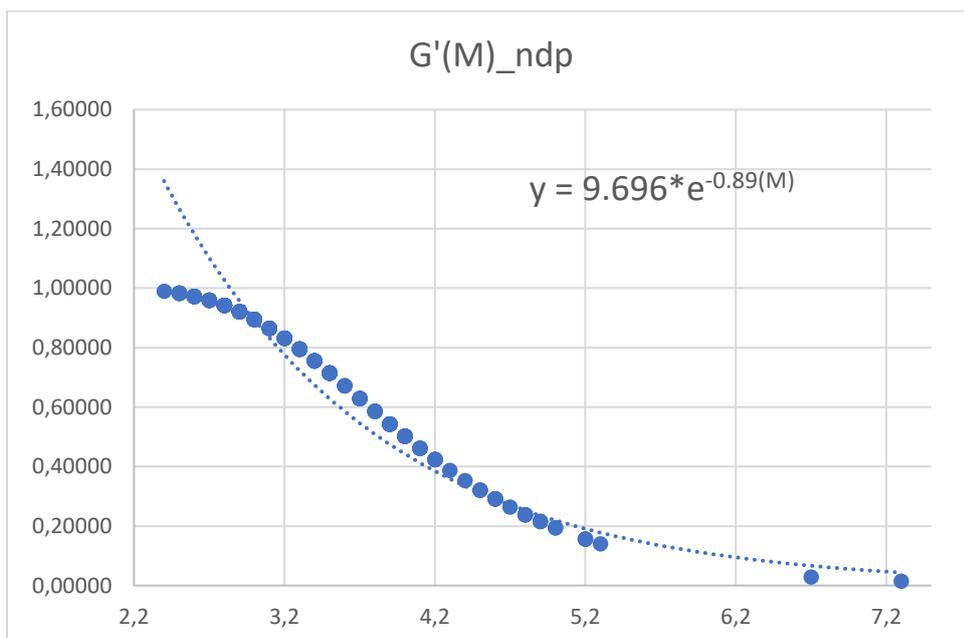


Figure21 : La courbe de fréquence G'(M)\_ndp en fonction de M(w) de z4 bas de Chélif.

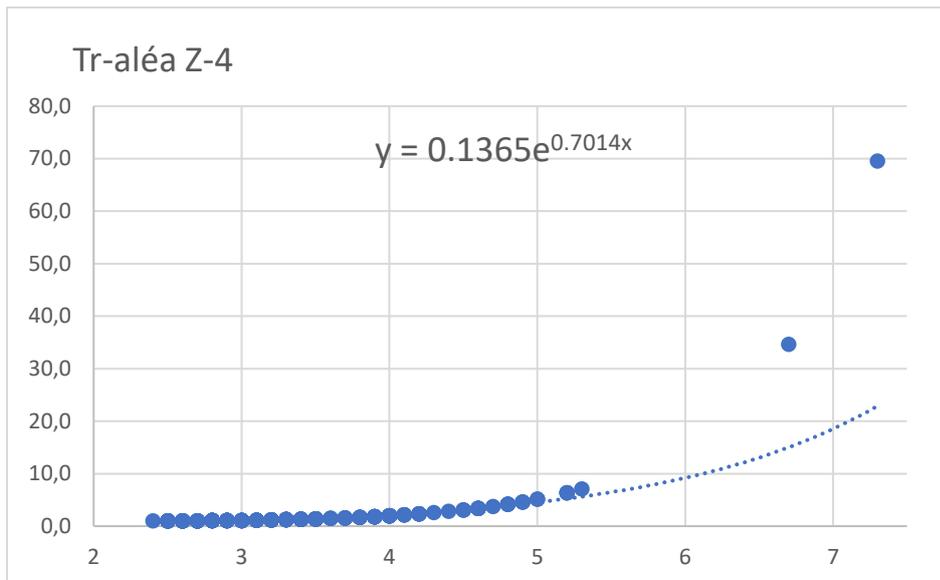


Figure22 : La courbe d'aléa de la période de retour (**Tr**) en fonction de magnitude de moment **M(w)** de la zone 04. L'équation : **Tr = 0.1365\*e 0.7014(M)** la probabilité de récurrence d'un séisme de magnitude supérieure ou égale à Mw 7,3 est prévue de d'ordre 36 ans pour la zone du bas de Chélif.

