

I. INTRODUCTION

Le séisme est une secousse ou succession de secousses plus ou moins violentes du sol. Un séisme résulte du relâchement brutal de contraintes dans la croûte terrestre qui provoque un glissement de deux compartiments le long d'une faille (fig.1). Ces secousses peuvent être imperceptibles ou très destructrices.

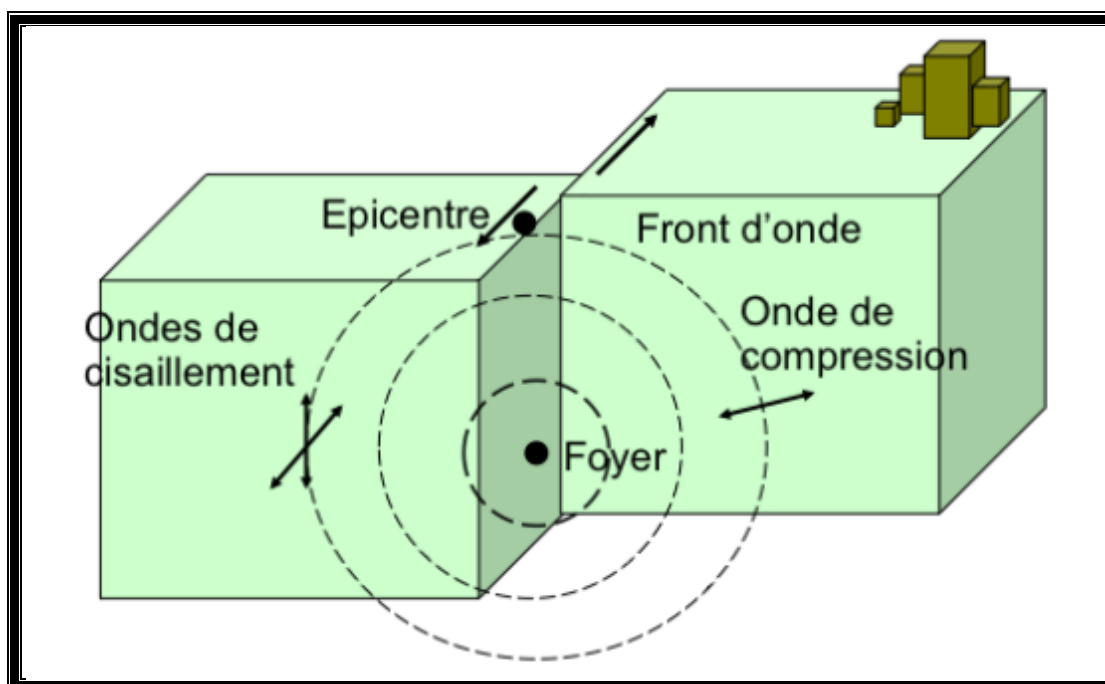


Figure 1 : Géométrie d'un séisme et les différentes ondes émises.

Le premier événement sismique enregistré à Ain Temouchent est survenu le 13 mai, 1964 et était de magnitude 5.2. Le tremblement de terre a causé beaucoup de dommages. L'épicentre de ce tremblement de terre a été localisé au niveau des monts de Tessala qui est, situé à 20 km à l'Est d'Ain Temouchent. C'est dans la partie sud : le vieux Temouchent, où se concentre le vieux bâti, que les dégâts ont été les plus importants 2000 habitations touchées dont 39% durement touchées et 15% à démolir. Par contre la nouvelle ville, construite plus ou moins selon des règles antisismiques, n'a pratiquement subi aucun dommages importants (Houmadi, 2012). Le 22 Décembre 1999, la ville d'Ain Temouchent, et également les villages environnant de Sidi Ben Adda, Ain Tolba et Ain Lâalem ont été secoués par un tremblement de terre de magnitude (Mw 5.7).

II. CADRE GENERAL

1. A l'échelle régionale

Le domaine méditerranéen correspond à la zone de convergence active entre les plaques Afrique et Europe. Il peut être subdivisé en quatre zones pour lesquelles le régime tectonique est différent (fig. 2) :

➤ La zone Açores-Gloria

Cette région forme la partie Ouest de la limite de plaque Afrique-Eurasie. La sismicité de la zone des Açores sur la ride de Terceira est généralement de magnitude modérée et superficielle ($h < 30\text{km}$) (Borges *et al.*, 2001).

➤ La zone d'Alboran

La sismicité y est diffuse et les mécanismes au foyer des séismes sont majoritairement décrochant (Bufforn *et al.*, 2004). Notons une concentration de la sismicité superficielle (Profondeur $< 50\text{ km}$) dans la région d'El Hoceima située dans le Rif au Nord du Maroc.

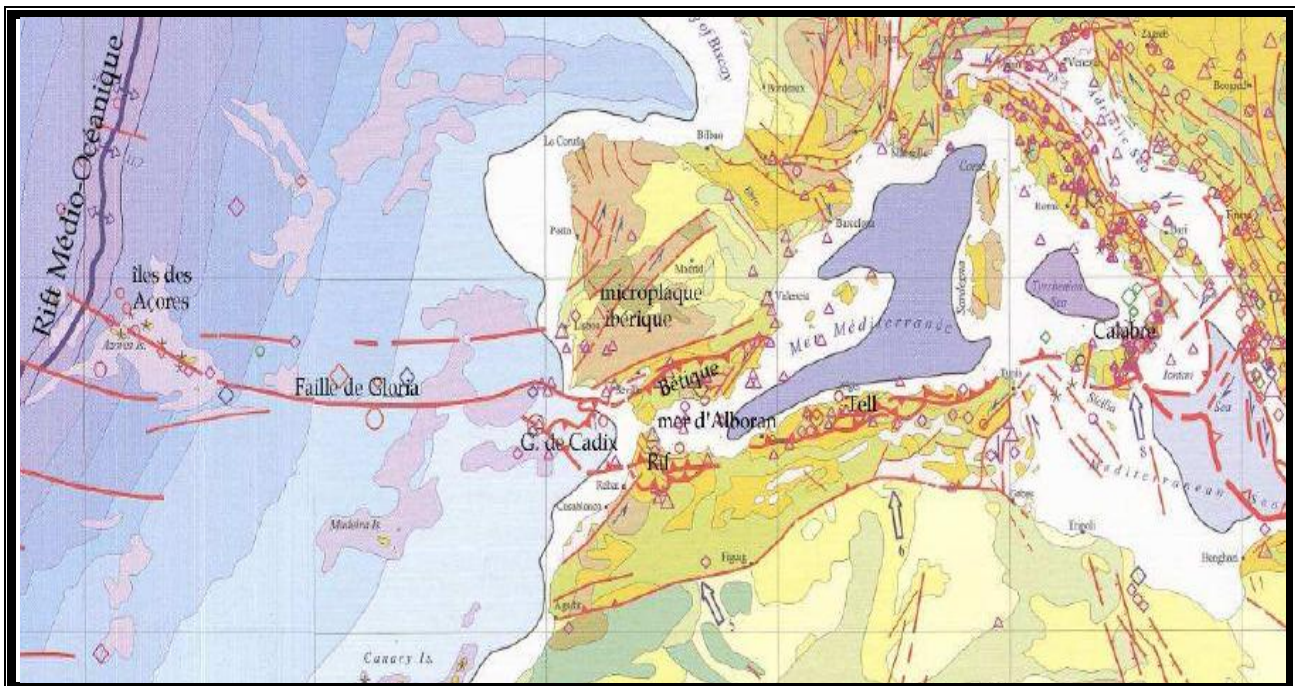


Figure 2 : La limite de frontière de plaques entre l'Europe et l'Afrique, Extrait de la carte sismotectonique du monde à 1/25 000 000 (CGMW et UNESCO, 2001).

➤ **La zone Ouest-Algérienne**

La déformation tectonique de cette zone de l'Atlas tellien, la plus active d'Afrique du Nord, est associée à la convergence actuelle des plaques Afrique- Eurasie et se traduit par la fermeture progressive des bassins Néogènes et par la poursuite de l'édification de la chaîne tellienne (Meghraoui et al, 1988; Boudiaf, 1996)

➤ **La zone Est-algérienne et Tunisie**

La sismicité enregistrée à l'Est de l'Algérie est faible à modérée $M \leq 5.5$ (Ouyed et al., 1983 ; Meghraoui, 1988 & 1996 ; Bounif et al., 2004, Delouis et al., 2004 ; Yelles-Chaouche et al., 2004). Les mécanismes des séismes de magnitude supérieure à 5.5, tel que celui de Constantine Mw 5.9 de 1985 avec un mécanisme en décrochement et celui de M'sila du 01-01-1965 (M 5.5) dans le bassin du Hodna. En Tunisie, les événements sismiques ($M > 3$) semblent plus fréquents et leurs épïcêtres sont distribués sur une zone plus étendue que dans l'Atlas Tellien algérien.

2. REGION D'ETUDE

2.1 Cadre administratif

La superficie de la wilaya d'Ain Temouchent est d'environ 2 377 km². Elle est située en Oranie nord occidentale, limitée à l'Est par la wilaya d'Oran (72km), au Sud-Est par la wilaya de Sidi-Bel-Abbès (63km), au Sud-Ouest par celle de Tlemcen (69km), et au Nord-Ouest par la mer Méditerranée qui la borde sur une distance de 80 km environ (fig.3).



Figure 3 : Situation géographique de la wilaya d'Aïn Temouchent.

2.2. Cadre morphotectonique

La région d'Aïn Temouchent se situe dans l'Ouest algérien. Cette région est bien délimitée vers le Sud par les reliefs des Monts de Tiemcen et de leurs prolongements. Elle comprend un certain nombre de massifs montagneux. Le plus important est le massif des Traras et son prolongement méridional, la chaîne du Fillaoussene. Plus à l'Est, la région des Sebaa Chioukh n'est qu'une zone de collines en prolongement occidental du massif des Tessala. Entre ces reliefs, plusieurs dépressions s'échelonnent. Ces dépressions peuvent être des plaines actuelles ou fossiles (plaine d'Aïn Temouchent - El Melah et plaine d'Hennaya) ou être-à lien d'une reprise d'érosion intense au niveau des bassins de Bab el Assa, de la Moyenne et Basse Tafna, de l'Oued Isser et du Feid el Atouch (fig. 4)

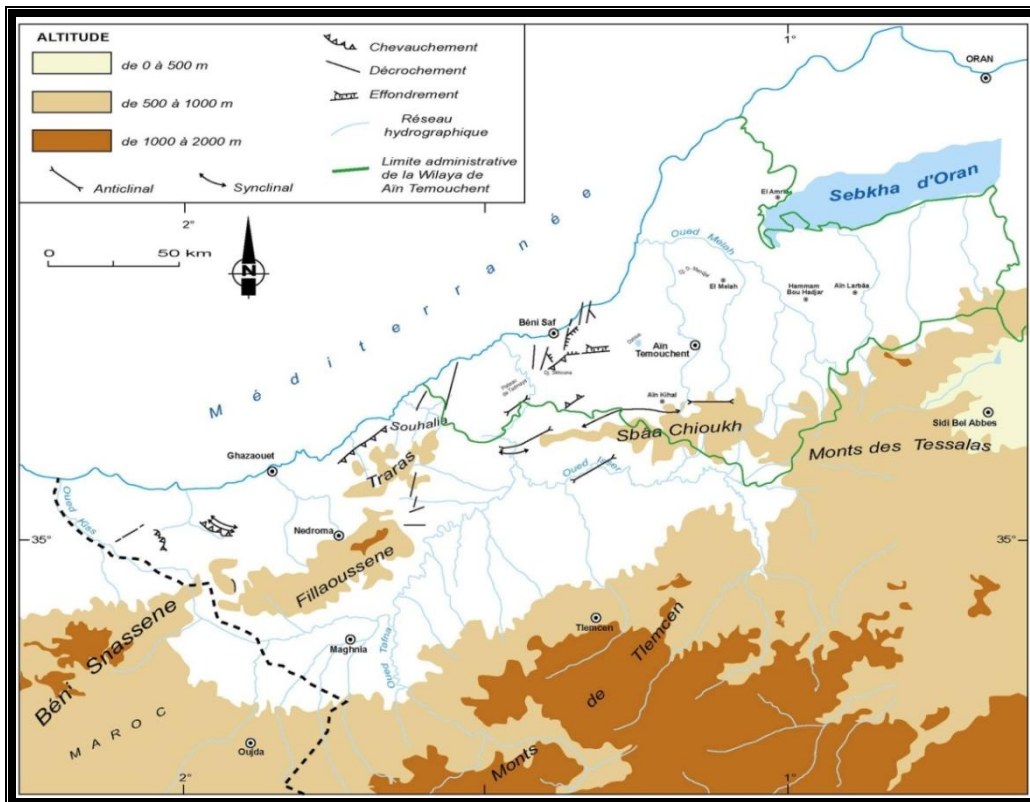


Figure 4 : Contexte morphotectonique de l’Oranie Nord occidentale

(D’après une synthèse documentaire).

2.2.1. Tectonique post-nappe

Après la mise en place définitive des nappes, plusieurs phases tectoniques mineures vont se succéder. Cette tectogenèse se traduit par la formation de structures nées en compression (plis et plis-failles chevauchantes), contemporaines des derniers mouvements tangentiels ou postérieures. Cette phase correspond également à de nombreux mouvements relatifs verticaux tels que les fossés de la région de Béni Saf et la flexure en bordure des Traras (voir figure 4).

2.2.2. Tectonique en compression

Localement, la mise en place des nappes dans la région des Sebaa Chioukh est suivie par une phase de compression qui engendre un certain nombre de plis et de failles inverses dans l’édifice déjà formé antérieurement durant le Miocène synchro-nappes. En effet, dans la région d’Arlal, il existe une importante discordance entre le contact de l’unité

Chouala sur le Miocène synchro-nappes et le contact de base de l'unité Oligo-Miocène plus ancien. Dans cette même région, le synclinal qui, à l'Ouest d'Arlal, affecte le Miocène n'est que très peu marqué dans l'unité Oligo-Miocène plus ancienne. Le plissement du Miocène synchro-nappes et des nappes accompagne et suit la mise en place de l'allochtone. La direction des principaux plis est généralement atlasique (WSW-ENE).

2.2.3. Tectonique en distension et en coulissement

Dans la région de Béni Saf, après la mise en place des nappes s'individualisent les fossés dans lesquels sont conservées les nappes supérieures où vont s'accumuler les formations lie-de-vin du 1er cycle post-nappes. Le bord des fossés ne peut être délimité qu'approximativement en raison des recouvrements plus récents. Dans tout le reste de la région et en particulier autour du massif des Traras et de la chaîne du Fillaoussène, la surrection de ces deux ensembles qui se produit pendant le Miocène moyen va se poursuivre pendant le Miocène supérieur.

Le redressement local du Miocène synchro-nappes visible au Sud et au Nord de la chaîne du Fillaoussène, à l'Est du Sidi Sofiane, à l'Est des Sebabna, qui est d'ailleurs partiellement originel (dépôts de pentes), procède de ces mouvements verticaux. Le jeu de certaines failles atlasiques ou transversales s'est également produit à cette époque.

Le fait le plus remarquable de la tectogenèse post-nappes est qu'elle reprend les directions tectoniques plus anciennes de l'autochtone atlasique. En effet, Les accidents transversaux (180°) à sub-transversaux ($N200^\circ$) jouent à cette époque en décrochements dans la région de Béni Saf et en bordure des Traras.

2.3. Stratigraphie (fig.5 & fig.6)

2.3.1. Les terrains sédimentaires

Le Trias

Il affleure au Sud du massif de D'Har El Mendjel. Il est représenté généralement par des argiles bariolées rougeâtres, lie de vin parfois vertes et violacées ; associées à du gypse et à du sel. Ces affleurements sont en effet nombreux, mais ils sont recouverts par des alluvions caillouteuses et poudingues tertiaires ; qui forment la plus grande partie du sol de la plaine d'Ain Temouchent.

Le Lias

Il est représenté généralement par des calcaires. Ils forment les deux principaux pointements de Djebel Touita et de D'har El Mendjel. Il s'agit de calcaires qui affleurent en grands bancs gris ou bleu grisâtre très fissurés ; et entrecoupés à l'échelle locale par de nombreux filonnets de calcite. Les calcaires passent plus haut à des dolomies du même âge, plus compactes et plus marmorisées.

Les schistes d'âge Callovo-Oxfordien

Il s'agit de schistes verdâtres intercalés de filonnets de calcite, parfois ferrugineuses et de lentilles de quartzites. Ces formations forment la base des massifs de Djebel Touita et de D'Har El Mendjel.

Le Néocomien

Il correspond à des schistes et des quartzites, des schistes argileux avec des intercalations de lentilles de quartzites.

Le Miocène

Le Miocène post-nappe est discordant sur le Miocène synchro-nappe, il affleure au niveau de la Plâtrière (Village Emir Abdelkader). Plusieurs critères sédimentaires permettent de le différencier : l'apparition du gypse, l'apparition des formations volcaniques (laves et pyroclastes), l'apparition des récifs et la disparition du Trias et des blocs exogènes.

Pliocène discordant post-nappes

Le pliocène est discordant sur le Miocène post-nappe. Il est constitué de grès jaunâtre mollassique. Ce grès Astien fossilifère renferme plusieurs espèces fauniques. Il est riche en pectens, en huîtres, et en autres bio-clastes, telles que les débris de bivalves (Boucif, 2006).

Le Quaternaire

Il est représenté par un limon qui se dépose dans les courbes à fond plat .

