

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université Ferhat Abbas- Sétif

Faculté des Sciences  
Département : Physique

## Mémoire de Magister

*THEME :*

**ETUDE DE LA MICROSISMICITE DE LA REGION DE KHERRATA**

**Présenté par :**  
Nassia MOUSSAOUI

**Encadré par Mr :**  
A.K. Yelles Chaouche

**Devant le jury composé de :**

Mr. Halim HAROUN	Président	Professeur Université Ferhat Abbas Sétif
Mr. A.K YELLES-CHAOUCHE	Rapporteur	Directeur de recherche CRAAG Alger
Mr. Hammou DJELLIT	Examineur	Directeur de recherche CRAAG Alger
Mr. Fethi SEMMANE	Examineur	Maître de recherche CRAAG Alger

2008/2009

## **Remerciement :**

Premièrement et avant tous, je remercie le Dieu le Tout puissant qui m'a aidé à réaliser ce travail.

Je tiens à remercier en tout premier lieu Mr : A.K. Yelles Chaouche qui a encadré ce travail. Je désire le remercier surtout pour sa compréhension durant mes absences qui sont justifiées.

Je remercie Mr : Hachemi le chef département pendant l'année théorique pour sa gentillesse et son soutien.

Je remercie tout qui nous a enseignés : Mrs : Bougara , H. Djellit, A.K. Yelles Chaouche, Bourzami, Mme : Hachemi sans ou oublié les Français : Michel Granet et .

Je remercie les membres de jury d'avoir acceptés de participer au jugement de ce travail.

Je remercie les membres de Laboratoire de sismologie au niveau du CRAAG pour leur aide et sans oublier Mr : Chafik Aidi et Mr : Beldjoudi ; Attachés de recherche au niveau de ce centre.

Je remercie tous les travailleurs, les femmes de ménages pour leur soutien et gentillesse.

Je voudrais remercier toutes les familles qui ont été à côté de moi dans les situations difficiles pendant mon séjour à Alger tel que : Lalouche Hamid et Said, Nissili Daoued, Merrah Karim et la famille Lalouche Amar et ses enfants est surtout sa fille Akila.

Ce travail est aussi le fruit de soutien inconditionnel de mon mari, un grand merci pour lui pour sa patience.

Un grand merci à ma fille Imene qui a de courage de patience lors de l'absence de sa Maman.

Merci à ma mère et à mon père dont le soutien, l'invocation et l'amour ont été plus que nécessaire.

# *Liste des figures*

## Liste des figures :

<b>Figure I.1 :</b> Configuration des grands domaines de l'orogène alpine en Méditerranée. ....	3
<b>Figure I.2 :</b> Carte structurale de l'Algérie du Nord.....	4
<b>Figure I.3 :</b> Carte structurale de la région des Babors montrant les différentes unités et les principaux décrochements. ....	6
<b>Figure I.4 :</b> a) Vecteurs de déplacement selon le modèle Nuvel-1 (DeMets et autres, 1990, 1994). Le module et l'orientation du vecteur de vitesse pour plusieurs points choisis sont donnés entre parenthèses. b) Champs de contrainte proposés pour différents secteurs de la région Ibéro-Maghrébine, basés sur des données de divers auteurs.....	8
<b>Figure I.5 :</b> Carte tectonique de la Méditerranée montrant les deux domaines en extension depuis le Miocène inférieur (entre 15 et 25 Ma), la mer occidentale et la mer Egée.....	9
<b>Figure I.6 :</b> Schéma sismotectonique du Nord de l'Algérie montrant les principales structures actives observées dans le Tell.....	10
<b>Figure I.7.a :</b> Le pli-faille de Kherrata.....	11
<b>Figure I.7.b :</b> Le pli-faille de Kherrata Talus d'éboulis au douar Ferbous.....	11
<b>Figure I.8 :</b> Carte seismotectonique du nord-est algérien montrant les différentes failles actives et potentiellement actives réalisée sur la base des travaux de (Vila, 1980; Aissaoui, 1984; Meghraoui, 1988; Boudiaf, 1996; Harbi et al, 1999). ....	12
<b>Figure II.1 :</b> Carte de la sismicité historique (bases de données du CRAAG et USGS, de 1365 à 1972). L'intensité est indiquée à l'échelle MSK.....	14
<b>Figure II.2 :</b> La carte des épicrocentres du Nord de l'Algérie, de 1973 à 2006 (base de données NEIC). ....	15
<b>Figure II.3 :</b> Carte isoséiste de séisme du Djermouna (Kherrata) du 17 Février 1949. ....	18
<b>Figure II.4 :</b> Carte isoséiste de séisme d'Ouricia (Sétif) de 13 novembre 1957. ....	19
<b>Figure II.5 :</b> Carte isoséiste de séisme de Sétif du 26 Novembre 1957.....	20
<b>Figure II.6 :</b> Carte isoséiste de séisme de Kherrata du 6 juin 1959. ....	21
<b>Figure II.7 :</b> Carte isoséiste de séisme de Kherrata du 22 janvier 1960.....	22
<b>Figure II.8 :</b> Carte isoséiste de séisme d'Aokas du 27 janvier 1960.....	23
<b>Figure II.9 :</b> Carte isoséiste de séisme de Behagle (Bir Hadada) du 4 septembre 1963.....	24
<b>Figure II.10 :</b> Carte isoséiste de séisme de Bir Hadada du 27 janvier 1968.....	25
<b>Figure II.11:</b> Carte isoséiste de séisme de Darguinah du 28 juin 1974.....	27
<b>Figure II.12 :</b> Carte isoséiste de séisme de Kherrata du 9 novembre 1974.....	28

<b>Figure II.13</b> : Carte isoséiste de séisme de Ain Abessa-El Ouricia du 11 juillet 1975.....	29
<b>Figure II.14</b> : Carte isoséiste de séisme de Kherrata du 10 Novembre 1975.....	30
<b>Figure II.15</b> : Carte isoséiste de séisme de Darguina du 15 Mars 1977.....	31
<b>Figure II.16</b> : Carte isoséiste de séisme de Bejaïa du 17 Septembre 1977. ....	32
<b>Figure II.17</b> : Carte isoséiste de séisme de Djemila du 14 avril 1977. ....	33
<b>Figure II.18</b> : Carte isoséiste de séisme de Kherrata du 09 Décembre 1978. ....	34
<b>Figure II.19</b> : Carte isoséiste de séisme de Kherrata du 25 Décembre 1978. ....	35
<b>Figure II.20</b> : Carte isoséiste de séisme de Sétif du 03 Aout 1980. ....	36
<b>Figure II.21</b> : Carte isoséiste de séisme de Kherrata du 01 Novembre 1983.....	37
<b>Figure II.22</b> : Carte isoséiste de séisme Kherrata du 21 Octobre 1985.....	38
<b>Figure II.23</b> : Carte isoséiste de séisme de Darguina du 20 Septembre 1992.....	39
<b>Figure II.24</b> : Carte isoséiste de séisme d’Ain-Lahdjar du 29 Septembre 1995. ....	39
<b>Figure II.25</b> : Carte isoséiste de séisme d’Ain-Roua du 18 Avril 1996.....	40
<b>Figure II.26</b> : Carte isoséiste de séisme de Ain-Arnat du 20 Mai 1996.....	41
<b>Figure II.27</b> : Carte isoséiste de séisme de Djemila du 01 Décembre 1997. ....	41
<b>Figure II.28</b> : Carte isoséiste de séisme de Kherrata du 20 Janvier 2000. ....	42
<b>Figure II.29</b> : Carte isoséiste de séisme de Ain-Abessa du 10 Septembre 2000.....	43
<b>Figure II.30</b> : Carte isoséiste de séisme de Ain-Arnat du 08 Octobre 2000. ....	43
<b>Figure II.31</b> : Carte de la sismicité historique du Sétif et ses environs 1365-2001 (réalisée à partir des catalogues sismologiques). ....	45
<b>Figure II.32</b> : Le secteur de l'intensité maximum (ligne mince) pendant le tremblement de terre de Beni Ourtilane 10 Novembre 2000 ( $M_w = 5.7$ ). ....	46
<b>Figure II.33</b> : Soulèvement de l'apparence de photographies, a) (environ 20 m) et inclinaison de terrasse alluviale dans le fleuve d'Oued Imayen. b) Gorges profondes (environ 50 m) d'Oued Boussellam. ....	47
<b>Figure II.34</b> : Les désordres géologiques sont remarqués près de scarp de cette faille, autour des villages de Tachaouaft, d'Aguemoun et d'Ighil Ouatou. ....	47
<b>Figure III.1</b> : Réseau Algérien de Surveillance et d’Alerte Sismique (REALSAS).....	50
<b>Figure III.2</b> : La station analogique régionale de Constantine.....	50
<b>Figure III.3</b> : Numérisation du signal analogique de la station de Constantine.....	50
<b>Figure III.4</b> : Les trois composantes de sismomètre de la station CASM .....	50
<b>Figure III.5</b> : Algerian Digital Seismic Network. ....	52

<b>Figure III.6 :</b> Station CKHR (Sétif) .....	52
<b>Figure III.7 :</b> Sismomètre large bande .....	52
<b>Figure III.8 :</b> Système d'acquisition .....	52
<b>Figure III.9 :</b> Transmission par satellite (VSAT) des données de la station vers le Datacenter (Alger). .....	52
<b>Figure IV.1 :</b> Carte isoséiste de séisme de Lâalam du 20 Mars 2006. ....	56
<b>Figures (IV.2.a jusqu'à f)</b> .....	58
<b>Figure IV.3 :</b> Emplacement de réseau utilisé. ....	61
<b>Figure IV.4 :</b> Exemple de sortie du programme hypo71.....	62
<b>Figure IV.5 :</b> Modèle de vitesse utilisé.....	63
<b>Figure IV.6.a :</b> Distribution des RMS par tranche de 0.05 sec en fonction de nombre des événements. ....	65
<b>Figure IV.6.b :</b> Distribution des ERH par tranche de 500m en fonction de nombre des événements. ....	65
<b>Figure IV.6.c :</b> Distribution des ERZ par tranche de 500m en fonction de nombre des événements. ....	65
<b>Figure IV.6.d :</b> Distribution des magnitudes en fonction de nombre des événements .....	65
<b>Figure IV.6.e :</b> Distribution profondeurs en fonction de nombre des événements. ....	65
<b>Figure IV.7 :</b> Carte de localisation de 128 répliques.....	66
<b>Figure IV.8 :</b> Localisation de 52 événements sélectionnés avec les critères suivants : (RMS<0.35, ERZ<4 et ERH<4). .....	67
<b>Figure IV.9 :</b> Essaim NS de 22 évènements et emplacement des coupes transversale et longitudinale. ....	68
<b>Figure IV.10 :</b> Coupe AA' . ....	68
<b>Figure IV.11 :</b> Coupe BB'.....	69
<b>Figure IV.12 :</b> Représentation spatiale des mécanismes au foyer.....	70
<b>Figure IV.13 :</b> Représentation des trois solutions focales.....	70
<b>Figure V.1 :</b> Sismicité instrumentale entre 2002-2008 d'après les catalogues (Yelles-Chaouche A.K et al., 2002 ,2008). ....	74
<b>Figure V.2 :</b> Histogramme des évènements de la periode 2002-2008 en fonction de la magnitude. ....	74
<b>Figure V.3 :</b> Sismomètre DS-4A courte période .....	75

<b>Figure V.4</b> : Serveur d'acquisition et d'enregistrement des données EDAS-24IP.....	76
<b>Figure V.5</b> : Station sismologique. 1- Système GPS ; 2- Panneau solaire ; 3-Boitier de la station ; 4- Sismomètre.....	77
<b>Figure V.6</b> : Sismomètres Kinémétrics de type SS1 courte période. ....	77
<b>Figure V.7</b> : Station sismologique autonome. ....	78
<b>Figure V.8</b> : Disposition du réseau utilisé. ....	80
<b>Figure V.9</b> : Le séisme de 27/06/2007 enregistré par le réseau ADSN.....	80
<b>Figure V.10</b> : Le séisme de 27/06/2007 enregistré par les trois composantes de la station CKHR. ....	81
<b>Figure V.11</b> : Le pointage de l'onde P selon la composante verticale .....	81
<b>Figure V.12</b> : Représentation spatiale des séismes de la région de Kherrata Avril-Décembre 2007 .....	82
<b>Figure V.13</b> : Carte isoséiste de séisme de Tichy 27 Juin 2007.....	82

# *Liste des tableaux*



**Liste des tableaux :**

<b>Tableau II.1 :</b> Les principaux évènements historiques dans la région de Sétif et ses environs. ....	44
<b>Tableau III.1 :</b> Stations du réseau ADSN. ....	51
<b>Tableau IV.1 :</b> Localisations et estimation des magnitudes dans les différents centres mondiaux de sismologie. ....	54
<b>Tableau IV.2 :</b> Relocalisation du choc principal. ....	55
<b>Tableau IV.3 :</b> Mécanismes au foyer du choc principal proposés par différents organismes internationaux. ....	55
<b>Tableau IV.4 :</b> Stations sismologiques utilisées. ....	60
<b>Tableau IV.5 :</b> Paramètres des trois solutions focales. ....	70
<b>Tableau V.1 :</b> Stations sismologiques utilisées. ....	78

**Nomenclature :**

AFPS :	
CRAS :	Comptes Rendus de l'Académie
CRAAG :	Centre de Recherche en Astronomie, Astrophysique et Géophysique
NEIC:	National Earthquake Information Center, USA
MOI:	Intensité Maximale Observés
EMS:	European Macroseismic Scale
ESC:	Commission Sismologique Européenne
GMT:	Generic Mapping Tools Graphics
EMSC:	European Mediterranean Seismological
I <sub>0</sub> :	Intensité
M :	Magnitude
MI :	Magnitude locale
Mw:	Magnitude du moment sismique
Md :	Magnitude de durée
Ms :	Magnitude des ondes de surfaces
Mb :	Magnitude des ondes de volumes
MMI :	Modified Mercalli Intensity
MSK :	Medvedev-Sponheuer-Karnik
P :	Ondes de volume longitudinal
S :	Onde de volume transversal
Pl :	Plongement
REALSAS :	Réseau Algérien de Surveillance et d'Alerte Sismique
LAT :	Latitude
LON :	Longitude
DEP :	Profondeur
RMS :	L'erreur quadratique moyenne
ERH :	L'erreur standard de l'épicentre
ERZ :	L'erreur standard de la profondeur focale
GAP :	Grande séparation azimutale entre les stations
DMIN :	La distance épacentrale minimale.
ITR :	Le nombre d'itérations pour atteindre la convergence.
NWR :	Le nombre de phases P utilisées dans les calculs.
T :	Durée du signal en seconde.
D :	Distance épacentrale en km.
ADSN :	Algerian Digital Seismic Network
MI :	Magnitude locale
HRV :	Harvard University, Cambridge, Massachusette
Str:	Strik : Azimut
Dip:	Pendage
Rak:	Glissement
EMHD:	Mahouada (Médea)
ATAF:	Tarf (M'Sila)
CKHR:	Kef Lahmer (Sétif)
CKTR:	Kantarra (Biskra)

CABS:	Abbabsia (Guelma)
OJGS:	Guires (Rélizane)
OKGL:	Kef Guellal (Mostaganem)
OTSS:	Tessala (Sidi Belabbes)
CSVB:	Ain Smara (Constantine)
TTAM :	Tamanrasset (Tamanrasset)
AOKS: AOK	Aokas
TZNB:	Tizi N' Bechar
ASET: SET	Sétif
CAEH:	Ain el Ouahch
CDFR:	Bouaffroune
CMAH:	Dj-Manchoura
CASM :	Ain Smara

# *Table des matières*

## *Table des Matières*

<b>Remerciement</b> .....	
<b>Liste des figures</b> .....	
<b>Liste des tableaux</b> .....	
<b>La nomenclature</b> .....	
<b>Introduction générale</b> .....	1

### **CHAPITRE I : Contexte Géologique et Seismotectonique**

<b>I.1</b> Introduction .....	3
<b>I.2</b> Contexte Géologique .....	3
<b>I.2.1</b> Le Tell .....	4
<b>a.</b> Les Kabyldes .....	4
<b>b.</b> Le domaine de flyschs .....	5
<b>c.</b> Le domaine externe .....	5
<b>I.3</b> Contexte seismotectonique .....	6
<b>I.3.1</b> Cinématique et champs de contrainte .....	7
<b>I.3.2</b> Tectonique de la région ouest-méditerranéenne .....	9

### **CHAPITRE II : Sismicité Historique**

<b>II.1</b> Introduction .....	13
<b>II.2</b> Les catalogues de la séismicité historique .....	13
<b>II.3</b> Distribution de la sismicité dans le Nord de l'Algérie .....	14
<b>II.3.1</b> Les zones de sismicité .....	15
<b>II.3.2</b> Sismicité de la région des Babors .....	16
<b>II.4</b> Principaux paramètres caractérisant un séisme .....	16
<b>II.4.a</b> Intensité .....	16
<b>II.4.b</b> La magnitude .....	17

<b>II.5</b> Les séismes de Sétif et ses environs avec les cartes isoséistes reportés dans les catalogues .....	17
<b>II.6</b> Conclusion.....	48

## **Chapitre III : Méthodologie de surveillance**

<b>III.1</b> Le réseau de territoire .....	48
<b>III.1.1</b> Réseau sismologique téléométré numérisé (REALSAS). .....	48
<b>III.1.2</b> Réseau ADSN (Algerian Digital Seismic Network).....	49

## **Chapitre IV : Le séisme de Lâalam du 20 Mars 2006**

<b>IV.1</b> Introduction .....	53
<b>IV.2</b> Caractéristiques sismiques du choc principal .....	53
<b>IV.2.1</b> Localisation et relocalisation de choc principal .....	53
<b>a)</b> Localisation .....	53
<b>b)</b> Relocalisation.....	53
<b>IV.2.2</b> Mécanisme au foyer .....	54
<b>IV.2.3</b> Carte isoséiste .....	54
<b>IV.2.4</b> Effets engendrés par le séisme .....	55
<b>IV.3</b> Traitement et analyse des données .....	58
<b>IV.3.1</b> Description de l'appareillage .....	58
<b>a)</b> Stations Géostar .....	58
<b>b)</b> Stations Leas (Hathor3) .....	58
<b>IV.3.2</b> Mise en place de réseau d'enregistrement .....	59
<b>IV.3.3</b> Dépouillement des enregistrements .....	60
<b>a.</b> Localisation des évènements .....	60
<b>a.1</b> Le programme HYPO71 .....	61
<b>a.2</b> Choix de modèle de vitesse.....	62
<b>IV.3.4</b> Tri des données traitées.....	62
<b>1.</b> Estimation des erreurs.....	63

2. Erreurs sur le temps .....	63
3. Erreurs dues au modèle de vitesse .....	63
4. Estimation de RMS, ERH et ERZ .....	63
IV.3.5 Précision de localisation .....	63
IV.3.6 Calcul de la magnitude .....	64
IV.4 Analyse des données .....	65
IV.4.1 Etude des répliques .....	65
a) Distribution spatiale des répliques .....	65
b) Distribution des foyers en profondeur .....	66
c) Mécanismes aux foyers des répliques .....	68
IV.5 Conclusion .....	71

## **Chapitre V : Activité sismique de la région de Sétif (2002-2008)**

V.1 Sismicité actuelle de la région des Babors (Nord de Sétif) et ses environs.....	72
V.2 Description de l'appareillage .....	74
V.3 Choix de sites.....	77
V.4 Installation du réseau .....	77
V.5 Discussion.....	82
<b>VI. Conclusion générale .....</b>	<b>84</b>
Annexe .....	

# *Introduction Générale*



## Introduction générale

Le Nord de l'Algérie est connu comme une région d'une activité sismique importante dans le bassin méditerranéen occidental. La sismicité est concentrée **essentiellement** le long de l'Atlas tellien (Nord de l'Algérie) ; elle est liée à la collision des plaques africaine et eurasienne.

La sismicité historique en Algérie remonte au séisme de Sétif de 419 [Yelles et al.,2006]. Lors de ces deux dernières décennies, la région de l'Atlas tellien a été frappée par de nombreux séismes tels que le séisme d'EL-Asnam le 10 octobre 1980, Ms=7.3 ; Constantine le 27 Octobre 1985, Ms=6.0 ; Tipasa-Chenoua, Le 29 Octobre 1989, Ms=6.0 ; Mascara le 18 Août 1994, Ms=6.0 ; Alger le 4 Septembre 1996, Ms=5.8 ; Ain Temouchent le 22 Décembre 1999, Ms=5.5 et récemment le tremblement de terre de Zemmouri le 21 Mai 2003, Mw = 6.8. Tous ces événements ont permis de mettre en évidence des sources sismiques au Nord de l'Algérie.

Dans ce travail, nous nous sommes intéressés à la sismicité de la région de Sétif-Kherrata (située à près de 30 Km au Nord de Sétif) du fait que :

-Cette région est restée peu étudiée du point de vue sismique. Seule la sismicité de la région de Kherrata a fait l'objet de notes scientifiques.

-Dans cette région se situe donc la seconde ville de l'Est du pays et l'une des wilayas d'Algérie les plus peuplée.

-La littérature mentionne l'occurrence du séisme destructeur de Sétif donnant ainsi une raison supplémentaire d'étudier cette région.

Le travail présenté ici est le complément de celui présenté par ma collègue LAYADI Khalissa qui elle s'est intéressée dans sa thèse de Magister au microzonage de la ville de Sétif [Layadi 2009].

Au cours de l'histoire, plusieurs auteurs Rothé (1950), Grandjean (1959), Hée (1933 et 1950), Roussel (1973) et Benhallou (1985), signalent dans leurs publications des secousses sismiques dans la région Nord de Sétif, plus précisément dans la région de Kherrata. Ils **mentionnent** également l'existence de la structure active de Kherrata à l'origine de cette sismicité.

**Parmi ces événements sismiques on peut citer :**

**La secousse du** 17 février 1949. **Ce** séisme modéré avec une intensité maximale observé de VII (Mb=4.9) **causa** la mort de neuf personnes et approximativement de 350 blessés(Rothé 1950, Gobert 1984).

Celle du 28 juin 1974 avec une intensité de VI ( $M_b=4.9$ ) [Hatzfeld 1978, Mokrane et al. 1994, Harbi et al. 1999, 2003].

Plus récemment il est à signaler que la région de Sétif dans sa partie ouest, a été touchée par le séisme de Beni-Ourtilane du 10 Novembre 2000 à 21h 10mn 51s (GMT). Ce séisme s'est produit à environ 40km au WSW du village de Kherrata avec une magnitude de  $M_s=5.7$  (Bouhadad et al., 2003). L'intensité maximale observée est estimée à VII (échelle MSK).

Ainsi la sismicité historique de la région de Sétif montre que l'activité sismique est relativement modérée et essentiellement concentrée dans la région des Babors, située au Nord de Setif. Cette activité est continue et beaucoup d'événements sismiques sont enregistrés annuellement et reportés dans les catalogues de sismicité (Rothé, 1950 ; Mokrane et al., 1994 ; Benouar, 1994 ; A. Yelles-Chaouche et al., 2002, 2006)

Le 20 Mars 2006, un séisme de magnitude modéré de  $M_w= 5.2$  a frappé la région de Kherrata. L'épicentre a eu lieu à 70km au NW de la ville de Sétif. Le séisme ayant été ressenti dans un rayon d'environ 70km a causé la mort de quatre personnes et fait 68 blessés. Les dommages ont été observés à Lâalam où quelques constructions et anciennes maisons ont été endommagées.

L'objectif de notre travail est d'étudier la sismicité de la région de Sétif et ses environs. L'occurrence du séisme de Lâalam de 20 mars 2006 nous a donné l'opportunité d'étudier un événement modéré s'étant produit dans cette région. Cette étude s'est également intéressée à la sismicité qui s'est produite durant la période d'Avril à Décembre 2007 utilisant les données recueillies par le nouveau réseau sismologique digital installé par le CRAAG.

Le premier chapitre présente le cadre géologique et sismotectonique de la région de Setif.

Le deuxième chapitre est consacré essentiellement à la sismicité historique de la région de Sétif et de ses environs entre 419 et 2001.

La description du réseau sismologique du territoire utilisé pour la surveillance sismique est détaillée dans le chapitre III.

Le quatrième chapitre est consacré à l'étude du séisme de Lâalam du 20 Mars 2006.

Le cinquième chapitre est consacré à l'activité sismique de la région de Kherrata et de ses environs et à la discussion des résultats.

Une conclusion générale est faite sur la base des résultats obtenus.

*Chapitre I :*  
*Contexte Géologique*  
*et Seismotectonique*

CHAPITRE I : Contexte Géologique et Seismotectonique

I.1 Introduction :

Le Nord de l'Algérie est composé de divers domaines géologiques et structuraux, faisant partie de la chaîne alpine des Maghrébides qui s'étend de Gibraltar à la Calabre [Wildi, 1983 ; Delga, D. 1969]. Cette région est probablement la plus active de la méditerranée occidentale, située aux frontières des plaques Afrique et Eurasie [J.P. Montilla., 2003].

I.2 Contexte Géologique :

Le domaine orogénique cénozoïque Maghrébin est classiquement séparé en deux systèmes différents : Tell–Rif ou Maghrebides et l'Atlas (figure I.1). En mer méditerranée occidentale, le système Tell–Rif (Tell en Algérie et en Tunisie, le Rif au Maroc) appartient au domaine alpin est composé de :

1. Les zones internes (ou Kabyliques),
2. Le domaine des flyschs, qui correspond à l'ancienne couverture sédimentaire de la Téthys,
3. Les zones externes.