#### II.4.3 La zone 7 représente secteur du Béni-Chougrane

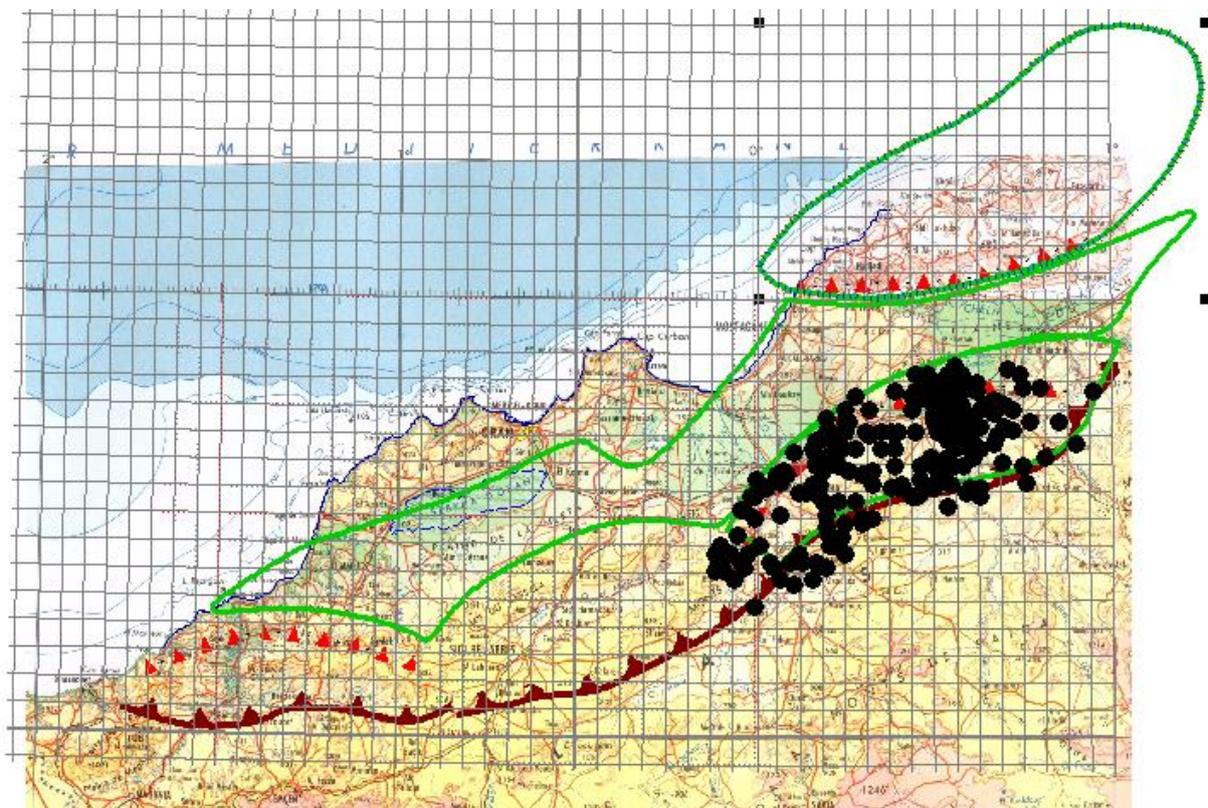


Figure23 : La carte de la répartition sismique de la Beni-Chougrane (zone -7)

Tableau 2 : d'inventaire de l'évènement séismique de la z7 Beni-Chougrane :

Mw	id	rang (J)	date	fi=j-0.5/187	N=- LN(fi)	Log N(M)
2,5	370	1	2002	0,002674	5,9242558	0,772634
2,5	606	1	2009	0,002674	5,9242558	0,772634
2,5	627	1	2009	0,002674	5,9242558	0,772634
2,5	645	1	2009	0,002674	5,9242558	0,772634
2,5	762	1	2011	0,002674	5,9242558	0,772634
2,5	779	1	2011	0,002674	5,9242558	0,772634
2,5	827	1	2011	0,002674	5,9242558	0,772634
2,5	859	1	2011	0,002674	5,9242558	0,772634
2,5	922	1	2012	0,002674	5,9242558	0,772634
2,6	292	10	1999	0,050802	2,9798168	0,474190
2,6	708	10	2010	0,050802	2,9798168	0,474190
2,6	713	10	2010	0,050802	2,9798168	0,474190
2,6	741	10	2010	0,050802	2,9798168	0,474190
2,6	749	10	2011	0,050802	2,9798168	0,474190
2,6	806	10	2011	0,050802	2,9798168	0,474190
2,7	486	16	2008	0,082888	2,4902686	0,396246
2,7	518	16	2008	0,082888	2,4902686	0,396246
2,7	520	16	2008	0,082888	2,4902686	0,396246
2,7	524	16	2008	0,082888	2,4902686	0,396246
2,7	583	16	2009	0,082888	2,4902686	0,396246
2,7	587	16	2009	0,082888	2,4902686	0,396246
2,7	588	16	2009	0,082888	2,4902686	0,396246
2,7	595	16	2009	0,082888	2,4902686	0,396246
2,7	639	16	2009	0,082888	2,4902686	0,396246
2,7	650	16	2009	0,082888	2,4902686	0,396246
2,7	699	16	2010	0,082888	2,4902686	0,396246
2,7	776	16	2011	0,082888	2,4902686	0,396246
2,7	833	16	2011	0,082888	2,4902686	0,396246
2,7	839	16	2011	0,082888	2,4902686	0,396246
2,7	842	16	2011	0,082888	2,4902686	0,396246
2,7	860	16	2011	0,082888	2,4902686	0,396246
2,8	30	32	1913	0,168449	1,7811211	0,250693
2,8	492	32	2008	0,168449	1,7811211	0,250693
2,8	514	32	2008	0,168449	1,7811211	0,250693
2,8	551	32	2008	0,168449	1,7811211	0,250693
2,8	570	32	2008	0,168449	1,7811211	0,250693
2,8	619	32	2009	0,168449	1,7811211	0,250693
2,8	653	32	2009	0,168449	1,7811211	0,250693
2,8	665	32	2010	0,168449	1,7811211	0,250693
2,8	738	32	2010	0,168449	1,7811211	0,250693
2,8	750	32	2011	0,168449	1,7811211	0,250693
2,8	760	32	2011	0,168449	1,7811211	0,250693
2,8	775	32	2011	0,168449	1,7811211	0,250693