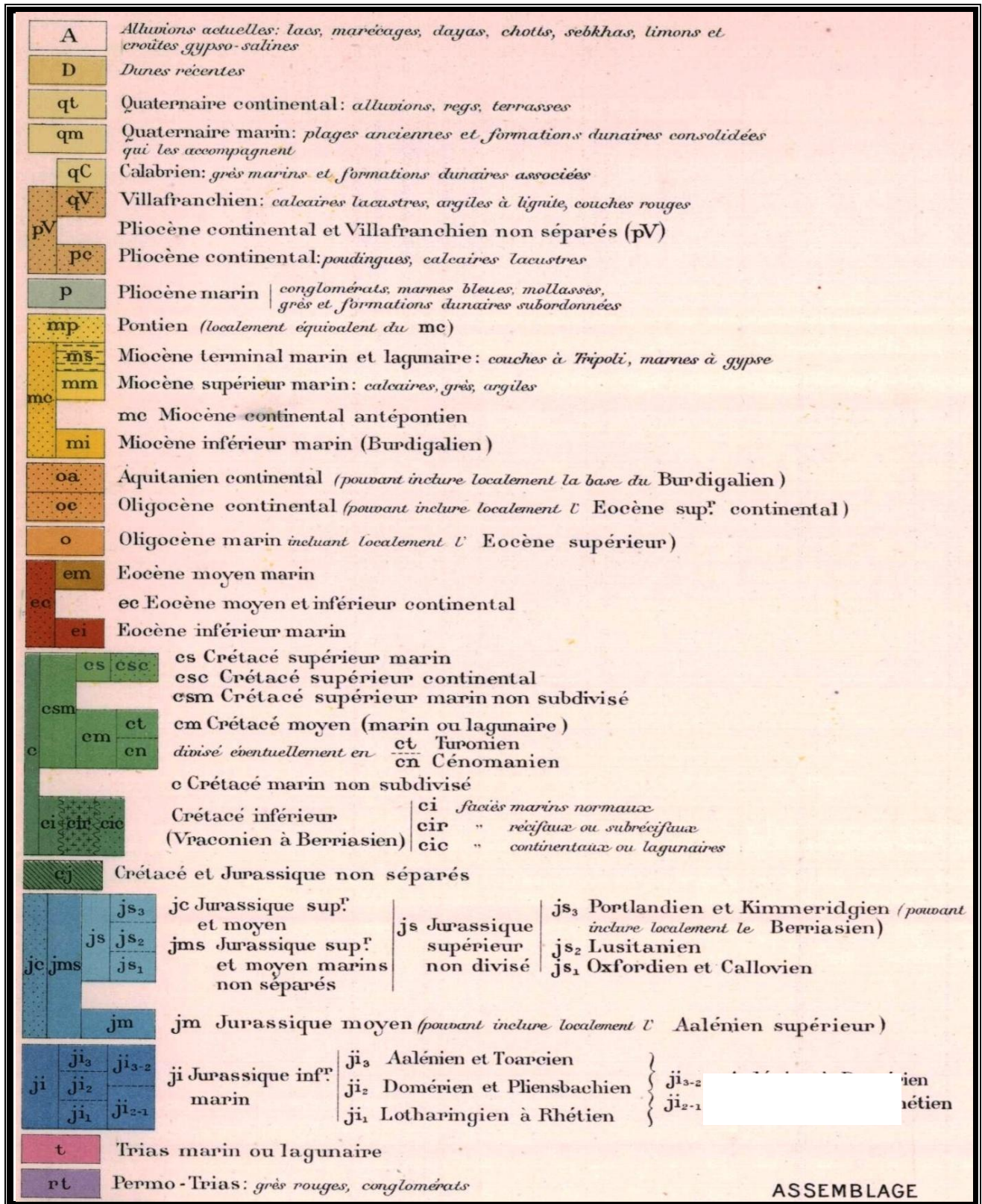


Figure 6 : Légende de la carte géologique d'Algérie au 1 / 500.000.

2.3.2. Les terrains volcaniques (fig. 7)

Le massif d'Ain Temouchent se situe à environ 70 Km au Sud-Ouest de la ville d'Oran. Le volcanisme d'Ain Temouchent couvre une superficie de 350 Km². Les produits émis ont atteint les alentours de Chaâbet Elaham, au Nord, le Douar Chentouf à L'Est, Ain Tolba et Ain Kihal au Sud et les environs de Sidi Safi à l'Ouest.

Le volcanisme de la région d'Ain Temouchent se caractérise par son jeune âge car il s'est manifesté pendant le Quaternaire entre -1.28 et -0.82 Ma (Louni-Hacini et al., 1995 et Coulon et al., 2002). Les émissions volcaniques varient entre des laves associées le plus souvent à des brèches volcaniques et du volcano-sédimentaires. Les coulées émises reposent sur un substratum représenté par des sédiments Néogènes du deuxième cycle post-nappes.

Aux environs du Djebel Dzioua, de Koudiat Berbous et de Sidi Ben Adda, les produits éruptifs recouvrent des récifs coralliens d'âge Messinien (Moissette, 1988). Les gisements volcaniques les plus méridionaux reposent sur des formations marno-gréseuses d'âge Miocène. Ce vaste massif contient pré de 22 appareils volcaniques.

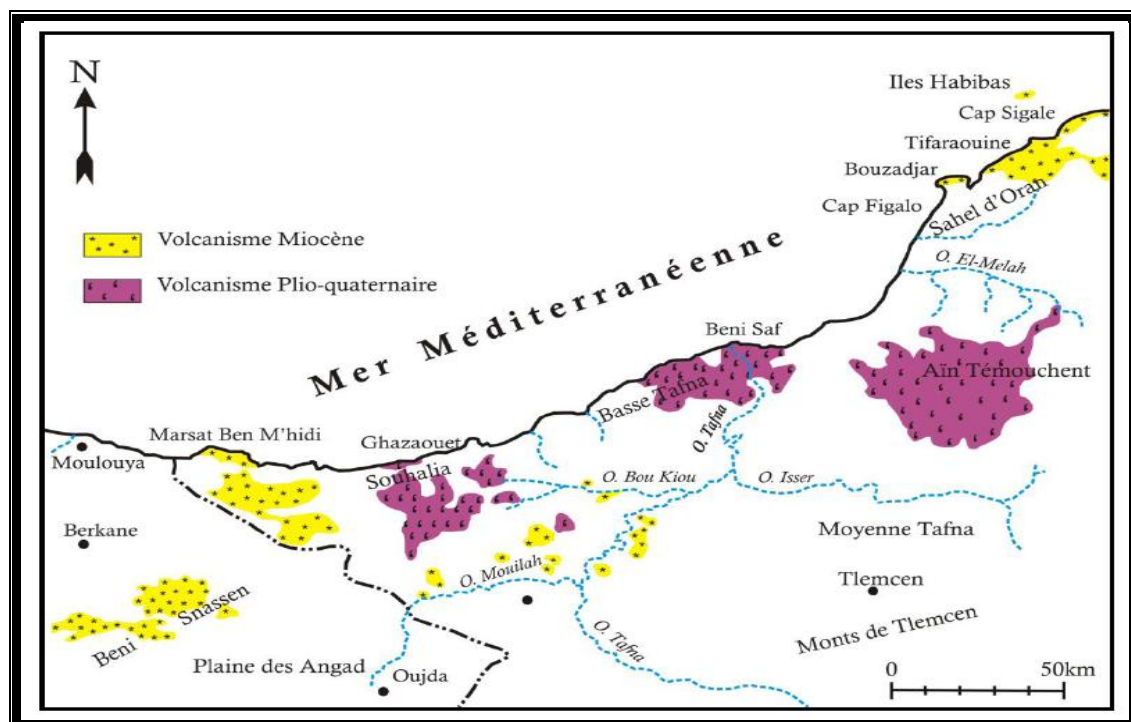


Figure 7 : Position stratigraphique et âge du volcanisme en Oranie nord- occidentale (d'après Mégartsi, 1985, *In Boucif 2006*).

III. CADRE GEODYNAMIQUE

1. La convergence Afrique – Eurasie (fig.8)

La convergence active entre l'Afrique et l'Eurasie est accommodée, soit par la subduction en Méditerranée orientale soit, en Méditerranée occidentale, le long d'une limite de plaques complexe, où les failles inverses d'orientation ENE–WSW sont les structures dominantes (Meghraoui et Doumaz, 1996; Morel et Meghraoui, 1996; Boudiaf et al., 1999; Domzig et al., 2006).

Le mouvement de convergence entre les plaques Eurasie et Afrique a démarré il y a environ 70 millions d'années et se poursuit aujourd'hui. Il se traduit par des zones:

- ✓ de subduction en Méditerranée centrale (arcs égéen et tyrrhénien).
- ✓ de collision en Méditerranée occidentale (chaîne de l'Atlas et chaîne alpine).
- ✓ de coulissement (faille nord anatolienne) ou de distension (mer Égée).

Le champ de déformation régional montre une direction de compression horizontale maximale N-S à NW-SE (Nocquet et al., 2004).

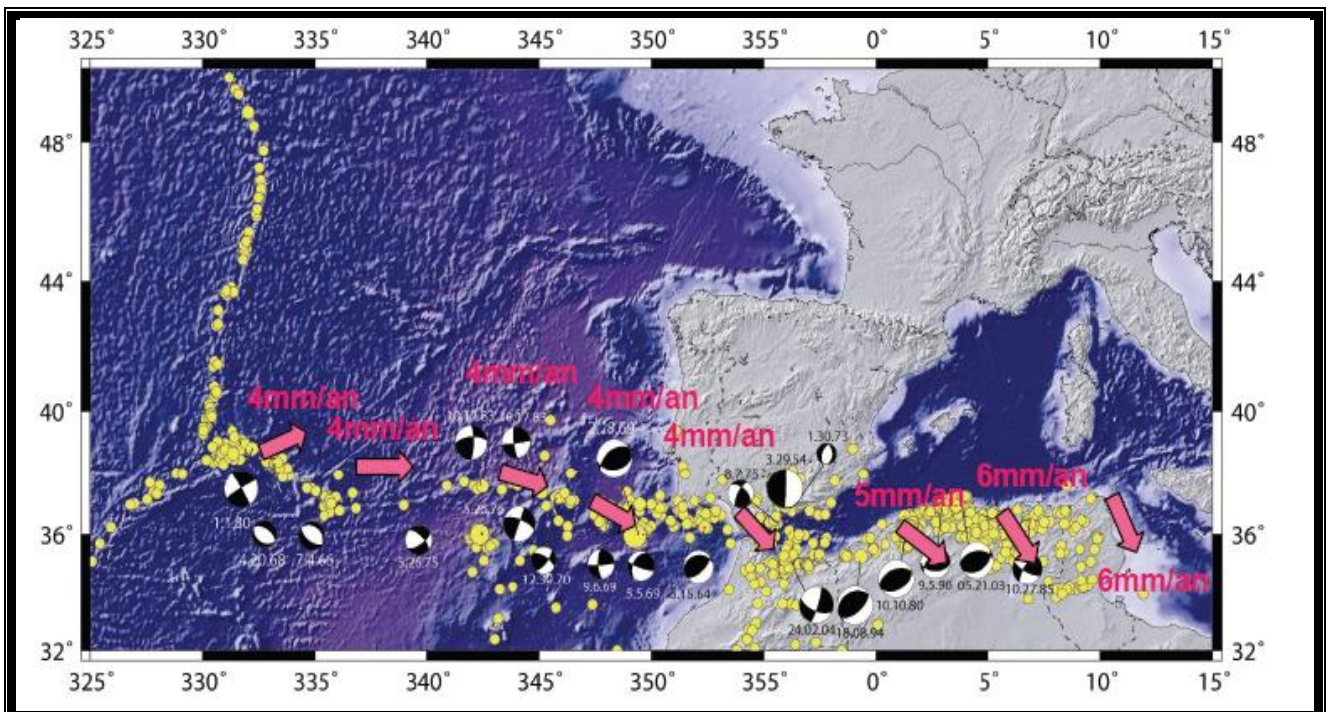


Figure 8. Vitesses de convergence à la limite des plaques Afrique et Eurasie en Méditerranée Occidentale et Atlantique central d'après le modèle Nuvel-1 (Argus et Gordon 1991). Sismicité d'après les catalogues Benouar (1995), et ISC enregistrés entre 1900 et 2004.

IV. CADRE SISMOTECTONIQUE

1. Région méditerranéenne

Les déformations observées en Méditerranée sont l'expression de la convergence Nord-Sud entre plaques Eurasienne et Africaine depuis le Crétacé. Cette convergence est absorbée soit par des phénomènes de subduction, soit par une collision continentale en Méditerranée occidentale donnant lieu à une forte sismicité dans ces zones. La distribution des séismes de magnitude supérieure à 4 sur la période de 1900 à 2004 issues des catalogues de *Benouar*. (1994) et du CRAAG. (2002) et par celui de l'International Seismological Center (ISC) souligne la limite de plaque Afrique-Europe depuis le point triple des Açores jusqu'en Tunisie.

Dans la région Ouest méditerranéenne, la sismicité s'exprime sur la partie Africaine le long des chaînes atlasiques du Maroc, de l'Algérie du Nord ou de la Tunisie. En Méditerranée occidentale et jusqu'à l'Atlantique central, cette sismicité est alignée selon une bande étroite Est-Ouest de 100 km qui souligne la limite de plaques Afrique-Eurasie (fig.9)

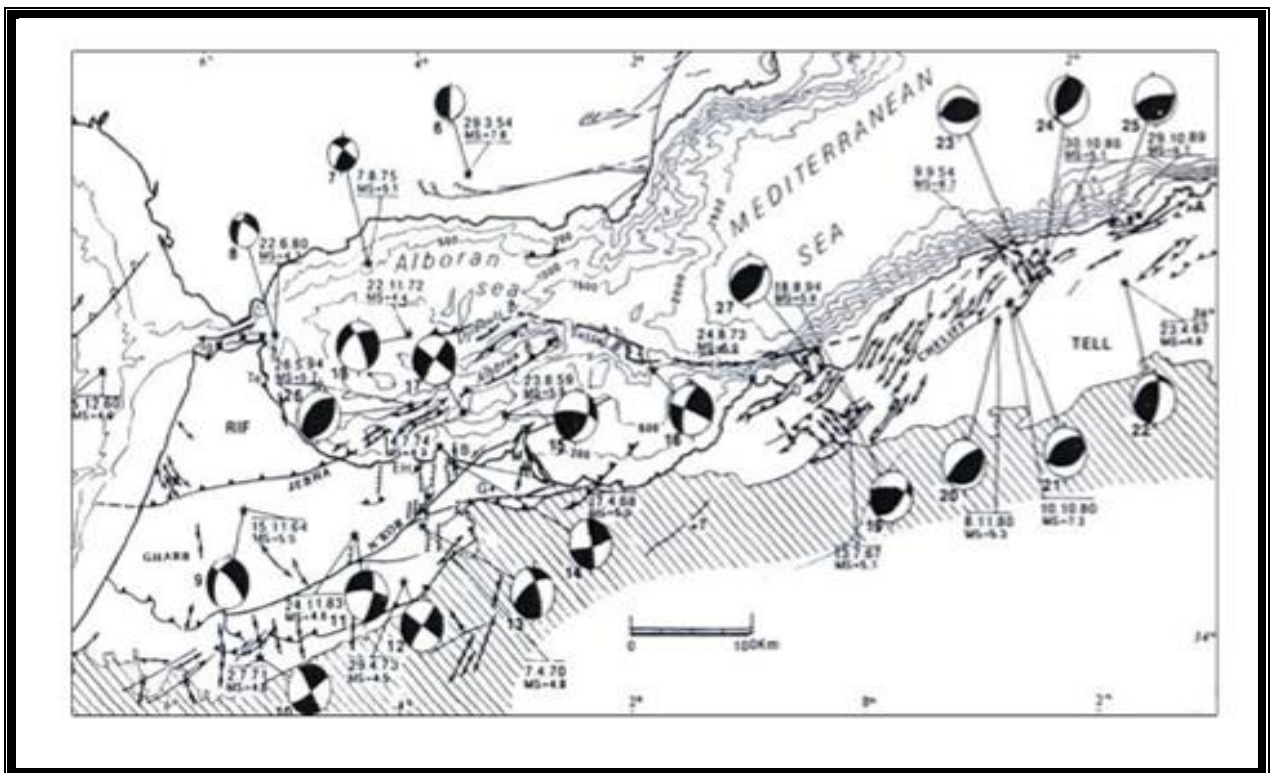


Figure 9 : Extrait de la carte néotectonique et sismotectonique de la région du Rif – Tell et mer d'Alboran (d'après Morel et Méghraoui, 1996).

V. HISTORIQUE DES TRAVAUX

- **GENTIL** en 1903 a décrit deux formations Miocènes qui contiennent la première distinction des deux cycles Miocènes post-nappes dans l'ensemble du Tell Oranais, et montre l'existence des mouvements tectoniques post-carténiens. Il complète et précise les connaissances sur le Miocène, notamment dans le secteur du Cap Figalo. Son travail contient en outre une remarquable étude pétrographique, une mise au point des connaissances stratigraphiques à l'époque avec une bibliographie et un historique très complet.
- Les travaux d'études géologiques, sismologiques et de génie sismiques, les cartes de l'aléa et de microzonage sismique ainsi que le SIG de la Wilaya de Ain Temouchent formant les volume 1, 2 et 3 de la présente étude ont été exécutés sur le terrain et dans les bureaux à Oakland (San Francisco, USA), à Fresnes (Paris, France) et à Nîmes (France) par les principaux experts du groupement suivants :Dr. Boudiaf Azzedine, Dr. Swan Franck H,Dr. Youngs Robert R, Mr. De Sloovere Pierre, Dr. Hanson Kathrin, Mr. Quaille Jean, Mr. Kehil M. C, Mr. Loy David, Mr Charpentier François, Dr. Shengzao Shawn.
- La sismicité d'Ain Temouchent est établie sur la base du catalogue du **CRAAG** (1994, 1999), **Bennouar** (1993, 1995) du Centre américain ANSS (Advanced National Seismic System).
- Les séismes d'Ain Temouchent sont étudiés par : **Benhallou**, 1985, **Mokrane** et al 1994 , **Bourezg** ,**Belkhir** , **Djellit**, et **Min** en2009, **Harbi** et al 2006, **Yelles-Chaouach Djellit**, **Beldjoudi**, **Bezzeghoud** ,et **Buforn** en 2004 (ont calculé le mécanisme au foyer du séisme d'Ain Temouchent du 22 décembre 1999 séisme et ont montré une faille inverse orientée NE-SW), et **Belabbès** , **Meghraoui**, **Çakir** et **Bouhadad** en 2008 (ont utilisé les données d'interférométrie radar (InSAR) a confirmé la direction NE-SW de la faille et a pu montrer que la faille plonge vers le NW).
- *Catalogue de **Bennouar** et le CRAAG (1994) 1900-1993), et ISC (1993-2006) : étude de la sismotectonique des séismes d'Ain Temouchent.*

- **Perrodon** dans sa fameuse thèse intitulée « Etude géologique des bassins sublittoraux de l'Algérie occidentale : exemple Ain Temouchent », publiée en 1957, donna des précisions sur la stratigraphie, la sédimentologie, la paléontologie et la paléogéographique de la région.
- **GOURINARD** (1949-1955) : se voit confier la révision des cartes géologiques du littoral Oranais avec, pour objectif, leur parution pour les congrès géologiques internationaux d'Alger de 1952.
- **Sadran** en 1958 donna par la suite une chronologie relative du volcanisme et précisa la nature pétrographique des différentes coulées. Il montra aussi que le substratum gréseux des coulées de la Basse Tafna. Entre 1952-1958 il a étudié le volcanisme du littoral Oranais en établissant une chronologie entre les diverses manifestations éruptives au voisinage du volcan de Tifaraouine. À cause de la guerre de libération algérienne déclarée en 1954, les recherches dans le Nord de l'Algérie ont etc. arrêté pour un temps. Il faut attendre octobre 1964 pour que la géologie du Nord oranais soit reprise.
- **Thomas**, en 1976 réalisa une étude structurale sur l'Algérie Nord occidentale sur des formations d'âge Quaternaire, où il mit en évidence des décrochements dextres de direction « Est--Ouest ». En **1987 Thomas** a fait une étude de la tectonique cassante et pllicative, et a montré l'existence de déformations en plis et en failles dans la zone Ouest d'Ain Temouchent.
- **Megartsl** en 1985, dans sa thèse d'état intitulée « Le volcanisme Mio-plio-Quaternaire de l'Oranie Nord occidentale (Géologie, Pétrologie et Géodynamique).
- **Guardia** en 1975 et 1981 réalisées les cartes géologiques de la région d'Ain Temouchent et de Béni Saf, sont une représentation cartographique fine et de grande qualité des unités géologiques affleurant à la surface du sol .Il a effectué une étude géodynamique de la marge alpine du continent africain d'après l'étude de l'Oranais nord-occidental. Il a aussi établi des relations structurales et paléontologiques entre le Rif, le Tell et l'avant-pays atlasique.