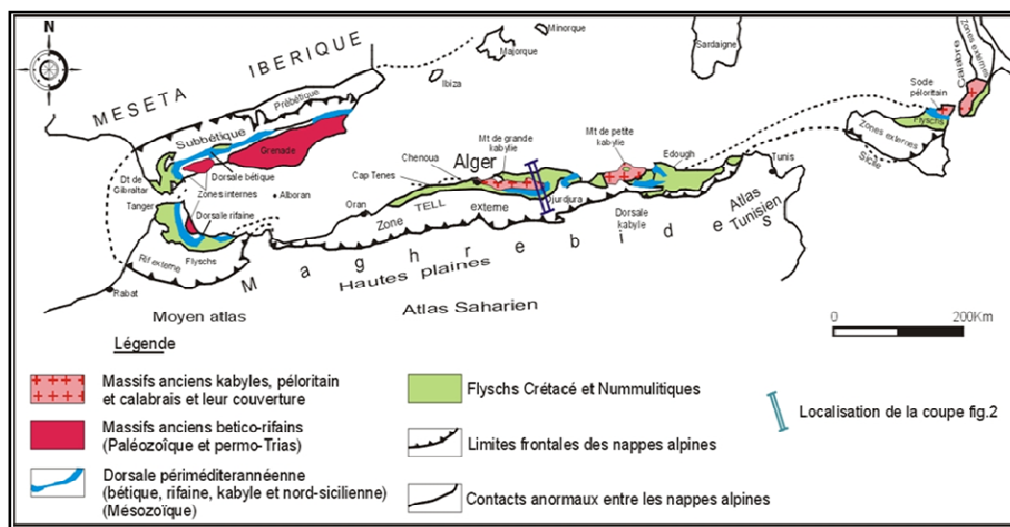
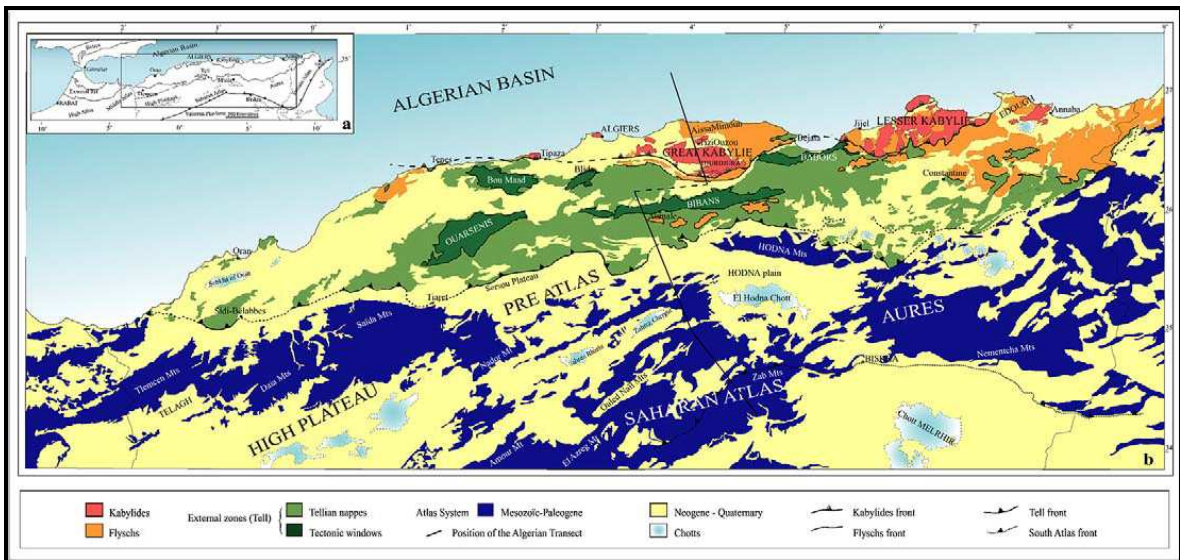


Figure I.1 : Configuration des grands domaines de l’orogène alpine en Méditerranée [Delga, D. 1969].

### I.2.1 Le Tell :

Le Tell est constitué de séries sédimentaires épaisses à caractère principalement marneux. Les dépôts sédimentaires du Miocène « post-nappes » scellent en quelque sorte les derniers grands mouvements tectoniques à l'origine de la formation des nappes telliennes. De grands bassins littoraux tels que la Mitidja et le bassin du Chélif, orientés OSO-ENE, sont comblés par les sédiments des transgressions marines miocènes à quaternaires (figure 1.2). Les sédiments miocènes « post-nappes » sont constitués de conglomérats et de molasses alors que les sédiments pliocènes sont typiquement composés de marnes. Les sédiments quaternaires sont généralement composés d'alluvions des fleuves dans les bassins néogènes ou d'anciennes plages quaternaires le long de la côte. L'ensemble de ces sédiments est actuellement légèrement déformé à terre, là où la tectonique récente (plio-quaternaire) s'exprime (figure I.2).



**Figure I.2 :** Carte structurale de l'Algérie du Nord [Benaouali-Mebarek, 2006].

#### a. Les Kabyliques :

Les Kabyliques, comprenant, d'Ouest en Est, les massifs du Chenoua et d'Alger, la Grande Kabylie et la Petite Kabylie (Figure 1.2), sont composées de socle métamorphique cristallophyllien paléozoïque (principalement des gneiss âgés de 480 Ma à 300 Ma selon des datations Rb-Sr par J. Sonet, dans M. Durand Delga, 1969). Ils présentent des analogies avec les massifs des Alpujarrides en Andalousie (Cordillères Bétiques) ou des Sebides dans le Rif. Le socle semble pelliculaire car à certains endroits (par exemple Ain Kechera) en petite Kabylie, au milieu du socle affleurent des faciès telliens sous-jacents (M. Durand Delga, 1969) (figure I.3).

**b. Le domaine de flyschs :**

Les nappes de flyschs sont présentes du Maroc à la Sicile, en passant par la péninsule ibérique. En Algérie, ces nappes sont soit en position interne, c'est-à-dire rétrocharriées sur les zones internes (flyschs Nord-kabyles), soit en position relativement externe à la bordure Sud de la Dorsale Kabyle (flyschs Sud-kabyles), soit totalement externes, charriées jusqu'à une centaine de kilomètres au Sud, « flottant » sur le Tell externe (figures 1.2).

**c. Le domaine externe :**

Le domaine externe est représenté par d'importantes séries mésozoïques et cénozoïques, à dominante marno-calcaire ou gréseuse. Leur structure tectonique en nappes décollées au dessus du Trias gypso-argileux, montre une progression vers le Sud vers les unités allochtones pré-saharien des Hautes Plaines. Les massifs des Bibans et de l'Atlas blidéen, d'âge crétacé, sont considérés comme autochtones ou parautochtones (figure I.1).

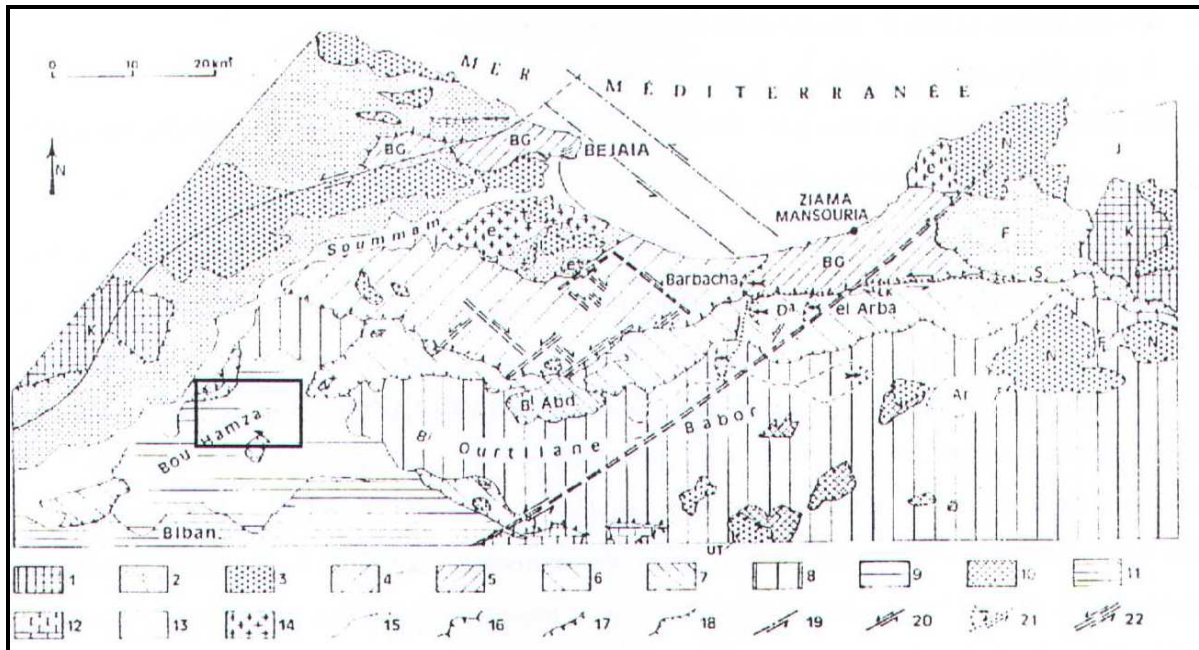
Le massif de Babors, localisé au Nord de Sétif se caractérise par des plissements intenses. En plusieurs points, on observe les charnières de plis, anticlinaux ou synclinaux, pressés les uns contre les autres et groupés en faisceaux parallèles, approximativement dirigés de l'Ouest à l'Est. Dans l'axe des anticlinaux peuvent apparaître le terrain le plus ancien de la région, le Trias, avec ses argiles rouges ou vertes et ses amas de gypse.

Les travaux récents de géologie menés dans la région des Babors montrent que celles ci sont structurées en un ensemble de nappes. [Leikine, M. 1971 ; Coutelle, A. 1979 ; Obert, D. 1984]

Les principales unités reconnues dans la région sont : l'unité de Ben Hamza, l'unité de Draa El Arbaa, l'unité de Barbacha et l'unité de Beni Ourtilane. La stratigraphie de ces unités et leurs positions géographiques est montrée sur la figure (I.3). De point de vue position structurale, classe ces unités en quatre catégories qui sont du sommet vers la base :

1. unités Baboriennes internes (unités de Brek-Gouraya, et Barbacha).
2. unités Baboriennes médianes (unités de Beni Abdallah, et Draa El Arbaa-Erraguence).
3. unités Baboriennes externes (unité de Beni-Ourtilane).
4. unités Bibaniques (unité Boulouza et zone Bibanique) [Obert, D. 1984].





**Figure I.3 :** Carte structurale de la région des Babors montrant les différentes unités et les principaux décrochements. 1= Zone Kabyle, 2= Flyschs, 3= Numidien, 4= Unité de Barbacha, 5= Unité de Breck–Gouraya, 6= Unité de Draa Larbaa-Erraguene, 7= Unité de Beni-Abdallah, 8= Unité de Babor-Beni-Ourtilane, 9= Unité de Bouhamza, 10= Klippes à matériel éocène, 11= Bibans, 12= Nappe néritique constantinoise, 13= Formations Post-nappe, 14= Massifs éruptifs, 15= Contact stratigraphique, 16= Contact séparant le matériel tellien des unités plus internes, 17= Contact intra-tellien entre les Babors internes et les Babors externes, 18= Contact entre les diverses unités d'un même ensemble, 19= Emplacement des décrochements crétacés, 20= Décrochement miocène, 21= Décrochement fini ou post miocène, 22= Décrochement de socle. [Obert, D. 1984]

Les environs de Kherrata font partie de la chaîne des Babors. La région est caractérisée par un empilement de nappes. De bas en haut, on distingue la nappe numidienne, les nappes telliennes et le para-autochtone du Djebel Anini [Kolli, O. 2005].

### I.3 Contexte seismotectonique :

Le Nord de l'Algérie est le siège de nombreux séismes qui sont majoritairement produits par des failles inverses en accord avec le mouvement général de compression à la frontière des plaques tectoniques Eurasie et Afrique (figure I.4).

La complexité seismotectonique de la région d'Ibéro-Maghrébine est remarquable en raison du contact entre les plaques eurasiennne et africaine. La sismicité se répartit comme suit ; peu profonde ( $h < 30$  kilomètres), intermédiaire ( $30 < h < 150$  kilomètres) et très profonde ( $h > 600$  kilomètres). Des Açores vers le Banc de Gorringe, le contact entre les plaques d'Eurasie et d'Afrique est clair et linéaire (Udias et Buforn, 1991 ; figure I.4), et tous les foyers de tremblement de terre sont peu profonds. Cependant, dans la zone du

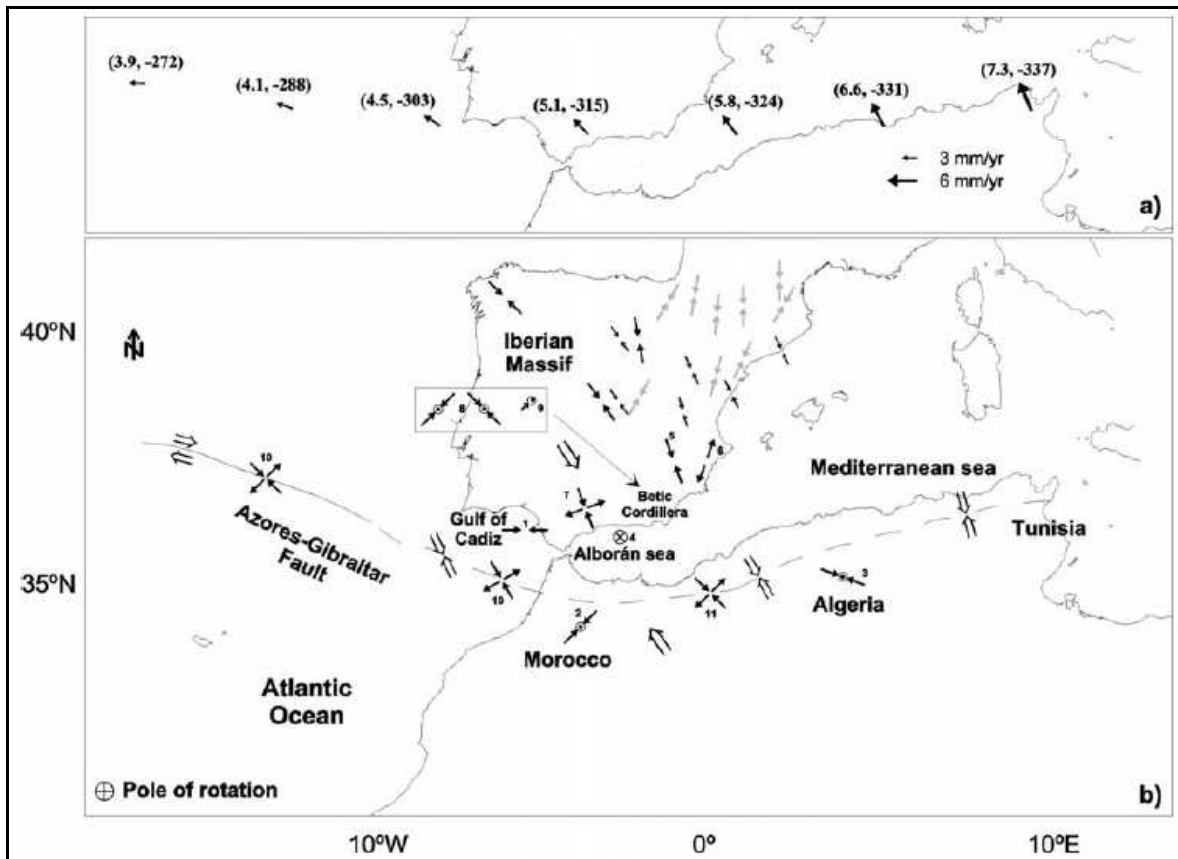
Golfe de Cadix, au Nord Maroc et au niveau de la mer d'Alboran le contact devient plus complexe et la sismicité est plus diffuse. Le contact des deux plaques semble ensuite longer les côtes algérienne et tunisienne avant de rallier la péninsule Sicilienne.

### **I.3.1 Cinématique et champs de contrainte :**

Le champ de contrainte existant dans divers secteurs de la région Ibéro-Maghrébine a été décrit dans de nombreuses études (figure I.4). Pour le secteur Açores-Gibraltar, où les plus importants séismes se produisent, l'axe P est orienté NW-SE au NNW-SSE et l'axe de T est horizontal, orienté NE-SW au ENE-WSW (Moreira, 1985 ; Grimison et Chen, 1986 ; Bufoin et al, 1988a; (Udias et Bufoin, 1991; Galindo-Zaldivar et al, 1993). On observe une orientation semblable dans le Nord de l'Afrique (Udias, 1982 ; Medina et Cherkaoui, 1991 ; Udias et Bufoin, 1991 ; Bezzeghoud et Bufoin, 1999).

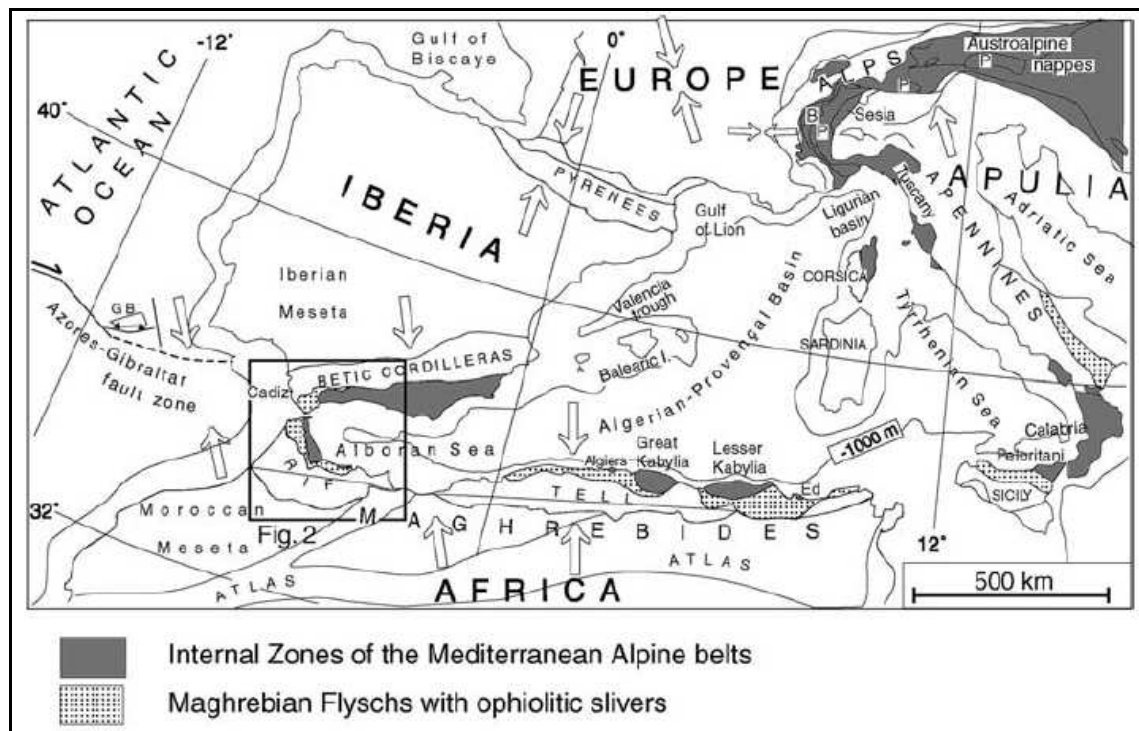
Le pôle de rotation des plaques Afrique/Europe est situé près des îles Canaries. Selon le modèle Nuvel-1 (DeMets et al, 1990, 1994), la vitesse de déplacement de l'Afrique par rapport à l'Europe est autour 7 mm/an au Nord de l'Algérie, diminuant vers l'Ouest à 4 mm/an dans l'Océan Atlantique. La direction de déplacement change progressivement à partir de cette région, s'orientant du NNW-SSE au Nord de l'Algérie, vers le NW-SE au niveau de la mer d'Alboran et le Golfe de Cadix, et E-W dans l'Océan Atlantique (figure I.4).





**Figure I.4 :** a) Vecteurs de déplacement selon le modèle Nuvel-1 (DeMets et autres, 1990, 1994). Le module et l'orientation du vecteur de vitesse pour plusieurs points choisis sont donnés entre parenthèses. b) Champs de contrainte proposés pour différents secteurs de la région Ibéro-Maghrébine, basés sur des données de divers auteurs. 1– Champ de contrainte pour la région du l'Açores-Gibraltar selon Herraiz et autres (2000) ; 2,3 et 4– Champs de contrainte pour le Maroc, l'Algérie et la mer d'Alboran, respectivement, selon Galindo et autres. (1993) ; 5 et 6– Champ de contrainte pour le Betic oriental Cordillère, selon Alfaro et al (1999) et Coca et Buforn (1994) respectivement ; 7– Champ de contrainte pour la mer d'Alboran selon Udias et al (1976), Buforn et al. (1995) et Bezzeghoud et Buforn (1999). 8 et 9– Champ de contrainte pour la zone de Betic des failles inverses et normales, respectivement, selon Galindo et autres (1999). 10– Champ de contrainte pour la zone correspondant au faille du l'Açores-Gibraltar selon Moreira (1985), Grimison et Chen (1986), Buforn et al (1988a), Udias et Buforn (1991) et Galindo Zaldivar et al (1993). 11– Champ de contrainte pour le Nord de l'Afrique selon Udias (1982), Medina et Cherkaoui (1991), Udias et Buforn (1991) et Bezzeghoud et Buforn (1999).

## I.3.2 Sismotectonique du Nord de l'Algérie :



**Figure I.5 :** Carte tectonique de la Méditerranée montrant les deux domaines en extension depuis le Miocène inférieur (entre 15 et 25 Ma), la mer occidentale et la mer Egée (d'après Jolivet [1995]). Les frontières de plaques sont complexes et formées de nombreuses chaînes de montagnes (Pyrénées, Alpes, Dinarides, ...). Les flèches blanches donnent les directions approximatives d'extension, les flèches noires de compression [Ferhat, G. 1997].

Au niveau du Tell, la convergence des plaques Afrique et Eurasie continue, avec un taux actuel de 5mm/an. L'Atlas Tellien forme la partie Nord d'une large zone où la déformation de la croûte est au moins de 400 kilomètres de large et est caractérisé par des failles et des plis. Le régime tectonique dans cette partie de la chaîne alpine est la plupart du temps de compression depuis le cénozoïque avec la direction N-S à NO-SE [Yelles-Chaouche, A.K. 2006].

L'analyse de la sismicité indique que les régions seismogéniques sont situées à proximité des bassins quaternaires. Ce sont le bassin de la Meseta (région d'Oran) à l'Ouest, le bassin de la Mitidja (Tipaza-Alger) près de l'Atlas blideen (ou Atlas de Blida, de la ville de Blida), puis les bassins de la Soummam, bassin de Constantine et de Guelma dans la partie orientale, et le bassin de Hodna dans le Sud-Est [Montilla, J.P. 2003].

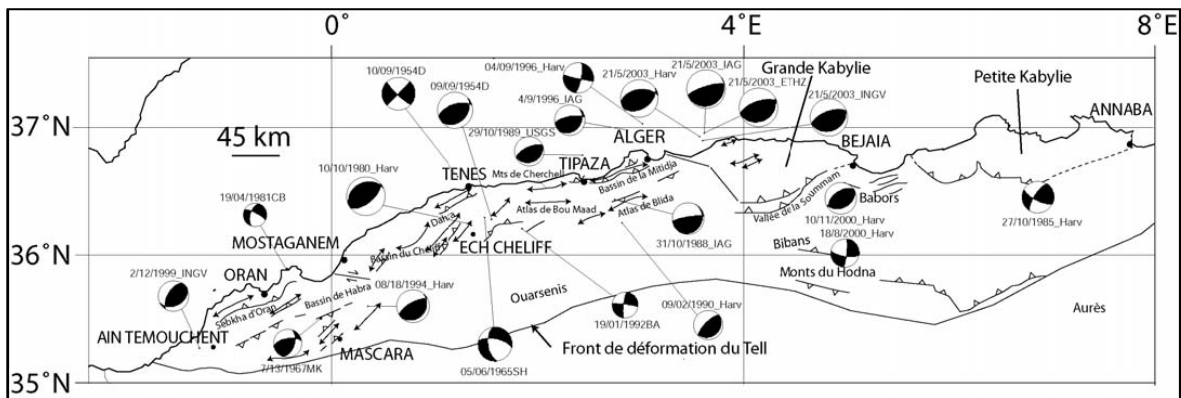
Plus au Sud, on trouve la chaîne des Bibans, formée de nappes telliennes. La transition entre la région d'Alger et la Grande Kabylie se fait par des failles probablement décrochantes, telles que la faille de Thénia et des failles au Nord-Ouest de Bouira (figure I.6).

A l'Est, entre les Grande et Petite Kabylie, on trouve la chaîne des Babors (figure I.6), avant de retrouver à l'Est le contact anormal entre la Petite Kabylie (zones internes) et les zones externes au Sud [Domzig, A. 2006].

La répartition des terrains plio-quaternaires et les structures tectoniques qui les affectent permet de distinguer deux ensembles dans l'atlas tellien.

1. Le Nord-Est avec un décrochement majeur dextre qui dans son prolongement à l'Est forme le bassin de Guelma, dans cette partie des décrochements sénestres de direction NE-SW affectant le bassin de Constantine.

2. Plus à l'Ouest, à partir du méridien de Kherrata le caractère inverse prend le relais, marqué essentiellement par l'apparition de pli-failles de direction NE-SW à rejeu sénestre. Ce domaine regroupe le Hodna, la zone de Kherrata, la Soummam et surtout les bassins de Mitidja et de Chélif [Harbi, A. 2001].



**Figure I.6 :** Schéma sismotectonique du Nord de l'Algérie montrant les principales structures actives observées dans le Tell (inspiré de Benouar et al., 1994, Boudiaf, 1996, Guiraud, 1977, Meghraoui, 1988) Sources des principaux mécanismes au foyer: Harv : Harvard CMT catalog, ETHZ: ETH Zürich., INGV: Institut National de Géophysique et Volcanologie (Italie), IAG: Institut Andalou de Géophysique (Grenade, Espagne), USGS: United States Geological Survey, CB: Coca et Buforn, 1994, MK: McKenzie, 1972, D: Dewey, 1990, SH: Shirokova, 1967, BA: Bezzeghoud et al. 1994 [Domzig, A. 2006].