<b>Mw</b>	<b>id</b>	<b>rang (J)</b>	<b>date</b>	<b>fi=j-0.5/187</b>	<b>N=- LN(fi)</b>	<b>Log N(M)</b>
2,8	793	32	2011	0,168449	1,7811211	0,250693
2,8	818	32	2011	0,168449	1,7811211	0,250693
2,8	834	32	2011	0,168449	1,7811211	0,250693
2,8	846	32	2011	0,168449	1,7811211	0,250693
2,8	851	32	2011	0,168449	1,7811211	0,250693
2,8	862	32	2011	0,168449	1,7811211	0,250693
2,8	913	32	2012	0,168449	1,7811211	0,250693
2,9	266	51	1996	0,270053	1,3091353	0,116985
2,9	508	51	2008	0,270053	1,3091353	0,116985
2,9	517	51	2008	0,270053	1,3091353	0,116985
2,9	519	51	2008	0,270053	1,3091353	0,116985
2,9	529	51	2008	0,270053	1,3091353	0,116985
2,9	531	51	2008	0,270053	1,3091353	0,116985
2,9	576	51	2008	0,270053	1,3091353	0,116985
2,9	634	51	2009	0,270053	1,3091353	0,116985
2,9	678	51	2010	0,270053	1,3091353	0,116985
2,9	688	51	2010	0,270053	1,3091353	0,116985
2,9	700	51	2010	0,270053	1,3091353	0,116985
2,9	758	51	2011	0,270053	1,3091353	0,116985
2,9	774	51	2011	0,270053	1,3091353	0,116985
2,9	800	51	2011	0,270053	1,3091353	0,116985
2,9	801	51	2011	0,270053	1,3091353	0,116985
2,9	857	51	2011	0,270053	1,3091353	0,116985
3,0	188	67	1991	0,355615	1,0339067	0,014481
3,0	387	67	2003	0,355615	1,0339067	0,014481
3,0	530	67	2008	0,355615	1,0339067	0,014481
3,0	572	67	2008	0,355615	1,0339067	0,014481
3,0	579	67	2009	0,355615	1,0339067	0,014481
3,0	622	67	2009	0,355615	1,0339067	0,014481
3,0	633	67	2009	0,355615	1,0339067	0,014481
3,0	656	67	2010	0,355615	1,0339067	0,014481
3,0	672	67	2010	0,355615	1,0339067	0,014481
3,0	676	67	2010	0,355615	1,0339067	0,014481
3,0	692	67	2010	0,355615	1,0339067	0,014481
3,0	731	67	2010	0,355615	1,0339067	0,014481
3,0	746	67	2011	0,355615	1,0339067	0,014481
3,0	869	67	2011	0,355615	1,0339067	0,014481
3,0	885	67	2012	0,355615	1,0339067	0,014481
3,0	960	67	2014	0,355615	1,0339067	0,014481
3,1	580	83	2009	0,441176	0,8183103	-0,087082
3,1	613	83	2009	0,441176	0,8183103	-0,087082
3,1	616	83	2009	0,441176	0,8183103	-0,087082
3,1	663	83	2010	0,441176	0,8183103	-0,087082
3,1	715	83	2010	0,441176	0,8183103	-0,087082
3,1	734	83	2010	0,441176	0,8183103	-0,087082

<b>Mw</b>	<b>id</b>	<b>rang (J)</b>	<b>date</b>	<b>fi=j-0.5/187</b>	<b>N=- LN(fi)</b>	<b>Log N(M)</b>
3,1	751	83	2011	0,441176	0,8183103	-0,087082
3,1	759	83	2011	0,441176	0,8183103	-0,087082
3,1	815	83	2011	0,441176	0,8183103	-0,087082
3,2	207	92	1993	0,489305	0,7147696	-0,145834
3,2	528	92	2008	0,489305	0,7147696	-0,145834
3,2	590	92	2009	0,489305	0,7147696	-0,145834
3,2	632	92	2009	0,489305	0,7147696	-0,145834
3,2	697	92	2010	0,489305	0,7147696	-0,145834
3,2	723	92	2010	0,489305	0,7147696	-0,145834
3,2	737	92	2010	0,489305	0,7147696	-0,145834
3,2	874	92	2012	0,489305	0,7147696	-0,145834
3,3	441	100	2005	0,532086	0,6309510	-0,200004
3,3	511	100	2008	0,532086	0,6309510	-0,200004
3,3	559	100	2008	0,532086	0,6309510	-0,200004
3,3	716	100	2010	0,532086	0,6309510	-0,200004
3,4	20	104	1911	0,553476	0,5915370	-0,228018
3,4	38	104	1919	0,553476	0,5915370	-0,228018
3,4	56	104	1947	0,553476	0,5915370	-0,228018
3,4	69	104	1951	0,553476	0,5915370	-0,228018
3,4	72	104	1953	0,553476	0,5915370	-0,228018
3,4	76	104	1955	0,553476	0,5915370	-0,228018
3,4	88	104	1957	0,553476	0,5915370	-0,228018
3,4	89	104	1957	0,553476	0,5915370	-0,228018
3,4	99	104	1958	0,553476	0,5915370	-0,228018
3,4	578	104	2009	0,553476	0,5915370	-0,228018
3,4	671	104	2010	0,553476	0,5915370	-0,228018
3,4	682	104	2010	0,553476	0,5915370	-0,228018
3,4	704	104	2010	0,553476	0,5915370	-0,228018
3,5	93	117	1957	0,622995	0,4732173	-0,324939
3,5	101	117	1959	0,622995	0,4732173	-0,324939
3,5	165	117	1981	0,622995	0,4732173	-0,324939
3,5	179	117	1988	0,622995	0,4732173	-0,324939
3,5	231	117	1995	0,622995	0,4732173	-0,324939
3,5	232	117	1995	0,622995	0,4732173	-0,324939
3,5	404	117	2004	0,622995	0,4732173	-0,324939
3,5	479	117	2007	0,622995	0,4732173	-0,324939
3,5	483	117	2007	0,622995	0,4732173	-0,324939
3,5	694	117	2010	0,622995	0,4732173	-0,324939
3,5	725	117	2010	0,622995	0,4732173	-0,324939
3,5	970	117	2014	0,622995	0,4732173	-0,324939
3,5	990	117	2016	0,622995	0,4732173	-0,324939
3,6	260	130	1996	0,692513	0,3674277	-0,434828
3,6	395	130	2003	0,692513	0,3674277	-0,434828
3,6	442	130	2005	0,692513	0,3674277	-0,434828
3,6	631	130	2009	0,692513	0,3674277	-0,434828