I. INTRODUCTION

Algérie du Nord est caractérisée par une sismicité qui est causée par l'affrontement des plaques Africaine et Eurasiatique : Cette sismicité se matérialise généralement par des séismes modérés à faibles quoique parfois des séismes violents puissent se produire. Ces séismes génèrent bien souvent des catastrophes à savoir les séismes d'El Asnam du 10/10/1980, et de Boumerdes du 21/05/2003.

Le séisme qui a touché la région de Boumerdes le 21 mai 2003 ($M_w = 6,8$) (Yelles-Chaouche et al., 1983) témoigne de cette déformation, au même titre que les séismes d'El Asnam le 10 octobre 1980 (Benhallou ,1985 ; Meghraoui ,1988), de Constantine le 27 octobre 1985 (Bounif et al .,1987), de Tipaza le 29 octobre 1989 (Meghraoui ,1991) , de Mascara le 17 août 1994 (Benouar et al .,1994) ou d'Alger le 4 septembre 1996 (Yelles-Chaouche et al .,2002). Les séismes algériens sont d'autre part superficiels ne dépassant pas en profondeur les 15 km, ce qui les rend plus dangereux et perceptibles par la population.

II. CARACTERISTIQUES DE LA SISMICITE DU NORD ALGERIEN

1. Introduction

Les différentes études menées ont d'ailleurs permis d'obtenir les caractéristiques des principales structures actives en Algérie du Nord. Les différents mécanismes au foyer montrent un raccourcissement (fig.10), selon une direction NNW–SSE (N140 E) dans les régions occidentales et centrales (Bezzeghoud et al., 1996 ; Stich et al., 2003).

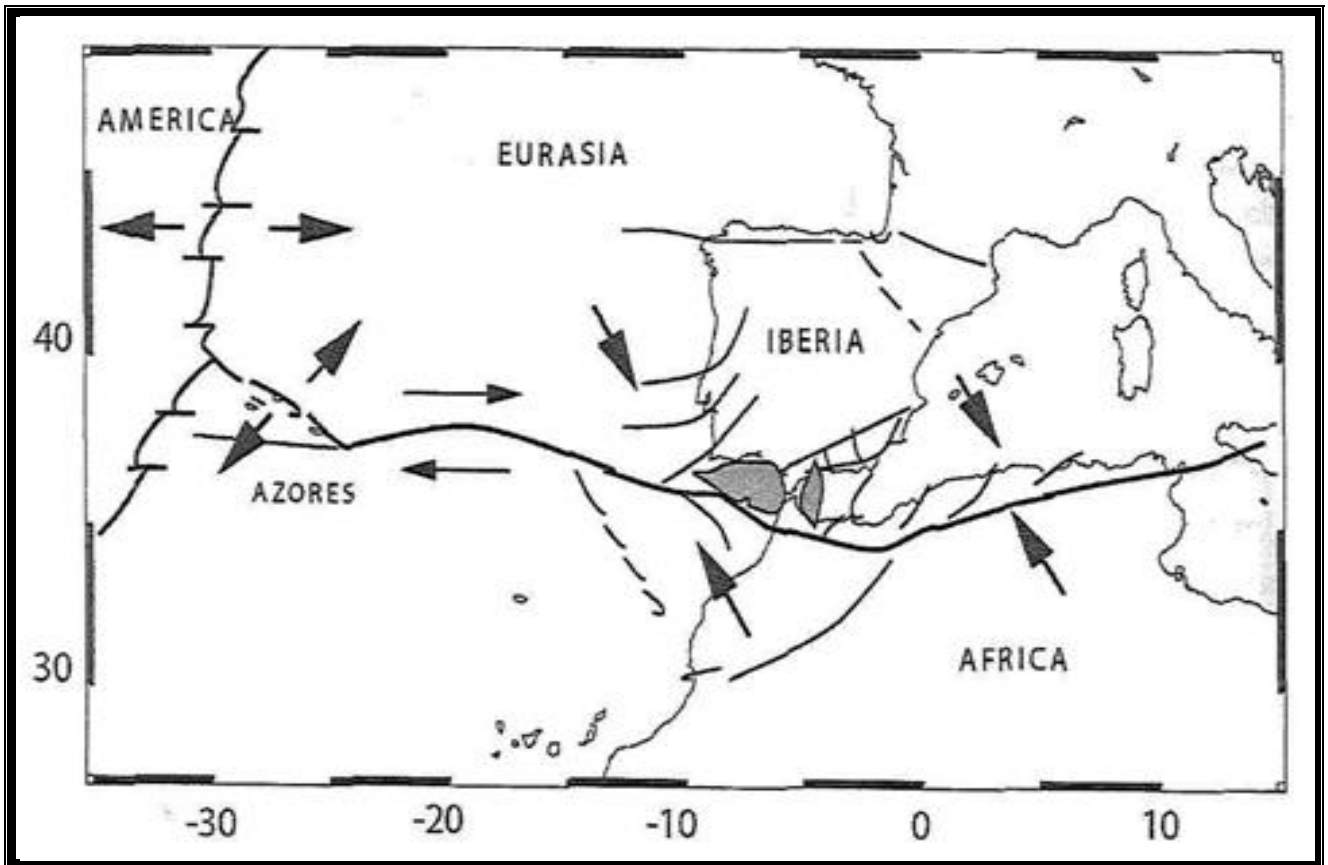


Figure 10 : Cadre schématique de la tectonique actuelle entre les Açores et la Tunisie (D'après Buforn, 2009)

En Algérie, les différentes études géologiques et sismologiques montrent que 70% du Nord du pays sont soumis à l'activité sismique. Dans cette partie du territoire national sont concentrées au moins 90% des installations socio-économiques et politiques du pays (Refas et al., 2009).

D'Ouest en Est, les massifs des Traras sont le siège de nombreux séismes. C'est le cas également des massifs de Beni Chougrane, au Sud d'Oran, où s'est produit le séisme de Mascara. Les monts de l'Ouarsenis ainsi que du Dahra Zaccar ont connu, de par le passé, de nombreux séismes importants. La région des Hauts Plateaux se caractérise par très peu de sismicité. Le réseau sismologique n'enregistre que très peu de secousses dans cette région. En effet, il suffit de considérer le dernier séisme meurtrier du 21 mai 2003 (Ayadi et al., 2003).

2. Sismicité historique

La sismicité algérienne est principalement située dans la partie Nord de l'Algérie, plus précisément dans la région tellienne. Une partie de ces tremblements de terre s'est produite dans la partie offshore indiquant que la marge algérienne est également active. Les hauts plateaux sont marqués par une faible de sismicité, car aucun des événements sismiques ont été rapportés (Yelles-Chaouche, 2003). L'Algérie a connu plusieurs séismes de forte magnitude, qui ont généré parfois des pertes humaines et matérielles importantes. Le plus ancien séisme recensé par les études historiques remonte au le 2 janvier 1365 (fig.11), date à laquelle s'est produit le séisme d'Alger (Ambraseys et Vogt ,1988). En Algérie, actuellement, les principales failles actives montrent une activité associée à des chevauchements (cas de la faille de Chélif, de Tipasa, Boumerdes-Zemmouri).

L'étude de quelques séismes récents, exemple : El Asnam, 1980 ; Boumerdes, 2003 ; Constantine, 1985 ; Tipaza, 1989 ;) ont permis de préciser les caractéristiques des séismes qui se produisent en Algérie. Ces séismes sont produit généralement par des plis, plis failles ou failles inverses de direction NNE-SSW témoignant un raccourcissement, comme l'indiquent les différents mécanismes au foyer. Les études de sismicité historique montrent que les séismes les plus violents, voire les plus meurtriers, sont ceux qui se sont produits dans la région littorale, particulièrement dans la région d'Alger en 1716 et en 1755, à Oran en 1790, à Blida en 1825, à Djidjel en 1856 et à Gouraya en 1891. Au cours de la première moitié du XXe siècle, l'Algérie a été touchée par deux autres séismes importants : celui de Sour–El-Ghozlane (24 juin 1910, $M_s = 6,4$) et celui d'Orléansville (9 septembre 1954, $M_s = 6,7$).

Après l'indépendance de l'Algérie, Roussel (1973 a, 1973 b) a édité un catalogue qui a été précis, y compris les paramètres d'un séisme tels que l'amplitude, la profondeur ... Il a été suivi plus tard par les catalogues publiés après le tremblement de terre El Asnam (10 Octobre, 1980).

Le catalogue de Mokrane et al. (1994) à complété les précédents en incluant tous les événements survenus entre 1365 et 1992. Benouar en 1996 a publié un catalogue de la période entre 1900 et 1990, en utilisant toutes les sources sismiques, en donnant des détails sur tous les grands événements.

Boudiaf en 1996 a édité un nouveau catalogue de la région d'Alger en essayant de combiner tous les événements sismiques rapportés dans le catalogue de la sismicité Méditerranéenne.

Un nouveau catalogue a été publié récemment par Yelles et al. (2002) portant des informations sur l'activité sismique survenant entre 1992-2001.

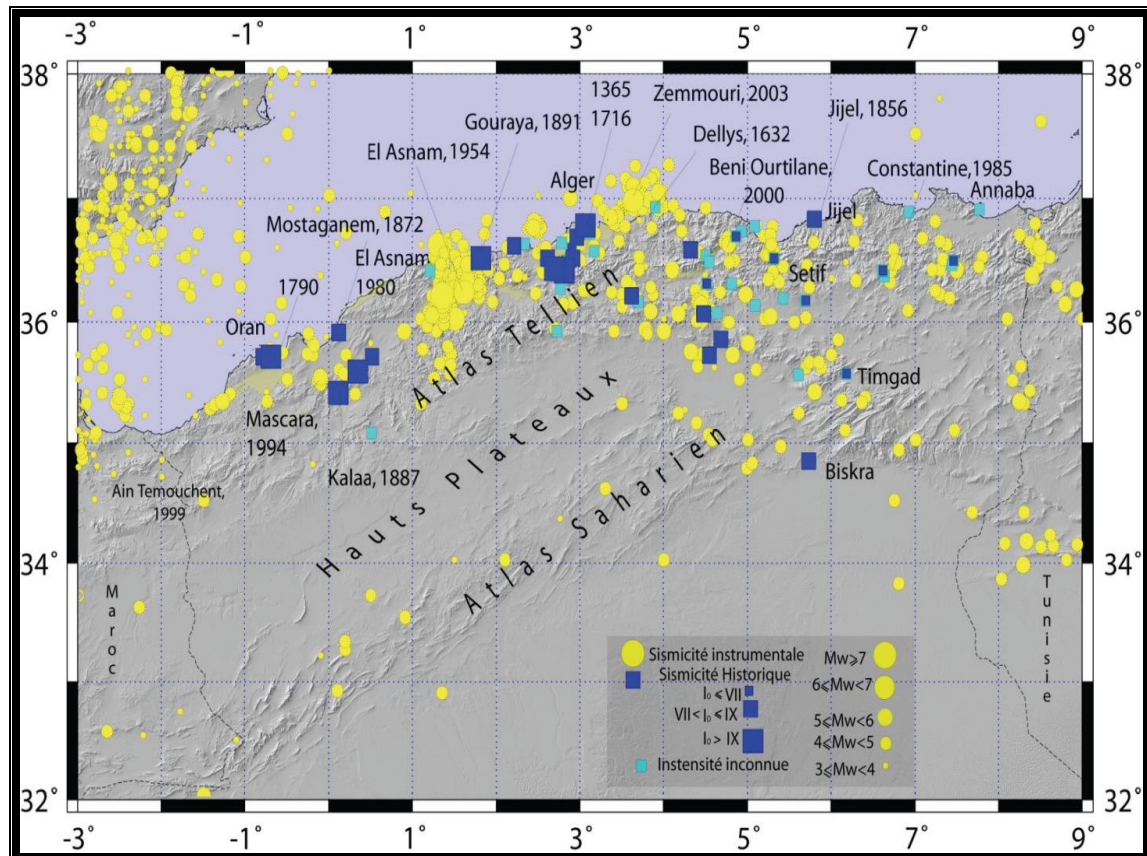


Figure 11 : Carte de la sismicité historique de 1359 à 1895 (Harbi, 2006) avec la sismicité instrumentale du Nord de l'Algérie de 1900 à 2005 (Sources, Benouar, 1995 et ISC).

3. Répartition des séismes en Algérie

Quatre zones majeures de sismicité sont ainsi mises en évidence :

- **Le domaine maritime** : parmi les plus importants séismes qui ont frappé l'Algérie du Nord, plusieurs se sont produits en mer.
- **Le Tell** : dans cette région se manifeste la plus grande partie de l'activité sismique de l'Algérie du Nord, elle constitue la région la plus exposée aux séismes violents et dévastateurs, puisque la majeure partie de la population algérienne y réside.

- **Les Hauts Plateaux** semblent donc se comporter comme un bloc rigide, se déformant simplement au niveau de ses bordures.
- **L'Atlas saharien** : dans cette région, les cartes de sismicité montrent un chapelet de petits séismes de faible magnitude ($M < 4$).

On résume les principes séismes en Nord d'Algérie :

- **Séisme de M'sila 12 février 1946** : le bassin du Hodna c'est un bassin Néogène, situé au sud de la région de Sétif, est le siège de fréquents séismes. La région a été frappée par le séisme de M'sila, du 12 février 1946 de magnitude de 5.5 et, l'intensité VII-VIII ,246 morts ainsi que par celui du 1 janvier 1965 ($M_s = 5,5$) ; (Mokrane, 1994).

- **Séisme d'El Asnam du 10 octobre 1980** : le séisme de 9 septembre 1954 ,1243 personnes sont tuées dans cette région qui s'appelée Orléansville et 20 000 logements sont détruits par ce tremblement de terre. Le séisme de 10 octobre 1980, superficiel (36.16 N°, 1.39° E, profondeur = 10 km) reste le plus violent survenu à l'Atlas Tellien occidental ($M_s=7.3$). Ce tremblement de terre de magnitude a détruit complètement la ville. Dans la zone épiscopentrale d'intensité X, environ 3000 personnes sont mortes et 50 000 personnes étaient sans abri (Meghraoui , 1988).

- **Séisme de Constantine du 27 octobre 1985** : cet événement s'est produit dans l'Atlas tellien oriental, sa magnitude était de ($M_s=6.0$). Ce séisme s'est produit dans la région de Constantine (El-Aria), (36.46°N, 6.76° E, profondeur = 10 Km). Le mécanisme au foyer montre une faille verticale de mouvement senestre orientée NE-SW (Bounif et al ., 2003). Ce séisme a causé le mort de 5 personnes et 300 blessés et endommagé plusieurs vieilles constructions.

- **Séisme de Tipaza (Mont Chenoua) du 29 octobre 1989** : Cet événement est produit à 70 km à l'Ouest de la capitale Alger. L'épicentre a été localisé en mer au Nord du Mont Chenoua (Lat. = 36.66° Long. = 2.48° ; profondeur = 10km). Les répliques enregistrées et localisées par Bounif et al. (2003).. Dans la zone de l'épicentre, le séisme de l'intensité VIII MSK (Yelles Chaouche, 1990) a causé 22 décès et des blessures plus 300.

- **Séisme d'Alger du 04 Septembre 1996** : un séisme de magnitude ML: 5,7 survenue le 4 Septembre 1996 endommageant partiellement la zone situé à l'Ouest d'Alger (Yelles et al., 1997),dans la zone de l'épicentre située entre Ain Beniane et villages Zeralda, 15 personnes ont été blessées.

- **Séisme d'Ain Temouchent du 22 décembre 1999** : ce séisme de magnitude ($M_w = 5.7$) c'est produit à Ain Temouchent située 70 km à l'Ouest de la ville d'Oran.

- **Séisme de Sétif du 10 novembre 2000** : le récent séisme du 10 novembre 2000, qui s'est produit dans la région de Beni Quartilane ($M_w : 5,7$). Ce tremblement de terre d'intensité VI a causé plusieurs dommages aux villages situés dans un rayon de 50 km autour de Beni Quartilane, (Yelles-Chaouch, 2001). En plus, 2 personnes sont mortes et environ 200 familles sont sans abri. Le tremblement de terre de Beni Quartilane située à $36.44^\circ \text{ N } 04.76^\circ \text{ E}$.

- **Séisme de Boumerdes-Zemmouri du 21 mai 2003** : De magnitude ($M_w = 6.8$) ,le séisme le plus violent qui s'est produit au nord de l'Algérie après le séisme d'El Asnam de 1980, il a été ressenti dans un rayon de 250 km. La magnitude de moment 6.8 avec un épicentre proche de la côte (Bounif et al., 2003) a causé des dégâts importants dans cette ville et ses environs avec quelques 2200 morts et 11000 blessés , il a endommagé 100 bâtiments et 343 maisons individuelles (Zeghichi et al., 2005) .

Cinq zones sont définies en Algérie en fonction de la sismicité croissante (Fig.12):

- Zone 0 : sismicité négligeable.
- Zone I : sismicité faible
- Zone II (II a – II b) : sismicité moyenne
- Zone III : sismicité élevée.