L'Atlas tellien subit à une sismicité élevée qui se matérialise par des tremblements de terre modérés à forts, dont plusieurs se sont produits pendant ce siècle.

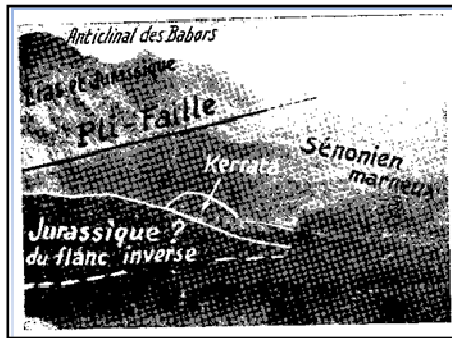
Parmi eux le séisme particulièrement destructif d'El Asnam 1980 ( $M_s = 7.3$ ) et de Boumerdes 21 mai 2003, de  $M_w 6.9$ .

Ceci rend l'identification des failles seismogéniques bien qu'essentiel une tâche difficile, pour l'évaluation de risque sismique. [Déverchère, J, 2005]

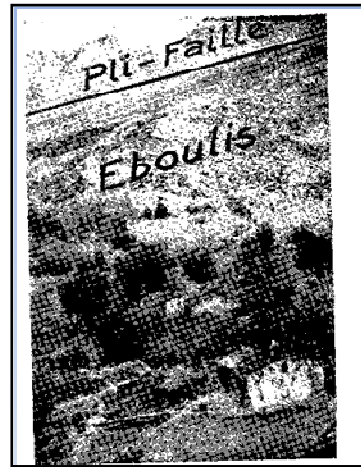
Examinant la carte séismotectonique montrée sur la figure (I.8) (Guirand, 1977 ; Coutele, 1979 ; Vila, 1980 ; Meghraoui, 1988 ; Boudiaf et al. 1999), il apparait que la

région est caractérisée par la présence de plusieurs failles actives qui peuvent être la source de tremblements de terre forts à modérés dans le future. Certaines de ces structures géologiques sont bien étudiées : dans la région de M'Sila, la faille inverse de Chott EL Hammam est associée à un anticlinal actif NE-SW.

La faille inverse de Kherrata, associé à un anticlinal actif de direction NE-SO (figure I.7.a et b). Le séisme de Kherrata du 17 février 1949 qui a généré des traces de surfaces (environ 50cm rejeu verticale) a permis à Rothé 1950 d'observer et de cartographier un pli faille N°70 (Rothé, 1950). Ce pli-faille serait responsable de l'activité sismique dans la zone des Babors.



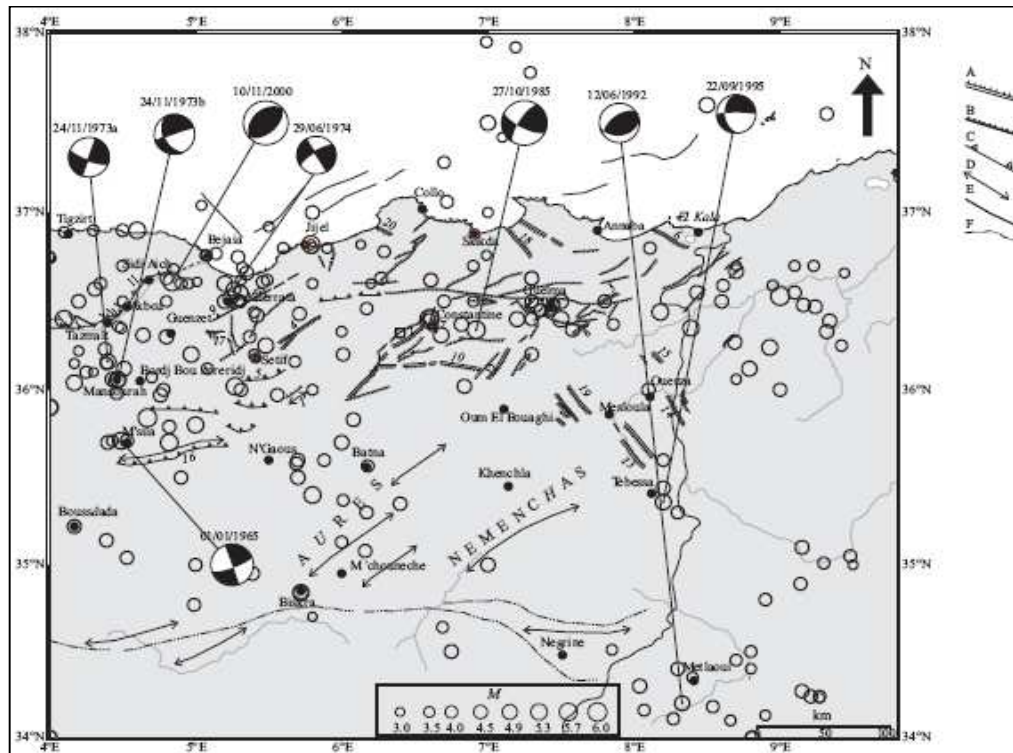
**Figure I.7.a :** Le pli-faille de Kherrata [Rothé, 1950].



**Figure I.7.b :** Le pli-faille de Kherrata Talus d'éboulis au douar Ferbous [Rothé, 1950].

Dans le bassin néogène de Soummam, les études récentes basées sur l'analyse des modèles numériques (Boudiaf et al., 1999) ont permis d'identifier les déformations récentes qui affectent les jeunes dépôts quaternaires. Ces déformations sont reliées probablement aux tremblements de terre forts qui se sont produits dans le passé, à la frontière Sud des montagnes de Kabylie.

Beaucoup des régions à l'Est de l'Algérie sont peu étudiées, telle que Guelma, et les régions de Constantine-Sétif, montrent plusieurs failles néotectoniques et sont l'emplacement des épencentres historiques (Guiraud, 1977; Vila, 1980).



**Figure I.8 :** Carte seismotectonique du Nord-Est algérien montrant les différentes failles actives et potentiellement actives réalisée sur la base des travaux de (Vila, 1980; Aissaoui, 1984; Meghraoui, 1988; Boudiaf, 1996; Harbi et al, 1999). A : failles quaternaires liées aux sources hydrothermiques, B : failles plioquaternaires, C : failles inverses, D : pli, E : failles offshore, F : flexure Sud atlasique.

1) Anticlinal quaternaire du Djebel Tella, 2) Faille de Ain Smara, 3) Faille de Bouchegouf, 4) Faille du Nord de Djemila, 5) Faille de Djebel Youcef, 6) Faille de cape Rosa, 7) Faille de Constantine, 8) Faille de Hammam N'Bailis, 9) Faille de Kherrata, 10) Faille de Sigus, 11) Faille de Tazmalt-Mechdallah, 12) Faille de Tamlouka, 13) Fossé de Mesloula, 14) Fossé de l'Ouenza, 15) Fossé de Taoura, 16) Pli faille de Chott El Hammam, 17) Réseau Guergour-Anini, 18) Faille de Djebel Safia, 19) Fossé de Terraguelt [Harbi, A. II, 2003].

*Chapitre II :*  
*Sismicite Historique*

## CHAPITRE II : Sismicité Historique

### II.1 Introduction :

Avant de nous intéresser à la sismicité instrumentale, il nous est apparu important de présenter la sismicité historique de la région Sétif-Kherrata. L'existence d'événements historiques est bien la première preuve qu'une région est sismique. L'étude de la sismicité historique est un indicateur sur l'importance de la sismicité mais également sur sa répartition spatiale.

### II.2 Les catalogues de la séismicité historique :

Plusieurs catalogues sur la sismicité du Nord de l'Algérie ont été édités de par le passé. Perrey a édité une note sur les tremblements de terre en Algérie (Perrey, 1848) et il a continué sa publication par des notes sur les séismes en Algérie jusqu'à 1871 dans ses listes annuelles. M. Chesneau a édité une note sur les tremblements de terre pendant la période 1716-1887 contenant quelques détails intéressants (Chesneau, 1892). En même temps, Montessus de Ballore (1892) a édité quelques commentaires sur le nombre de tremblements de terre ressentis en Algérie. La séismicité de l'Afrique du Nord est également abordé dans le livre "Les tremblements de terre, sismologique de géographie" édité par Montessus de Ballore (1906). Ce livre inclut une carte montrant les tremblements de terre en Algérie. Pendant le dernier siècle, plusieurs notes ont été éditées en sciences de Comptes Rendus de l'Académie des (CRAS) au sujet des événements séismiques en Algérie. Une autre liste des tremblements de terre algériens a été éditée dans le bulletin du service d'Algérie de Météorologique pendant la période 1889 à 1908. Roussel (1973) a énuméré des tremblements de terre algériens pendant la période 1716 à 1970, pour analyser la fréquence de la séismicité ; il a préparé également une carte des intensités observées.

Plus récemment, Ambraseys et Vogt (1988) ont édité une étude sur la séismicité historique dans la province d'Alger pendant la période 1365 à 1902.

Guidoboni et al. (1994), dans leurs "catalogue des tremblements de terre antiques dans le secteur méditerranéen jusqu'au 10ème siècle", mentionnent un événement séismique, qui s'est produit dans Sétif (Algérie), connu à ce moment-là comme Sitifis, dans 419 avant J-C. Ainsi ce séisme correspond au premier séisme connu en Algérie alors que précédemment le premier séisme rapporté était celui d'Alger de 1365 (Yelles et al., 2007)

La séismicité de l'Algérie tout au long du 20ème siècle est reportée par Benouar (1994) [Benouar, D. 2004].

Des catalogues ou listings ont été réalisés par des Universitaires ou chercheurs Algériens après l'indépendance du pays jusqu'à aujourd'hui. Nous citerons :

Benhallou (1985) : Cet auteur est le premier Chercheur Algérien qui s'est intéressé à la sismicité historique de toute l'Algérie de 1790 à 1984.

Mokrane et al. (1994) : Ce catalogue qui est le premier établi par le Centre de Recherche en Astronomie, Astrophysique et Géophysique (CRAAG) traite de la sismicité de l'Algérie pour la période 1365-1992.

Benouar (1994) : Le catalogue établi par cet auteur pour toute la région du Maghreb et qui s'étend de 1900 à 1990.

Harbi (2001) : Une étude des séismes historiques et une mise à jour du catalogue, jusqu'à 2000.

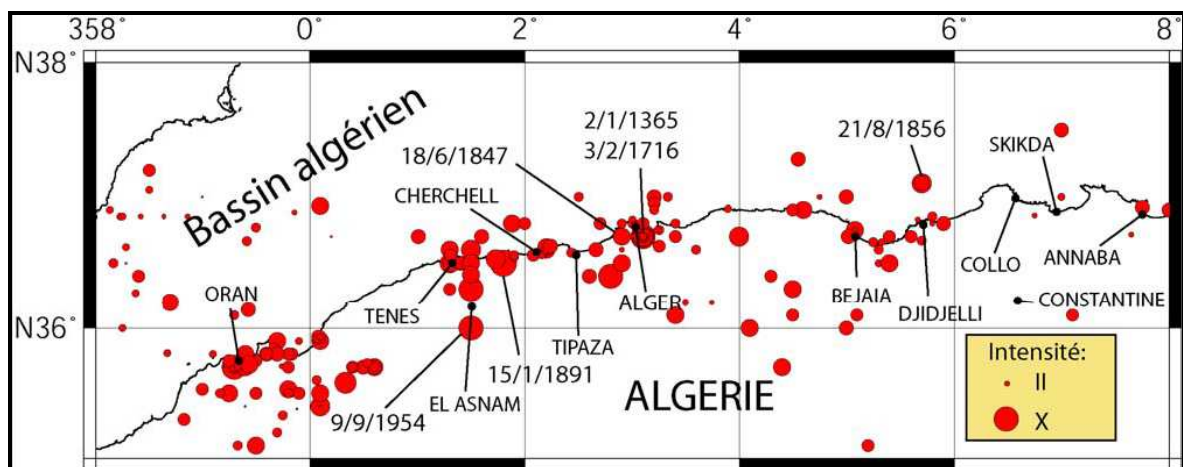
Yelles et al. (2002, 2006) : Ce sont les second et troisième catalogue établi par le CRAAG. Il traite la sismicité de l'Algérie pour la période 1992-2001 [Harbi, A. 2006].

### II.3 Distribution de la sismicité dans le Nord de l'Algérie :

Le Nord de l'Algérie est connu comme région d'une activité sismique modérée dans le bassin méditerranéen occidental.

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 Djidjelli en 1856 et à Gouraya en 1891.

Au cours de la première moitié du XX<sup>e</sup> siècle, qui correspond à la fin de la période historique, l'Algérie a été touchée par deux autres séismes importants : celui de Sour-El-Ghozlane (24 juin 1910, Ms =6, 4) et celui d'Orléans ville (9 septembre 1954, Ms =6, 7) (figure II.1).



**Figure II.1** : Carte de la sismicité historique (bases de données du CRAAG et USGS, de 1365 à 1972). L'intensité est indiquée à l'échelle MSK [Domzig, A. 2006].



### II.3.1 Les zones de sismicité :

Quatre zones majeures de sismicité sont ainsi mises en évidence :

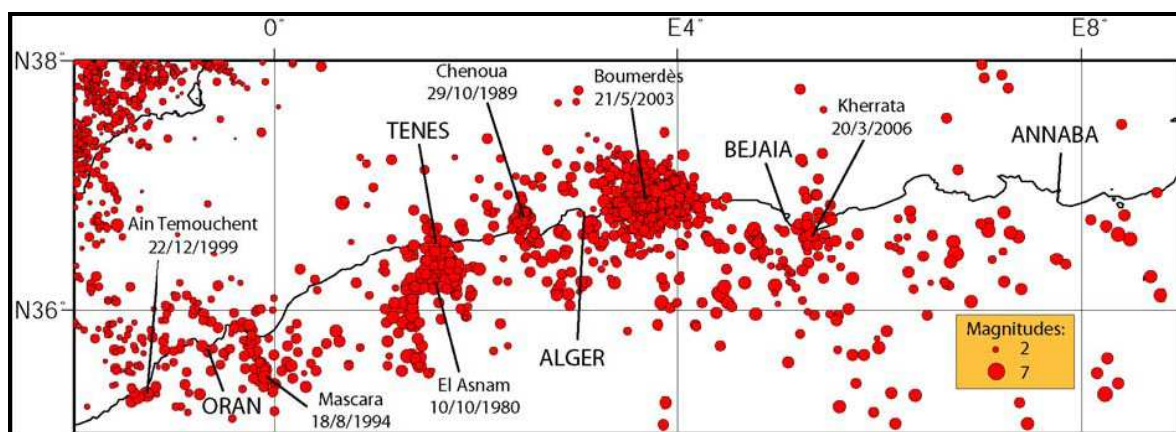
(a) Le domaine maritime. Il est important de souligner que, parmi les plus importants séismes qui ont frappé le Nord de l'Algérie, plusieurs se sont produits en mer. À cet égard, les séismes d'Alger de 1716, d'Oran de 1790, de Djidjelli de 1856 et de Boumerdes de 2003 sont les plus représentatifs.

(b) Le Tell. Dans cette région se manifeste la plus grande partie de l'activité sismique de Nord de l'Algérie. Avec le domaine maritime, elle constitue la région la plus exposée aux séismes violents et dévastateurs, puisque la majeure partie de la population algérienne y réside.

(c) Les Hauts Plateaux. Actuellement, cette région se caractérise par une quasi-absence de sismicité. Les Hauts Plateaux semblent donc se comporter comme un bloc rigide, se déformant simplement au niveau de ses bordures.

(d) L'Atlas saharien. Dans cette région, les cartes de sismicité montrent un chapelet de petits séismes de faible magnitude ( $M < 4$ ), qui s'étale en particulier le long du front Sud-Atlasique.

Les Hauts Plateaux semblent aussi séparés des Hautes Plaines constantinoises par un important accident de direction NW–SE allant de Kherrata au Nord à Biskra au Sud-Est (figure II.1), accident sur lequel se matérialise un chapelet de séismes modérés [Yelles-Chaouche, A.K. 2006].



**Figure II.2 :** La carte des épicentres du Nord de l'Algérie, de 1973 à 2006 (base de données NEIC) [Domzig, A. 2006].

Durant les deux derniers siècles, l'Atlas tellien fut le siège de nombreux séismes destructeurs comme le souligne le catalogue de la sismicité algérienne qui indique une occurrence de séismes forts à modérés ( $M_s > 5$ ) dans cette région [Maouche, S. 2004].

Celui-ci est frappé par beaucoup des évènements par exemple : El Asnam 10 octobre 1980, Ms=7.3, Constantine 27 octobre 1985, Ms=6.0, Tipaza-Chenoua, 29 octobre 1989, Ms=6.0, Mascara, 18 Août 1994, Ms=6.0, Alger, 4 septembre 1996, Ms=5.8, Ain Temouchent, 22 décembre 1999, Ms=5.5, et récemment le tremblement de terre de Zemmouri de 21 Mai 2003, Mw=6.8 (figure II.2) [Ayadi, A. et al., 2004].

### II.3.2 Sismicité de la région des Babors :

La région des Babors connue plusieurs séismes dans le passé (Ambraseys, 1982 ; Benhallou, 1985; Benouar, 1994; Mokrane et al., 1994; Harbi et al., 1999) [Bouhadad Y. 2003].

Dans la chaînes des Babors l'intensité maximale observée (MOI) est évaluée à être VIII [Bezzeghoud et al., 1996 ; Boughacha et al., 2004].

La région a connue plusieurs séismes de magnitude modérée à faible .L'activité sismique est continue et plusieurs événements sismiques sont enregistrés annuellement dans cette région et reportée dans les catalogues sismiques (Rothé 1950, Mokrane et al., 1994, Benouar, 1994, A.K. Yelles-Chaouche et al., 2002, 2008).

D'après le catalogue d'E. Guibodoni (catalogue of ancien earthquakes in the Mediterranean area up to the 10th century, 1994), un séisme historique de Sitifis a eu lieu à Sétif en 419 avant J-C [Harbi, A. 2006].

En vue d'assurer une surveillance des secousses sismiques, y compris celle non ressenties par l'homme (microsismicité), ce n'est qu'en 1957 qu'une station sismologique courte période a été installée à Sétif. Cette station a permis d'enregistrer de nombreuses secousses et de confirmer l'activité régulière de la région de Kherrata.

### II.4 Principaux paramètres caractérisant un séisme :

Chaque séisme est caractérisé par l'heure à la quelle il produit, sa localisation (latitude, longitude, profondeur), sa magnitude et son intensité.

#### a. Intensité :

Avant l'ère instrumentale, l'étude d'un séisme se faisait par d'observation des effets de ce séisme à l'endroit ou il s'était produit.

L'intensité macrosismique est évaluée à partir de l'inventaire, sur site, de l'ensemble des effets produits par la secousse sismique sur la population, les constructions et l'environnement physique. Ces effets sont évalués d'une manière qualitative, selon une échelle d'intensité macrosismique dont les degrés correspondent à des effets croissants définis à l'aide de descriptions conventionnelles. Il existe plusieurs échelles d'intensité dans lesquelles un numéro est assigné à chaque groupe caractéristique d'effets ; ces degrés

sont le plus souvent notés de I à XII. L'échelle utilisée, la plus récente, est celle de Mercalli modifiée dont la version a été mise au point en 1964 par Medvedev, Sponheuer et Karnik, dite échelle MSK. Cette dernière a été recommandée comme étalon pour l'Europe par la commission sismologique Européenne [P. Godefroy, 1985], elle est également utilisée par plusieurs auteurs (Rothé 1950, Hée 1950, Grangeand 1959 et Benhallou 1985) pour l'établissement des cartes isoséistes relatives aux séismes algériens.

La dernière version de l'échelle MSK remise à jour en 1992 sous la nouvelle appellation EMS 92 ou European Macroseismic Scale 1992 et qui a été élaborée par la commission sismologique européenne (ESC).

La carte macrosismique résultats des enquêtes menées auprès de la population locale et des régions avoisinantes et même dans le reste du pays. Cette carte est établie en éliminant les aires d'égalité d'intensité par des courbes isoséistes, enveloppes des données ponctuelles de même degré.

Malgré son caractère descriptive, l'intensité reste le complément indispensable de la sismicité instrumentale.

### **b. La magnitude :**

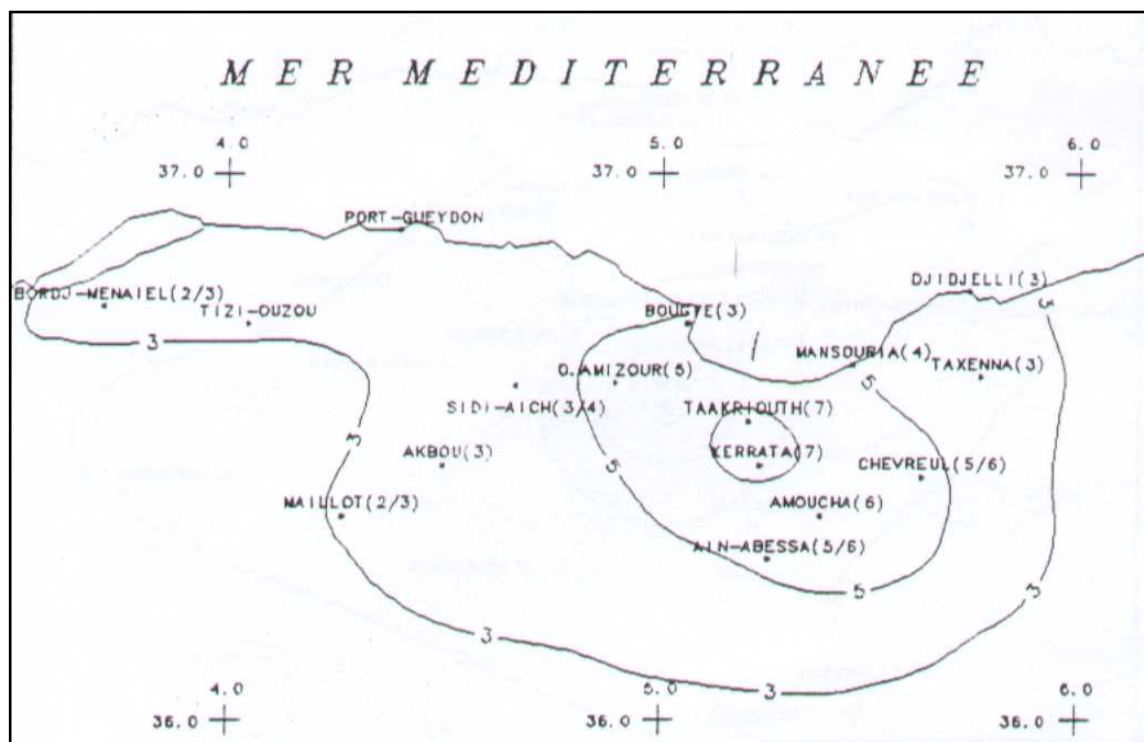
Tout calcul de magnitude est basé sur le logarithme de l'amplitude d'une certaine onde sismique à partir d'un certain sismomètre et dépend de corrections tenant compte de la distance épacentrale, la profondeur du foyer et de la nature du sous-sol à la station d'enregistrement.

## **II.6 Les séismes de Sétif et ses environs avec les cartes isoséistes reportés dans les catalogues :**

### **1. Le séisme de Djermouna (Kherrata) du 17 Février 1949 :**

Ce séisme est cité par plusieurs auteurs. Grandjean (1954) rapporte que la secousse a été huit fois moins forte que celle du 17 février 1949. Les journaux disponibles à la bibliothèque nationale de la ville d'Alger ne rapportent rien sur ce séisme. Le journal d'Alger du 18 février 1949 mentionne qu'il y'a eu des secousses depuis le 5, 6 et 7 janvier (figure II.3).

Oued Marsa sans plus. Pourtant Grandjean (1954) parle de 30 gourbis détruits au douar Djermouna et estime l'aire macrosismique à 25 km. Dans le catalogue de Benouar (1993), l'intensité est estimée à V MSK mais comme nous manquons d'information sur les effets s'induits par la secousse et pas de précisions sur les destructions, nous préférons ne pas estimer d'intensité ni de garder celle existante.