<b>Mw</b>	<b>id</b>	<b>rang (J)</b>	<b>date</b>	<b>fi=j-0.5/187</b>	<b>N=- LN(fi)</b>	<b>Log N(M)</b>
3,6	849	130	2011	0,692513	0,3674277	-0,434828
3,7	407	135	1900	0,719251	0,3295444	-0,482086
3,7	503	135	2008	0,719251	0,3295444	-0,482086
3,7	966	135	2014	0,719251	0,3295444	-0,482086
3,8	418	138	2004	0,735294	0,3074847	-0,512176
3,8	439	138	2005	0,735294	0,3074847	-0,512176
3,8	463	138	2007	0,735294	0,3074847	-0,512176
3,8	468	138	2007	0,735294	0,3074847	-0,512176
3,8	952	138	2014	0,735294	0,3074847	-0,512176
3,9	406	144	2004	0,767380	0,2647736	-0,577125
3,9	470	144	2007	0,767380	0,2647736	-0,577125
3,9	950	144	2014	0,767380	0,2647736	-0,577125
3,9	964	144	2014	0,767380	0,2647736	-0,577125
3,9	965	144	2014	0,767380	0,2647736	-0,577125
3,9	968	144	2014	0,767380	0,2647736	-0,577125
4,0	14	150	1904	0,799465	0,2238122	-0,650116
4,0	17	150	1907	0,799465	0,2238122	-0,650116
4,0	35	150	1919	0,799465	0,2238122	-0,650116
4,0	58	150	1949	0,799465	0,2238122	-0,650116
4,0	100	150	1958	0,799465	0,2238122	-0,650116
4,0	288	150	1999	0,799465	0,2238122	-0,650116
4,0	956	150	2014	0,799465	0,2238122	-0,650116
4,0	962	150	2014	0,799465	0,2238122	-0,650116
4,1	73	158	1953	0,842246	0,1716832	-0,765272
4,1	96	158	1958	0,842246	0,1716832	-0,765272
4,1	233	158	1995	0,842246	0,1716832	-0,765272
4,1	378	158	2003	0,842246	0,1716832	-0,765272
4,1	400	158	2004	0,842246	0,1716832	-0,765272
4,1	459	158	2006	0,842246	0,1716832	-0,765272
4,1	564	158	2008	0,842246	0,1716832	-0,765272
4,2	122	165	1964	0,879679	0,1281980	-0,892119
4,2	250	165	1995	0,879679	0,1281980	-0,892119
4,2	279	165	1998	0,879679	0,1281980	-0,892119
4,2	438	165	2005	0,879679	0,1281980	-0,892119
4,2	948	165	2014	0,879679	0,1281980	-0,892119
4,3	248	170	1995	0,906417	0,0982557	-1,007642
4,3	389	170	2003	0,906417	0,0982557	-1,007642
4,4	647	172	2009	0,917112	0,0865254	-1,062857
4,4	961	172	2014	0,917112	0,0865254	-1,062857
4,5	220	174	1994	0,927807	0,0749310	-1,125338
4,5	456	174	2006	0,927807	0,0749310	-1,125338
4,6	13	176	1901	0,938503	0,0634696	-1,197434
4,6	18	176	1909	0,938503	0,0634696	-1,197434
4,6	45	176	1925	0,938503	0,0634696	-1,197434
4,6	63	176	1950	0,938503	0,0634696	-1,197434

Mw	id	rang (J)	date	fi=j-0.5/187	N=- LN(fi)	Log N(M)
4,6	120	176	1964	0,938503	0,0634696	-1,197434
4,6	137	176	1969	0,938503	0,0634696	-1,197434
4,6	946	176	2014	0,938503	0,0634696	-1,197434
4,6	949	176	2014	0,938503	0,0634696	-1,197434
4,7	601	184	2009	0,981283	0,0188939	-1,723677
4,7	932	184	2013	0,981283	0,0188939	-1,723677
4,8	643	186	2009	0,991979	0,0080537	-2,094003
5,2	455	187	2006	0,997326	0,0026774	-2,572290

**Effectif 187**

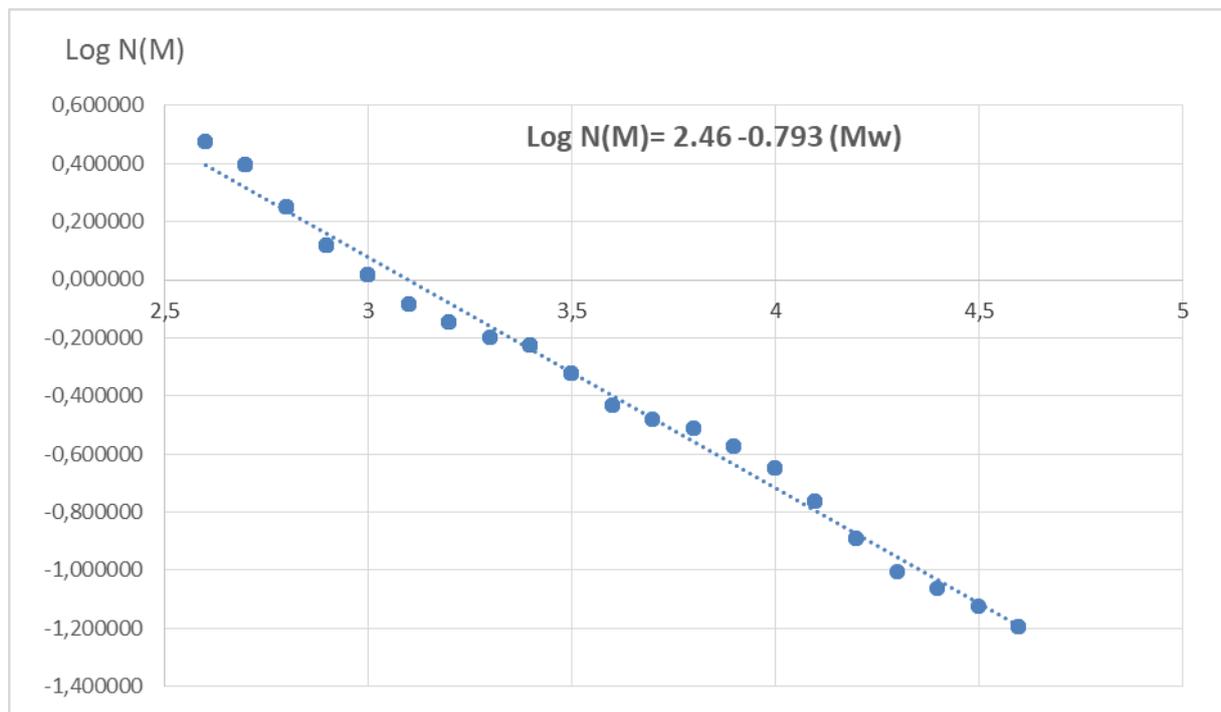


Figure 24: La courbe de fréquence d'occurrence et magnitude de la zone 07.