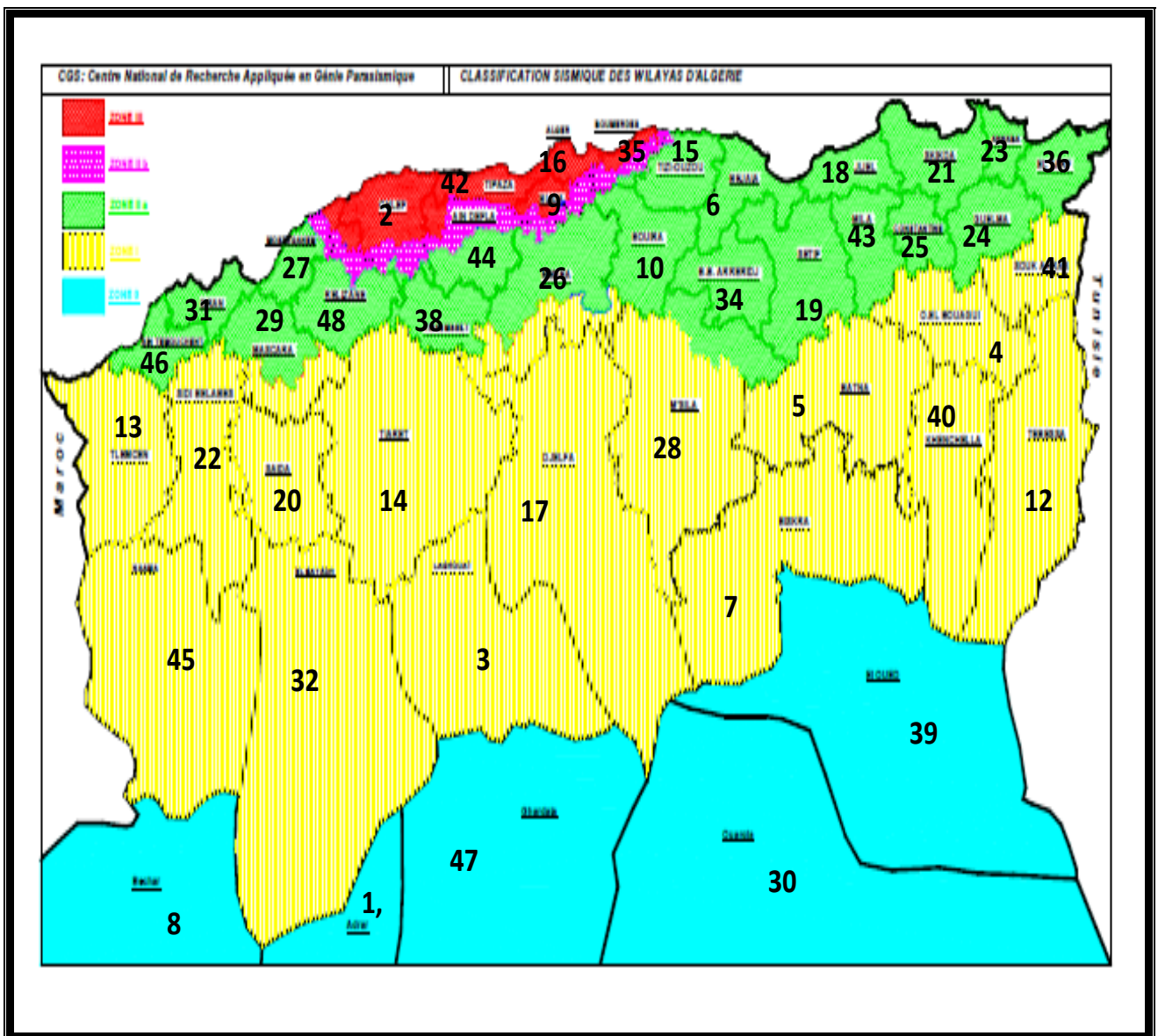


Figure 12 : Carte de zonage sismique du territoire nationale (d'après CGS 2003).

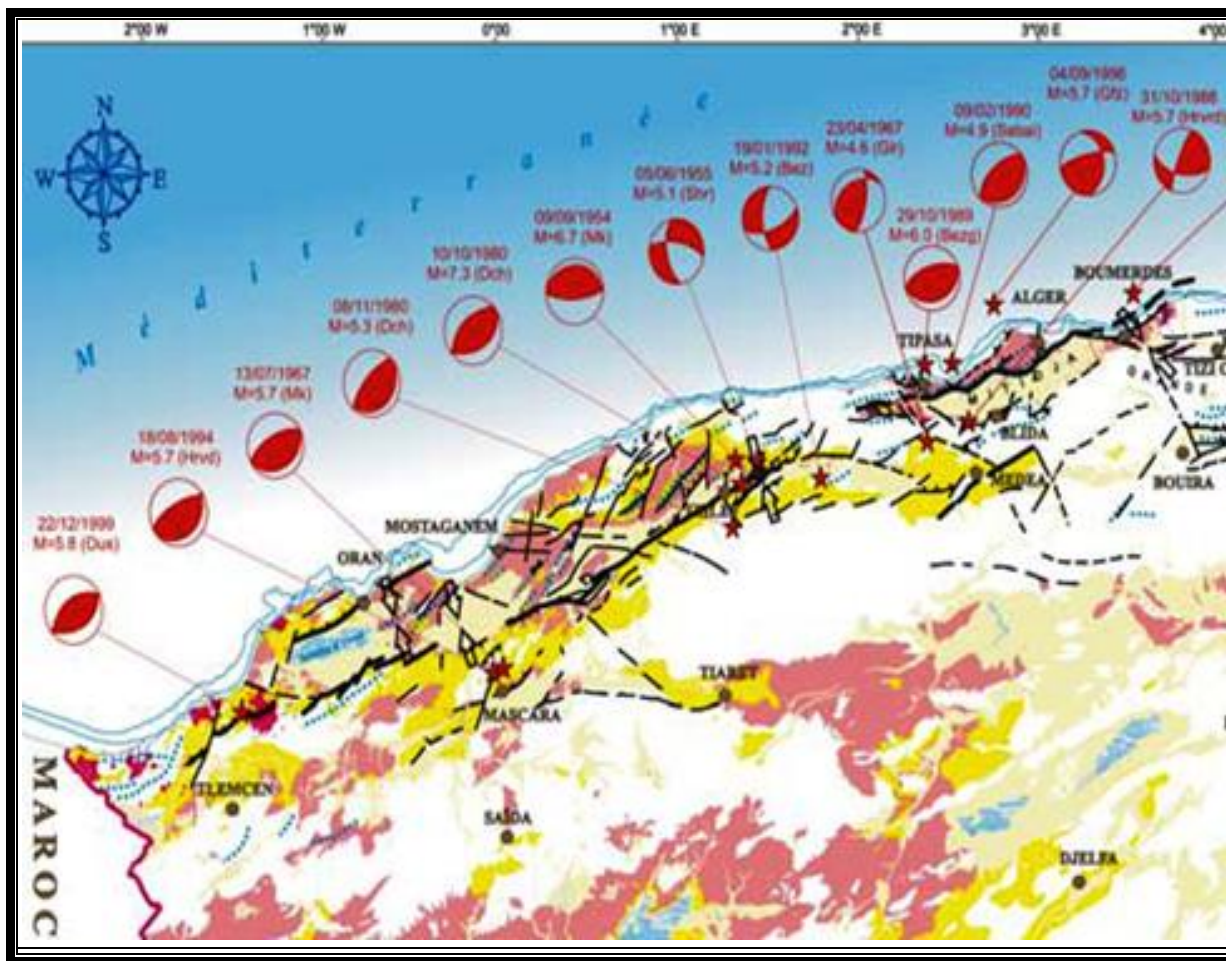


Figure 1 3 : Carte sismotectonique du Nord d’Algérie. Mécanismes au foyer des principaux séismes ayant secoués l’Algérie et structures actives du nord algérien (Carte inédite établit par le laboratoire sismotectonique du CRAAG).

Tableau 1 : Principaux événements sismiques en Algérie (1365-2003)

Les régions	Date	Intensité max	Magnitude	Victime
Alger	03 01 1365	X	/	plusieurs
Alger	03 02 1716	X	/	20 000
Mascara	22 /11/1851	VIII	5.7	
Mascara	03/1819	X	7.5	
Oran	09 11 1790	X	7.5	2000
Blida	02 03 1825	X	/	7000
Mitidja	02 01 1867	X-XI	7.5	100
Aurès	16 11 1869	IX	6.5	30
El Kalaa	29 11 1887	IX-X	/	20
Gouraya	15 01 1891	X	7.5	38
Sour El Ghozlane	24 06 1910	X-XIII	6.6	81
M'sila	12 02 1946	VII-VIII	5.5	264
Béni Saf	13/05/ 1964	VII	5.2	
Orléanville	09 09 1954	IX	6.7	1243
El Asnam	10 10 1980	X	7.3	3000
Constantine	27 10 1985	VIII	6.0	5
Tipaza	29 10 1987	VIII	6.0	22
Mascara	18 08 1994	XII	5.7	171
Ain Beniane	04 09 1996	VII	5.7	5
Ain Temouchent	22 12 1999	VII	5.8	25
Beni Quartiline	10 11 2000	VI	5.7	2
Zammouri	21 05 2003	X	6.5	2200

4. Sismicité des régions avoisinantes

4.1. Région d'Alboran

La région d'Alboran est une région marine comprise entre les côtes algériennes, marocaines et espagnoles. Cette région se caractérise par une importante sismicité qui témoigne de la déformation continue de cette zone appelée sous plaque d'Alboran.

Une simple convergence N-S induisant une extension E-W dans la région d'Alboran. Des séismes profonds (100 km) ont également été enregistrés dans cette zone. L'analyse de la carte de sismicité de la région ibero-maghrébine montre que la sismicité est localisée principalement dans les zones côtières ibériques, en mer d'Alboran et sur la marge Nord des pays maghrébins.

Dans le Sud de la péninsule ibérique et la mer d'Alboran, la plupart des mécanismes des tremblements de terre trouvés pour peu profonde correspondent à tremper-dérapant mouvement. Le segment des Açores à une forte sismicité, une ampleur modérée, un taux de glissement relativement faible et le mécanisme prédominant est normal ou transformer failles avec des axes de tension horizontale moyenne (fig. 13 et 14)

Les principes zones sismiques de la région Açores-Alboran :

- ✓ SW du Cup St Vincent (siège des séismes du 1/11/1755, M=7.3, tous les deux ont provoqué des dégâts au Maroc ; 27/12/1941, M=6.0 et 12/2/2007, Mw=6.1, d'où il part un linéament sismique vers SW du Portugal. un deuxième linéament sismique rejoint le Maroc au niveau de Rabat vers 34°N-7°W.
- ✓ le golf de Cadix (siège du séisme du 15/03/1964, ressenti au Maroc) ; où on y distingue deux linéaments sismiques, le plus important pénètre en Espagne au niveau de la faille du Guadalquivir, alors que l'autre linéament passe par le Rif occidental entre Asilah et Larache (Hatzfeld, 1978) ; cherkaoui, 1991).

4.2. Wilaya d'Oran

Cette région fut frappée en 1790 par un séisme dévastateur. Les secousses sismiques sont générées principalement par le pli faille du Murdjadjo qui borde à l'Ouest la ville d'Oran ou son extension marine. Cette structure active serait à l'origine du violent séisme qui s'est produit l'Octobre 1790 et a ravagé la ville d'Oran.

Le séisme d'Oran du 06 juin 2008, $M_w = 5.5$: ce séisme c'est produit en mer au Nord de la ville d'Oran. Le séisme a été bien ressenti dans l'Oranais ,sa magnitude de moment sismique calculée dans ce travail est de $M_w = 5.5$. Le CRAAG a localisé à la latitude 36.06° N et la longitude 0.64° W. La profondeur est estimée à 6.5 km.

Le séisme de Boufatis (Sud D'Oran) du 09 janvier 2008, $M_w = 4.8$,20 km au Sud d'Oran). Dans le village de Boufatis on a observé des dégâts sur les vieilles bâtisses coloniales (siège de L'APC, la brigade de la gendarmerie, maisons coloniales). Le séisme a été localisé par le CRAAG à Latitude : 35.73° N et Longitude : 0.4° W. La profondeur de l'hypocentre est estimée à 6 km.

4.3. Wilaya de Sidi Belabbes

La région de Sidi Bel Abbes située à quelques cent kilomètres de la région de la plaine de la Mekerra est marquée par une sismicité faible. Les quelques secousses enregistrées sont générées par les structures actives des Monts des Tessala. *Une secousse tellurique d'une magnitude de 3,5 degrés sur l'échelle de Richter a été enregistrée à Sidi Bel-Abbès, auprès du centre de recherche en astronomie, astrophysique et géophysique. Selon (CRAAG, 2009), cette secousse a été enregistré à 00 h 31 mn, à 9 km au Nord-Ouest des monts de Tessala.*

4.4. Wilaya de Mascara

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, (Benouar, 1994) dont l'épicentre se situe près du village de Hacine, distant de quelque 20 kilomètres de Mascara (35.40° N, 0.03° W ; Benouar *et al.*, 1994 ; Bezzeghoud *et al.*, 1999). Ce séisme est modéré, et située au Sud-Est d'Oran (Nord Ouest de l'Algérie) sur la bordure méridionale des monts des Béni Chougrane ; ces montagnes ont été structurés durant le Pléistocène (Thomas, 1985) et l'existence de failles inverses actives de direction NE-SW qui bordent les monts des Béni Chougrane (Meghraoui, 1988 ; Thomas, 1985 ; Bezzeghoud et Buforn, 1999).

Ce tremblement de terre qui s'est produit à 01h13 mn GMT tué 171 personnes et blessé 654 personnes, 12500 personnes sont sans abri et 454 maisons détruites (Benouar, 1994 ; Benouar et al., 1994) n'a cependant pas induit de traces de surface et seules quelques fissures et glissements de terrains ont été reportés .

4.5. Wilaya de Tlemcen

Jusqu'à l'heure actuelle, aucune secousse sismique de forte magnitude dans cette région n'a été enregistrée (Tabl.1).

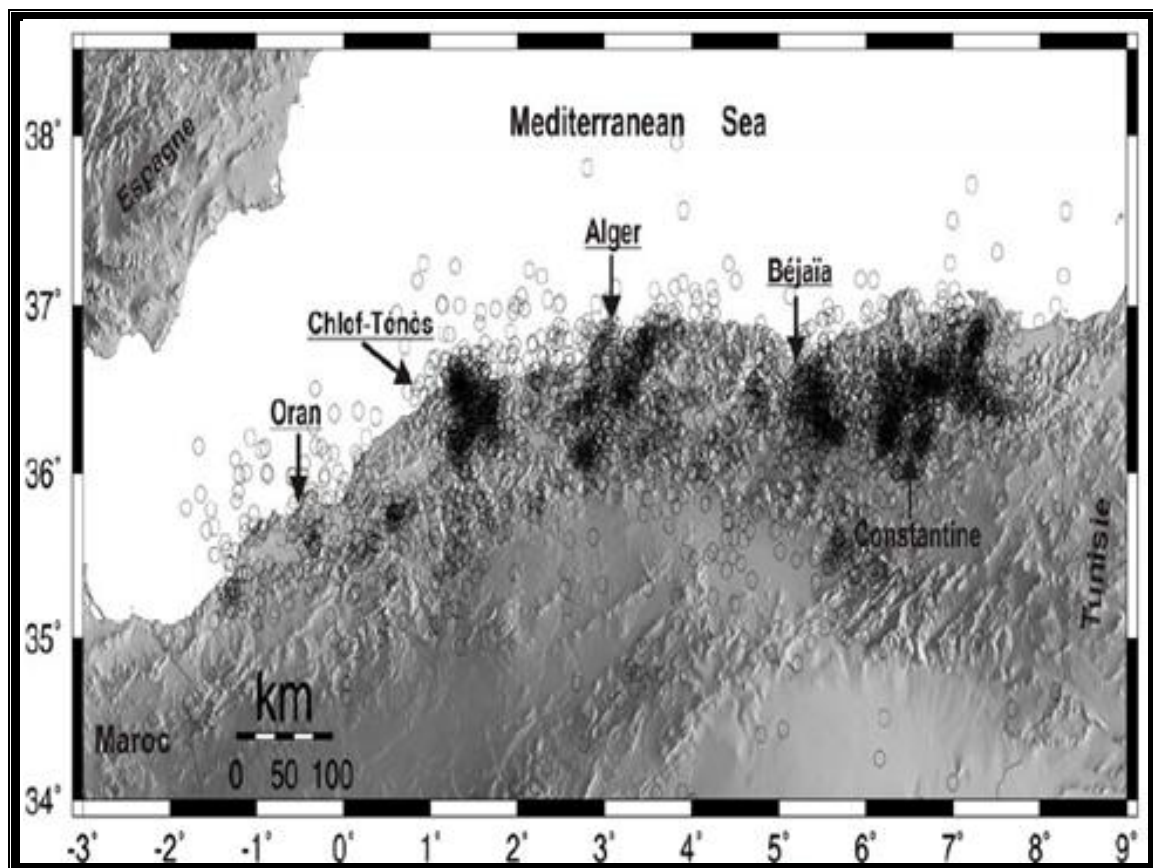


Figure 14: sismicité historique instrumentale de l'Algérie de 1365 à 2009 (catalogue du CRAAG, In Beldjoudi ,2011).

III. SURVEILLANCE SISMIQUE DU TERRITOIRE

L'activité sismique en Algérie est enregistrée depuis 1910, lorsque la première station a été installée à Alger (Bouzaréah). Le nombre de stations a augmenté graduellement par l'addition de la station de Oued El Fodda (1935) suivie par les stations de Tlemcen, Ghelizane (1955) Sétif (1958).

En 1990, un réseau de 32 stations a été installé dans la région Nord de l'Algérie. Deux types de station sont utilisés actuellement : stations sismologiques de type large bande (Broad band) ont une période propre centrée sur 10 ou 30 secondes voir plus (détectant les signaux de basses fréquences), et stations sismologiques de type courtes périodes (détectant les signaux de hautes fréquences) ont une période propre centrée sur 01 seconde.

Le Réseau de surveillance sismologique Algérien dans la région Ouest du pays fait partie du réseau national composé de quarante stations réparties à travers la région Nord du pays (fig.15).