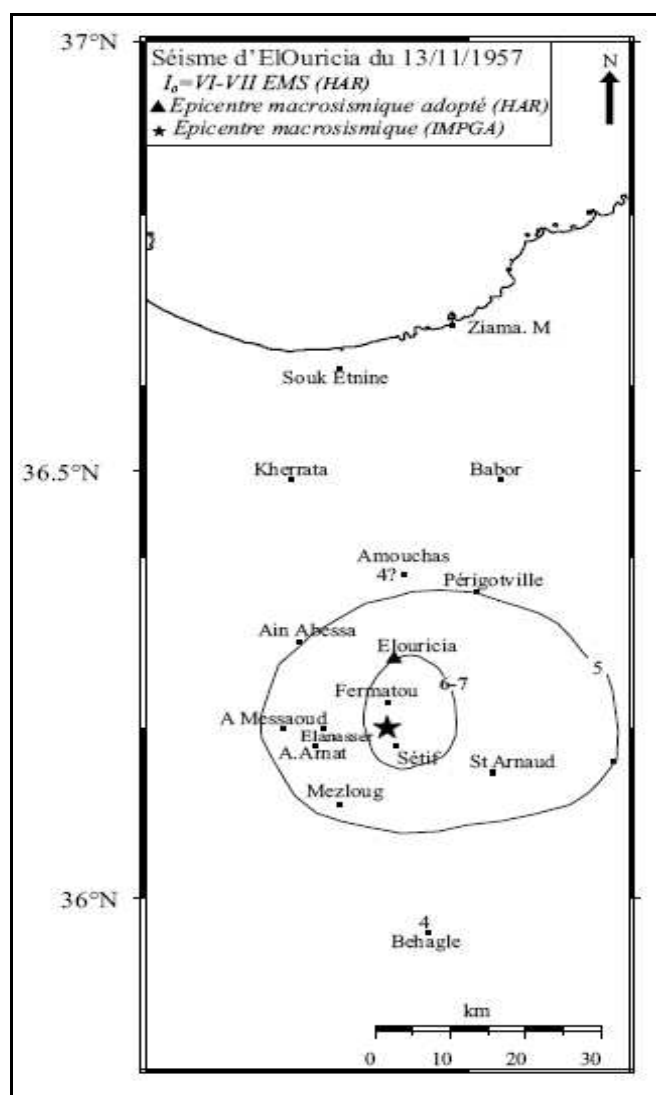


**Figure II.3 :** Carte isoséiste du séisme de Djermouna (Kherrata) du 17 Février 1949  
[MOKRANE, A et al., 1994].

## 2. Le séisme d'Ouricia du 13 novembre 1957 :

Le 13 novembre 1957 à 19h 16mn 24s (GMT), un tremblement de terre frappa la région de Sétif et ses environs. Selon Benhallou (1985), la secousse a été assez violemment ressentie dans la région de Sétif (degré VII-VIII MMI à Sétif et El Ourcia) ; l'épicentre localisé dans le Djebel Megris, correspond à un foyer superficiel ( $h=3,5$  km). Selon les questionnaires, la secousse a été ressentie par toute la population à Sétif où il y eut chute de la croix de l'église, arrêt de l'horloge automatique ; craquement de meubles, planchers et plafonds ; dégâts aux immeubles, fissures, chutes de tuiles et de cheminée et lézardes dans les murs. A St Arnaud,  $\frac{3}{4}$  de la population a ressenti la secousse qui a causé des vibrations de vitres et vaisselle, balancement des objets suspendus. A Fermatou, tout le monde l'a ressentie et il y eut tintement de sonnettes, craquement de meubles et fissures aux murs. A Ain Abessa, presque tout le monde l'a ressentie et il y eut aussi vibration de vitres, craquement de meubles, plafonds, déplacement d'objets et agrandissement de fissures. A El Ouricia, la secousse a été très fortement ressentie par tout le monde et causa aussi des vibrations de vaisselle et de vitres ; tintement de sonnettes ; craquement de meubles, planchers, plafonds; déplacement de meubles et dégâts aux immeubles, fissures, chutes de tuiles et de cheminées. Des répliques suivirent ce premier choc le 14 novembre à 1h 22mn, 2h 45mn et 3h 45mn (la deuxième était la plus forte) ; le 21 novembre un séisme frappa Sétif à 20h 16mn et fut ressentie par tout le monde ; le séisme de cette journée aurait été ressenti à Amoucha. Une autre réplique a été ressentie à Sétif à 3h 40mn le 22 novembre réveillant beaucoup de monde et causant des vibrations de vaisselle et de vitres et craquement de meubles. La plus forte réplique fut ressentie le 26 novembre 1957. D'après

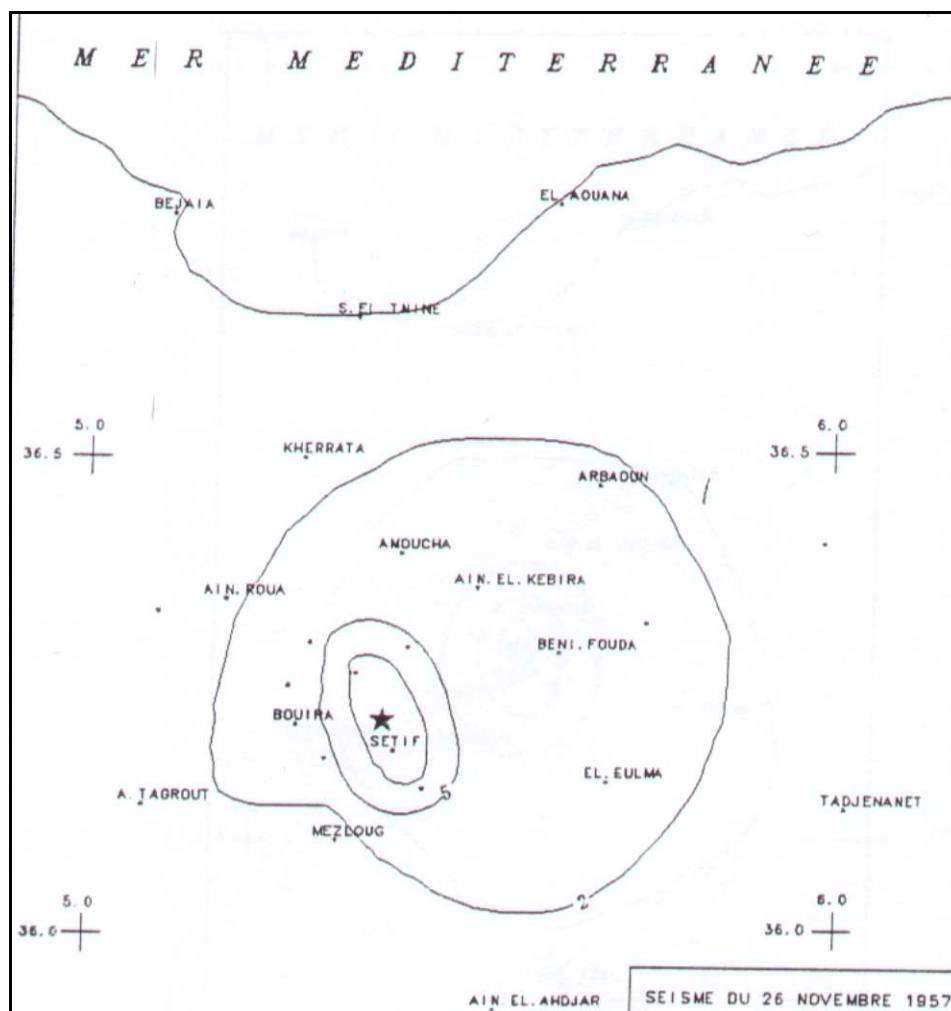
les questionnaires, la secousse a été ressentie par tout le monde à Coligny et Sétif causant des vibrations de meubles, planchers et plafonds, portes, fenêtres et de tous objets. Des fissures aux immeubles et au sol autour des pylônes électriques. Cette réplique fut plus faible à El Ouricia et a été suivie par d'autres le 29 novembre, la première à 5h 21mn (GMT) a été ressentie par tout le monde et la deuxième à 22h 45mn par de nombreuses personnes ; les deux ont causé la vibration de vaisselle et de vitres. Mokrane et al. (1994) reprennent Benhallou et adoptent l'épicentre macrosismique estimé par l'IMPGA dans le Djebel Megris à 36.20°N, 5.40°E. L'analyse de l'information macrosismique récoltée nous amène à estimer l'épicentre macrosismique plutôt à El Ouricia où il y'a eu plus d'effet et de réévaluer l'intensité maximale  $I_0$  de VII-VIII MMI (Mokrane et al. 1994) à VI-VII EMS (figure II.4).



**Figure II.4 :** Carte isoséiste de séisme d'Ouricia (Sétif) de 13 novembre 1957 [Mokrane, A et al., 1994].

### 3. Séisme de Sétif du 26 Novembre 1957 :

Le 26 novembre 1957 à 05h 47mn 54s (GMT), réplique de séisme du 13 Novembre 1957 qui a eu lieu à Sétif. L'épicentre macrosismique estimé par l'IMPGA à 36.23°N, 5.42°E (figure II.5).

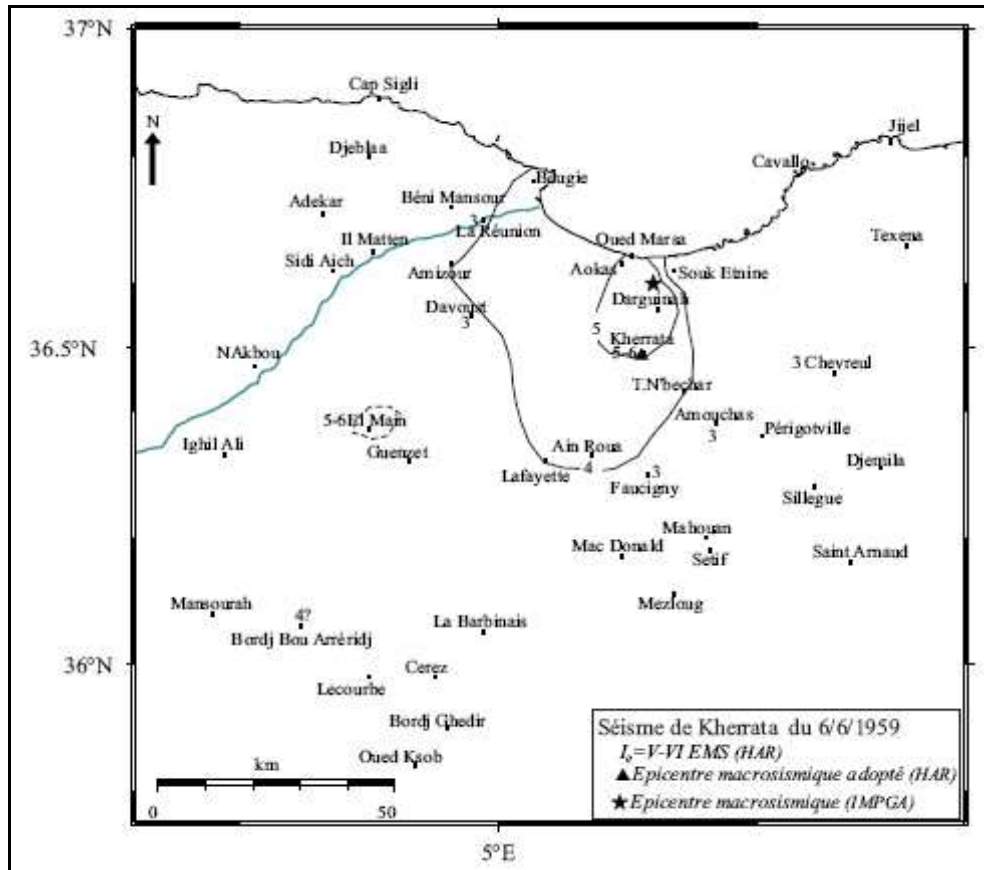


**Figure II.5 :** Carte isoséiste de séisme de Sétif du 26 Novembre 1957 [Mokrane, A et al., 1994].

### 4. Les séismes de Kherrata du 6 juin 1959 :

Le 6 Juin 1959, un tremblement de terre frappa la zone de Kherrata et ses environs à 22h 34mn 42s (GMT). Selon les questionnaires, la secousse a été ressentie par tout le monde à Aokas où il y eut craquements, vibration de vaisselle mais pas de dégâts. A Darguinah, on signala de grosses vibrations de vitres, tintement de sonnettes, arrêt d'appareillage électriques et réveil général des dormeurs. La secousse précédée d'un précurseur le 1 juin à 5h 6mn 18s (GMT) a été ressentie à Kherrata par presque tout le monde ; on rapporte des craquements et déplacements de meubles, le réveil des dormeurs dont certains sont sortis des habitations. A El Main, la secousse a été ressentie par tout le

monde ; on rapporte que quelques murs ont été lézardés, les sols en ciment craquelés et crevassés ainsi que quelques éboulements. Benouar (1993) le cite comme étant un séisme de Darguinah. Sur la base de l'information recueillie, la carte isoséiste est revue, l'épicentre macrosismique  $36.60^{\circ}\text{N}$  ;  $5.30^{\circ}\text{E}$  donné par Mokrane et al. (1994) est ré-estimé et l'intensité maximale  $I_0$  est réévaluée de V-VI MMI à Darguinah (Mokrane et al. 1994) à V-VI EMS attribuée à Kherrata et El Main (figure II.6).



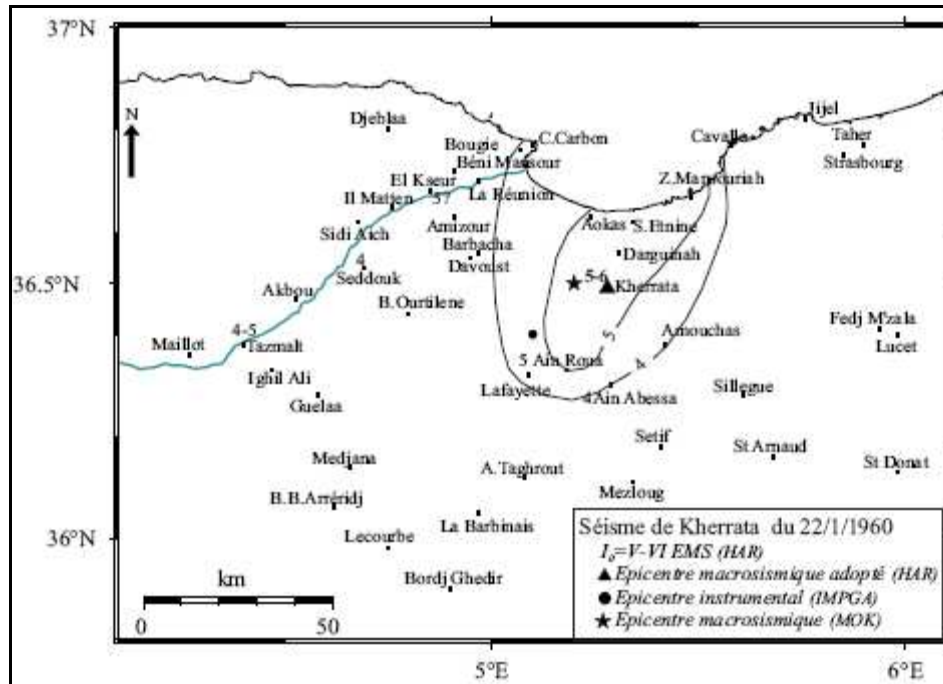
**Figure II.6 :** Carte isoséiste de séisme de Kherrata du 6 juin 1959 [Mokrane, A et al., 1994].

### 5. Le séisme de Kherrata du 22 janvier 1960 :

Le 22 Janvier 1960, un tremblement de terre frappa la zone de Kherrata et ses environs à 11h 27mn 30s (GMT). Selon les questionnaires, la secousse a été ressentie à Tazmalt causant des vibrations de vitres, portes et fenêtres et fissures au plafond d'une pièce. A Ain Abessa, elle a été perçue par la majorité des personnes ; on rapporte des vibrations de petits objets, le craquement de planchers et meubles. A Ain Roua, plusieurs personnes l'ont ressenti et il y eut déplacement d'objets et fissures aux murs. A Darguinah, la secousse a été ressentie par tout le monde et on y signale la vibration et le bris de vaisselle, vitres et le tintement de sonnettes. A El Kseur, il y'a eu vibration de vaisselle et vitres et arrêt de l'horloge de la mairie. A Kherrata aussi tout le monde l'a ressentie ; on signale l'ébranlement d'objets mobiles, des lézardes à une vieille maison, la chute de quelques pierres dans les gorges de Kherrata ainsi que la chute de plâtras et fissures dans



les vieilles bâtisses. On signale aussi un fort ébranlement de meubles à Aokas. La secousse qui a eu lieu dans la même journée à Lafayette (Bougâa de nos jours) à 15h 37mn 12s à 25 km au SW de Kherrata est un autre séisme. Sur la base de l'information recueillie, la carte isoséiste est revue, l'épicentre macrosismique  $36.50^{\circ}\text{N}$ ,  $5.20^{\circ}\text{E}$  donné par Mokrane et al. 1994 est ré-estimé et l'intensité maximale  $I_0$  est réévaluée de VI MMI (Mokrane et al. 1994) à V-VI EMS et est attribuée à Kherrata (figure II.7).

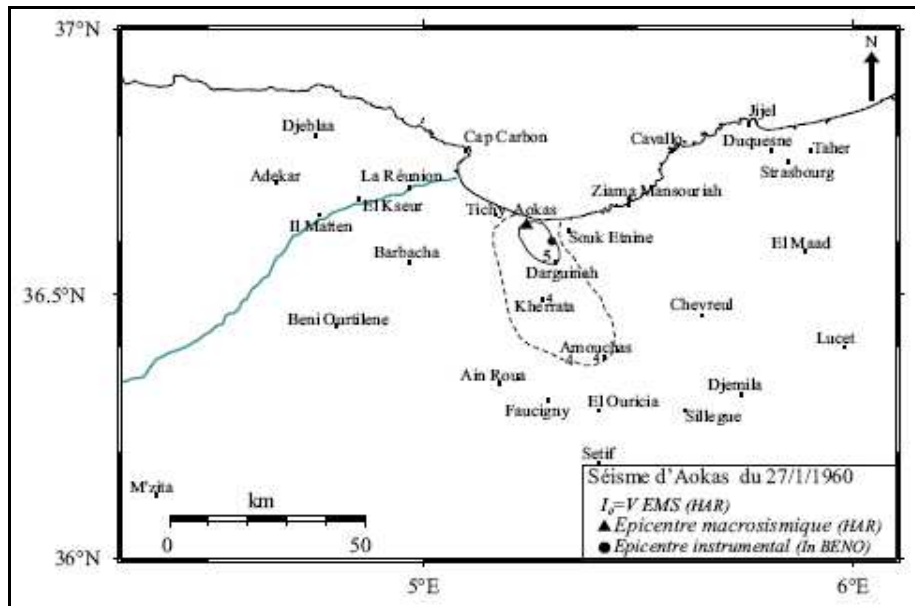


**Figure II.7 :** Carte isoséiste de séisme de Kherrata du 22 janvier 1960 [Mokrane, A et al., 1994].

### 6. Le séisme d'Aokas du 27 janvier 1960 :

Le 27 janvier 1960, un séisme a été ressenti par tout le monde à Aokas causant des craquements de meubles et des fissures légères aux murs ainsi que quelques glissements de terrain. A Darguinah, la secousse a été ressentie par tout le monde, on rapporte de très grosses vibrations de toutes sortes d'objets. Sur la base de l'information disponible, une carte isoséiste est tracée ; l'épicentre macrosismique est estimé et l'intensité maximale  $I_0$  donnée par Benouar (1993) est adoptée est attribuée à Aokas et Darguinah (figure II.8).



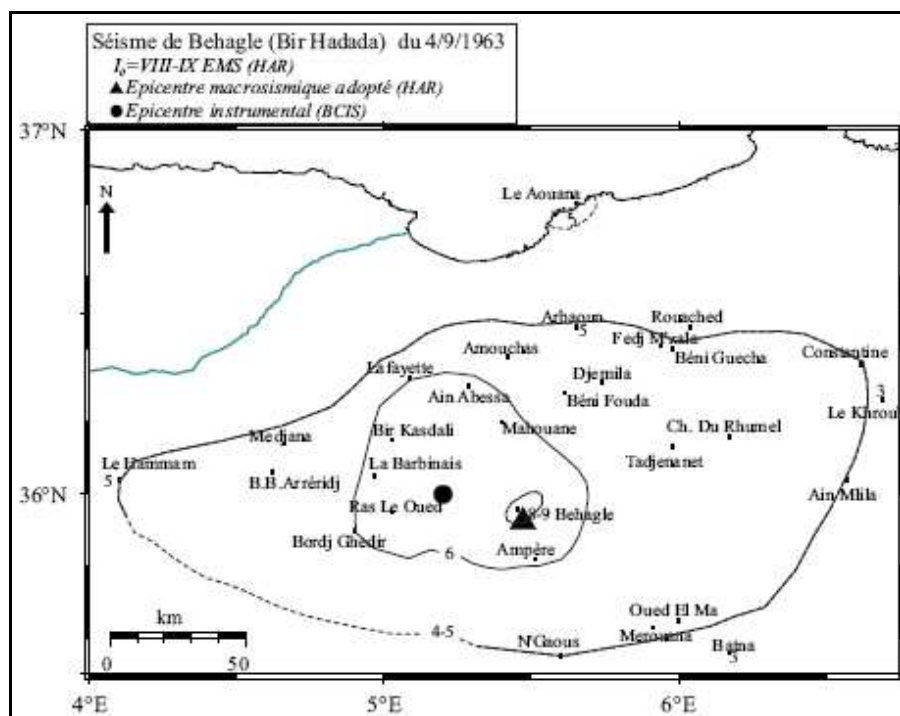


**Figure II.8 :** Carte isoséiste de séisme d'Aokas du 27 janvier 1960 [Mokrane, A et al., 1994].

### 7. Le séisme de Behagle (Bir Hadada) du 4 septembre 1963 :

Le 4 septembre 1963, un tremblement de terre frappa la région de Sétif à 5h 6mn 46s (GMT). Selon les questionnaires, la secousse a été ressentie par tout le monde à Ain Abessa, Ampère, Belâa, A Bir Hadada, Boutaleb, Arbaoun, Lafayette, El Hammam, Tixter et Ras El Oued. On rapporte 1) des vibrations de vaisselle et vitres à Ain Abessa, Ampère, Boutaleb, Arbaoun et Lafayette ; 2) le craquement de meubles, planchers et plafonds à Ain Abessa, Belâa, Boutaleb, Arbaoun et Ras El Oued ; 3) le tintement des sonnettes à Ain Abessa, Boutaleb et Lafayette ; 4) déplacement de meubles et objets à Boutaleb, et Arbaoun (sauf les objets sur étagères) ; 5) des fissures et lézardes aux murs à Ain Abessa, Ampère, Belâa, Boutaleb, Lafayette, Tixter (sauf à certains murs mais un mur est tombé) et Ras El Oued (au niveau des façades) ; 6) chute de cheminées à Ain Abessa ; 7) Chute de plâtre du plafond à El Hammam ; 8) fissures de terrains à Belâa où il y'a eu aussi glissement léger et à La Barbinais ; 9) eau trouble et changement de débit à Ampère, La Barbinais et Tixter (augmentation). Mais c'est à Behagle (Bir Hadada) qu'il y'a eu le plus de dégâts avec déplacement de toute chose, fissures dans toute la région et destruction totale de plusieurs maisons. Selon Benhallou (1985), il y eut un mort et une centaine de blessés suite au séisme qui fut suivi de plusieurs secousses ressenties à Bordj Bou Arréridj, Batna et Châteaudun et dont une cinquantaine a été enregistrée à Sétif dans un intervalle de 1h 30mn. La même information est rapportée dans La Dépêche de Constantine et de l'Est Algérien du 5 septembre 1963. On y lit les passages suivants : « La terre a tremblé hier dans l'Est Algérien. Le séisme a été senti entre 5h 10mn et 8h 40mn en de nombreux centres. Les secousses furent certes de courte durée mais assez fortes en certaines régions. Le phénomène se manifesta particulièrement à Behagle (Département de Sétif). En effet, 18 secousses furent enregistrées dans ce village dont la plus forte se situe vers 5h 10mn. Plus de la moitié des modestes demeures de ce centre s'effondrèrent et des décombres, on

devait hélas retirer le corps d'une fillette de 8 ans. On déplore également une centaine de blessés. A Sétif, les secousses furent également enregistrées dès les premières heures de l'aube et ont mis en émoi la population. La plus forte fut celle de 5h 10mn qui dura plusieurs secondes. Les autres furent moins violentes. D'autres furent ressenties dans la matinée. Il n'y eut heureusement pas de dégâts. Même phénomène à Châteaudun-Du-Rhumel où la secousse a été ressentie par toute la population et même créé un début de panique. A Batna, les mouvements de courte durée furent enregistrés à 5h 10mn et 5h 25mn. Enfin à Constantine, une partie de la population ressentit également et aux mêmes heures le phénomène ». Le journal publie aussi une photo d'une maison traditionnelle (en tout genre Akham (maison kabyle)). On ne traite pas de ce séisme dans les catalogues antérieurs malgré sa grandeur et les effets qu'il a induits. Benouar (1993) le place à Ain Taghrout alors que Mokrane et al. (1994) reprend la localisation donnée par le BCIS mais aucune estimation d'intensité n'est effectuée. Sur la base de l'information recueillie, une carte isoséiste est établie, un épïcêtre macrosismique est estimé et l'intensité maximale  $I_0$  est évaluée à VIII-IX EMS et est attribuée à Behagle (Bir Hadada) (figure II.9).



**Figure II.9 :** Carte isoséiste de séisme de Behagle (Bir Hadada) du 4 septembre 1963  
[Mokrane, A et al., 1994].

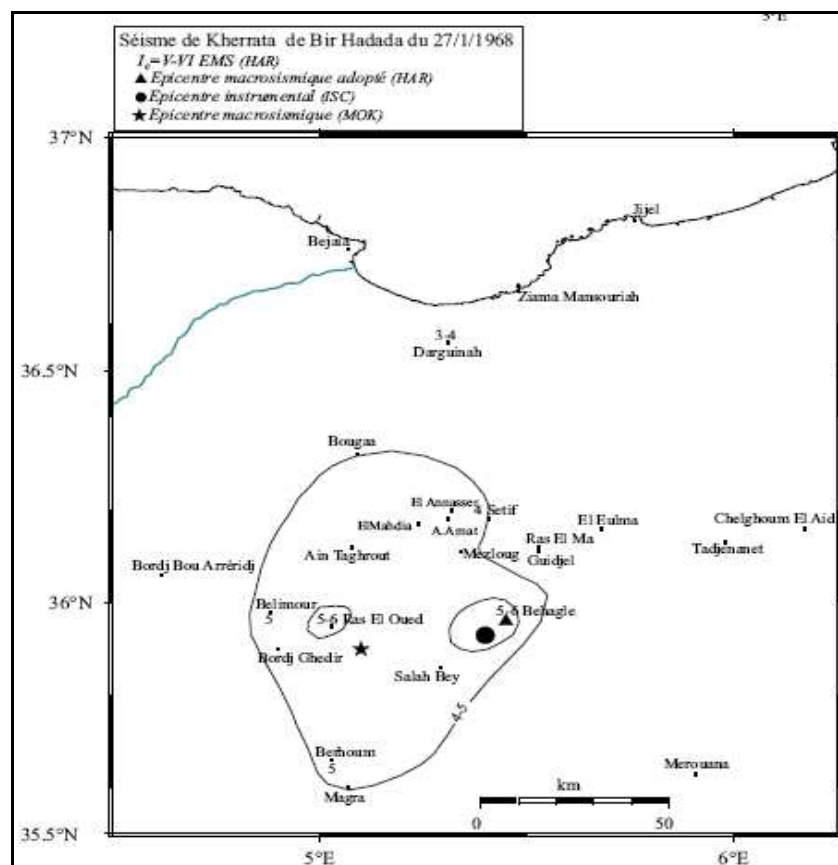
### 8. Le séisme de Sétif du 2 mars 1967 :

Ce séisme n'est pas cité dans le catalogue de Mokrane et al. (1994). Selon les questionnaires, la secousse a été ressentie par tout le monde à Mezloug causant des vibrations de vitres mais aucun dégât. Tout le monde l'a ressentie à Sétif où il y eut plus d'effets comme de déplacement de quelques meubles légers, l'ouverture de quelques portes mais sans qu'aucune fissure ne soit constatée. Benouar (1993) en se référant à Mezcua et

Martinez (1983) donne une intensité de 3 MSK à Sétif. Selon l'information contenue dans les questionnaires, l'épicentre macrosismique  $36.25^{\circ}\text{N}$ ,  $5.38^{\circ}\text{E}$  donné par Benouar (1993) est ré-estimé à  $36.18^{\circ}\text{N}$ ,  $5.41^{\circ}\text{E}$  et l'intensité maximale  $I_0$  est réévaluée de III MSK (Benouar, 1993) à V EMS et est attribuée à Sétif [Mokrane, A et al., 1994].