L'équation de la courbe fréquentielle est :  $N(M) = 288,4 * e^{-1,819 * Mw}$

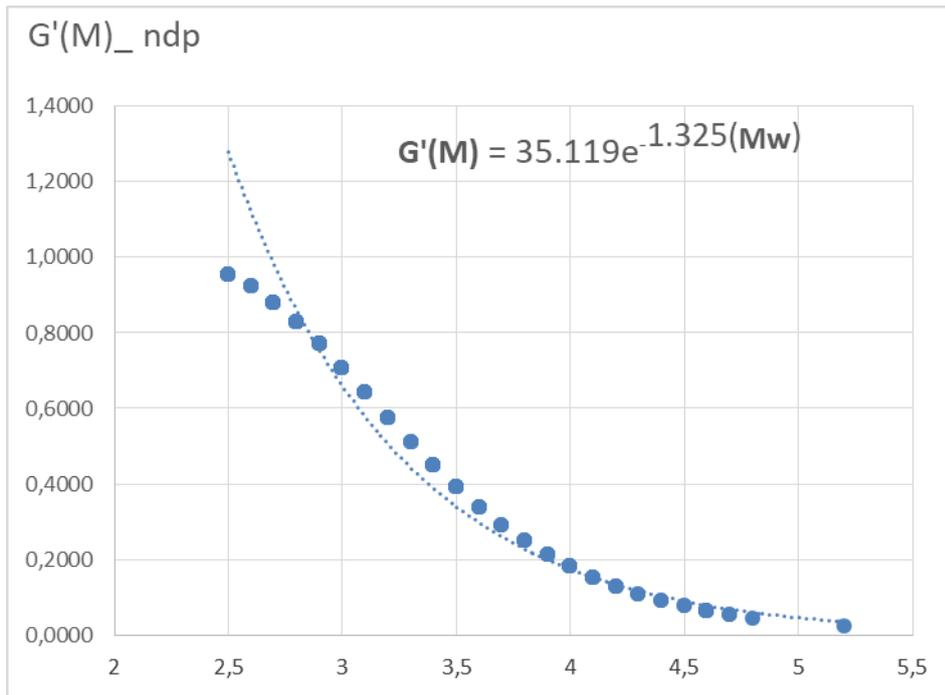


Figure 25: Courbe d'aléa des fréquence  $G'(M)$ \_ndp en fonction des magnitudes de moment  $M(w)$  dans les monts de Beni-Chougrane (Z-7)

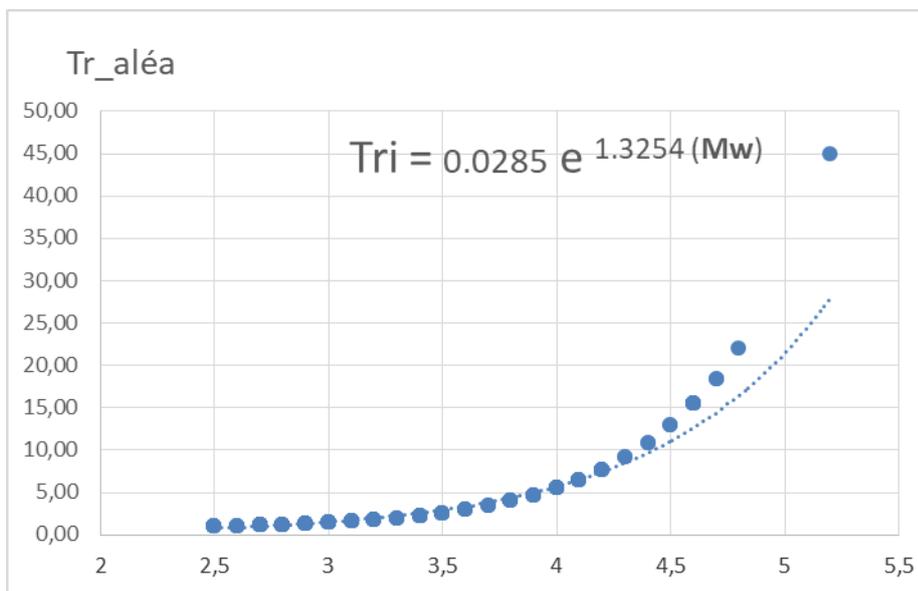


Figure26 : Courbe d'aléa relative aux périodes de retour ( $Tr$ ) en fonction de magnitude de moment  $M(w)$  de la zone (z-7).

N.B : L'équation :  $Tr = 0,0285 * e(1, 3254(Mw))$  exprime la probabilité se récurrence d'un séisme de magnitude supérieure ou égale à  $M_w=5,2$  ; prévue pour les 44 ans à venir pour la zone du Beni-Chougrane.

## II.5 Evaluation de l'activité sismique de la zone étudiée :

D'après les travaux antérieurs sur l'aléa sismique les zones littorales on constate que les valeurs de b- value augmentent depuis la zone de Dahraa-Ténès (Z-3) la zone intermédiaire de bas Chélif (z-4) jusqu'à la zone (z-7) des monts de Beni-Chougrane avec une valeur maximale de **b=0,79**.

- Le b-value augmente de l'ouest vers l'est a noté que la zone de Ténès –Dahraa leur sismicité et modéré b=0,52
- Alors que la zone de bas de Chélif porte les valeurs signifiante supérieur à b=0.66
- De même que la zone sublittoral de Beni Chougrane porte une valeur extrême b=0,79

D'après le résultat obtenu par les méthodes sismiques on constate qu'il existe un lien remarquable entre la géodynamique littorale et l'activité sismique régionale.

Le facteur commun entre ces deux disciplines géologiques est l'énergie potentielle, cette dernière porte plusieurs formes de transition : température + pression + mouvement mécanique (tectonique émergence de faille).

Comme synthèse on propose des établissements d'un tableau récapitulatif des déférente zone traite z3, z4, z7 :

**Tableau: Les paramètres séismogènes des zones z-3, z-4 et z-7 :**

Unités séismogènes	Loi fréquentielle via l'approche Gutenberg - Richter	Paramètre : b – value
Zone-3 ; de Dahraa-Ténès	Log M(N)= <b>3,33 -0.52</b> (Mw)	<b>0,52</b>
Zone -4 ; de bas- Chélif	Log M(N)= <b>2,06 -0.66</b> (Mw)	<b>0,66</b>
Zone -7 ; de Beni-Chougrane	Log M(N)= <b>2,46 -0.79</b> (Mw)	<b>0,79</b>

Les résultats viennent de confirmer l'évolution de l'activité sismique de l'ensemble du littoral oranais. On constate que l'activité sismique progresse de l'ouest vers l'est et de nord vers le sud .