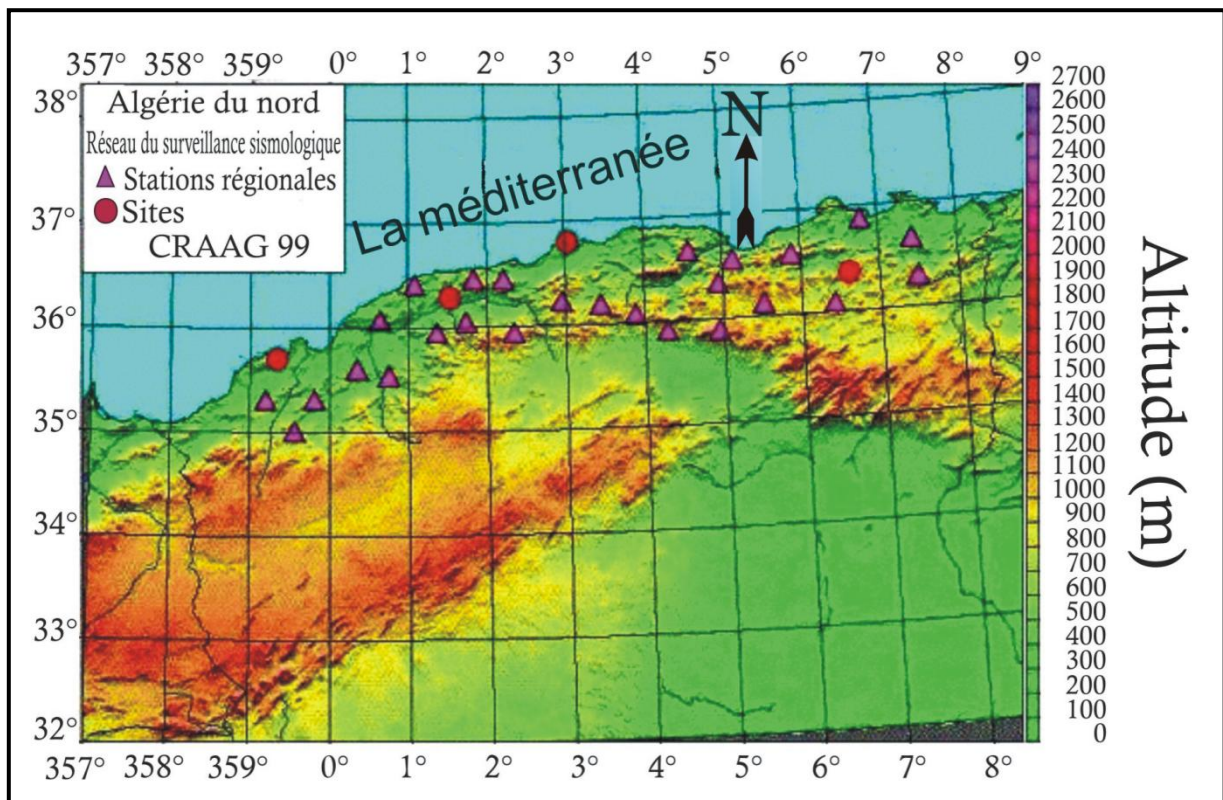


Figure 15.Réseau de surveillance sismologique algérien

Ce réseau régional est quant à lui composé de 12 stations. Une station régionale implantée à Oran et de 11 autres stations réparties à travers les wilayas Ouest du pays.

1. La station régionale d'Oran

Cette station avait été implantée originellement sur le Mont Murdjadjo qui surplombe la ville d'Oran. Elle fut transférée en 1994 au niveau de l'USTO (fig.16).

La station régionale a pour mission essentielle de centraliser l'ensemble des signaux sismiques provenant de la station elle-même et ceux des stations auxiliaires et de les restituer sous forme analogique. Le signal de la station régionale et de chacune des stations est reporté sur un tambour localisé sur un rack d'enregistrement. La station régionale étant dotée d'une station sismologique tri-composante (une verticale et deux horizontales), sont restitués à son niveau dix signaux, trois de la station régionale et sept des stations auxiliaires.



Figure 16 : La station de surveillance sismique d'Oran (Université d'USTO).

2. La station autonome de Tlemcen

Une première station de surveillance (technique) avait été installée au sein du barrage de Mafrouche entre 1978 et 1992 mais elle ne permettait pas de percevoir avec précision l'activité sismique réelle de la région. Les premières installations de la station sismologique GEOTECH par l'I.M.P.G.A à Tlemcen (Barrage d'Oued Fodda.) en 1976.

Cette station a été installée en 2004 dans le but de compléter le réseau en place du fait qu'au sud d'Ain Temouchent aucune station n'était implantée. Elle permet ainsi de surveiller étroitement l'activité sismique de la région de Tlemcen et de participer à la surveillance de la région Ouest du pays et du territoire national. La station de Tlemcen est de type GEOSTAR. Au contraire des stations Kinematics, cette station dite numérique est équipée d'un numériseur permettant ainsi une conversion immédiate du signal sismique en signal numérique. Ce numériseur se situe dans le même abri que le sismomètre qui est du type L22D. Celui-ci repose sur une dalle sismique faisant jonction avec le bedrock. Cette station, et au contraire des autres stations qui émettent par voie hertzienne, transmet ses signaux par ligne téléphonique via modem (fig.17)

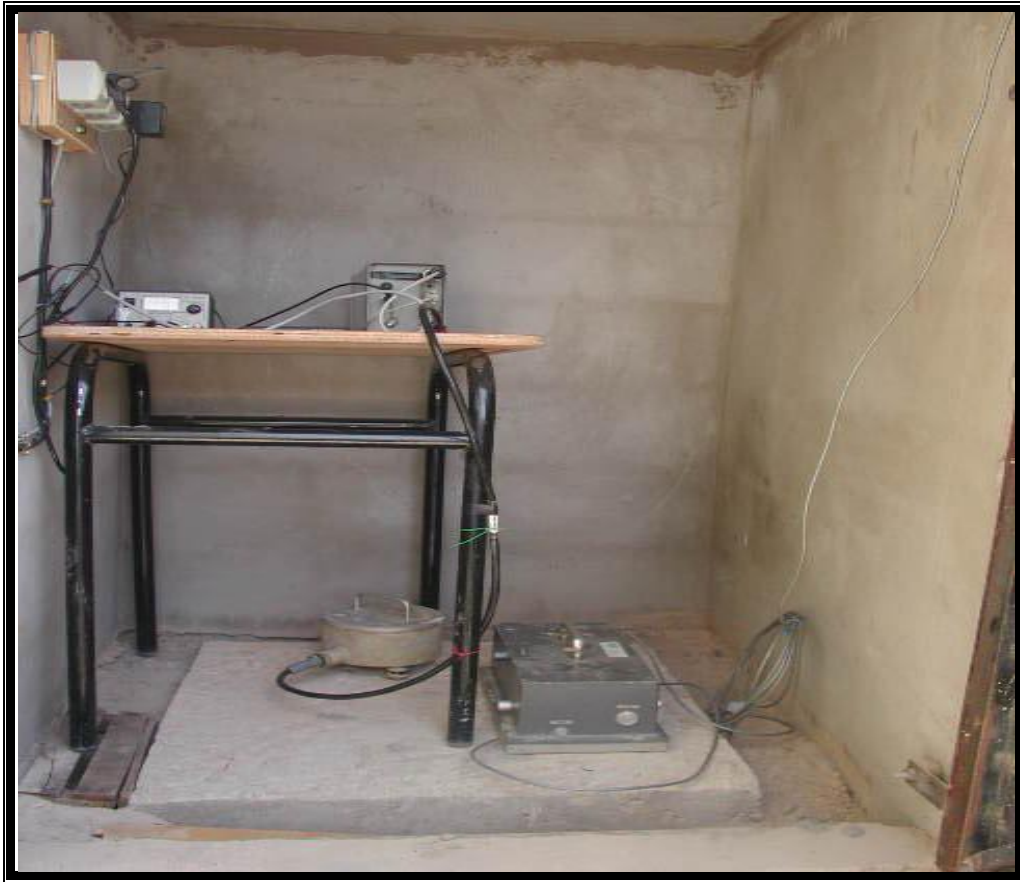


Figure 17 : Le sismomètre installé par le CRAAG au sein de l'Université de Tlemcen.

IV. SYNTHÈSE DES DONNÉES HISTORIQUES

La sismicité historique en Algérie a permis certes de remonter à plusieurs siècles de sismicité et ce jusqu'à 1365 ; elle est basée sur les seules informations disponibles.

Du point de vue géodynamique et grâce à la théorie de la tectonique des plaques, on sait maintenant que les séismes qui se produisent en Algérie du Nord sont causés par l'affrontement des plaques tectoniques africaine et eurasiatique (Phillip, 1983,1987).

Chaque mois, il se produit environ une cinquantaine de micro-secousses, en général non ressenties par la population. Tous les trois mois environ se produit un séisme de magnitude supérieur à 4.0. On remarque également que l'activité sismique est plus intense dans la région Est du pays que dans les régions centre ou Ouest (fig.18)

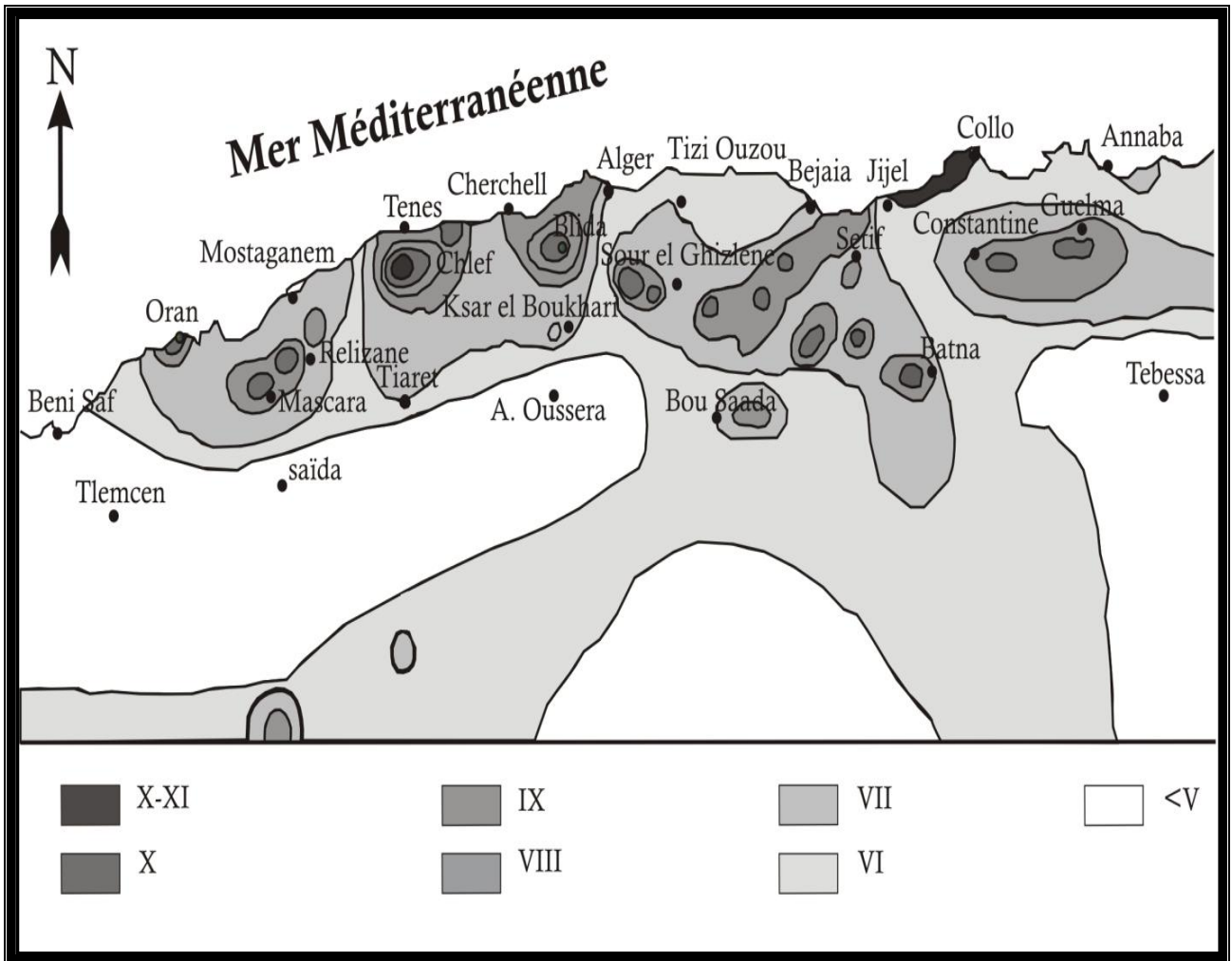


Figure 18 : Carte d'intensité maximum observée en Nord d'Algérie (d'après Bezzeghoud et al., 1996)

I. INTRODUCTION

Le 22 décembre 1999, La ville d'Ain Temouchent et les régions avoisinantes situées sur le Nord-Ouest des montagnes de l'Atlas Tellien ont été touchées par un tremblement de terre de magnitude (Mw 5.7) (Belabesse et al., 2008). Le séisme a provoqué de sérieux dommages dans la ville d'Ain Temouchent et ses villages limitrophes. Le mécanisme au foyer de ce séisme est calculé par Yelles et al (2004) montre une faille inverse orientée NE-SW.

De cette date jusqu'au 25 Janvier 2000, correspondant à la période lorsque le réseau mobile était en activité, 293 séismes de magnitude allant entre 1.0 et 4.0 ont été enregistrés. Les répliques ont duré environ 14 mois. Pendant cette période, trois fortes répliques ont eu lieu: le 27 mai 2000 à 12h26mn avec une magnitude de 3.5, le 30 Juillet 2000 à 02h 25mn avec une magnitude de 3.7 causant la mort de trois personnes, et le 4 Janvier 2001 de magnitude 3.1.

II. ANALYSE STRUCTURALE

Par ce biais, nous essayons de synthétiser plusieurs travaux qui ont traité la partie structurale de notre région d'étude. A cet effet, nous avons rassemblé toutes les cartes qui illustrent la distribution des failles en Oranie Nord occidentale. Ensuite, nous avons limité la sélection des failles uniquement celles qui touche la région d'Ain Temouchent. Pour des raisons statistiques nous avons éliminé les failles identiques répétées.

Notre deuxième approche était de prendre que les failles typées actives (les failles dites « actives » de ce travail, sont d'âge Holocène à Pléistocène). En revanche, trois principales failles actives sont déterminées dans notre région. Notons, que toutes les failles sont reproduites des travaux antérieurs (Guardia 1975, Thomas 1985, Meghraoui 1988, Yelles Chaouche et al 2004, Boucif 2006 et autres auteurs) .

1. Faille de StahZilzila (F1)

La faille de Stah Zilzila localisée le long de la côte au Sud de Beni Saf, près de Souk Etnine (Oulhaça), est une faille supposée active de direction générale NE–SW, avec un pendage Sud–Est. L'érosion côtière et un important glissement de terrain ont caché la trace de la faille. Cette région côtière est soulevée par un large anticlinal, qui plonge, puis disparaît au Nord-Est vers Beni Saf (Yelles-Chaouche et al., 2006). La longueur totale de la faille est incertaine. Toutefois, on estime cette longueur entre 10 et 21 km.

2. Faille de Djebel Djaddara(F2)

La faille de Djebel Djaddara est interprétée comme étant une faille inverse présentant un pendage vers le Nord-Ouest et une direction Nord-Est. Elle est visible sur au moins 10 km à partir d'un point situé à 1,5 km du village de Chentouf jusqu'au Nord de la ville de Hammam Bou Hadjar. Elle apparaît comme un alignement discontinu présentant des escarpements à facettes Sud-Est et un contraste linéaire très marqué. Cette faille est associée à des déplacements de surfaces alluviales d'âge Pléistocène supérieur et possiblement Holocène.

3. Faille de la Sebkhia Sud (Faille de l'Ouest de la Mleta F3)

Un système de failles inverses discontinues à pendage Sud à Sud-Est recoupe les surfaces de piémont représenté par des niveaux alluvionnaires d'âge Pléistocène inférieur à Holocène qui séparent le bassin de la Mléta au Nord des monts du Tessala au Sud. Les traces de la faille sont apparentes dans une carrière à l'Ouest du village d'El Khemis (d'Ain EL Arbâa). Cette faille d'orientation Est-Ouest présente un plan sub-vertical sur lequel des stries ont été observées. Ce système de failles se prolonge, vers le Nord-Est, le long des Monts du Tessala sur une longueur d'environ 30 km jusqu'à la limite de la zone d'étude (fig.19).

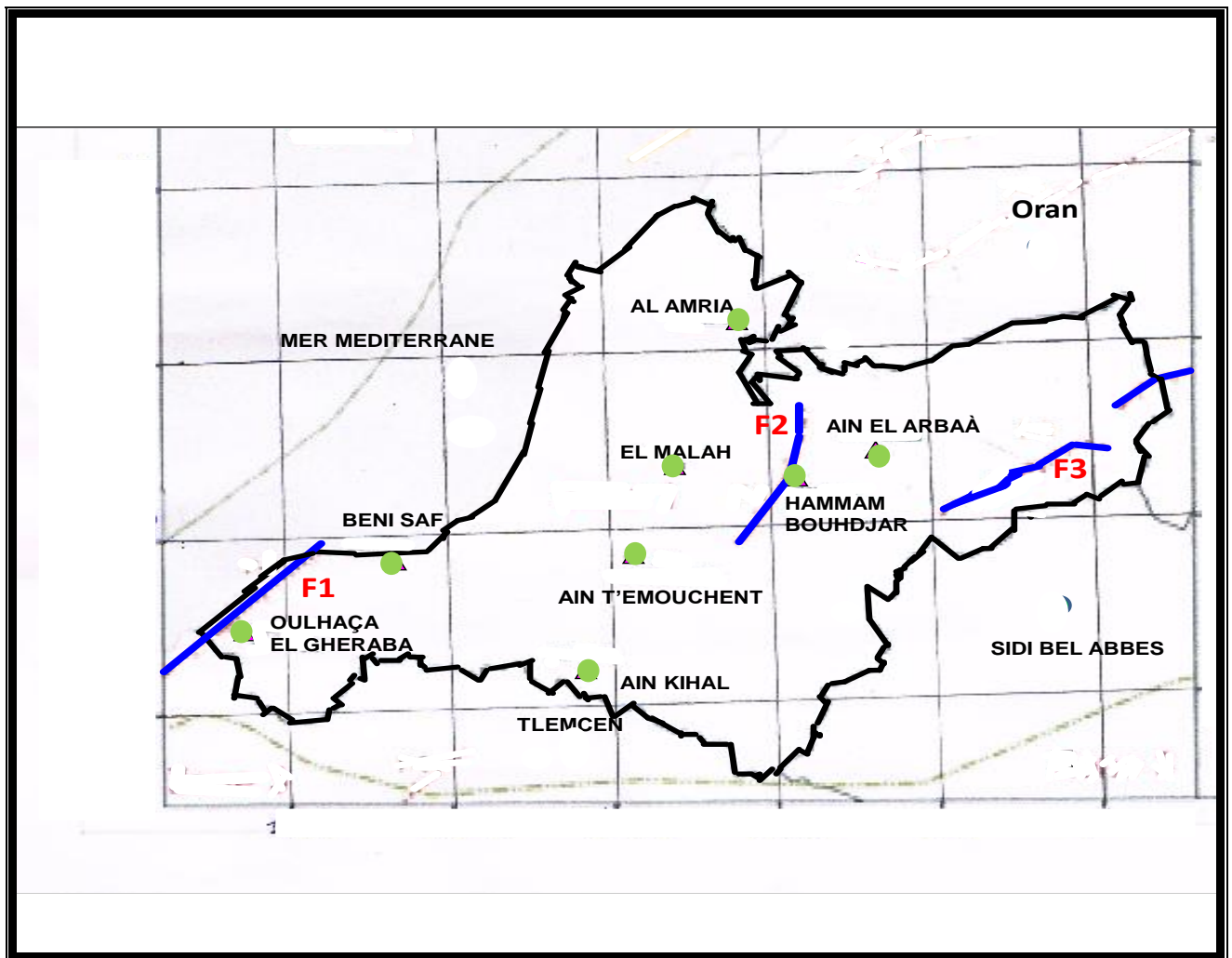


Figure 19 : Les failles actives de la wilaya d'Ain Temouchent, F1 : faille de StahZilzila, F2 : faille de Djebel Djaddara, F3 : faille de la Sebkhia Sud.