### 9. Le séisme de Bir Hadada du 27 janvier 1968 :

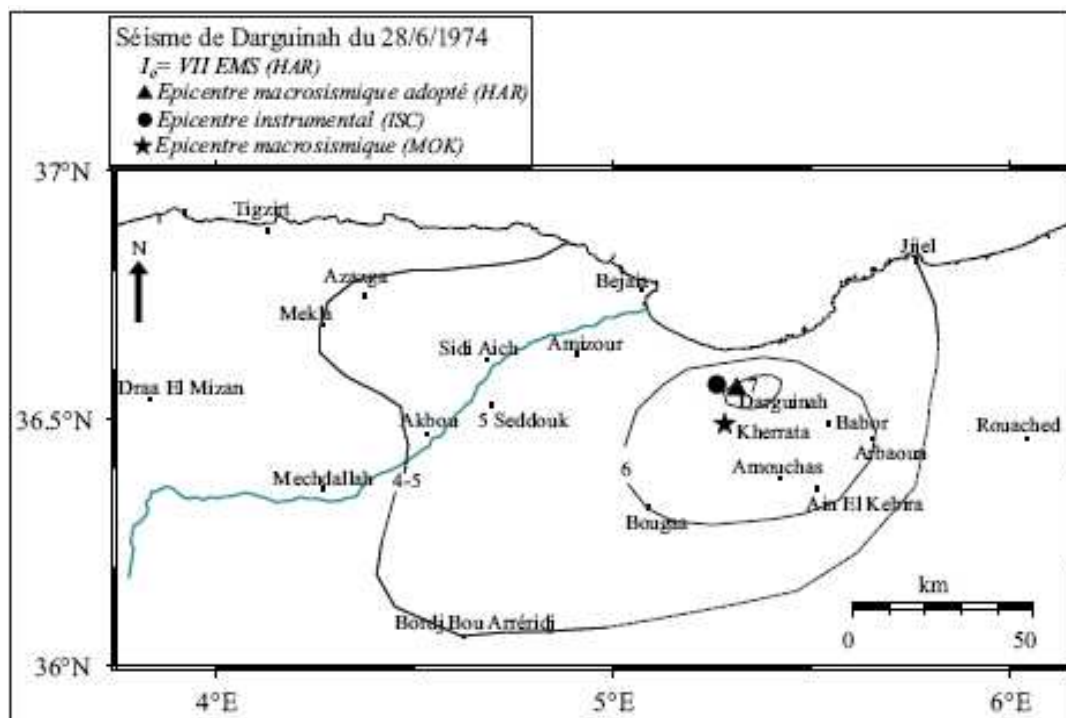
Ce séisme est connu sous le nom de séisme des Monts Hodna dans les travaux antérieurs. Selon les questionnaires, la secousse a été ressentie par tout le monde à Ain Arnat, Magra, Bir Hadada et Ras El Oued ; on signala la vibration de fenêtres, vaisselle, et vitres et le craquement de portes dans toutes ces localités mais dans les deux dernières, on rapporte aussi des fissures de plafonds et d'immeubles ainsi que quelques fissures à Berhoum et Belimour. Sur la base de l'information récoltée à partir des questionnaires, la carte isoséiste est revue, l'épicentre macrosismique  $35.90^{\circ}\text{N}$ ,  $5.10^{\circ}\text{E}$  donné par Mokrane et al. (1994) à Ras El Oued est ré-estimé à Bir Hadada qui a été secouée en 1963 par un séisme destructeur et qui se trouve proche de l'épicentre instrumental ; l'intensité maximale  $I_0$  est réévaluée de VI MMI (Mokrane et al. 1994) à V-VI EMS et est attribuée à Bir Hadada et Ras El Oued (figure II.10).



**Figure II.10 :** Carte isoséiste de séisme de Bir Hadada du 27 janvier 1968 [Mokrane, A et al., 1994].

### 10. Le séisme de Darguinah du 28 juin 1974 :

Le 28 juin 1974, un tremblement de terre frappa la zone de Darguinah et ses environs à 11h 9mn 38s (GMT). Ce séisme est connu dans les catalogues antérieurs comme étant celui de Kherrata. Cependant les questionnaires rapportent qu'il a fait plus d'effets à Darguinah où tout le monde l'a ressenti ; on rapporte que plusieurs murs et plafonds ont été lézardés et aussi le renversement d'objets mobiles et la chute de cheminées. Tout le monde l'a ressenti (il en a réveillé la majorité) à Ain El Kebira, Arbaoun, Seddouk, Babor et Kherrata où on signala la vibration de vaisselle, des vitres et des portes, le déplacement des meubles et objets, la chute de plâtre et des fissures légères aux murs. Ces dernières ont aussi été signalées à Bougâa où le séisme a été ressenti par plusieurs personnes. A Jijel 75% de la population l'a ressenti et on nota la vibration de vaisselle, vitres et meubles, et l'interruption de l'électricité pendant une durée de 5mn environ mais aucun dégât n'est signalé. Il y eut aussi éboulement et chute de pierres dans les régions montagneuses, glissement et affaissement des bordures de la chaussée particulièrement à Darguinah. Le niveau de l'eau a augmenté dans la région de Kherrata mais pas à Ain El Kebira. Les journaux de l'époque n'en parlent pas. On trouve dans le journal El Moudjahid du 10 novembre le passage suivant concernant le séisme de Kherrata du 9 novembre 1974: « Rappelons que ces secousses telluriques ont été déjà enregistrées dans cette même région le 18 juin dernier faisant un mort et endommageant plus de 400 habitations ». L'analyse de l'information recueillie à partir des questionnaires nous a permis de revoir la carte isoséiste et de ré-estimer l'épicentre macrosismique 36. 49°N 5.28°E donné par Mokrane et al. (1994) ; l'intensité maximale  $I_0$  est réévaluée de VI MM (Mokrane et al.1994) à VI-VII EMS et est attribuée à Darguinah (figure II.11). Nous notons toutefois qu'un VII EMS est assez probable si l'information rapportée par El Moudjahid est vérifiée.

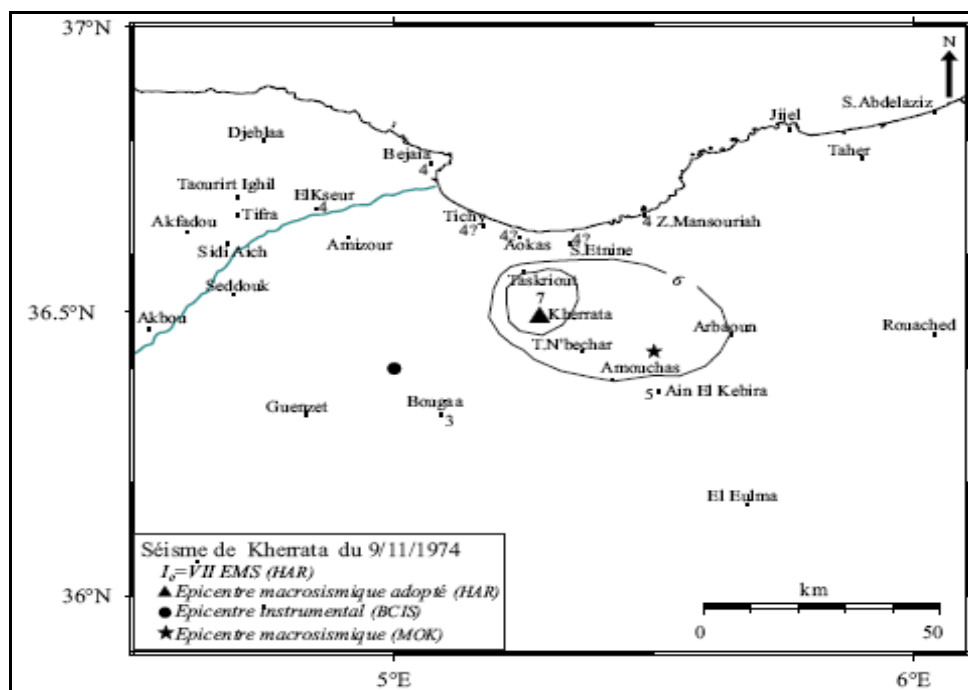


**Figure II.11 :** Carte isoséiste de séisme de Darguinah du 28 juin 1974 [Mokrane, A et al., 1994].

### 11. Le séisme de Kherrata du 9 novembre 1974 :

Le 9 novembre 1974, un fort séisme fut ressenti à Kherrata et ses environs à 12h 15mn 10s (GMT). Selon les questionnaires, tout le monde l'a ressenti à Amoucha où il y eut des dégâts aux immeubles, fissures et chute de tuiles. A Ain Kebira où la secousse a été ressentie par tout le monde, il y eut vibration de tous les objets et quelques glissements de pierre des rochers. A Arbaoun, la secousse a été ressentie par tout le monde, on signale la vibration de vaisselle et vitres, craquement de meubles, fissures aux murs, chute de tuiles et cheminées. A Kherrata aussi tout le monde a ressenti la secousse et on rapporte des fissures aux maisons et des dégâts importants aux immeubles. Selon le journal El Moudjahid du 10 novembre 1974, trois secousses ont été ressenties dans la Daïra de Kherrata. On y lit les passages suivants : « La première, qui a été ressentie au centre du chef lieu de la daïra de Kherrata, n'a occasionné uniquement que des dégâts matériels. En outre, un atelier mécanique auto a été détruit et deux habitations à Oued Berrad (commune de Taskriout) ont été endommagées. Par contre la seconde secousse qui a eu lieu à 13h 30mn (heure locale, ndlr) aux gorges de Châabet Lakhra (commune de Taskriout) sur la route nationale numéro 9 a été plus tragique. En effet, les occupants d'un véhicule particulier qui circulait sur cet axe routier ont été pris dans une avalanche de pierres. Bilan : 5 personnes blessées dont deux dans un état grave ont été admises à l'hôpital civil de Sétif. Enfin la troisième et dernière secousse s'est produite à 22h 30mn dans cette même région endommageant le bâtiment administratif de la brigade du Darak El watani de Kherrata ». Les catalogues ne rapportent ni cette dernière secousse ni la première. Sur la base de l'information récoltée, la carte isoséiste est revue, l'épicentre macro-sismique

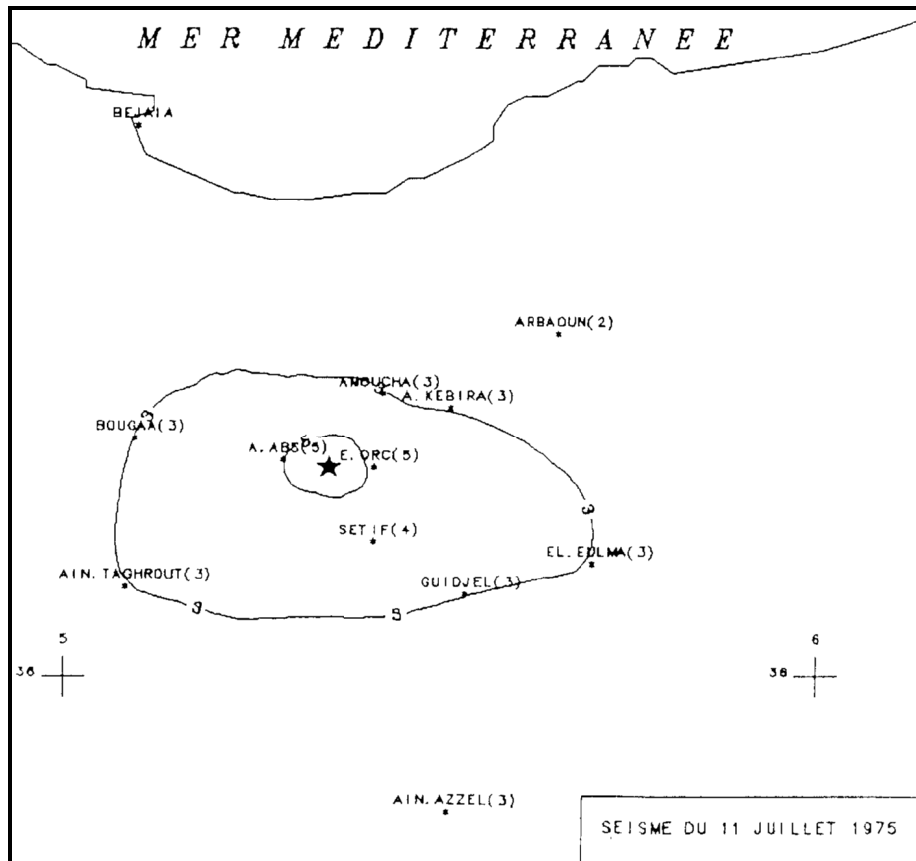
36.43°N 5.50°E donné par Mokrane et al. (1994) est ré-estimé et l'intensité maximale  $I_0$  est réévaluée de V MMI (Mokrane et al. 1994) à VII EMS (figure II.12).



**Figure II.12 :** Carte isoséiste de séisme de Kherrata du 9 novembre 1974 [Mokrane, A et al., 1994].

## 12. Le séisme de Ain Abessa-El Ouricia du 11 juillet 1975 :

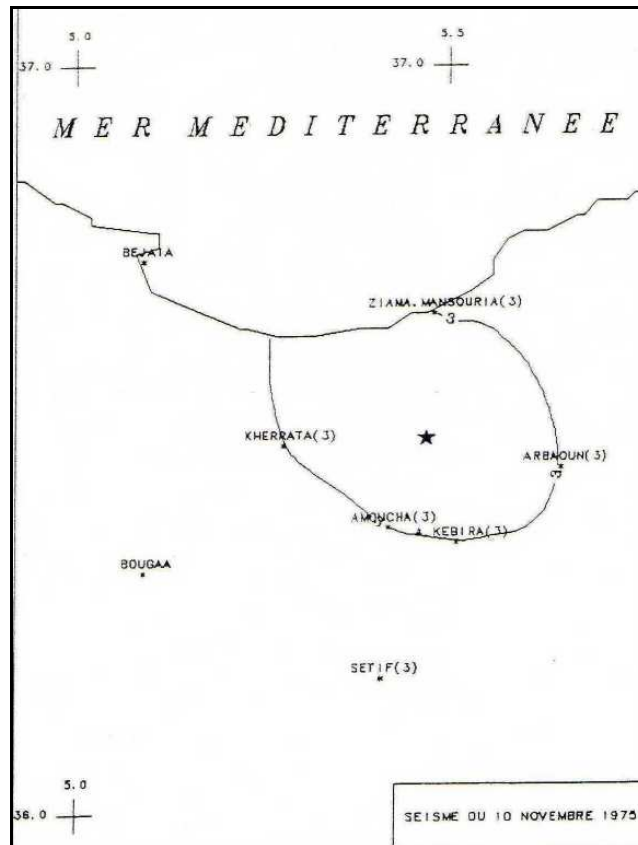
Le 11 juillet 1975, un tremblement de terre frappa la région de Sétif plus spécialement la zone Ain Abessa El Ouricia où il a été ressenti par tout le monde et où les questionnaires rapportent le plus d'effets. Ces derniers se résument à la vibration de vaisselle et de vitres, craquement de meubles, dégâts aux immeubles particulièrement des fissures assez importantes aux murs et plafonds des édifices publics ou habitations privées (80% des bâtisses d'El Ouricia) ; plusieurs sources auraient changé de niveau d'eau. Selon le journal El Moudjahid du 1er juillet 1975, sept secousses telluriques ont été ressenties ce jour là à Sétif entre 2h 40mn et 13h 20mn dont la plus forte, celle de 7h 19mn, a fait un mort (suite à l'écroulement d'un ancien édifice religieux dont l'intérieur s'est effondré) et 18 blessés et endommagé de nombreuses habitations. Les immeubles de deux cités, dont l'une au centre ville et l'autre à la sortie, ont été plus ou moins endommagés (fissures visibles et murs lézardés). Ce sont paradoxalement les anciennes habitations qui ont subi le moins de dégâts ; deux immeubles des nouvelles cités ont été évacués et la nouvelle caserne de Protection Civile, dont les travaux sont en voie d'achèvement, a été, elle aussi sérieusement touchée. Cette secousse a surtout causé à Sétif une grosse frayeur poussant de nombreuses familles à désertier leurs logements (figure II.13).



**Figure II.13 :** Carte isoséiste de séisme de Ain Abessa El Ouricia du 11 juillet 1975  
[Mokrane, A et al., 1994].

### 13. Le séisme de Kherrata du 10 Novembre 1975 :

Le 10 Novembre 1975, un tremblement de terre frappa Kherrata à 10h 41mn 15s (GMT) selon IMPGA. L'épicentre macrosismique  $36.50^{\circ}\text{N } 05.47^{\circ}\text{E}$  estimé par AM; l'intensité maximale  $I_0$  est de III observée à Kherrata, Amoucha, Ain Kebira, Arbaoun et Ziama Mansouria ; la profondeur est de 15km (figure II.14).

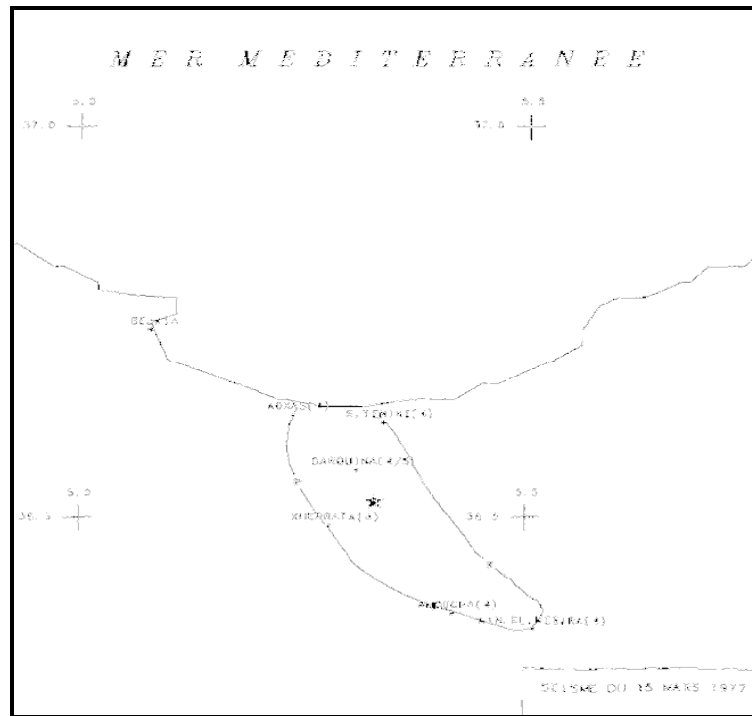


**Figure II.14 :** Carte isoséiste de séisme de Kherrata du 10 Novembre 1975 [Mokrane, A et al., 1994].

#### 14. Le séisme de Darguina du 15 Mars 1977 :

Le 15 Mars 1977, un tremblement de terre frappa Darguina à 23h 25mn 09s (GMT). L'épicentre macrosismique  $36.52^{\circ}\text{N } 05.33^{\circ}\text{E}$  estimé par AM; l'intensité maximale  $I_0$  est de IV à V (figure II.15).

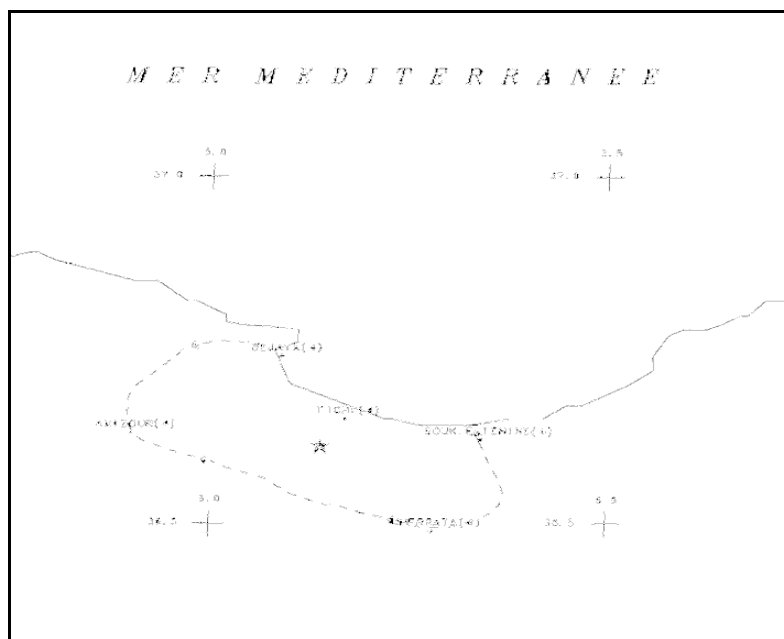




**Figure II.15 :** Carte isoséiste de séisme de Darguina du 15 Mars 1977 [Mokrane, A et al., 1994].

### 15. Le séisme de Bejaïa du 17 Septembre 1977 :

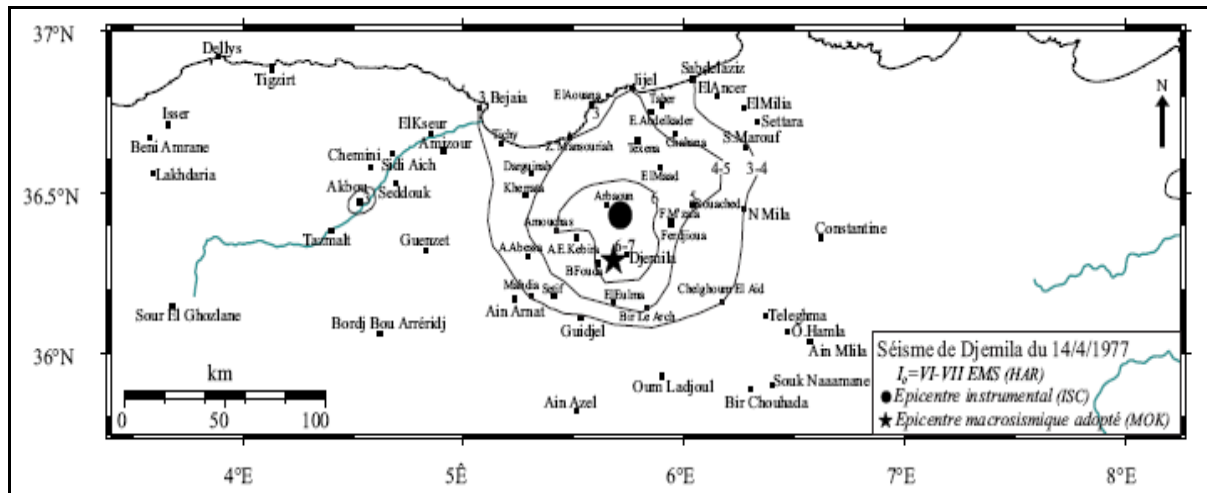
Le 17 Septembre 1977, un tremblement de terre frappa Bejaïa à 22h 24mn 30s (GMT) avec la magnitude 4.8 donnée par BISC. L'épicentre macrosismique  $36.61^{\circ}\text{N}$   $05.14^{\circ}\text{E}$  estimé par AM; l'intensité maximale  $I_0$  est de IV observée à Bejaïa, Amizour, Kherrata, Tichy et Souk El Tenine (figure II.16).



**Figure II.16 :** Carte isoséiste de séisme de Bejaïa du 17 Septembre 1977 [Mokrane, A et al., 1994].

### 16. Le séisme de Djemila du 14 avril 1977 :

Le 14 avril 1977, un tremblement de terre frappa la zone de Djemila dans la région de Sétif. Benouar (1993) l'identifie comme étant celui de Si Merouane ; l'épicentre estimé par l'ISC est proche d'Arbaoun où le séisme a été fortement ressenti. Les questionnaires révèlent qu'il y'a eu vibration de vaisselle avec déplacements de petits objets à Rouached ; vibration du mobilier à Béni Amrane (?) ; déplacement de meubles et fissures sur les murs des immeubles à Béni Aziz (Arbaoun) ; vibration de vitres à Texenna ; vibration de vitres et de meubles à Jijel ; vibrations de vaisselle, vitres et tintement de sonnettes à Amoucha ; à Ferdjioua l'eau de bain thermal est devenue trouble et a changé de couleur (rouge) et il y eut la vibration de vaisselle et de vitres. A Djemila, la secousse a été ressentie par tout le monde, il y'a eu craquement de planchers et plafonds, fissures dans les immeubles, chute de tuiles et de cheminées, eau de source troublée (blanche comme du lait), fissures sur les routes et glissement de terrain. A Béni Fouda, il y a eu craquement de meubles, de planchers, de plafonds et de tuiles ainsi que le déplacement de meubles. A Arbaoun, on enregistra le craquement de meubles, planchers et plafonds, des fissures dans plusieurs immeubles et de la fumée provenant de la terre pendant le tremblement de terre. Un télégramme émanant de la wilaya de Sétif signale à Djemila des dégâts matériels assez importants, des fissurations dans plusieurs immeubles et un enfant touché par une chute de matériaux, légèrement blessé. Un autre message de la même source rapporte que « 2 familles ont été évacuées de leurs habitations très anciennes, des logements fissurés ne présentant pas de danger immédiat, aucune victime signalée ». Sur la base de l'information recueillie, la carte isoséiste est revue, l'épicentre macrosismique  $36.29^{\circ}\text{N}$ ,  $5.68^{\circ}\text{E}$  donné par Mokrane et al. 1994 est adopté et l'intensité maximale  $I_0$  est réévaluée de V MM (IMPGA) à VI-VII EMS et est attribuée à Djemila (figure II.17).