## Conclusion

Conclusion générale déduite sur l'état d'activité sismique des zones séismogènes : Z-3, Z-4 & Z-7 peut être synthétisée comme suit. Dans l'état actuel des connaissances géologiques sont évoluées notamment en domaine des Géosciences jusqu'à l'épreuve de la prévision sismique d'une région donnée pour une période d'observation bien déterminée. Désormais le développement des algorithmes mathématiques et la mutation des programmes informatiques ont permis aux chercheurs d'être convaincus que le risque des tremblements de terre est

Inhérent et devient pratiquement enchaîné à l'épanouissement des sociétés civiles. Notre pays ne peut échapper du sort d'être à l'abri d'encaissait ce danger omniprésent ; où plusieurs séismes notables faisant de bon gré à la compréhension sur l'approche d'engineering d'aléa sismique qui permet à la fois la prévention et la prévision des catastrophes sismiques.

En cet égard, il faut a priori apprendre comment définir le risque, comprendre les mécanismes physiques d'un événement et apprendre comment il agit sur l'aménagement des communautés humaines à l'échelle d'une région donnée.

Notons que les données sismiques que nous avons exploitées sont collectés de plusieurs sources d'inventaires et catalogues régionaux et universels dont leur traitement a permis le classement et la complétude des événements sismiques en plusieurs catégories.

Dans ce modeste travail, nous avons appréhendé les approches probabilistes pour mieux modéliser l'aléa et de mieux présenter les paramètres séismogènes à la faveur des coefficients et des attribues géospatiales.

Les régions étudiées concernent le littoral oranais qui s'étend entre Ténès-Chélif, les Monts de Beni-Chougrane et la dépression du bas-Cheliff. Quant à l'approche analytique de l'aléa sismique nous avons opté à l'utilisation des lois fréquentielles : la loi de Gutenberg-Richter 1956 et celle de Gumbel 1958. Ces approches

Nous ont permis d'estimer les valeurs des paramètres sismiques données sous forme de coefficients de la variabilité sismique 'a' et de la vitesse de l'activité sismique 'b-value'. L'interprétation des résultats de données ont permis de contribuer à dénouer l'énigme de la répartition et de l'activité sismique qui dépend du poids de sollicitation des contraintes

tectoniques qui influent certainement sur les grandeurs séismiques affectant l'ensemble des segments littoraux concernant des zones : (Z-3), (Z-4) et (Z-7).

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 l'effet d'un cisaillement profond est prononcé. Ce constat adhère à l'interaction entre le substratum et la couverture de la région littorale selon un relai de failles directionnelles qui s'orientent pratiquement de l'Ouest vers l'Est conformément au méga-Riedel ; in Nadji (2010).

En fin, nous avons effectué une comparaison sur l'aptitude séismique à la faveur des paramètres séismogènes ; 'b\_value' qui expriment vraisemblablement le taux de la vitesse moyenne de l'activité séismique approuvées pour les différentes sources séismiques (événements) qui se distinguent par leur croissante de leur taux énergétique de l'Ouest vers l'Est et du Nord vers le Sud.

## Références bibliographiques

- A. Brives 2014. Les Terrains miocènes du bassin du Chélif et du Dahra A. Brives, <https://gallica.bnf.fr/http://catalogue.bnf.fr/ark:/12148/cb30163275z>
- A. Yelles-Chaouche et al. C. R. Geoscience 338 (2006) La tectonique active de la région nord-algérienne.
- Biju-Duval Bernard, Dercourt Jean et Le Pichon Xavier, 1976 La genèse de la Méditerranée.
- Bouillin Jean-Pierre, 1986 Le Bassin maghrébin : une ancienne limite entre l'Europe et l'Afrique à l'Ouest des Alpes , Bulletin de la Société géologique de France
- Delimi Khadidja, 2022, Etude comparative entre l'activité sismique des zones de littorale Ténès, Mostaganem et Arzew via l'approche fréquentielle, thèse master RG.
- Djeddi Mabrouk 2020: « Contexte géodynamique, structural et sismologique du Nord de l'Algérie » <http://djeddimabrouk.fr.gd>
- Djeddi Mabrouk 2013 : Sismicité de la Région d'Alger : Analyse et synthèse des connaissances actuelles. 35pp, 20 figures, 4 tableaux. Laboratoire de Physique de la Terre, Université M'Hamed Bougara Boumerdes - Algérie, <http://djeddimabrouk.fr.gd>.
- Gumbel, E. J (1958). – Statistics of Extremes, Columbia University Press, New York.
- Gutenberg, B; Richter, C. F (1954). – Seismicity of Earth and Associated Phenomena, Princeton University Press, NJ. 310 pp.
- Hamoud BELDJOUDI 2011 thèse, étude de la sismicité du nord algérien
- M Belhadji Ahmed 2021 thèse, La sédimentation du Miocène supérieur au Pliocène des monts du Dahra (exemples de Djebel Diss et du Plateau d'Ain Merane) : aspects litho-stratigraphiques et micropaléontologiques.
- Mostefa Bessedik , Lahcene Belkebir, Bouhameur Mansour . Le passage Mio-Pliocène dans le bassin du Bas Chélif (Algérie). Biostratigraphie et paléoenvironnements.
- Moulley Charaf Chabou 2010. Article : La chaîne des Maghrébides.
- Mustapha Meghraoui., Silvia Pondrelli , Received February 22, 2011; accepted June 4, 2012. Active tectonics around the Mediterranean .
- Meghraoui M., Maouche S., Chemaï B., Cakir Z., Aoudia A., Harbi A., Alasset P.-J., Ayadi A., Bouhadad Y., and Benhamouda F., Coastal uplift and thrust faulting associated with the Mw=6.8 Zemmouri (Algeria) earthquake of 21 may 2003. Geophys. Res. Lett., 31, L19605, doi:10.1029/2004GL020466, 2004
- Nadji.A, (2010). étude sismotectonique du littoral Oranais – Contribution à l'Aléa sismique, Université d'Oran Es-sénia, Oran, thèse.
- Nadji.A, Belayedi, M. Bezzeghoud, J. Fontiela . Article, fApril 2018, Sismicité de l'Algérie Nord Occidentale entre 1790 et 2016: catalogue sismique <https://www.researchgate.net/publication/324543956> .
- Rabia Badji. Structure profonde de la croûte et potentiel pétrolier des bassins sédimentaires à l'ouest de l'Algérie. Sciences de la Terre. Université Nice Sophia iknAntipolis, 2014.