Tableau 2. Caractéristiques géométriques des principales failles d'Ain Temouchent.

Nom de la faille	Type de faille	Longueur Totale (km)	Longueur De la rupture (km)	Pendage de la faille (degrés)
StahZilzila	Inverse à pendage sud-est	15	10	45
Sebkha Sud (Ouest Mleta)	Inverse à pendage Sud	30	10	30
Dj.Djaddara	Inverse à pendage nord-ouest	16	10	55

III. SISMICITE

Au cours des vingt dernières années, il y a trois événements plus importants qui se sont produits dans la proximité de l'épicentre de l'événement d'Ain Temouchent (fig.20) ; ce sont les événements du 16/01/1980 (M= 3,8), 15/07/1985 (M= 4,1), 17 /12/1992 (M = 4,8), les amplitudes inférieures à 5,0. Nous croyons qu'il est difficile d'envisager cette région avec une faible sismicité dans le passé, car il est situé dans la limite de la plaque eurasiatique-africaine.

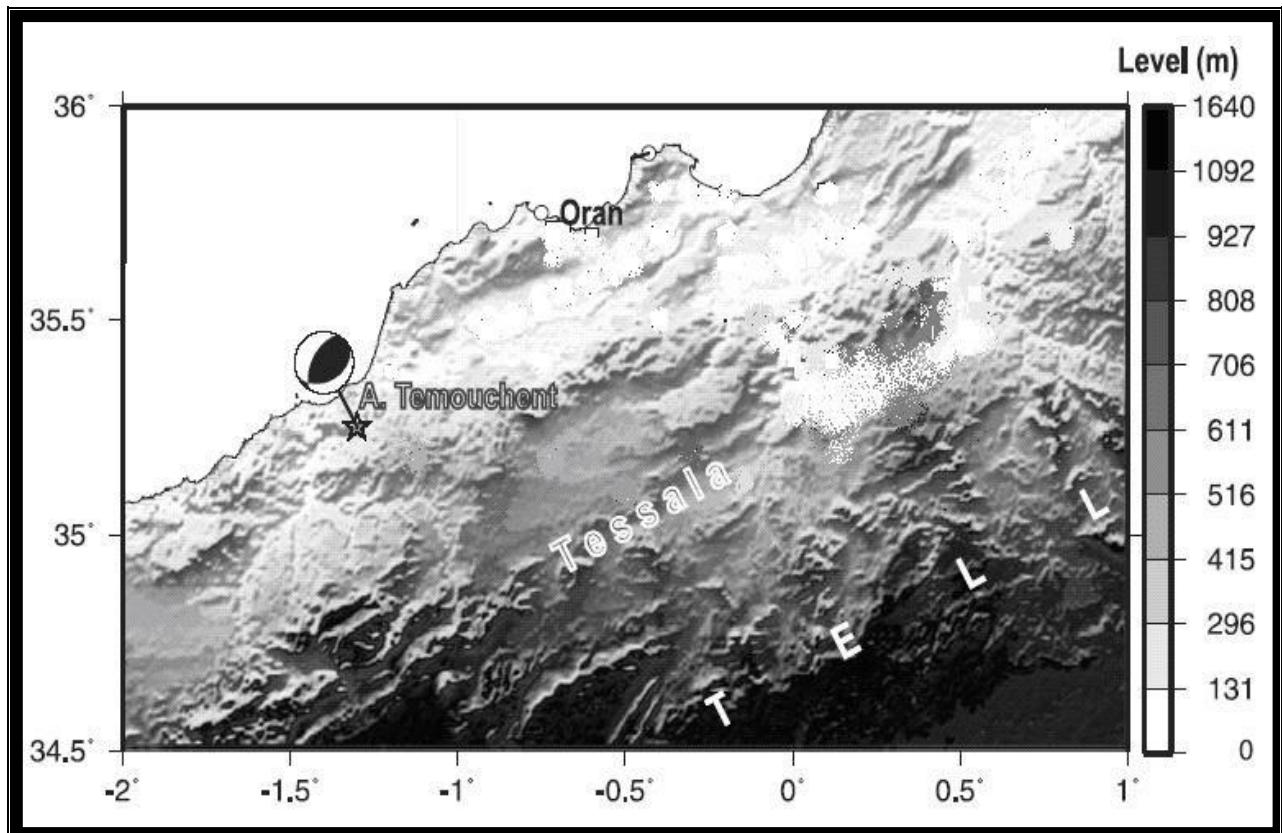


Figure 20 : Situation du séisme d'Ain Temouchent (Yelles-Chaouchet *al.*, 2004).

Les données recueillies lors du séisme du 22 décembre 1999 ($m_l : 5,7$) (Yelles-Chaouch et al., 1997) ainsi que les dernières investigations réalisées montrent l'existence d'un risque non négligeable dans cette région, ou l'activité sismique était jugée auparavant peu importante. Ce séisme, qui n'a pas laissé de traces de rupture en surface, a été généré par une structure active de direction NE–SW, d'une longueur de 20 km (fig.21). Le mécanisme focal en inverse traduit un régime compressif. Nos investigations, menées récemment dans la région (Geomatrix-Me2i-TTi ,2003), ont permis également d'identifier d'autres structures actives potentielles.

Le séisme d'Ain Temouchent a été enregistré à l'époque par l'ensemble des stations sismologiques du réseau national. La lecture des signaux sismiques a permis de localiser le séisme aux coordonnées suivantes : (35.25° N, 1.30° W). Le calcul de la magnitude a permis d'estimer celle-ci à M_L : 5.7. La profondeur du séisme a quant à elle estimée à 10 Km, une profondeur superficielle caractérisant généralement les séismes algériens. Ce séisme fut ressenti très fortement dans un rayon de 70 Km c.à.d. au Nord à Oran et au sud à Tlemcen (Yelles-Chaouche *et al.*, 2000).

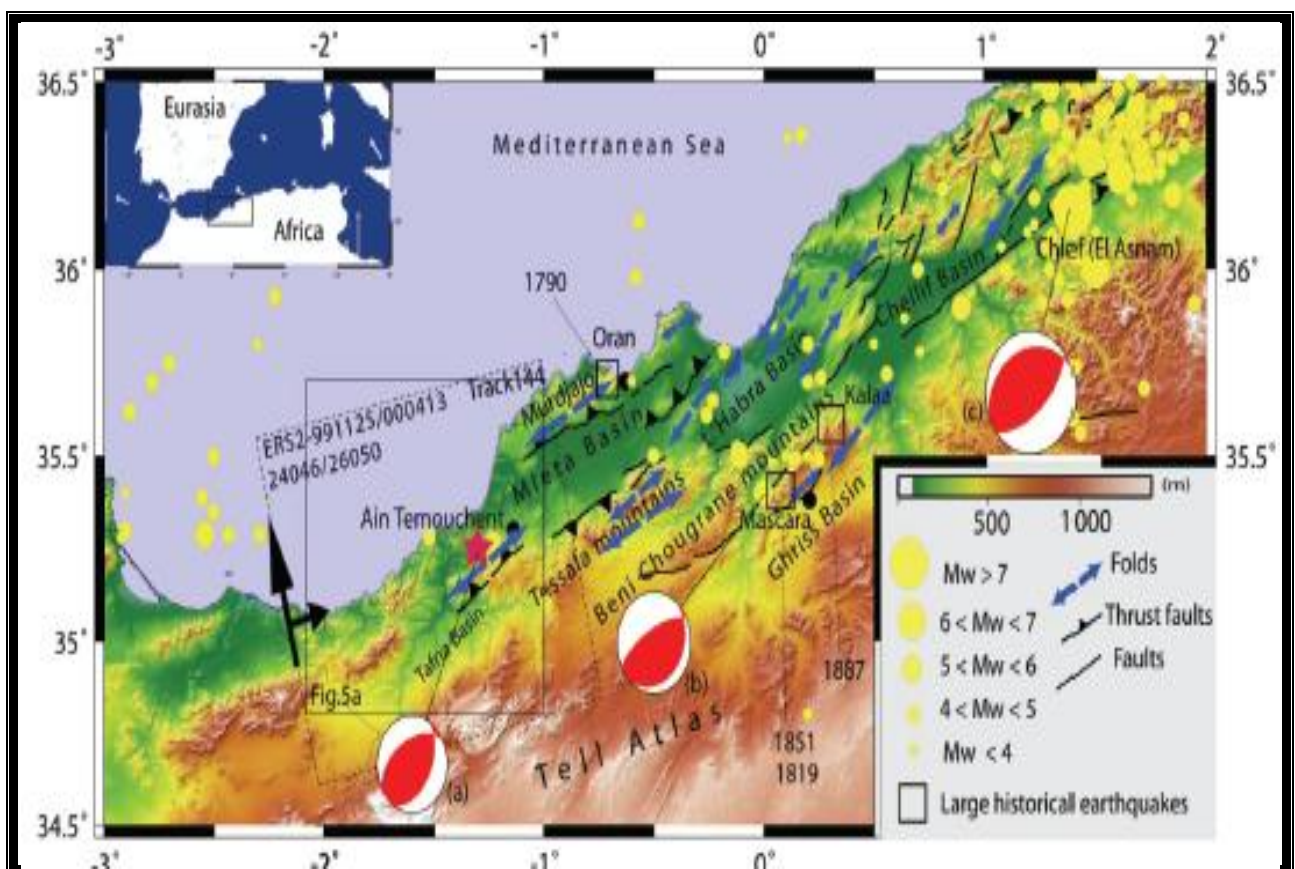


Figure 21 : carte sismotectonique du tremblement de terre de la région d'Ain-Temouchent, étoile rouge montre l'épicentre du tremblement de terre donné par les différents centres sismologiques (données CRAAG, Benouar1994).

IV. CARACTERISTIQUES DE SEISME

Le séisme avait fait officiellement 22 morts et 247 blessés, dont 82 seront hospitalisés. Le vieux bâti amplifia démesurément l'onde de choc. Ainsi, 4323 unités bâties seront endommagées, dont 4103 habitations (6734 logements), 66 bâtiments administratifs, 59 infrastructures scolaires, 24 infrastructures hospitalières, 19 sportives et culturelles et 30 équipements industriels. Au total, les dégâts matériels au niveau des édifices publics avaient été estimés à 17 millions de dollars US. Outre le chef-lieu de wilaya, le tremblement de terre avait fortement secoué les villages de Sidi Ben-Adda, situé à 4 km et celui d'Ain Tolba (13 km). D'ailleurs, c'est dans cette dernière localité que l'épicentre du séisme avait été identifié, plus exactement au lieudit Ain Allem (Benfodil, 2003). Les différents types d'effets de sol tels que les glissements de terrain, chutes de pierres, cavités s'effondrent et les variations d'eau de source (Yelles et al., 2000) ont été observés dans les zones suivantes :

➤ **Ain Allem**

Dans cette zone, les formations Sénoniennes situés à l'entrée du village affichent un ensemble de fissures NE-SW traction de plusieurs mètres de longueur. En la série de grès d'un décalage vertical de 20 cm a été observée, ce qui suggère un mineur glissement de terrain. Dans le village, un déplacement gauche-latérale d'une conduite d'eau a pu être observé.

➤ **Oued El Kihal**

Quatre kilomètres du village d'Ain Tolba vers le Sud, les fissures droites avec une longueur totale de 100 m ont été observées. Elles étaient liées à un glissement du terrain mineur affectant l'Ouest flanc de l'Oued El Kihal. Le mouvement vertical atteint 20 cm. Sur le fond de ce flanc deux sources d'eau ont été créées. Sur la route vers Ain Kihal le séisme a touché la série volcanique où plusieurs blocs tombés.

➤ **Sidi Ben Adda**

Cinq kilomètres à l'Ouest de ce village, près de l'Oued El Hallouf, un ensemble de fissures avec un N160° direction affecte le flanc oriental de la rivière.

➤ **Site d'El Baida**

Sud d'Ain Temouchent, le long de la route menant à Ain Kihal, en NNE-SSW surface orientée pauses recoupé plus de 200 mètres de la formation Sénonien.

V. APPLICATION

Pour réaliser cette synthèse sismotectonique nous avons choisi d'utiliser un outil de travail qu'est le système d'information géographique (S.I.G.). Le SIG permet de croiser les informations contenues dans la base de données de différentes façons. Il définit comme un outil informatique permettant de stocker, de gérer, de traiter et de représenter l'information géographique. De plus, il permet de faire la cartographie et de l'analyse spatiale de façon précise en fonction de l'échelle désirée. Nous avons utilisé le logiciel Map Info pour construire notre SIG où nous avons attribué à chaque carte une couche d'information.

1. Carte structurale de la wilaya d'Ain Temouchent

En première étape nous avons élaboré une carte structurale soutenant le maximum de failles à partir de la carte structurale de d'Ain Temouchent. Il ya trois critères des failles :

- failles actives du Quaternaires récent, ce sont des failles actives qui trouvent dans la wilaya, on peut distinguer trois types principales et très longues par rapport les autres failles : **faille de StahZilzila** localisée au Sud de Beni Saf; **faille de Djebel Djaddara** localisée au Nord de la ville de Hammam Bou Hadjar ; et **Faille de la Sebka** localisée à l'Ouest du village d'El Khemis (d'Ain EL Arbâa).
- Failles probablement actives (poste Miocène) situent au Nord de la wilaya.
- failles supposées actives (poste Miocène) distribuent dans tous les chef-lieu du daïra sauf dans la région d'Oulahaça El Gharraba (fig.22).

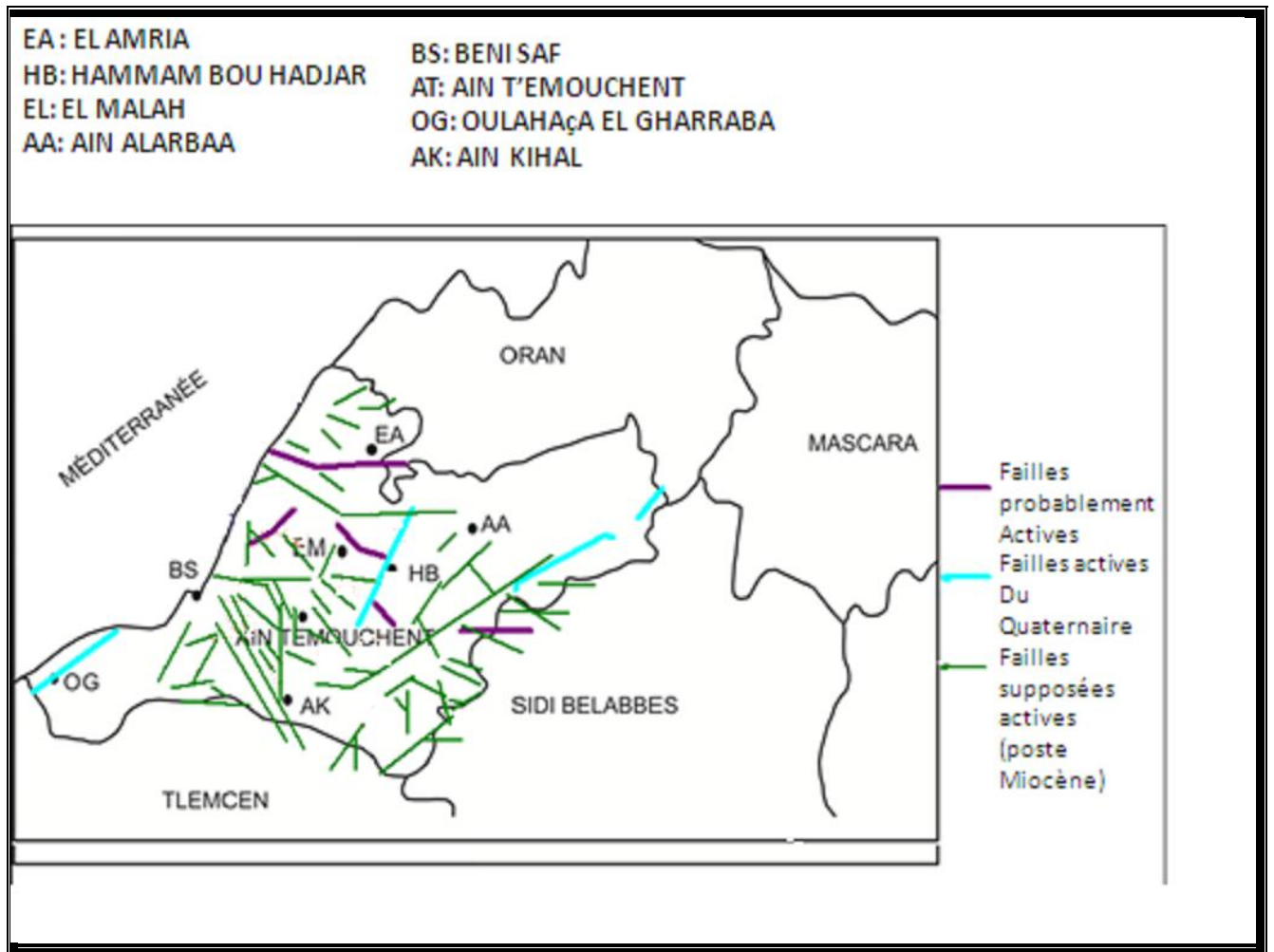


Figure 22 : synthèse structurale d'Ain Temouchent.