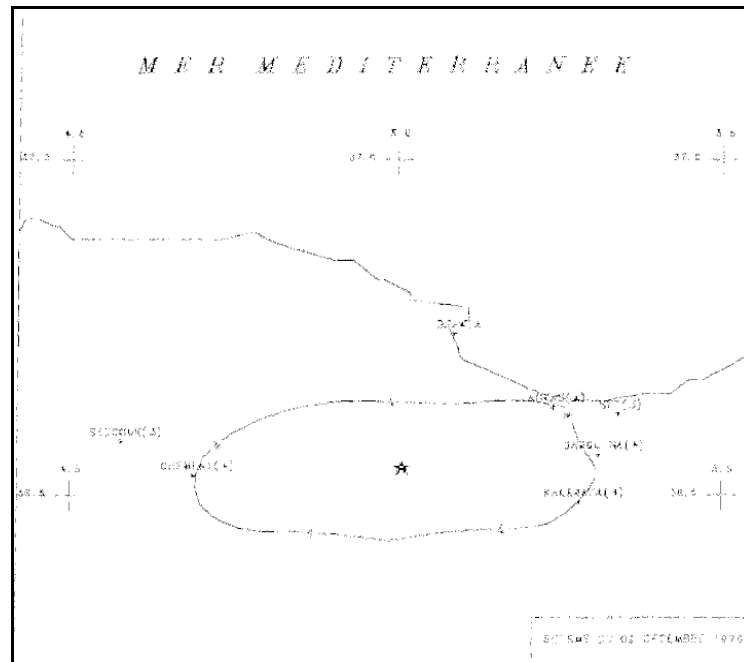
**Figure II.17 :** Carte isoséiste de séisme de Djemila du 14 avril 1977 [Mokrane, A et al., 1994].

### 17. Les séismes de Djemila des 21 et 22 juin 1977 :

Le 21 Juin 1977, un tremblement de terre frappa encore la zone de Djemila, deux mois après celui qu'elle a éprouvé en avril de la même année. C'est un séisme que Benhallou (1985), repris par Benouar, reporte comme ayant eu lieu le 21 Juin ; Mokrane et al. (1994) adopte l'intensité donnée par Benhallou (1985), i.e. IV MMI mais reporte la date du 22 Juin 1977. Benouar (1993) estime un épicentre au Nord de Djemila mais aucun catalogue ne mentionne les répliques qui ont suivi cet événement qui ne semble pas avoir été enregistré par les sismographes. En effet les questionnaires rapportent que des secousses ont été ressenties du 21 au 26 juin 1977 ; un questionnaire rempli par l'APC de Djemila cite 13 événements sismiques dont les plus fortes étaient celles du même jour de 18h 30mn et 22h 30mn. Selon les questionnaires, on signale à Djemila la vibration de vaisselle, portes et fenêtres ; des craquements de meubles et plafonds et des fissures aux murs et aux bâtisses. Il y a aussi un message provenant du commandant de la gendarmerie nationale daté du 22 Juin 1977 signalant des secousses légères persistantes à Djemila depuis l'après midi du 21 juin sans causer de victimes ni de dégâts excepté de légères fissures sur les vieilles bâtisses dont siège de l'APC en plus de la panique parmi la population locale dont certaines familles ont quitté précipitamment les demeures. Mokrane et al. (1994) comme Benouar (1993) affectent une intensité de IV MMI en se référant à Benhallou (1985). Sur la base de l'information recueillie, nous ré-estimons l'intensité maximale  $I_0$  à V EMS pour ce fort événement que nous considérons comme étant une forte réplique du séisme de Djemila du 14 Avril 1977.

### 18. Le séisme de Kherrata du 09 Décembre 1978 :

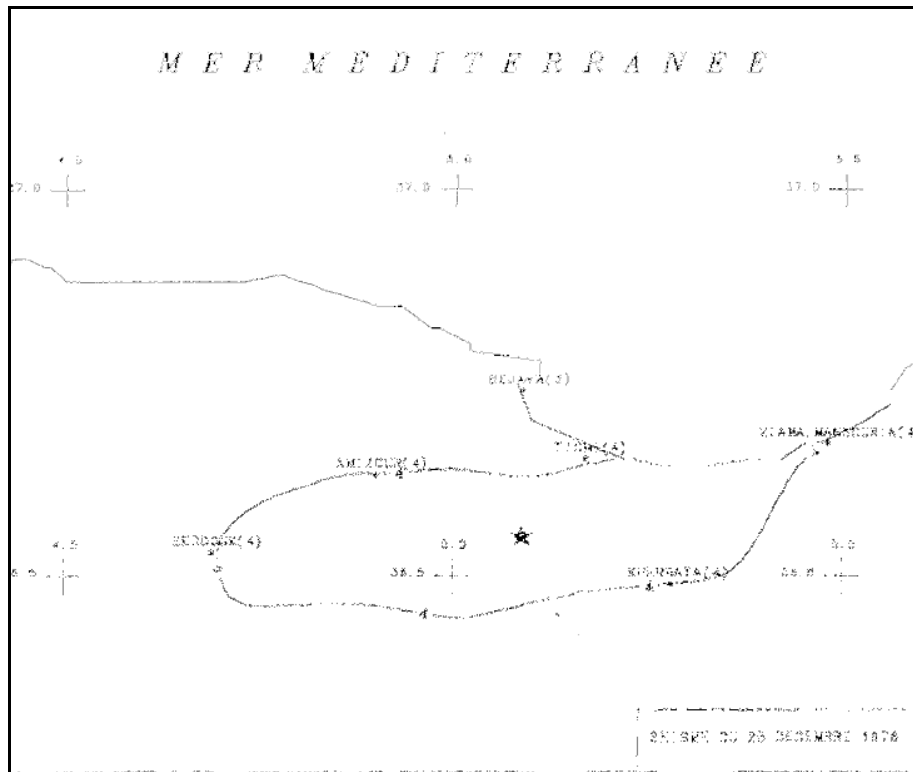
Le 09 Décembre 1978, un tremblement de terre frappa la zone de Kherrata et ses environs à 06h 00mn 00s (GMT). L'épicentre macrosismique  $36.54^{\circ}\text{N } 5.01^{\circ}\text{E}$  estimé par AM; l'intensité maximale  $I_0$  est de IV observée à Kherrata, Darguina, Aokas et Cheminie (figure II.18).



**Figure II.18 :** Carte isoséiste de séisme de Kherrata du 09 Décembre 1978 [Mokrane, A et al., 1994].

### 19. Le séisme de Kherrata du 25 Décembre 1978 :

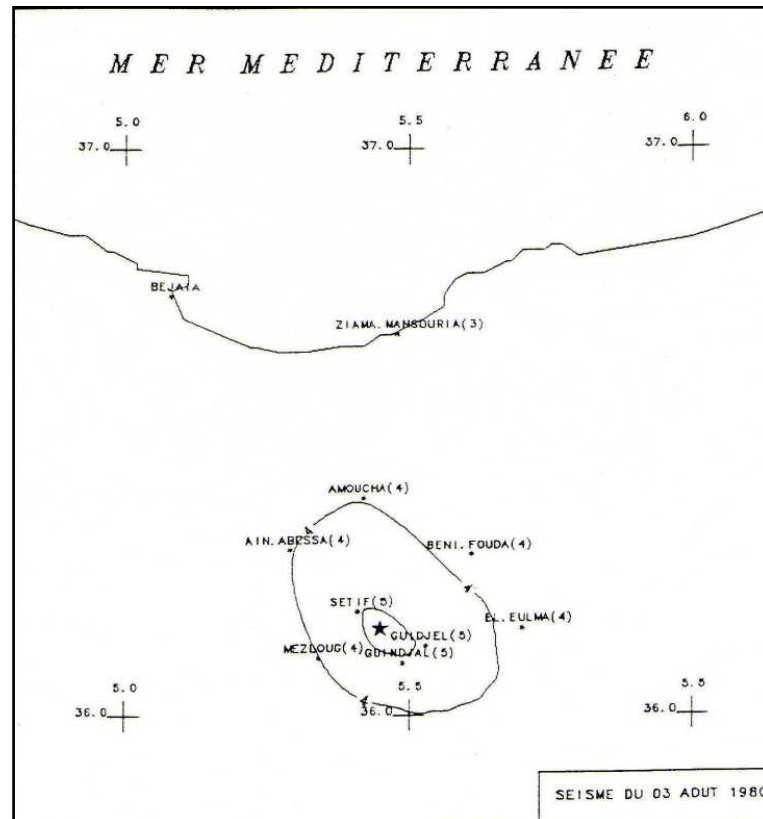
Le 09 Décembre 1978, un tremblement de terre frappa la zone de Kherrata et ses environs à 12h 05mn 00s (GMT). L'épicentre macrosismique  $36.55^{\circ}\text{N } 5.09^{\circ}\text{E}$  estimé par AM; l'intensité maximale  $I_0$  est de IV observée à Kherrata, Ziama Mansouria, Tichy, Amizour (figure II.19).



**Figure II.19 :** Carte isoséiste de séisme de Kherrata du 25 Décembre 1978 [Mokrane, A et al., 1994].

## 20. Le séisme de Sétif du 03 Aout 1980 :

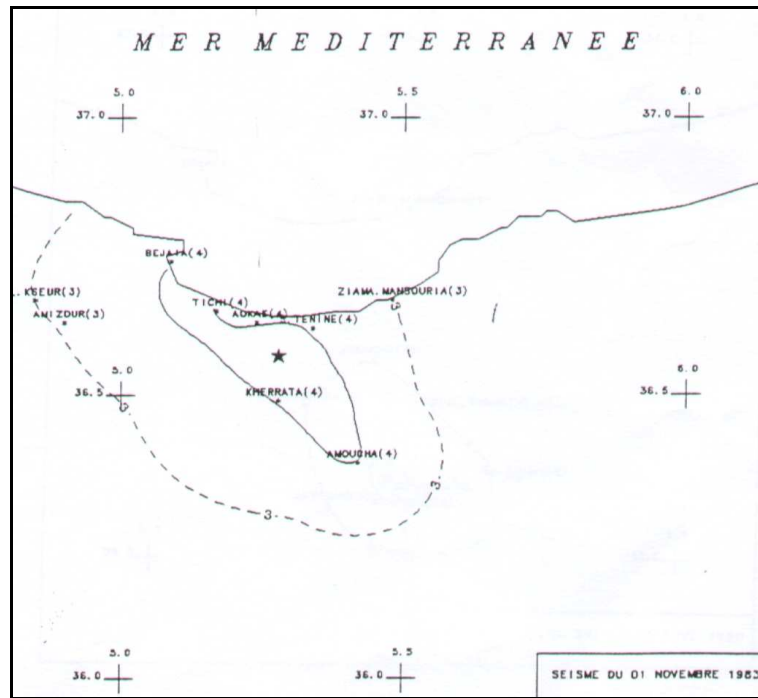
Le 03 Aout 1980, un tremblement de terre frappa Sétif à 02h 25mn 00s (GMT) selon CRAAG. L'épicentre macrosismique  $36.15^{\circ}\text{N}$   $05.45^{\circ}\text{E}$  estimé par AM ; l'intensité maximale  $I_0$  est de V observée à Sétif, Guidjel (figure II.20).



**Figure II.20 :** Carte isoséiste de séisme de Sétif du 03 Aout 1980 [Mokrane, A et al., 1994].

### 21. Le séisme de Kherrata du 01 Novembre 1983 :

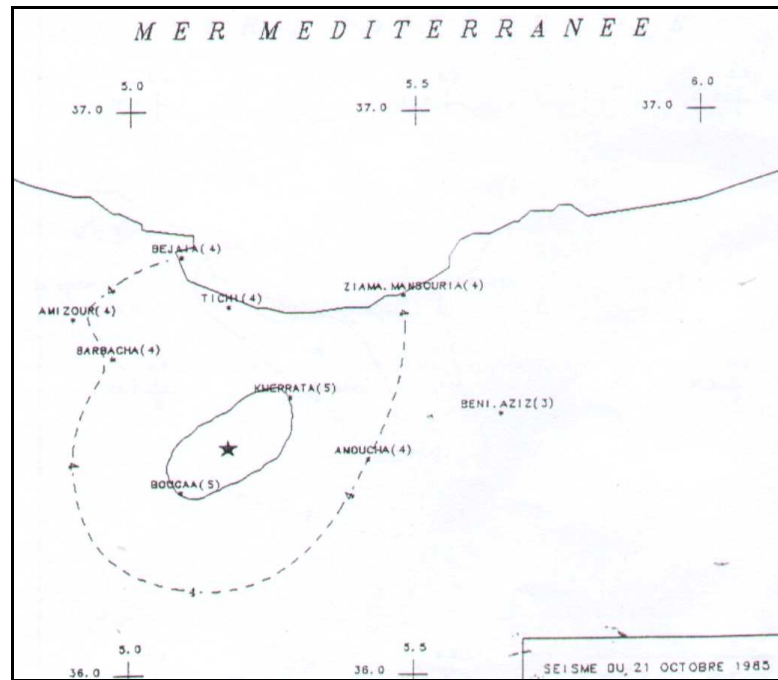
Le 01 Décembre 1983, un tremblement de terre frappa la zone de Kherrata et ses environs à 02h 02mn 00s (GMT) avec la magnitude 4.1 donnée par CRAAG. L'épicentre macrosismique  $36.57^{\circ}\text{N } 5.28^{\circ}\text{E}$  estimé par AM; l'intensité maximale  $I_0$  est de IV observée à Kherrata, Béjaia, Aokas, Souk El Tenine, Tichy et Amoucha (figure II.21).



**Figure II.21 :** Carte isoséiste de séisme de Kherrata du 01 Novembre 1983 [Mokrane, A et al., 1994].

## 22. Le séisme de Kherrata du 21 Octobre 1985 :

Le 21 Octobre 1985, un tremblement de terre frappa la zone de Kherrata et ses environs à 03h 035mn 00s (GMT) avec la magnitude 4.1 donnée par CRAAG. L'épicentre macrosismique  $36.40^{\circ}\text{N } 5.17^{\circ}\text{E}$  estimé par AM; l'intensité maximale  $I_0$  est de V observée à Kherrata et Bougaâ (figure II.22).

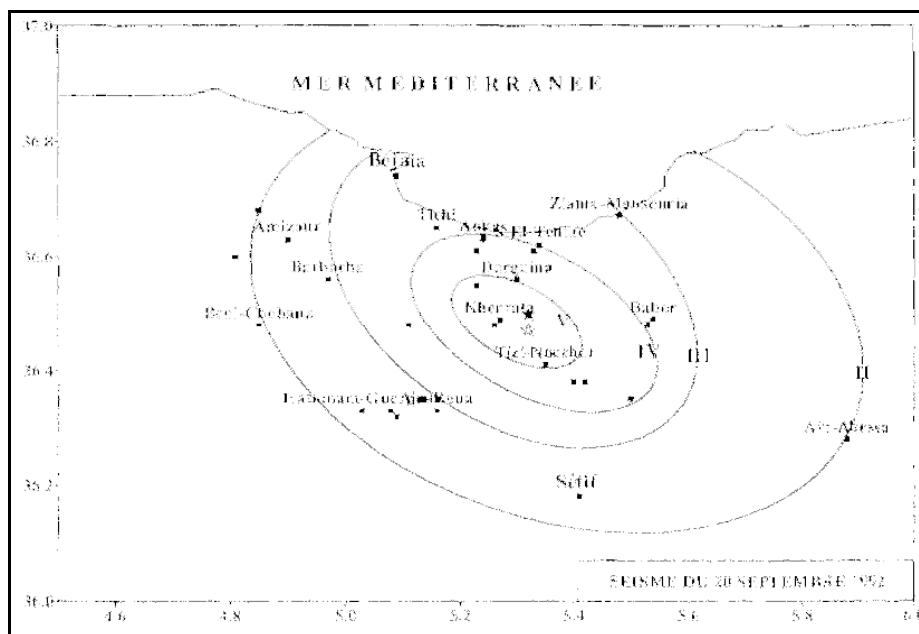


**Figure II.22 :** Carte isoséiste de séisme Kherrata du 21 Octobre 1985 [Mokrane, A et al., 1994].

### 23. Le séisme de Darguina du 20 Septembre 1992 :

Le 20 Septembre 1992, un tremblement de terre frappa la zone de Darguina et ses environs à 05h 02mn 03s (GMT) avec la magnitude 4.2 donnée par CRAAG. L'épicentre macrosismique  $36.47^{\circ}\text{N } 5.32^{\circ}\text{E}$  estimé par CRAAG; l'intensité maximale  $I_0$  est de V. A Kherrata quelques fissures minimales ont affecté certains immeubles. A Darguina et Tizi N'Béchar des craquements de meubles ont été observés (figure II.23).

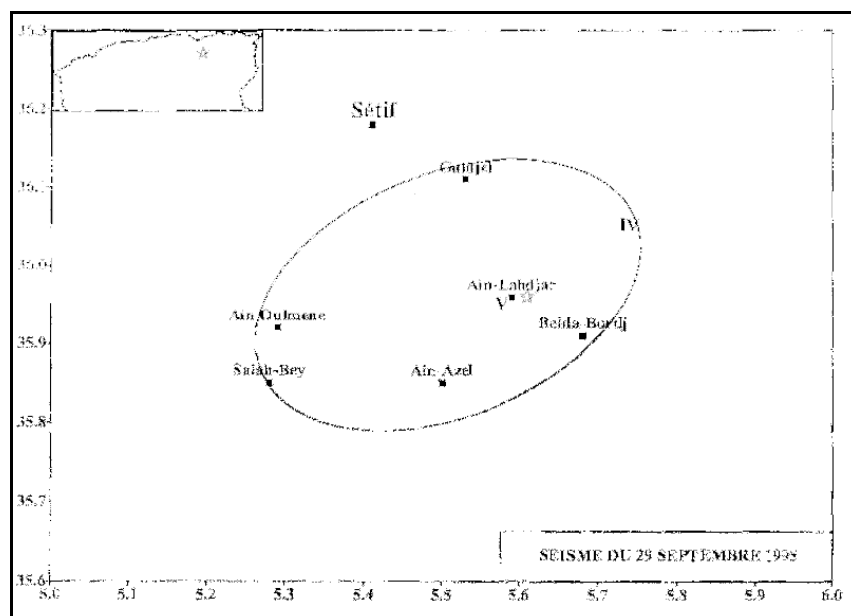




**Figure II.23 :** Carte isoséiste de séisme de Darguina du 20 Septembre 1992 [Mokrane, A et al.,1994].

**24. Le séisme d’Ain-Lahdjar du 29 Septembre 1995 :**

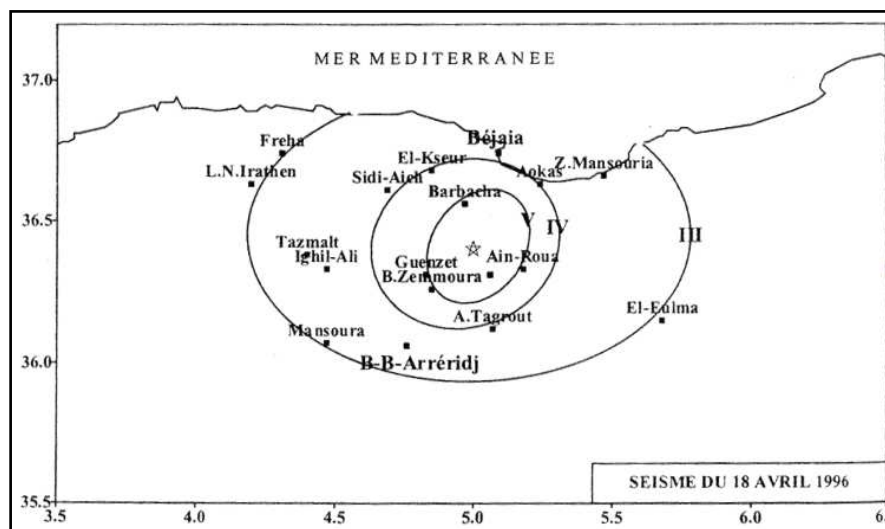
Le 29 Septembre 1995, un tremblement de terre frappa la zone d’Ain-Lahdjar et ses environs à 11h 12mn 53s (GMT) avec la magnitude 4,4 donnée par CRAAG. L’épicentre macrosismique 36.96°N 05.61°E estimé par CRAAG; l’intensité maximale  $I_0$  est de V a été observée dans la localité de Ain-Lahdjar, a produit des craquements de meubles des vibrations de vaisselle et des fissures aux murs de constructions (figure II.24).



**Figure II.24 :** Carte isoséiste de séisme d’Ain-Lahdjar du 29 Septembre 1995 [Yelles Chaouche, A.K et al., 2002].

### 25. Le séisme d'Ain-Roua du 18 Avril 1996 :

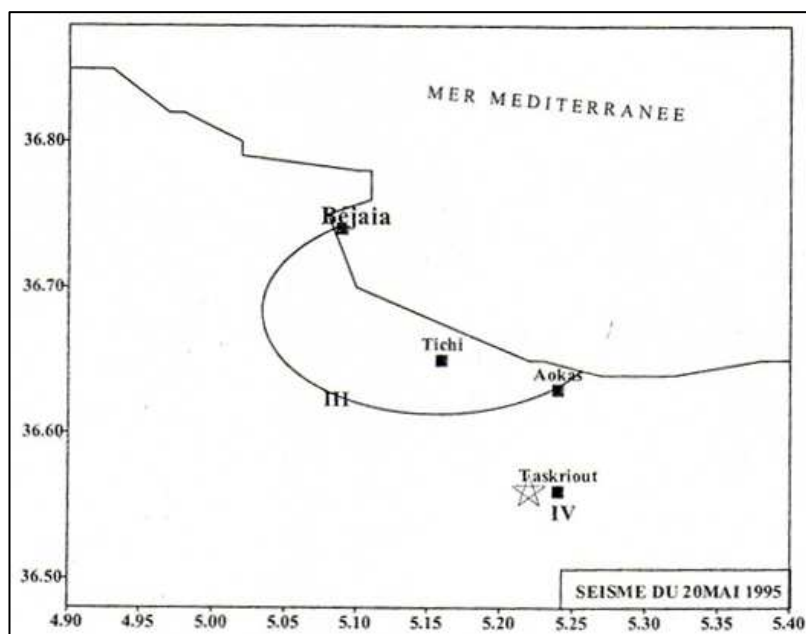
Le 18 Avril 1996, un tremblement de terre frappa Ain-Roua à 21h 58mn 27s (GMT) avec la magnitude 4,8 donnée par CRAAG. L'épicentre macrosismique  $36.40^{\circ}\text{N } 05.00^{\circ}\text{E}$  estimé par CRAAG; l'intensité maximale  $I_0$  est de V a été observée à Guenzet, Hammam-Guerguour, Bordj-Zemmoura, Ain-Roua et Barbacha (figure II.25).



**Figure II.25 :** Carte isoséiste de séisme d'Ain-Roua du 18 Avril 1996 [Yelles Chaouche, A.K et al., 2002].

### 26. Le séisme de Ain-Arnat du 20 Mai 1996 :

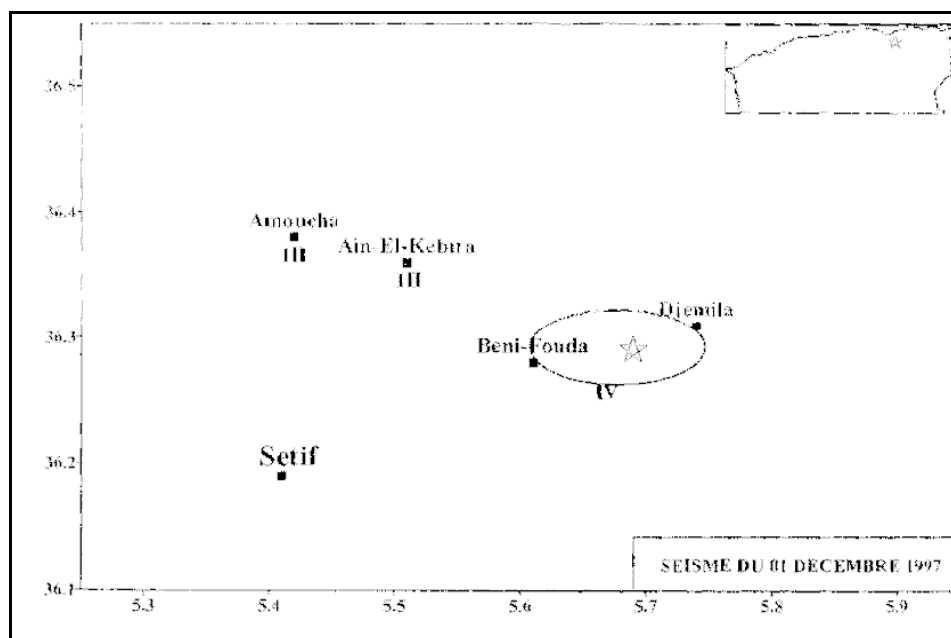
Le 20 Mai 1996, un tremblement de terre frappa Ain-Arnat à 05h 37mn 45s (GMT) avec la magnitude 3.0 selon CRAAG. L'épicentre macrosismique  $36.22^{\circ}\text{N } 05.39^{\circ}\text{E}$  estimé par CRAAG; l'intensité maximale  $I_0$  est de IV (figure II.26).