- REMIL Rachid 2006. utilisation de l'imagerie satellitaire et des sig dans l'analyse phytoécologique et l'aménagement application a la région de beni chougrane.
- ZERKAOUI Laidia, Benslimane Mohamed, HAMIMED Abderrahmane, Abdelkader Khaldi 2016 . problématique d'aménagement et conflit d'usage de l'eau en zone de montagne, cas des monts de Beni Chougrane (Nord-Ouest Algérien).

### Les Annexes des zones sèismogènes

#### La Zone 3 (Ténès-Dahra)

Classes	Bins	Freq_Simpl	FC_crois	FC_decroi	Log N(Mw)
2.50- 2.95	2,95	29	46,03	63	1,80
2.95- 3.40	3,40	13	20,63	34	1,53
3.40- 3.85	3,85	8	12,70	21	1,32
3.85- 4.30	4,30	4	6,35	13	1,11
4.30- 4.75	4,75	4	6,35	9	0,95
4.75- 5.20	5,20	3	4,76	5	0,70
5.20- 5.65	5,65	2	3,17	2	0,30
>	>	0			
	effect (N)=	63	100		

Mw	Id.	rang	Date Event_Jrs	Longitude	Latitude_
2,5	81	1	02/08/1953	1,00	36,25
2,5	83	1	20/09/1953	0,20	36,03
2,5	90	1	15/10/1955	0,92	36,42
2,5	109	1	30/08/1958	0,41	36,20
2,5	119	1	09/06/1960	0,90	36,10
2,5	121	1	26/09/1960	1,00	36,25
2,5	345	1	19/06/1998	0,8	36,24
2,5	423	1	14/08/2002	0,32	36,20
2,5	458	1	08/01/2004	0,84	36,50
2,6	468	10	30/05/2004	0,99	36,14
2,6	504	10	19/09/2005	0,40	36,25
2,6	522	10	11/08/2006	0,99	36,58
2,6	526	10	26/10/2006	0,95	36,29
2,6	531	10	16/12/2006	0,98	36,45
2,6	583	10	23/02/2008	0,32	36,04
2,7	587	16	02/03/2008	0,25	36,10
2,7	610	16	06/05/2008	1,00	36,41
2,7	611	16	06/05/2008	0,96	36,43
2,8	671	19	20/05/2009	1,01	36,39
2,8	690	19	11/07/2009	0,43	36,19
2,8	699	19	17/09/2009	0,43	36,21
2,8	715	19	17/11/2009	1,00	36,42
2,8	730	19	30/12/2009	0,35	36,06
2,8	740	19	13/01/2010	0,95	36,51
2,8	752	19	11/03/2010	0,93	36,35
2,8	795	19	22/08/2010	0,22	36,17
2,9	797	27	26/08/2010	0,99	36,36
2,9	807	27	28/10/2010	1,02	36,31
2,9	863	27	07/04/2011	0,82	36,18
3	866	30	14/04/2011	0,8	36,07
3	883	30	29/05/2011	0,75	36,34
3,1	885	32	04/06/2011	1,03	36,4
3,2	907	33	01/08/2011	1,00	36,46
3,3	908	34	06/08/2011	1,06	36,56
3,3	909	34	08/08/2011	0,59	36,05
3,3	930	34	11/10/2011	0,68	36,05
3,3	966	34	05/03/2012	0,97	36,48
3,3	967	34	05/03/2012	0,95	36,45
3,3	968	34	05/03/2012	0,94	36,5
3,3	969	34	05/03/2012	0,98	36,46
3,4	971	41	05/03/2012	0,91	36,47
3,4	972	41	08/03/2012	0,9	36,47
3,5	974	43	19/03/2012	0,97	36,29
3,6	977	44	24/03/2012	0,97	36,44
3,6	978	44	24/03/2012	1,00	36,4
3,6	979	44	24/03/2012	0,81	36,47
3,7	980	47	25/03/2012	0,96	36,43
3,7	982	47	03/04/2012	0,92	36,52
3,7	983	47	05/04/2012	0,98	36,37
3,8	984	50	06/04/2012	0,97	36,4
3,9	989	51	25/04/2012	1,00	36,43
3,9	992	51	17/08/2012	1,09	36,47
4	1019	53	16/06/2013	0,52	36,37
4	1040	53	05/06/2014	0,65	36,09
4,5	1052	55	12/08/2014	0,87	36,43
4,5	1053	55	16/08/2014	0,75	36,44
4,6	1073	57	07/01/2015	0,78	36,28
4,6	15	57	07/08/1907	0,00	35,8
5,0	44	59	17/12/1926	1,00	35,3
5,2	50	60	24/08/1928	0,6	35,9
5,2	77	60	14/02/1955	1,56	36,53
5,6	777	62	20/02/1958	1,56	36,53
5,6	122	62	01/12/1960	0,10	35,8

**Zone 4 (Bas-Chelif):**

classes	bins	Freq simple	Fr cum_crois	F cum decr	Log N(m)
2.40- 2.96	<b>2,96</b>	66	66	216	2,33
2.96- 3.52	<b>3,52</b>	75	141	150	2,18
3.52- 4.08	<b>4,08</b>	37	178	75	1,88
4.08- 4.64	<b>4,64</b>	22	200	38	1,58
4.64- 5.20	<b>5,20</b>	13	213	16	1,20
5.20- 5.76	<b>5,76</b>	1	214	3	0,48
5.76- 6.32	<b>6,32</b>	0	214	2	0,30
6.32- 6.88	<b>6,88</b>	1		2	
6.88- 7.44	<b>7,44</b>	1			
	>	0	<b>216</b>		