2. Carte des épicentres de la wilaya d'Ain Temouchent

Après la réalisation de la carte structurale nous avons réalisé une autre carte représentant la répartition des épicentres des séismes qui ont frappé la wilaya d'Ain Temouchent.

Les épicentres sont placés sur la carte selon leurs coordonnées géographiques (longitude et latitude). Cette carte englobe 34 séismes. On note que deux séismes ont le même épicentre.

Nous pouvons déduire de cette carte que : (fig.23)

- En général, presque toute la région est affectée par les tremblements de la terre sauf les régions d'Ain Larbaà et d'Oulahaça El Gharraba.
- Un nombre important d'épicentres de séismes enregistrés est situé en mer (11 séismes et les autres se situent en continent).

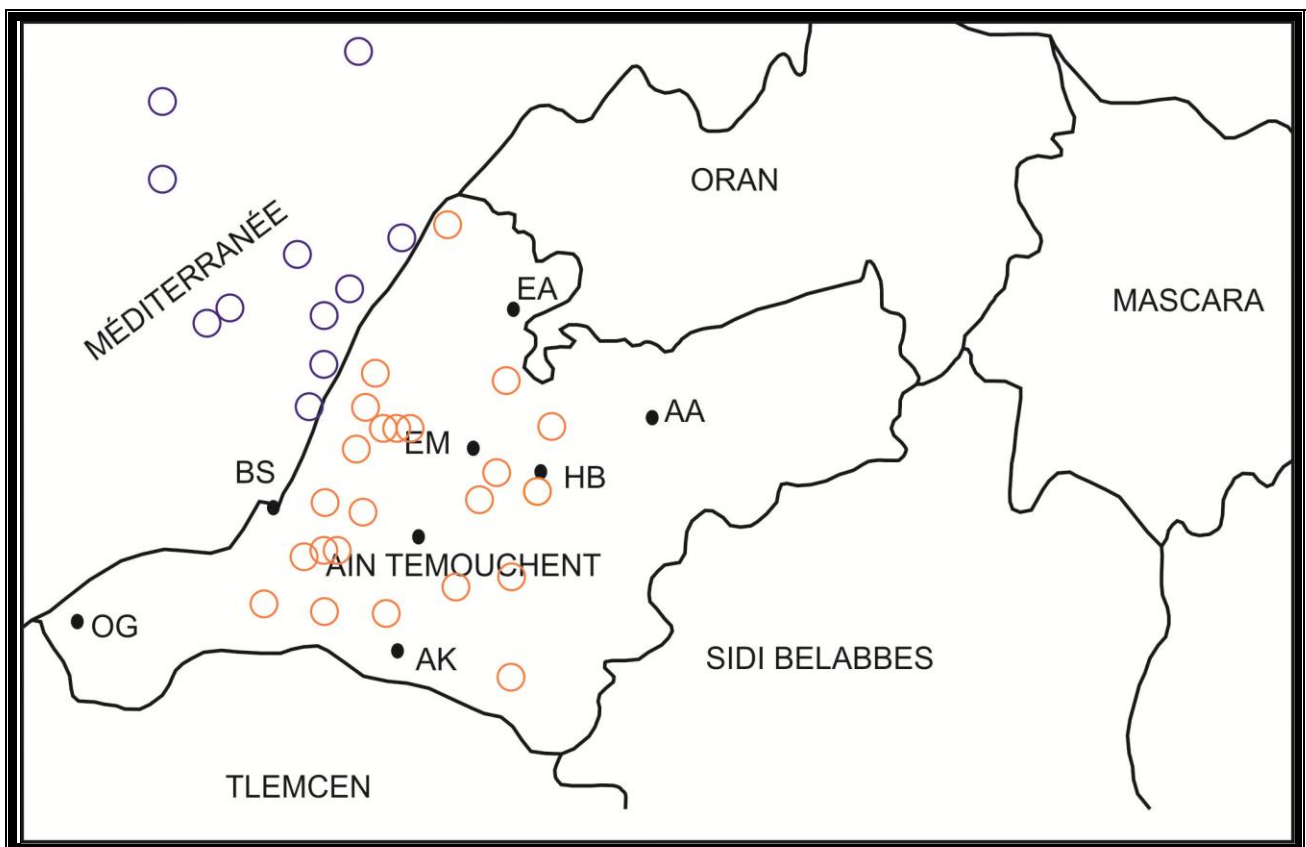


Figure 23: Carte de la répartition des épicentres de la wilaya d'Ain Temouchent.

3. Carte sismotectonique de la wilaya d'Ain Temouchent.

Nous avons fusionné les deux cartes réalisées qui sont respectivement la carte structurale et la carte qui illustre la répartition des séismes, pour avoir une nouvelle carte traitant la relation entre les failles et les épicentres des séismes. Cette dernière illustre les différentes situations qu'un épicentre peut l'avoir avec une faille quelconque, c'est-à-dire pour connaître la relation entre les failles et les séismes dans cette nouvelle carte sismotectonique (fig.24).

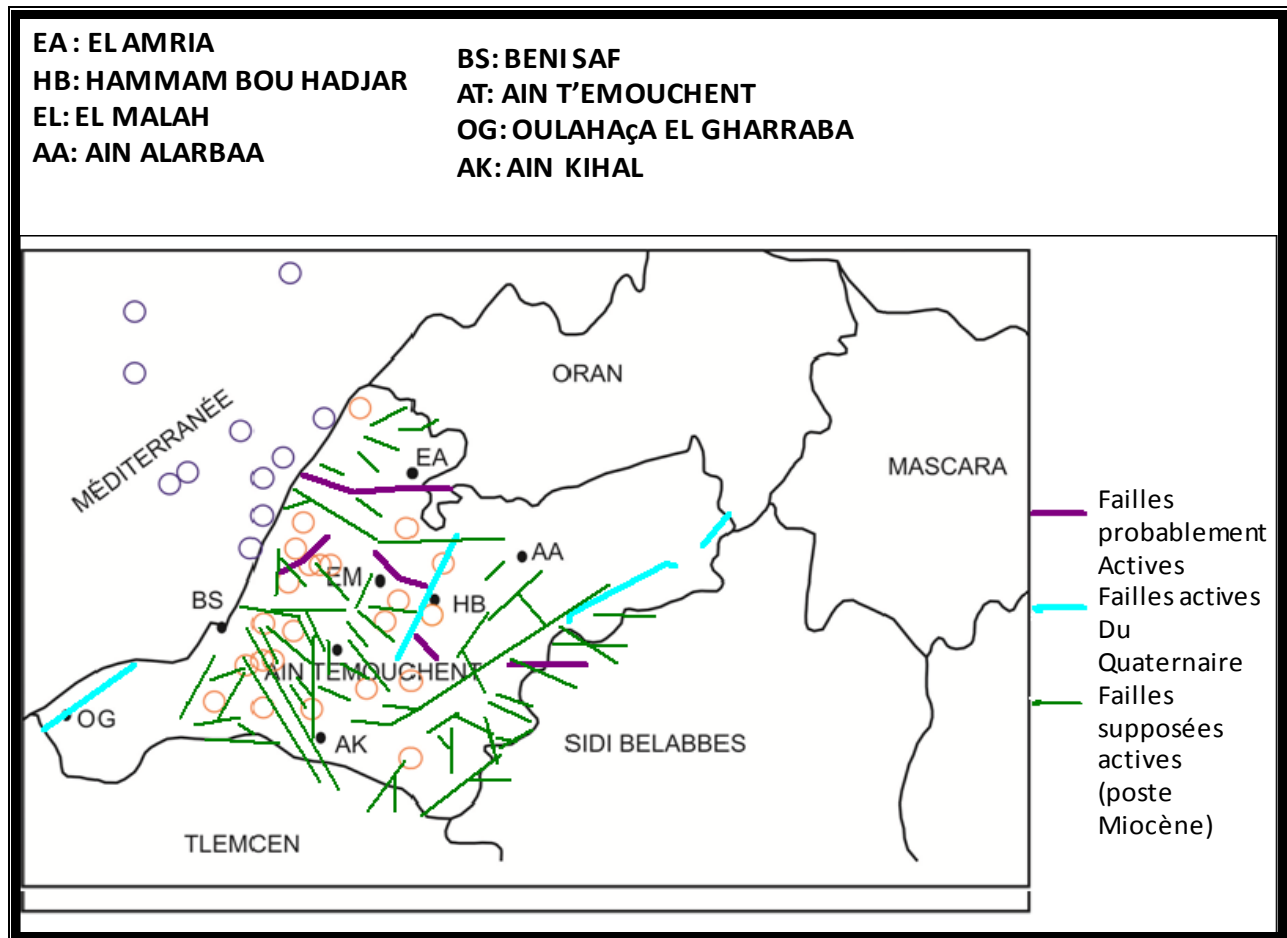


Figure 24 : la carte sismotectonique de la wilaya d'Ain Temouchent.

Nous remarquons à partir de cette carte que la répartition des séismes suit dans plusieurs cas la direction des failles existantes. Les épïcêtres sont situés soit directement sur la faille soit relativement proche d'elle. Nous pensons que la distance existante entre l'épïcêtre et la faille est d'un côté en fonction du degré d'inclinaison du plan de la faille et de l'autre côté avec la profondeur du séisme. Nous remarquons aussi que dans les régions qui contiennent des failles principales on ne trouve pas des épïcêtres de séismes (faille de Stah Zilzila et faille de la Sebkhah).

VI. ZONAGE SISMIQUE DE LA WILAYA D'AIN TEMOUCHENT

Nous rappelons que le zonage réalisé prend en considération deux paramètres, le premier est la nature de la faille (active, probablement active...) et le deuxième est celui de la densité des épicentres localisés dans la même localité. A la base de la combinaison de ces deux facteurs un zonage sismique a été élaboré pour la région d'Ain Temouchent (fig25).

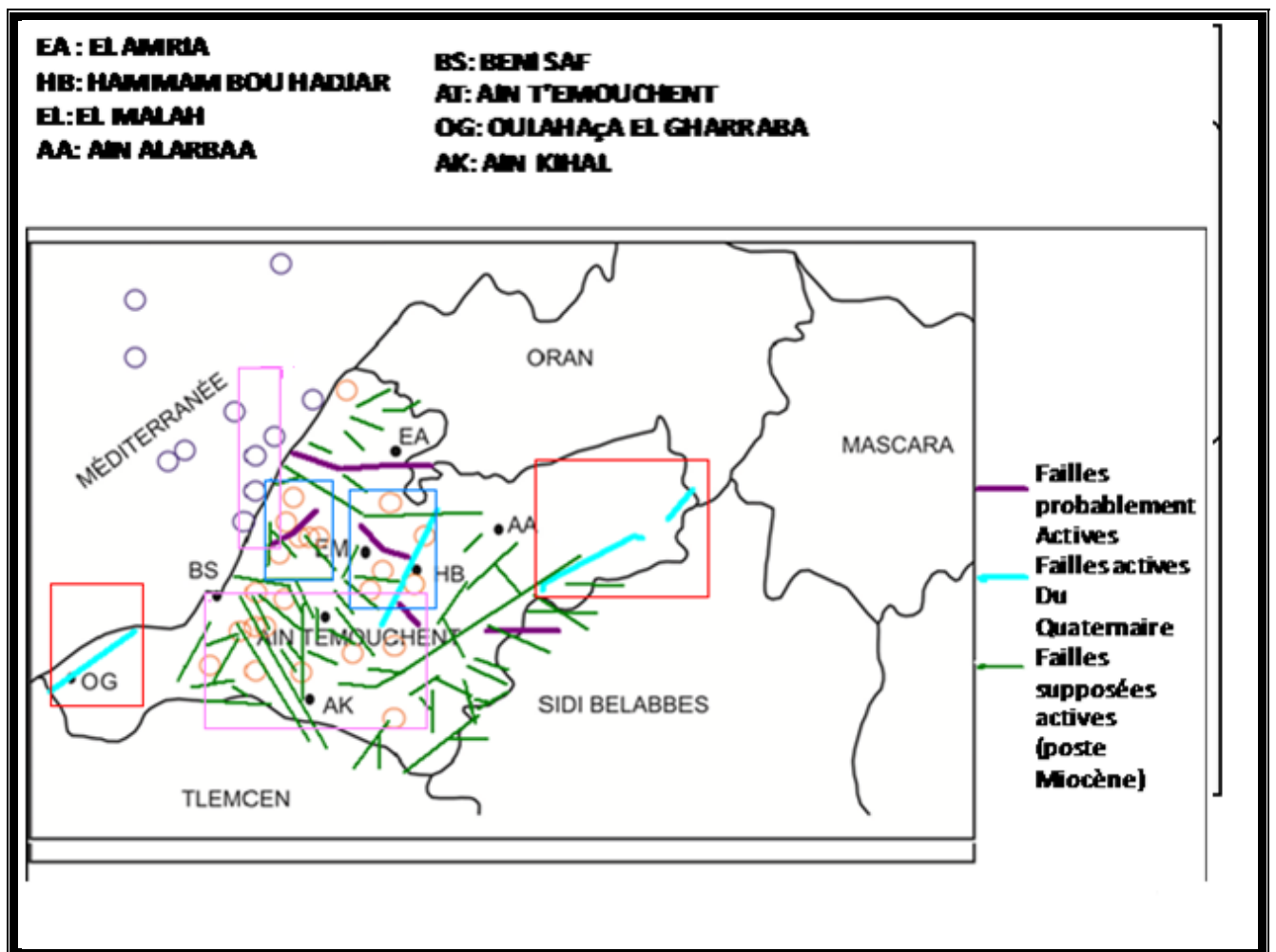


Figure 25 : méthode adoptée à la réalisation du zonage sismique de la région d'étude.

Comme première mesure d'estimation du risque sismique, était de chercher la présence simultanée de la faille active ainsi que la plus grande densité de la répartition des épicentres. C'est la zone à haut risque, là où il y a la forte probabilité qu'un séisme peut se produire. Nous avons réduit le risque sur la base de l'absence d'un des deux paramètres (failles et séismes) ou bien la faible densité des épicentres dans un lieu donné.

En conséquent, une carte a été réalisée pour illustrer notre contribution au zonage sismique de la wilaya d'Ain Temouchent (fig.26).

Le zonage a révélé plusieurs niveaux de risque :

- ❖ Zone à haut risque sismique (Zone 1)

- ❖ Zone à risque (Zone 2), cette dernière est subdivisée en deux zones (Zone 2a et Zone 2b) qui englobent les régions affectées par des séismes mais qui ne montrent pas l'existence de faille :

- ❖ Zone à risque modéré : (Zone 3), est subdivisée en deux zones (zone 3a et zone 3b), ces régions qui comportent des failles actives mais ne sont pas secouées par des tremblements de terre.

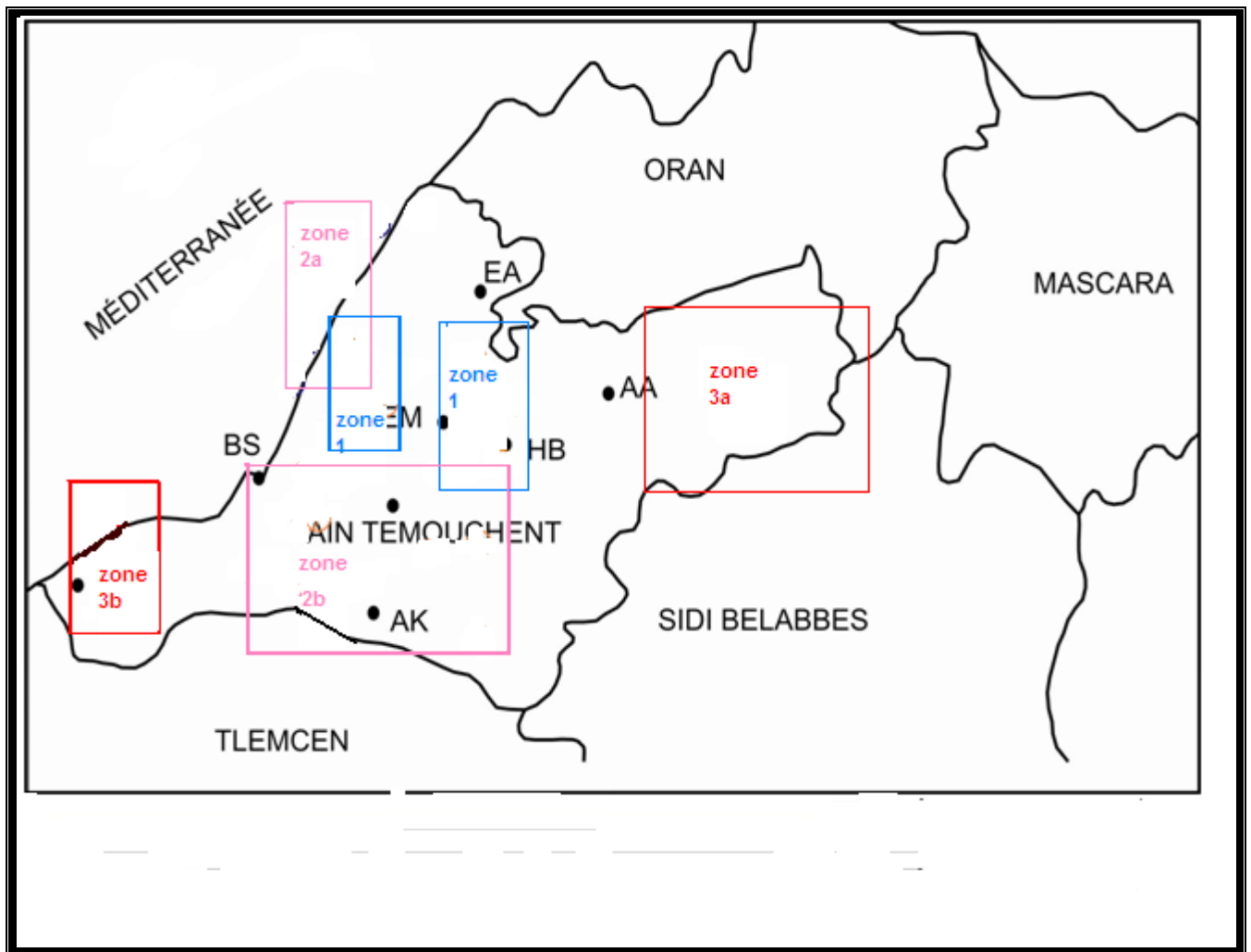


Figure 26: zonage sismique de la Wilaya d'Aïn Temouchent.