**Figure II.26 :** Carte isoséiste de séisme de Ain-Arnat du 20 Mai 1996 [Yelles Chaouche, A.K et al., 2002].

**27. Le séisme de Djemila du 01 Décembre 1997 :**

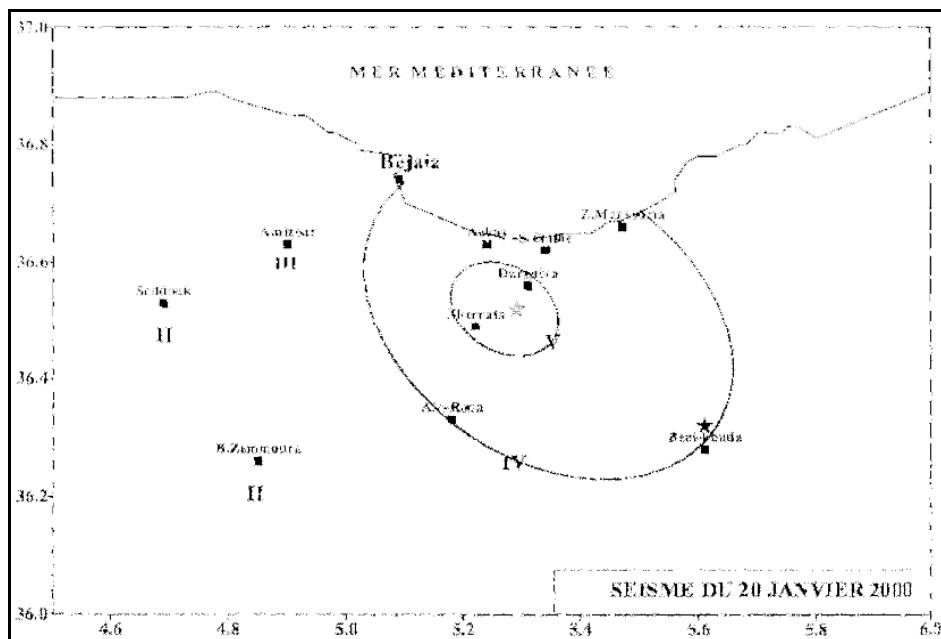
Le 01 Octobre 1997, un tremblement de terre frappa Djemila à 16h 28mn 08s (GMT) avec la magnitude 3.1 selon CRAAG. L'épicentre macrosismique 36.17°N 05.42°E estimé par CRAAG; l'intensité maximale  $I_0$  est de IV (figure II.27).



**Figure II.27 :** Carte isoséiste de séisme de Djemila du 01 Décembre 1997 [Yelles Chaouche, A.K et al., 2002].

### 28. Le séisme de Kherrata du 20 Janvier 2000 :

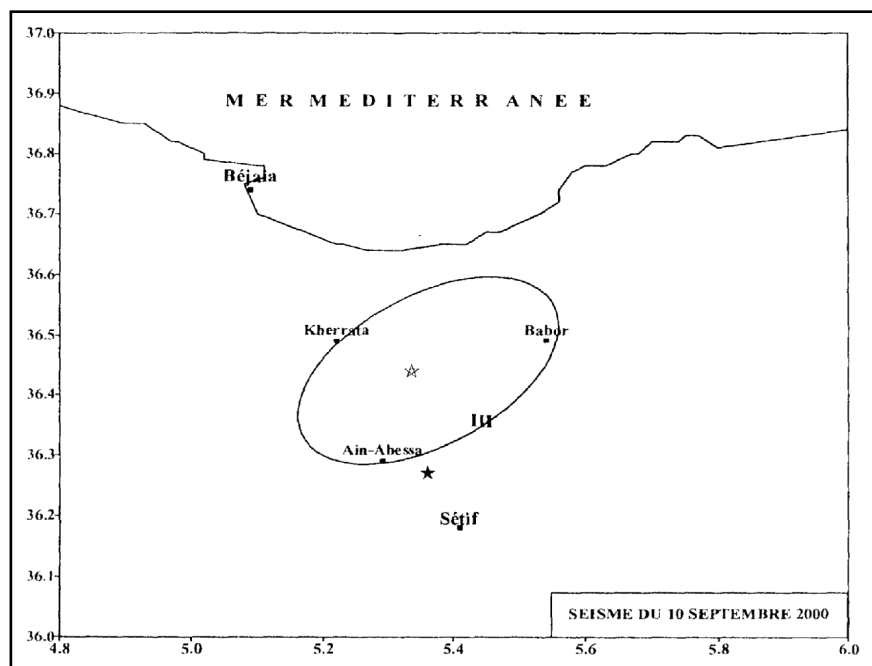
Le 20 Janvier 2000, un tremblement de terre frappa la zone de Kherrata et ses environs à 23h 26mn 20s (GMT) avec la magnitude 4.2 donnée par CRAAG. L'épicentre macrosismique  $36.52^{\circ}\text{N } 5.29^{\circ}\text{E}$  estimé par CRAAG; l'intensité maximale  $I_0$  est de V a été observée à Kherrata et Darguina ou il a été signalés des craquements de meubles, des vibrations de vaisselles et de vitres (figure II.28).



**Figure II.28 :** Carte isoséiste de séisme de Kherrata du 20 Janvier 2000 [Yelles Chaouche, A.K et al., 2002].

### 29. Le séisme de Ain-Abessa du 10 Septembre 2000 :

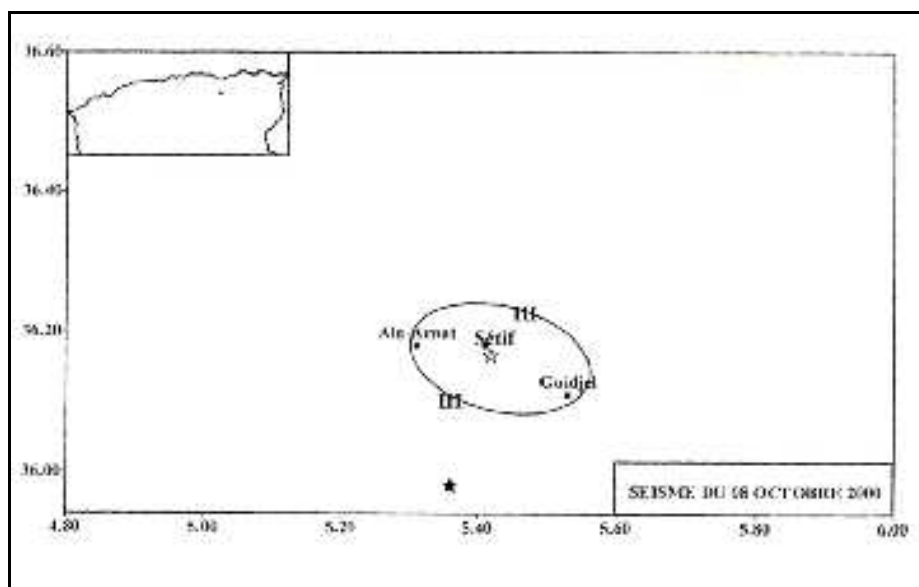
Le 10 Septembre 2000, un tremblement de terre frappa la zone de Ain-Abessa et ses environs à 19h 49mn 02s (GMT) avec la magnitude 2,7 donnée par CRAAG. L'épicentre macrosismique  $36.43^{\circ}\text{N } 5.33^{\circ}\text{E}$  estimé par CRAAG; l'intensité maximale  $I_0$  est de III a été observée à Kherrata, Babor et Ain-Abessa (figure II.29).



**Figure II.29 :** Carte isoséiste de séisme de Ain-Abessa du 10 Septembre 2000 [Yelles Chaouche, A.K et al., 2002].

### 30. Le séisme de Ain Arnat du 08 Octobre 2000 :

Le 08 Octobre 2000, un tremblement de terre frappa Ain Arnat à 10h 27mn 49s (GMT) avec la magnitude 2.6 selon CRAAG. L'épicentre macrosismique  $36.17^{\circ}\text{N } 05.42^{\circ}\text{E}$  estimé par CRAAG; l'intensité maximale  $I_0$  est de III (figure II.30).



**Figure II.30 :** Carte isoséiste de séisme de Ain-Arnat du 08 Octobre 2000 [Yelles Chaouche, A.K et al., 2002].

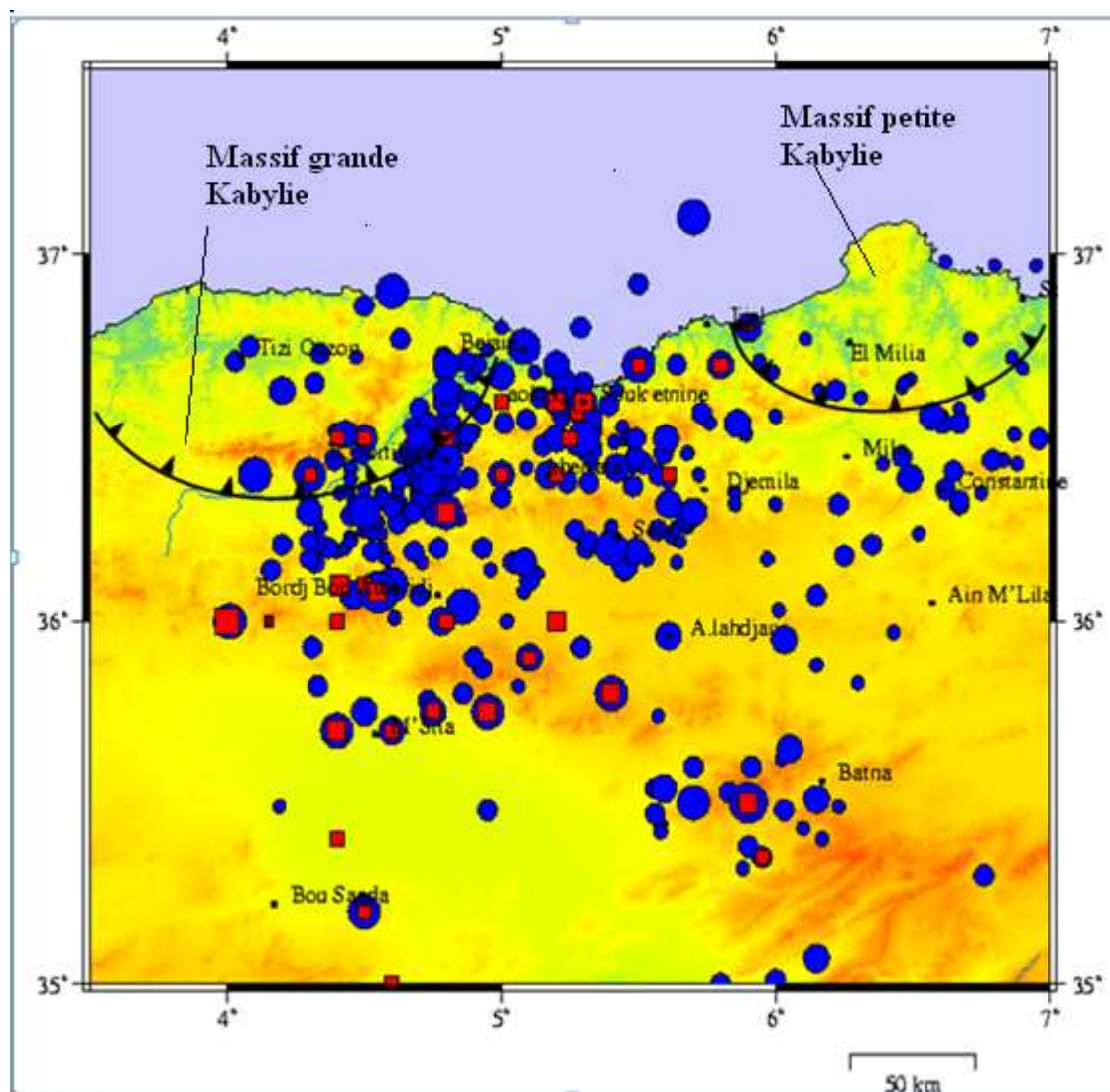
**Tableau récapitulatifs :**

Le tableau suivant montre les principaux événements historiques dans la région de Sétif et ses environs :

Date	Heure (GMT)	Epicentre macrosismique	Epicentre Instrumentale	Profondeur (km)	M	I <sub>0</sub>	Tendances isoseismiques
01/07/1886	09:45:00	36.50-5.30	--	--	5.2	VIII	
17/02/1949	21:00:50	36.50-5.25	--	10	--	VII	NW-SE à E-W
13/11/1957	19:16:24	36.20-5.40	--	--	5.2- 5.7	VII - VIII	
26/11/1957	05:47:54	36.20-5.40	-	--	5.2	VII	
06/06/1959	22:34:41	36.60-5.30	36.60-5.30	7 - 11	--	V-VI	NE-SW à ENE-WSW
22/01/1960	11:27:30	36.50-5.20	36.40-5.10	5 - 6	--	VI	N-S à NEW-SSE
25/02/1968	15:40:44	36.70-5.50	36.55-5.31	6 - 9	4.8	VII-VIII	E-W à ENE-WSW
28/06/1974	11:09:41	36.49-5.28	36.60-5.30	--	5	VI	E-W à WNW-ESE
10/11/1975	10:41:15	36.50-5.47	--	15	--	III	NW-SE
09/12/1978	06:00:00	36.54-5.10	--	--	--	IV	E-W
25/12/1978	12:05:00	36.55-5.09	36.68-5.37	--	--	IV	E-W
01/11/1983	02:02:00	36.57-5.28	--	--	4.1	IV	NW-SE
21/10/1985	03:35:00	36.40-5.17	--	--	4.1	V	NE-SW
20/09/1992	05:02:03	36.47-5.32	36.50-5.32	--	4.2	V	NW-SE
31/05/1999	13:24:39	36.60-5.23	--	--	4.5	IV	--
18/07/1999	20:14:55	36.60-5.30	--	--	4.1	IV	--
20/01/2000	23:26:20	36.52-5.29	36.32-5.61	--	4.2	V	NW-SE
10/11/2000	20:10:53	36.44-4.80	36.44-4.76	--	5.7	VII	NE-SW

**Tableau II.1 :** Les principaux évènements historiques dans la région de Sétif et ses environs.

D'après le tableau (II.1) et les cartes isoséistes durant la période 1365-2001 l'orientation de ces dernières est soit NS, NE-SW ou bien NW-SE ce qui est en accord avec la distribution spatiale des épicentres (figure II.31).



**Figure II.31 :** Carte de la sismicité historique de Sétif et ses environs 1365-2001 (réalisée à partir des catalogues sismologiques)

L'ensemble des évènements macrosismiques et instrumentaux entre 1365-2001 de la région de Sétif et ses environs est représenté sur la figure (II.32).

La carte de sismicité historique de la région de Sétif et ses environs qu'on a réalisée à partir des données des catalogues sismologiques a permis de mettre en évidence les zones de l'activité sismique.

L'analyse de cette carte montre une concentration d'épicentres orientés N-S au Nord de Kherrata. A l'Ouest et à l'Est de cette région, les séismes sont répartis le long de la bordure des massifs de grande Kabylie et petite Kabylie respectivement.

La région de Beni Ourtilaine à l'Ouest de Kherrata est secouée par un séisme de 20 Novembre 2000.

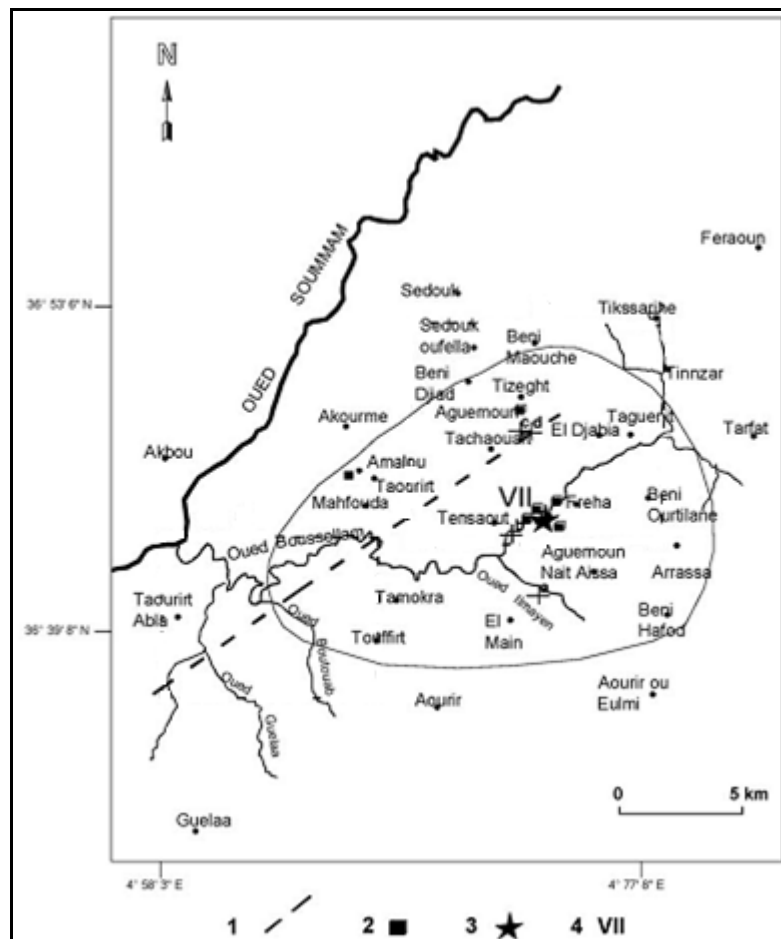
### 31. Le séisme de Beni Ourtilaine :

La sismicité de la région des Babors est modérée ( $M \leq 5.5$ ), elle peut causée beaucoup des destructions.

Le séisme de Beni Ourtilaine de 10 Novembre 2000 à 20h 10mn 53s de magnitude  $M_s=5.7$  a eu lieu n'est pas loin de la région épiscopale de séisme de Kherrata en 17 février 1949 ( $I_0=VII$ ) (MKSA) qui causé la perte de deux personnes et approximativement 350 personnes blessés (Rothé, 1950 ; Benouar, 1994).

La faille de Tachaouaft est mentionnée comme une faille néotectonique par Maghraoui (1988) (figure II.32) et elle est supposée en relation avec la sismicité de la région. Elle est présentée par Coutelle (1979). Le choc principal a eu lieu à une petite profondeur de 5km selon NEIC et à 10Km suivant (EMSC).

L'investigation géologique réalisée dans la région de Tichy-Half (Coyne et Bellier, 1996), montre que la faille est une faille inverse de pendage environ  $40^\circ$  vers le SE.



**Figure II.32 :** Le secteur de l'intensité maximum (ligne mince) pendant le tremblement de terre de Beni Ourtilaine 10 Novembre 2000 ( $M_w = 5.7$ ). 1= la trace de la faille de



Tachaouaft, 2= les chutes de roche observées, 3= l'épicentre Macroséismique, 4= l'intensité maximum observée échelle MSK [Bouhadad. Y et al., 2003].

Les quelques évidences géomorphologiques d'activité tectonique de la faille de Tachaouaft principalement représentées par le soulèvement et inclinaisons des terrasses alluviales, particulièrement dans la rivière d'Oued Ilmayen. Ainsi, la profondeur des gorges incisée par l'Oued Bousselem peut supposer qu'il dû au soulèvement néotectonique (figures II.33, 34).



**Figure II.33 :** Soulèvement de l'apparence de photographies. a) (environ 20 m) et inclinaison de terrasse alluviale dans le fleuve d'Oued Ilmayen. b) Gorges profondes (environ 50 m) d'Oued Bousselem.



**Figure II.34 :** Les désordres géologiques sont remarqués près de scarp de cette faille, autour des villages de Tachaouaft, d'Aguemoun et d'Ighil Ouatou.

Bien que, les désordres ne sont pas bien exprimés pour être considéré comme coupures extérieures, leur endroit proche et leur alignement le long du scarp de faille peuvent suggérer qu'ils aient une signification tectonique possible. En outre, dans la région de Tachaouaft quelques dispositifs topographiques tels que la tendance de la voie d'eau d'Ighzer Tissant est parmi l'évidence de l'activité récente du la faille de Tachaouaft [Bouhadad, Y et al., 2003].

**II.6 Conclusion :**

Au travers cette étude, nous avons put identifier :

1. Le premier séisme répertorié dans la sismicité historique : le séisme de Sitifis de 419.
2. De nombreux événements sismiques se sont produits dans la région, surtout dans la région Nord sétifienne.
3. En général, les séismes sont de magnitude modérée.

*Chapitre III :*  
*Méthodologie de Surveillance*

## Chapitre III : Méthodologie de Surveillance

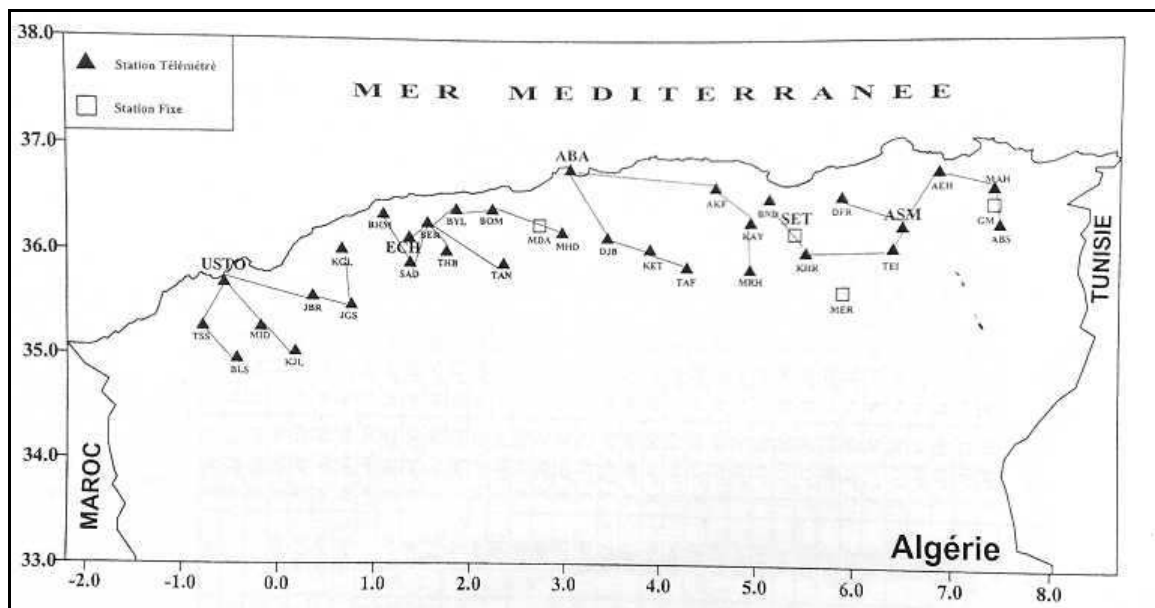
### III.1 Le réseau de territoire :

Durant la période coloniale, plusieurs stations sismologiques ont été mise en place sur le territoire national. En effet, la première station installée en Algérie fût celle d'Alger en 1910. Elle fut suivie par les stations de Sétif, Béni Abbes, Oued Fodda, Tlemcen...ces stations permis à l'époque à l'Institut Météorologique et de Physique du Globe d'Alger (1931-1980) d'éditer de nombreux rapports et catalogues sur l'activité sismique. Ces stations qui ont continué pour certaines d'entre elles à fonctionner après l'indépendance ont par la suite servit de complément au réseau de surveillance télémètre mise en place en 1990 (REALSAS).

#### III.1.1 Réseau sismologique télémétré numérisé (REALSAS) :

Le réseau télémétré est composé de 32 stations dont une principale (Alger) et trois régionales (Constantine, Chélif, Oran) (figure III.1). Chaque régionale équipée d'une station tri composantes : Nord-Sud, Est-Ouest et une composante verticale (z) qui consiste en un modèle de sismomètre Kinémétrics 1Hz, type SS1 basé sur un instrument de masse et ressort et une transduction électromagnétique, courte période, reçoit en temps réel les données dans 7 stations par ondes radio UHF, directement ou bien par station relais les données sous forme digitale sont envoyées à la station centrale (Bouzaréah) par lignes téléphoniques spécialisées. Deux ressorts circulaires flexibles supportent la masse du sismomètre. les stations sites possèdent un sismomètre Kinémétrics a une composante verticale, et une armoire de télémétrie TH11 qui contient le module d'amplification (AM2) avec filtre passe bas et passe haut, un module d'oscillation (OM2) tension fréquence, un module de calibration (CM2) et une carte d'alimentation (PP13)+4Volt-4Volt. Un émetteur connecté à une antenne polarité verticale ou horizontale orienté en direction du récepteur et une batterie 12Volts pour l'alimentation en énergie est connecté au panneau solaire orienté plein sud. Tout cet équipement est monté sur un pylône.

A la réception, la transformation du signal analogique en signal numérique se fait à l'aide d'une carte interface et d'un programme de numérisation. Le réseau télémétrie analogique est relié directement par câble à une carte interface montée sur l'ordinateur d'acquisition. C'est ou se fait la numérisation à l'aide d'un programme. Le stockage des enregistrements se fait sur un autre ordinateur relié au premier.



**Figure III.1 :** Réseau Algérien de Surveillance et d’Alerte Sismique (REALSAS).

Le réseau sismologique de la région de Constantine est aujourd’hui composé de 10 stations, Merouana (CMER), et Guelma (CGLM), deux stations fixes, et 8 appartenant au réseau télémétré : Ain Smara (CASM) ; Bouaffroune (CDFR) ; Ain el Ouahch (CAEH) ; Dj-Teioualt (CTEI) ; Kef-Lehmer (CKHR) ; Dj-Manchoura (CMAH) ; Abbabsia (CABS) et Kef-Lekhel (CKFL), qui constituent le réseau régional de l’Est (voir la partie encadrée



**Figure III.2 :** Sismographe à la station analogique régionale de Constantine.



**Figure III.3 :** Numérisation du signal analogique de la station de Constantine.



**Figure III.4 :** Les trois composantes de sismomètre de la station CASM.

**III.1.2 Réseau ADSN (Algerian Digital Seismic Network) :**

Après le séisme de Boumerdes du 21 Mai 2003, un important effort a été réalisé pour doter l’Algérie d’un réseau sismologique de dernière génération. Ceci a été réalisé grâce à l’acquisition sur fond propre d’équipements achetés auprès de la firme Kinemetrics mais aussi grâce à la coopération avec la CEA (Chine).