Mw	Id.	Rang (J)	Date Event_Jrs.	Longitude_	Latitude_
2,4	15	1	07/08/1907	0,00	35,80
2,5	20	2	24/07/1912	-0,40	35,70
2,5	26	2	22/10/1912	0,10	35,90
2,5	44	2	20/06/1925	-0,18	35,82
2,5	50	2	24/08/1928	0,60	35,90
2,5	55	2	01/04/1939	0,10	35,90
2,5	56	2	08/01/1941	0,08	35,93
2,5	67	2	05/04/1950	-1,17	35,30
2,5	68	2	06/04/1950	-1,17	35,30
2,5	72	2	21/11/1950	-0,17	35,80
2,6	73	11	30/11/1950	0,10	35,92
2,6	77	11	20/06/1952	-0,20	35,80
2,6	89	11	10/10/1955	-0,83	35,50
2,6	92	11	25/02/1956	0,08	35,92
2,6	115	11	02/10/1959	0,10	35,93
2,6	122	11	01/12/1960	0,10	35,80
2,6	141	11	27/04/1967	-0,20	35,70
2,6	143	11	27/05/1967	-0,20	35,70
2,6	145	11	24/07/1967	-0,80	35,40
2,6	162	11	24/08/1973	-0,04	35,85
2,6	164	11	24/11/1973	-0,04	35,85
2,6	174	11	01/06/1976	0,07	35,93
2,6	181	11	16/01/1980	-1,03	35,35
2,6	183	11	19/01/1981	-0,32	35,81
2,7	193	25	10/11/1983	0,08	35,93
2,7	194	25	09/06/1984	-0,17	35,64
2,7	198	25	18/07/1985	-1,20	35,38
2,7	199	25	10/05/1986	0,32	35,84
2,7	202	25	04/11/1987	-0,50	35,67
2,7	206	25	02/03/1989	0,57	35,91
2,7	216	25	07/02/1992	0,11	35,84
2,7	217	25	08/02/1992	0,16	36,01
2,7	221	25	22/06/1992	-0,80	35,39
2,8	227	34	17/10/1992	-1,51	35,28
2,8	233	34	16/07/1993	0,07	35,69
2,8	234	34	15/08/1993	-0,33	35,59
2,8	242	34	18/08/1994	-0,14	35,55
2,8	243	34	18/08/1994	-0,67	35,6
2,8	244	34	18/08/1994	-0,16	35,57
2,8	245	34	18/08/1994	-0,12	35,54
2,8	247	34	18/08/1994	-0,41	35,68
2,8	252	34	18/08/1994	-0,57	35,65
2,8	256	34	18/08/1994	-0,61	35,61
2,8	257	34	18/08/1994	-0,26	35,7
2,8	259	34	18/08/1994	-0,75	35,43
2,8	260	34	19/08/1994	-0,89	35,47
2,8	261	34	19/08/1994	-0,18	35,73
2,8	266	34	20/08/1994	-0,13	35,56
2,8	268	34	21/08/1994	-0,17	35,69
2,8	272	34	22/08/1994	-0,26	35,59
2,9	281	51	27/08/1994	-0,61	35,65
2,9	284	51	28/08/1994	-0,29	35,78
2,9	286	51	31/08/1994	-0,07	35,73
2,9	292	51	24/09/1994	-0,49	35,65
2,9	293	51	26/09/1994	-1,02	35,43
2,9	294	51	27/09/1994	-0,09	35,61
2,9	303	51	31/01/1995	-0,23	35,65
2,9	313	51	17/09/1995	0,15	35,75
2,9	314	51	19/09/1995	0,00	35,81
2,9	315	51	30/09/1995	-0,71	35,61
2,9	317	51	21/11/1995	-0,87	35,42
2,9	319	51	25/02/1996	-0,39	35,67
2,9	326	51	31/05/1996	-0,96	35,35
2,9	338	51	19/12/1997	-0,9	35,40
2,9	343	51	07/04/1998	-0,09	35,54
2,9	362	51	22/12/1999	-0,96	35,31
3	363	67	22/12/1999	-1,52	35,36
3	365	67	22/12/1999	-1,50	35,38
3	366	67	22/12/1999	-1,33	35,35
3	367	67	22/12/1999	-1,58	35,29
3	369	67	22/12/1999	-1,37	35,30
3	373	67	23/12/1999	-1,35	35,40
3	376	67	24/12/1999	-1,40	35,37
3	380	67	31/12/1999	-1,51	35,29
3	382	67	03/01/2000	-1,24	35,36
3	387	67	20/03/2000	-1,36	35,39
3	391	67	10/04/2000	-1,43	35,43
3	397	67	23/08/2000	-1,49	35,40
3	421	67	06/08/2002	-1,14	35,44
3,1	424	80	29/08/2002	-0,48	35,61
3,1	426	80	21/09/2002	-0,97	35,30
3,1	427	80	21/09/2002	-0,95	35,47
3,1	428	80	21/09/2002	-0,97	35,40
3,1	430	80	17/10/2002	-0,68	35,52
3,1	431	80	01/11/2002	-0,07	35,86
3,1	436	80	29/03/2003	-0,11	35,65
3,1	442	80	01/07/2003	0,11	35,85
3,2	444	88	23/07/2003	-0,42	35,71
3,2	448	88	16/09/2003	-0,25	35,73
3,2	452	88	18/10/2003	0,37	35,95
3,2	460	88	06/02/2004	-0,09	35,71
3,2	464	88	18/04/2004	-0,05	35,69
3,2	475	88	29/12/2004	0,31	35,99
3,2	477	88	11/03/2005	-0,23	35,8
3,2	481	88	07/04/2005	-0,15	35,58
3,2	483	88	18/04/2005	-0,18	35,65
3,2	491	88	07/07/2005	-0,92	35,49
3,2	495	88	23/07/2005	-1,38	35,35
3,2	502	88	17/08/2005	-0,20	35,68
3,3	503	100	17/08/2005	0,14	35,81
3,3	507	100	07/10/2005	-1,13	35,36
3,3	519	100	23/07/2006	0,60	35,93
3,3	520	100	23/07/2006	0,62	35,93
3,3	521	100	23/07/2006	0,56	35,95
3,3	527	100	21/11/2006	0,31	35,92
3,3	532	100	23/12/2006	0,84	36,00
3,3	553	100	08/08/2007	0,09	35,99