Le Nord de l'Algérie correspond à une frontière de plaques majeurs .cette frontière, active concentre la presque totalité de la déformation actuelle liée à la convergence Afrique-Eurasie en méditerranée occidentale .cette déformation se traduit par une activité sismique continue provoquant parfois des séismes destructeurs. par ailleurs, les études sismologiques montrent que les événements sismiques en Algérie se produisent dans la croûte sans jamais dépasser les vingt kilomètres de profondeur, un caractère qui amplifie le degré du risque sismique.

La wilaya d'Ain Temouchent située au Nord-Ouest de l'Algérie reste une région peu sismique puisque très peu de séismes ont été signalés au cours de l'histoire, d'une magnitude faible entre 2 et 4. Cependant, cette région n'est pas à l'abri d'un violent séisme, une réalité confirmée par le tremblement de terre de Boumerdès 2003 et dernièrement par le séisme du 22 décembre 1999 qui a secoué la wilaya d'Ain Temouchent.

Ainsi, notre travail consiste à contribuer à l'évaluation du risque sismique de la région d'Ain Temouchent. Afin de réaliser cette tâche, nous nous sommes basés sur deux paramètres importants, l'existence des failles actives et la répartition des épicentres des séismes. D'après une synthèse documentaire consultée, les principales failles actives de la région sont :

- Failles principales actives du Quaternaire : la faille de Stah Zilzila localisée le long de la côte au sud de Beni Saf, près de Souk Etnine de direction générale NE–SW, La faille de Djebel Djaddara est une failles inverse visible sur au moins 10 km à partir d'un point situé à 1,5 km du village de Chentouf jusqu'au nord de la ville de Hammam Bou Hadjar , Faille de la Sebkha Sud (Faille de l'ouest de la Mleta) est une failles inverse ses traces sont apparentes dans une carrière à l'Ouest du village d'El Khemis (d'Ain EL Arbâa).
- Failles supposées actives répartissent presque dans toutes les régions de la wilaya.
- Failles probablement actives dans la partie Nord de la wilaya.

Les épicentres des seimes localisés dans notre région sont le résultat d'un filtrage réalisé sur plusieurs catalogues qui traitent la sismicité régionale de la méditerranée. À cet effet, de nombreux séismes ont été déterminés à la wilaya d'Ain Temouchent.

La combinaison entre les coordonnées géographiques des épicentres des séismes et les principales failles qualifiées comme actives a démontré d'une façon claire la forte relation entre ces deux paramètres. Ainsi, nous avons réalisé un zonage sismique en fonction de la présence des failles actives et la densité des séismes dans une localité donnée.

Sur la base de notre carte sismotectonique, un zonage sismique a été réalisé. Trois zones ont été identifiées ; zone 1, zone 2 (2a et 2b) et zone 3 (3a et 3b). La zone 1 classée comme une région à haut risque, couvrant surtout les localités d'El Malah, et Ain Allem, ce dernier village était le siège du tremblement de terre du 22 Décembre 1999. La zone 2 est subdivisée en deux parties, l'une en mer (zone 2a), caractérisée par la présence des épicentres et aucune faille n'a été identifiée, l'autre, couvre la partie sud de la ville d'Ain Temouchent et le village d'AinKihal, ces deux localités sont marquées uniquement par la présence des failles. La zone 3 représente le reste de la wilaya, classée comme localités à faible activité sismique.

Néanmoins, ces résultats restent estimatifs car aucune région du nord algérien n'est à l'abri d'un éventuel séisme qui pourra être dévastateur.

- **Ambraseys N., Vogt J. (1988)** - Material for the investigation of the seismicity of the region of Algiers. *Eur. Earth. Eng* (3), pp. 16–29.
- **Argus D.F., Gordon R.G. (1991)**- No-net-rotation model of current plate velocities incorporating plate motion model NUVEL-1: *Geophysical Research Letters*, 18V, pp. 2039 - 2042.
- **Ayadi A and 22 authors. (2003)**-Strong Algerian earthquake strikes near capital city. *Eos. Transactions. American .Geophysical .Union(84)* ,pp. 561-568.
- **Belabbès S ; Meghraoui M , Çakir Z, Bouhadad Y.(2008)**- InSAR analysis of a blind thrust rupture and related active folding: the 1999 Ain Temouchent earthquake (*M_w* 5.7, Algeria) case study . *J Seismol, Algérie*. DOI 10.1007/s10950-008-9135-x, 12p.
- **Beldjoudi H. (2011)**-Etude de la sismicité du nord algérien. Thèse. Doc. D'état. Univ, Tlemcen (Algérie), 148p. ,2fig.
- **Benfodil M. (2003)**- Ain Temouchent ou l'espoir antisismique. Retour sur le séisme du 22 décembre 1999 .*J. Liberté* (30), pp. 109-185.
- **Benhallou H. (1985)**-Les catastrophes sismiques de la région de 'Chélif dans le contexte de la sismicité historique de l'Algérie, PhD .Thèses, USTHB, Alger, 294 pp.
- **Benouar D. (1994)**-The seismicity of Algeria and the Maghreb during the twentieth century, PhD dissertation, Imperial College ,London, U.K.
- **Benouar D., Aoudia A, Maouche S .,Meghraoui M.(1994)**- The 18 August 1994 Mascara (Algeria) earthquake – A quick-look report, *Terra Nova*(6), pp.634–637.
- **Beurzt P. (1972)**-la sismicité de la région méditerranéenne et de ses bordures .Dip. Ing. Geophys. Univ. Strasbourg.
- **Bezzeghoud M., Ayadi A., Sebai A., Ait Messaoud M., Mokrane A., Benhallou H. (1996)**- Seismicity of Algeria between 1365 and 1989: Map of Maximum Observed Intensities (MOI), in: *Avances en Geofisica y Geodesia* 1, ano 1, Ministerio de Obras Publicas, transportes y Medio Ambiente, Instituto Geografico Nacional España, pp. 107–114.
- **Bezzeghoud M., Buforn E .(1999)**- Source parameters of the 1992 Melilla (Spain, *M_w* 4.8), 1994 Alhoceima (Morocco, *M_w* 5.8) and 1994 Mascara (Algeria, *M_w* 5.7) earthquakes and seismotectonic implications, *Bulletin of Seismological Society of America* (89), pp359–372.
- **Borges J.F., Fitas A., Bezzeghoud M., Teves-Costa P. (2001)**- Seismotectonics of Portugal and its adjacent Atlantic area: *Tectonophysics*, 331V., pp.373-387.

- **Boucif A. (2006)**- Etude de la sismicité du bassin Néogène de la Tafna. Mem. De .Magister. Univ, Tlemcen, 110p, 4fig.
- **Boudiaf A. (1996)**-Etude sismotectonique de la région d'Alger et de la Kabylie. Thèse .Doc .Univ, Montpellier II, 273 p.
- **Bounif A ., Bezzeghoud M ., Dorbath L ., Legrand D., Deschamps A. , Rivera L., Benhallou H .(2003)**-Seismic source study of the 1989 October 29, Chenoua (Algeria) earthquake from aftershocks, broad-band and strong motion records, *Annals of Geophysics*(46), pp.625-646.
- **Bounif H., Haessler M., Meghraoui M. (1987)** - The Constantine (northeast Algeria) earthquake of October 27, 1985: surface ruptures and aftershock. *Study, Earth. Planet. Sci. Letts* (85), pp. 451– 460.
- **Bufoin E-M. (2009)** – Seismotectonics of the Azores-Tunisa Region, In the 1755 Lisbon.
- **Bufoin E-M., Bezzeghoud A., Udías.,C. Pro .(2004)**- Seismic sources on the Ibero-African plate boundary and their tectonic implications. *Pure and Applied Geophysics* (161), pp.623–646.
- **Cherkaoui T.E. (1991)**-contribution à l'étude de l'aléa sismique au Maroc .Thèse. Univ, Joseph Fourier, Grenoble,246p.
- **Coulon C., Megartsi M., Fourcade S., Maury R.C., Bellon H., Louni-Hacini A., Cotten J., Coutelle A., Hermite D., (2002)** - Post- collisional transition from calco-alkaline.to alkaline volcanism during the Neogene in Oranie(Algeria): magmatic expression of a slab break off. *Lithos*, (62), pp.87-110.
- **Delouis B., Vallée M., Meghraoui M., Calais E, Maouche S., Lammali K., Mahasas A., Briole P., Benhamouda F., Yelles-Chaouche A-K. (2004)**- Slip distribution of the 2003 Boumerdes-Zemmouri earthquake, Algeria, from teleseismic, GPS, and Coastal uplift data. *Geoph. Res. Lett.*, Vol. (31), L18607, doi: 10.1029/2004GL020687.

- **Domzig A., Yelles A., Le R. C., Deverchere J., Bouillin J. P., Bracene R., Mercier D. L. B., Le R. P., Calais E., Kherroubi A., Gaullier V., Savoye B., Pauc, H. (2006)**-Searching for the Africa-Eurasia Miocene boundary offshore western Algeria (MARADJA'03 cruise),in *Quelques développements récents sur la géodynamique du Maghreb--Some recent developments on the Maghreb geodynamics* .Elsevier .Edit, Paris(France), pp. 80-91
- **Geomatrix-Me2i-TTi. (2003)**-Étude de l'aléa et microzonage sismique de la région d'Ain Temouchent, vol. 1- 2.
- **Guardia P. (1975)** - Geodynamics of the Alpine margin of the African continent by studying North- Western Oran region, Ph.D. Thesis .Univ, France, 286p.
- **Harbi A.(2006)**- Evaluation de l'Aléa Sismique en Algérie du Nord par la Modélisation de l'Input Sismique dans les Zones Urbaines et l'Etablissement d'un Catalogue, *USTHB*, 222 p.
- **Hatzfeld D. (1978,)**-Etude sismotectonique de la zone de collision Ibéro-Maghrébine. Thèse. Doc. D'Etat. Univ, Scientifique et Médicale de Grenoble, 281 p.
- **Houmadi Y. (2012)**-Universitaire d'Ain-Temouchent .Formation continue en génie parasismique et géotechnique du séisme à l'ouvrage, Ain-Temouchent,2p.
- **Louni-Hacini A., Bellon H., Maury R.C., Megartsi M., Coulon C., Semroud B., Cotten J., Coutelle A.(1995)**- Datation ^{40}K - ^{40}Ar de la transition du volcanisme alcalin en Oranie au Miocène supérieur. *C.R. Acad. Sci*, Paris, t. 321, série II a, pp. 975-982.
- **Meghraoui M. (1988)**- Géologie des zones sismiques du Nord de l'Algérie : Paléosismologie, tectonique active et synthèse sismotectonique, thèse. D'État. Univ, Paris-11, 356 p.
- **Meghraoui M. (1991)**- Blind reverse faulting system associated with the Mont Chenoua Tipaza earthquake of 29 October 1989 (north central Algeria), *Terra Nova* (3) ,pp.84–93.
- **Meghraoui M., Doumaz F. (1996)** - Earthquake-induced flooding and paleoseismicity of the El Asnam (Algeria) fault-related fold, *J. Geophys. Res* (101), pp.17617-17644.
- **MOISSETTE, P., (1988)**, Faunes de Bryozoaires du Messinien d'Algérie occidentale. *Docum. Lab. Géol. Lyon*, 102, 351p.

- **Mokrane A., Ait Messaoud A., Sebai N., Menia A., Ayadi M., Bezzeghoud M. (1994)**- Les séismes en Algérie de 1365 à 1992, Publication CRAAG.
- **Morel J.L., Meghraoui M. (1996)**- Goringe-Alboran-Tell tectonic zone; a transpression system along the Africa-Eurasia plate boundary. *Geology (Boulder)* (24),pp.755-758.
- **Nocquet J-M., Calais E.(2004)**- Geodetic measurements of crustal deformation in the Western Mediterranean and Europe. In: Nocquet J.-M, Calais E. (eds) .Pure. Appl. Geophys 161(3), pp.661–668. DOI 10.1007/s00024-003-2468-z.
- **Ouyed M., Meghraoui M., Cisternas A., Deschamps A., Dorel J., Frechet J., Gaulon R., Hatzfeld D., Philip H. (1981)**-Seismotectonics of the El Asnam earthquake, *Nature (London,)*(292), pp. 26-31.
- **Philip H. (1983)** - structural-analysis and interpretation of the surface deformations of the El- Asnam earthquake of October 10, 1980, *Tectonics* (2) ,17p.
- **Phillip H. (1987)**-Plioquaternary evolution of the stress field in the Mediterranean zones of subduction and collision. *Annales .Geophysicae.*, 5B, pp.301-320.
- **Refas S., Bensafi M., Benslafa-Kazi Aoual F.,Mouli M.(2009)**-contribution a l'amélioration de la gestion du risque sismique en Algérie (région oranise) ,Oran (Algérie),8p.
- **Roussel J. (1973a)**-L'activité sismique en Algérie de 1951 à 1970 inclus. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord* 64 (3–4), pp. 185–210.
- **Roussel J. (1973b)**- Les zones actives et la fréquence des séismes en Algérie .*Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord* (3–4), pp.211–228.
- **Stich D C., Ammon J., Morales J. (2003)**- Moment tensor solutions for small and moderate in the Ibero-Maghreb region, *J. Geophys. Res.* 108 (B3) 2148.
 - **Thomas G. (1985)**-Géodynamique d'un bassin intramontagneux : le bassin du bas Chélif occidental (Algérie) durant le Mio- Plioquaternaire. Thèse. Univ, Pau(France).
- **Yelles Chaouche A-K. (1990)**- An active coastal fault associated with the Mont Chenoa Tipaza earthquake, October 29, 1989: Preliminary investigations. XV the EGS meeting. Copenhagen.
- **Yelles-Chaouche A-K. (2001)**-Le séisme de Beni Ouartilane du 10 novembre 2000, in Catalogue CRAAG .

- **Yelles-Chaouche A.K. (2003)**- Recent seismic activity in Northern Algeria. .Fourth International Conference of Earthquake Engineering and Seismology, *Iran, 7p.m.*
- **Yelles-Chaouch A-k., Boudiaf A., Djellit H ., Bracene R .(2006)**- La tectonique active de la région nord-algérienne. C. R. Géosciences .*Elsevier, Algérie*, p126., 1tab.
- **Yelles-Chaouche A.K., Deramchi A., Ferkoul A., Aoulaiche K. (2002)**- Les séismes d'Algérie du Nord de 1992–2001, Catalogue, 216 p.
- **Yelles-Chaouche A-K, Djellit H , Beldjoudi H, Bezzeghoud M, Buform E((2004)**- The Ain Temouchent (Algeria) earthquake of December 22nd, 1999, *Pure Appl. Geophys*,pp.607–621.
- **Yelles-Chaouche A. K ., Djellit H ., Derder M.E.M ., Abtout A ., Beldjoudi H. (2000)**-The Ain Temouchent earthquake of december 22 th, 1999. Symposium of the Dynamics of Active faulting in the Mediterranean region Algiers, October 9-11 th, 2000.
- **Yelles-Chaouche A- K., Djellit H., Derder M-E-M., Abtout A., Bourouis S. (1997) -** The Ain Benian Fault: A New Active Coastal Fault Revealed by the Algiers September 4th, 1996 Earthquake. I.A.S.P.E.I. (Inter. Assoc. of Seismology and Physics of the Earth's Interior), Thessalonik (Greece), August, pp.18-28.
- **Yelles-Chaouche, A.K, Djellit H., Hamdache,M.(1983)**- The Boumerdes-Algiers (Algeria) earthquake of May 21st, 2003 (*Mw*: 6.8), *CSEM/EMSC Newslett*,(20) ,pp. 3–5.
- **Zeghichi L., Merzougui A., Mezghiche B. (2005)**- Lecture dans le règlement parasismique. *Courrier du Savoir, Biskra(Algérie)*, N°06, pp.67-69.

Tableau1. Les séismes qui ont enregistré dans la wilaya d'Ain Temouchent.

lieu	année	mois	jo ur	heure	latitude	longitude	Intensité	Magnitude
Beni Saf	1964	05	13	13 46 21	35.5	-1,50	VII	5.2
beni Saf	1964	04	30	01 04 06.3	35.736	1.575		3.5
Ain Temouchent	1967	08	16	13 46 09	35.5	-1,3		
Beni Saf	1969	12	06	06H 34M	35.50N	-1.50		4.2
Beni Saf	1970	09	09	07H 16M	35.25N	-1.33		3.1
Ain Temouchent	1980	01	16	21 40 00	35,3	1,03	V	3,8
Bouzedjar	1985	07	15	11 22 00	35, 58	-1,15	V	4,1
Terga	1985	07	18	11 44 00	35.38	-1.20	IV	3.5
Beni Saf	1992	09	17	12H 44M	35.36N	-1.25		2.8
Ain KIHAL	1992	10	17	20 43 21	35, 18	-1,2	V	4.8
Ain Temouchent	1993	4	2	20 43 28	35.21	-1.08		3.1
Hammam B H	1994	8	19	00 39 31	35.38	-0.90		2.6
Hammam B H	1997	12	19	15 32 00	35.33	-1.00		4. 0
Ain Temouchent	1999	12	22	17 36 53	35, 25	-1,3	VII	5,7
El Amria	1999	12	24	14 25 48	35.38	-1.17		4.1
Ain Temouchent	2000	3	18	01 29 10	35.19	-1.42		2.7
Beni Saf	2000	3	20	15 46 36	35.51	-1.47		3.8
Ain Temouchent	2000	3	29	22 52 17	35.29	-1.24		3.2
Beni Saf	2000	4	1	00 07 57	35.24	-1,35		3.0
Beni Saf	2000	4	1	00 36 51	35.30	-1.31		3.0
Beni Saf	2000	4	10	18 38 48	35.57	-1.34		3.6
Ain Temouchent	2000	5	28	12 26 41	35.40	-1.31		3.6
El Malah	2000	6	11	01 54 11	35.45	-1.30		3.3
El Malah	2000	7	30	01 05 21	35.38	-1.16		3.7

Ain Klhal	2000	8	23	00 42 03	35.10	-0.99		4.0
Beni Saf	2000	9	19	00 58 05	35.18	-1.32		3.4
El Malah	2001	1	15	16 02 42	35.44	-1.21		3.1
El Amria	2001	1	31	03 33 28	35.83	-1.23		3.5
El Malah	2001	2	1	02 30 00	35.40	-1.23		3.1
El Malah	2001	6	8	10 16 42	35.53	-1.25		3.0
El Malah	2002	5	11	06 28 30	35.60	-1.08		2.9
Beni Saf	2002	7	21	08 33 23	35.65	-1.58		2.8
Hammam B H	2002	9	21	05 17 50	35.31	-0.93		2.4
El Amria	2002	12	1	08 38 05	35.43	-0.98		3.9
Ain Temouchent	2004	6	19	10 24 48	35.22	-0.98		3.0

Hammam B H: HAMMAM BOU HADJAR