Au travers cette coopération avec le partenaire Chinois, un réseau de surveillance sismique composé de 10 stations large Bande a été installé en 2006. Il est composé de stations numériques de type Geodevice, dont 08 larges bandes (BB) à une fréquence allant

jusqu'à 0,0167 Hz et de 02 stations très large bande (VBB) à une fréquence allant jusqu'à 0,0083 Hz. La figure (III.5) présente la répartition de ces stations sur le territoire algérien.

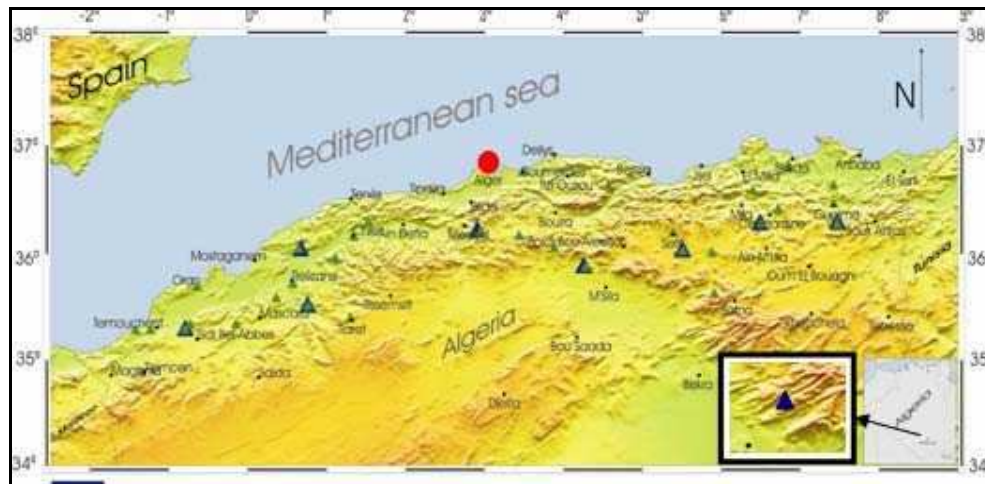
Le choix des sites pour l'installation des stations a été basé sur les critères suivants :

- Géologiques ;
- Meilleur couverture du territoire ;
- Etude du niveau de bruit (Compagne Site Survey) ;
- Sécurité des équipements.
- Le tableau suivant résume les différentes caractéristiques des stations installées :

Station	Lieu(Wilaya)	Type	Power	Transmission
EMHD	Mahouada (Médea)	BB	Solar Panel	VSAT
ATAF	Tarf (M'Sila)	BB	Solar Panel	VSAT
CKHR	Kef Lahmer (Sétif)	BB	Solar Panel	VSAT
CKTR	Kantarra (Biskra)	BB	Solar Panel	VSAT
CABS	Abbabsia (Guelma)	BB	AC	VSAT
OJGS	Guires (Tiaret)	BB	Solar Panel	VSAT
OKGL	Kef Guellal (Relizane)	BB	Solar Panel	VSAT
OTSS	Tessala (Sidi Belabbes)	BB	Solar Panel	VSAT
CSVB	Ain Smara (Constantine)	VBB	AC	VSAT
TTAM	Tamanrasset (Tamanrasset)	VBB	AC	VSAT

**Tableau III.1** : Stations du réseau ADSN.

La centrale de données installée au centre CRAAG reçoit les données des stations en temps réel par voix satellitaire. L'enregistrement des événements se fait en continu et la localisation est automatique se fait par un ordinateur à l'aide d'un programme (MSDP).



Broadband stations VSAT-link ▲  
 Short period stations ▲  
 Data center ●

50 km

**Figure III.5 :** Algerian Digital Seismic Network.

Le réseau ADSN est basé sur une transmission par voie satellitaire. Ainsi la centrale de données basée au CRAAG reçoit grâce à ce mode de transmission, l'ensemble des données des stations.

Ce réseau peut être densifié par des stations portables en cas d'événement sismique important.



**Figure III.6 :** Station CKHR (Sétif)



**Figure III.7 :** Sismomètre large bande



**Figure III.8 :** Système d'acquisition



**Figure III.9 :** Transmission par satellite (VSAT) des données de la station vers le Datacenter (Alger).

A l'heure actuelle, le réseau se densifie par l'adjonction de nouvelles stations sismologiques large bande et SP. En 2011, le réseau sera composé de pré de 80 stations numériques qui couvriront l'ensemble de la région Nord du pays.



*Chapitre IV : Le séisme de  
Lâalam du 20 Mars 2006*

## Chapitre IV : Le séisme de Lâalam du 20 Mars 2006

### IV.1 Introduction :

Le séisme de Lâalam du 20 Mars 2006 est l'un des plus importants évènements enregistrés dans la région Nord sétifienne durant la période instrumentale. Il a été suivi par d'importantes répliques.

### IV.2 Caractéristiques sismiques du choc principal :

#### IV.2.1 Localisation et relocalisation de choc principal :

##### a- Localisation :

Le choc principal s'est produit à 19h44mn (UTC) et a été immédiatement localisé par le CRAAG à 70 Km Sud-Est de Bejaia ( $36.56^{\circ}$  N  $5.41^{\circ}$ E, CRAAG), sa magnitude a été estimée à  $M_d=5.6$  (CRAAG). Le tableau ci-dessous résume les différentes localisations et estimations des magnitudes dans les différents centres mondiaux de sismologie.

Temps origine (hh:mn:ss)	Lat. N	Long. E	Prof (km)	Magnitude	Réf
19:44:23.61	36.56	5.41	7.7	$M_d=5.6$	CRAAG
19:44:26.80	36.62	5.32	12.0	$M_w=5.2$	HRV-CMT
19:44:25.30	36.59	5.41	12.0	$M_w=5.2$	INGV
19:44:22.20	36.68	5.33	2.0	$M_w=5.2$	EMSC
19:44:27.00	36.82	5.25	10.0	$M_w=5.3$	ETHZ

**Tableau IV.1 :** Localisations et estimation des magnitudes dans les différents centres mondiaux de sismologie.

##### b- Relocalisation :

Afin d'avoir une meilleure précision sur l'épicentre du choc principal, nous avons fait une relocalisation de ce dernier, en utilisant les enregistrements du réseau télémètre algérien (les mêmes utilisés pour la localisation du choc principal). Les résultats ont été traités en appliquant le modèle de vitesse (même modèle appliqué pour la localisation des répliques).

Source	Date	Heur (h mn s)	Lat	Long	Prof (km)	M (M <sub>L</sub> )	Plan 1			Plan 2			Mécanisme au foyer
							Str	Dip	Rak	Str	Dip	Rak	
Notre relocalisa tion	20/03/2006	19:44:23.27	5.40	36.57	6.95	5.2	217.5	54.2	33.8	106.3	63.1	139.4	

**Tableau IV.2 :** Relocalisation du choc principal.

**IV.2.2 Mécanisme au foyer :**

Des solutions focales ont été déterminées pour le choc principal du 20 Mars 2006 par différents organismes mondiaux, elles sont présentées dans le tableau.

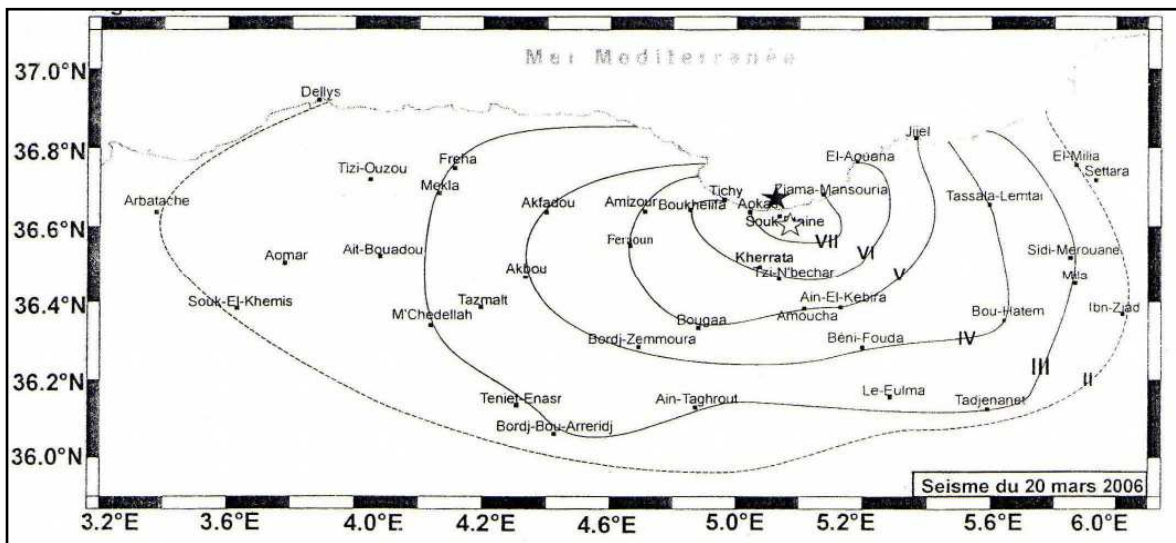
Les solutions proposées par Harvard et INGV est un mécanisme de type décrochement senestre.

Organismes	Plans nodaux	Strike	Dip	Slip
Harvard CMT	Plan 1	92	64	-174

**Tableau IV.3 :** Mécanismes au foyer du choc principal proposé par Harvard.

**IV.2.3 Carte isoséiste :**

Les isoséistes montrent une intensité de I<sub>0</sub>=VII (échelle EMS 98) dans les localités de Lâalam, Ziama-Mansouria et Souk El-Tenine. L’allongement de ces courbes est dans la direction NS à NW-SE, bien corrélée avec la distribution spatiale des répliques (figure IV.1).



**Figure IV.1 :** Carte isoséiste de séisme de Lâalam du 20 Mars 2006.

#### IV.2.4 Effets engendrés par le séisme :

Avec un foyer estimé à 7.7 Km (CRAAG) de profondeur, ce séisme superficiel a affecté une large zone. La répartition des effets de l'événement n'est pas homogène ; les courbes isoséistes VI et VII sont orientées NS, par contre les courbes IV et V sont orientées NW-SE (figure IV.1). Les effets de surface telle que le glissement de terrain a été observé à la région de Lâalam.

##### **Glissement de terrain de Lâalam :**

Les investigations effectuées dans la région épiscopale après le séisme montre que les victimes sont dues au glissement de terrain engendrées (ou réactivées) par le choc principal et fortes répliques [Beldjoudi, H et al., 2009] Ce glissement est la conséquence de la géomorphologie des montagnes, dominées par l'inclinaison environ 20° vers l'ouest, entre la montagne d'Adrar-El-Alem (1233 m d'altitude) au nord et la montagne de Tachachit (1277 m) au sud (figure IV.2.a).

Les conditions locales de terrain conduit au glissement, puisque le terrain est constitué de formation argileuses et des schistes d'âge crétacé, déposés sur une couche calcaire de Lias des montagnes d'Adrar-El-Alem et Tachachit (Obert, 1981). En plus, la l'eau due aux chutes de pluies et la fonte des neiges emprunte la rivière d'Ighzer Tamksout qui traverse le village de Lâalam, s'infiltre, circule donc en profondeur, et pourrait donc laver, éroder le matériau crétacé et réduire l'équilibre de l'inclinaison et augmentant l'instabilité de terrain. D'autre part, la construction de maisons récentes pourrait constituer un facteur aggravant pour la stabilité des sols.

Dans la même région, un glissement de terrain a déjà eu lieu en 1985. Il est visible sur le flanc sud de la montagne d'Adrar-El-Alem (figure IV.2.a). Nous avons pu observer un pilier cassé antérieurement avant le séisme de 20 Mars 2006.

Les investigations menées après le choc principal ont relevés plusieurs fissures (figure IV.2.b), créer ou réactiver après le séisme. Ces fissures sont orientées principalement N070, N030 et N0160, et la majorité sont localisées sur le flanc nord de la montagne de Tachachit. La direction N075 dominante fût observée de haut au bas de des pentes sur quelques centaines de mètres. Ces fissures se présente en échelon disposé, indiquant en générale un mouvement dextre, i.e., le côté sud déplacé plus, relativement au côté nord. Au village de Lâalam une maison moderne a été fendue en deux parties par une fissure N075. Les deux parties se sont déplacées en mouvement dextre d'environ 30cm. Au-delà de glissement de Lâalam, les chutes des pierres ont été observées dans tout les chaines des Babors, y compris dans les villages et ville de Lâalam et Kherrata. Par exemple sur les falaises de la route de joignant les villages de Souk El-Tenine à Ziama-Mansouriah, les chutes des pierres ont endommagée la route, produisant un petit cratère barrant ainsi la route (figure IV.2.c).

Quelques maisons anciennes ont été détruites (figure IV.2.d), conduisant à la mort de quatre personnes. Cependant, la nouvelle école du village de Lâalam, située en dehors de la région de glissement de terrain, était endommagée par les fissures (figures IV.2.e et IV.2.f).

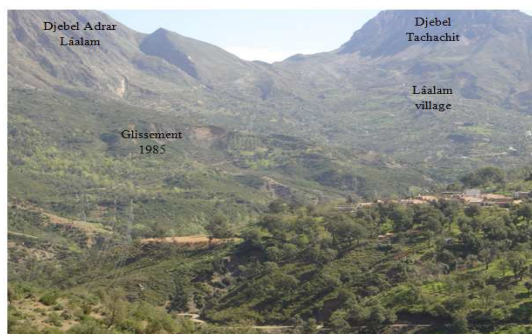


Figure IV.2.a



Figure IV.2.b



Figure IV.2.c



Figure IV.2.d



Figure IV.2.e



Figure IV.2.f

**Figures (IV.2.a jusqu'à f) :**

- a. Village Lâalam, glissement de terrain en 1985.
- b. Maisons ancienne détruite conduit à la mort d'une personne.
- c. Craquement sur le mur de l'école de Lâalam.
- d. Craquement se forme X sur le mur e l'autre côté de l'école de Lâalam.
- e. Les fissures N 075 affectées la route principale de village de Lâalam.
- f. Chutes des roches sur la route nationale N° 43 NW de village Lâalam, entre Souk El-Tenine et Ziama-Mensouria [Beldjoudi, H et al., 2009].

### IV.3 Traitement et analyse des données :

#### IV.3.1 Description de l'appareillage :

Trois types des stations ont été utilisés pour cette campagne :

- ❖ GEOSTAR (04 stations).
- ❖ LEAS (06 stations).
- ❖ Réseau télémétré permanent numérique (06 stations de la partie Est du réseau permanent de CRAAG).

##### a) Stations Géostar :

Les quatre stations ont été acquises en 2000 auprès de l'université de Strasbourg. Ces stations sont les premières à enregistrement numérique. Elles sont dotées d'un système GPS pour leur localisation et équipé d'un disque dur de 6 Go dont Dos ne reconnaît que deux fois 2 Go (Unité D : et E :). Ces stations se présente sous forme de boîtier métallique de dimensions 17x11x21cm. Les sismographes sont de type L22D tri-composantes. Le programme d'acquisition n'utilise que la première unité qui correspond à une durée d'enregistrement de 3 à 4 mois et E comme unité d'archivage temporaire.

##### b) Stations Leas (Hathor3) :

Hathor3 est une station (numériseur) de construction Européenne (Leas boîte spécialisée dans le développement des produits électroniques destinés à la sismologie et la volcanologie). Elle est autonome, portable, facile à manier. L'enregistrement est instantané, cette station est dite d'intervention rapide.

Elle se présente sous forme de boîtier métallique de dimensions 27x11x23cm, Son poids est de 1,1kg et sur l'une des surfaces latérales suivant la largeur se trouve la table de commandes.

Elle existe en différentes versions :

- Stockage sur disque IDE interne et extractible.
- Transfert par modem sur ligne téléphonique.
- Stockage sur carte flash au format P MCIA.
- Transfert par modem GPS.

La version utilisée lors de notre campagne est le stockage disque IDE interne et extractible.

Cette station d'acquisitions offre des caractéristiques techniques de hautes qualités aptes à satisfaire les exigences les plus particulières de la recherche sismologique et volcanologique.

#### Caractéristiques techniques :

- ✓ Alimentation 12v.
- ✓ Consommation :
  - 1500 MW (125 mA) réception continue.
  - 180 mW (15 mA) en mode veille.
- ✓ Synchronisation et localisation par satellite possible par code LCP 2.
- ✓ Certification CE.

#### IV.3.2 Mise en place de réseau d'enregistrement :

Le jour après le choc principal une disposition de dix stations temporaires à trois composantes était installée autour de la région affectée. A ce dispositif a été utilisé les six stations à une composante composant la partie Est de réseau permanent nationale de CRAAG (figure IV.3).

Le réseau temporaire incluait quatre stations de type Géostars installées à l'Ouest et Nord-Ouest du choc principal, et six stations de type Leas installées au Nord du choc principal.

Code	Type	Coordonnées		
		Latitude	Longitude	Altitude (m)
ASML	Geostar	5.24	36.85	673
AOKS	Geostar	5.24	36.63	117
BTCH	Geostar	5.19	36.66	000
TZNB	Geostar	5.22	36.61	393
ASET	RTN	5.39	36.18	1000
CAEH	RTN	6.85	36.78	388
CASM	RTN	6.49	36.26	680
CDFR	RTN	5.87	36.54	1187
CKHR	RTN	5.51	36.01	1280
CMAH	RTN	7.41	36.62	795
AAFD	RTN	4.07	36.63	1545

**Tableau IV.4 :** Stations sismologiques utilisées. (RTN : Réseau téléométré national).



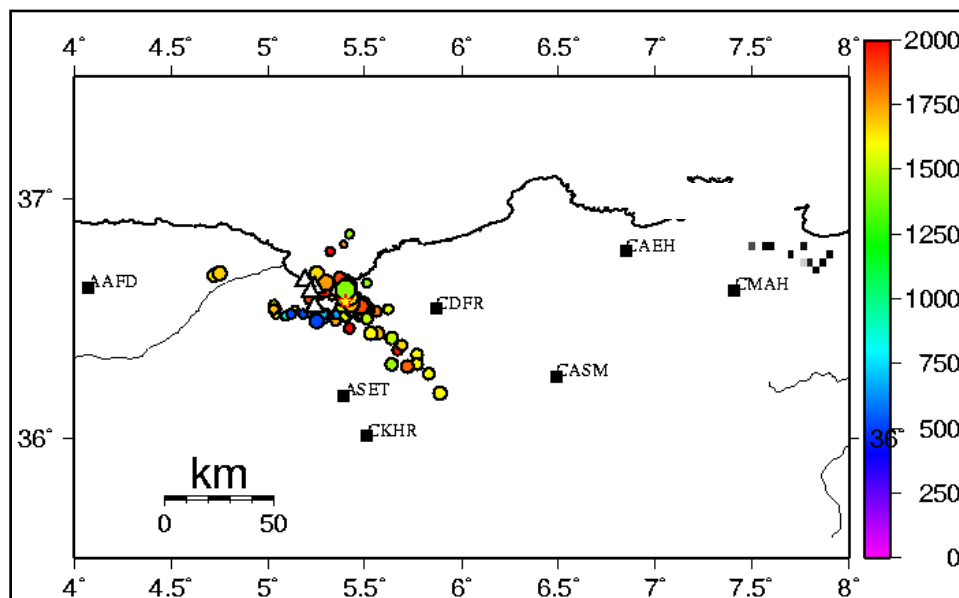


Figure IV.3 : Emplacement de réseau utilisé.

### IV.3.3 Dépouillement des enregistrements :

Pour l'étude de répliques enregistrées pendant la période du 20.03.2006 au 04.04.2006, un dépouillement a été effectué.

Pour le dépouillement des signaux sur l'ensemble des stations, en premier lieu, on pointe les temps d'arrivée des ondes P sur la composante verticale et les ondes S sur les composantes horizontales, à chaque phase est attribué un poids allant de 0 (très bonne lecture) à 4 (la phase n'est pas prise en compte). En dernier lieu, on détermine la longueur de signal pour calculer la magnitude durée (Md).

#### a. Localisation des évènements :

L'ensemble de nos données a été localisé à l'aide de logiciel HYPO71 (Lee et Lahr, 1975 ; modifié par J. Fréchet et J.P.Glot, 1986).

Les 128 évènements ont été traités par le programme hypo71.

Le fichier résultat (figure IV.4), fournit : d'une part, les coordonnées géographiques de l'épicentre, la profondeur du foyer et le temps origine et d'autre part, les paramètres liés à la précision des localisations et la couverture azimutale. Ainsi, l'erreur quadratique moyenne sur l'ensemble des stations (RMS, en sec), des erreurs standard sur la position de l'épicentre (ERH, en km) et sur la profondeur du foyer (ERZ, en km) et la non-couverture azimutale (GAP, en degré) sont calculés.

```

C:\hypo\HYP071
Fichier Edition Recherche Affichage Options ?
YR MO DA ORIGIN LAT N LON W DEPTH RMS ERH ERZ GAP XMAG FMAG
6- 3-31 346 7.58 36 35.73 5E24.79 6.49 .47 1.81 1.79 86 2.5

RMSWT DMIN ITR NFM NWR NWS REMK
.47 15.9 21 8 10 4

STA DIST AZM AN P/S W SEC+CCOR <TOBS -TCAL -DLY =RES> WT XMG FMG R INFO
AOKS 15.9 286 112 PC 10.53 .00 2.95 3.50 .00 -.55 1.02 2.6 .145
S 14.13 .00 6.55 5.95 .00 .60 1.02 .273
ASML 16.3 252 111 PD 10.78 .00 3.20 3.63 .00 -.43 1.02 .223
S 13.68 .00 6.10 6.17 .00 -.07 1.02 .650
BTCH 20.6 293 107 PD 11.79 .00 4.21 4.41 .00 -.20 1.02 2.3 .194
S 15.51 .00 7.93 7.50 .00 .43 1.02 .353
GDFR 41.8 97 98 PC 15.77 .00 8.19 8.66 .00 -.47 1.02 2.5 .335
S 22.96 .00 15.38 14.72 .00 .66 1.02 .637
ASET 45.3 183 52 P 17.50 .00 9.92 9.37 .00 .55 1.02 2.5 .637
AAFD 75.7 274 48 P 21.48 .00 13.90 14.32 .00 -.42 .86 2.6 .547
S 1 30.39 .00 22.81 24.34 .00 -1.53 .00 .000

```

Figure IV.4 : Exemple de sortie du programme hypo71.

### Légende de la Figure

En première ligne sont donnés : la date (YR MO DA), l'heure origine du séisme (ORIGIN), les coordonnées de l'épicentre en degré et minute (Lat N, Lon W), la profondeur (DEPTH) en kilomètres, l'erreur quadratique moyenne (RMS) en seconde, les erreurs standards sur la position de l'épicentre (ERH, en km) et sur la profondeur du foyer (ERZ, en km) et la non-couverture azimutale (GAP, en degré).

DMIN : la distance épiscoptrale minimale.

ITR : le nombre d'itérations pour atteindre la convergence.

NWR : le nombre de phases P utilisées dans les calculs.

#### a.1 Le programme HYP071 :

Ce logiciel qui calcule les coordonnées des foyers et le temps origine d'un événement sismique à partir des données qu'on lui fournit est très répandu dans les études de sismicité. Le principe de son fonctionnement est par la minimisation, au sens des moindres carrés, de la différence entre les temps des parcours hypocentres-sites observés et calculés. Ce programme utilise le tracé du rayon dans un milieu homogène à interfaces planes. Il est besoin comme entrée d'une carte d'initialisation, avec des valeurs adaptées à la nature des données (ex. distance entre les stations, précision des lectures, nombre d'itération, etc...), des coordonnées des stations, du modèle de vitesse en couches horizontales et homogènes, et de la liste des phases P et S associées à un facteur de qualité. Il est suivi par des cartes de contrôle comprenant la profondeur focale initiale et la distance épiscoptrale maximale au-delà de laquelle le programme ne tient plus compte des points pour la localisation. Les valeurs adaptées à la nature des données, comme la carte d'initialisation et les cartes de contrôle, ont été choisies à partir des données très bien localisées (RMS < 0,2 sec,

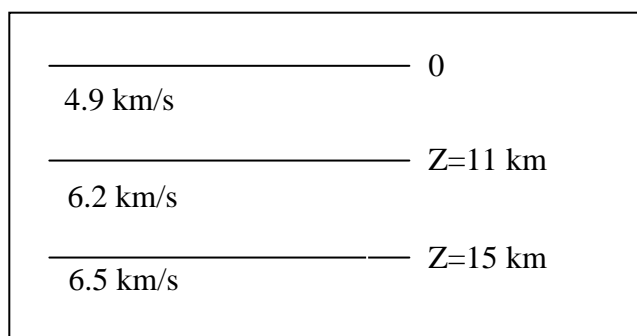
ERZ et ERH  $< 2\text{km}$ , GAP  $< 180^\circ$ ) lors d'une première étape de localisation. En addition des coordonnées du foyer sismique et du temps d'origine pour chaque séisme, le programme fourni aussi des paramètres qui sont en relation avec la qualité de la localisation. Ces paramètres sont :

- Le RMS : racine carrées de la somme des carrés des résidus dans les stations.
- Le ERH et ERZ : erreur statistique épacentrale et sur la profondeur, respectivement [Tatar 2001].

### a.2 Choix de modèle de vitesse :

La recherche d'un modèle de vitesse est grandement simplifiée s'il existe pour la région étudiée des investigations de sismologie expérimentales.

On a utilisé le modèle de vitesse de Beldjoudi et al., (2007). Ils ont utilisés le modèle de vitesse de Bounif et al., (1987), (Bounif et Dorbat 1998), qui ont défini un modèle pour la région de Constantine. Pour améliorer ce modèle de vitesse ils ont utilisés un modèle (modèle 1) avec différents ration de  $V_p/V_s$  (de 1,73 à 1,78). Le bon résultat est obtenue pour  $V_p/V_s = 1,75$ . Plusieurs modèles ont été testés pour différentes couches et vitesses en utilisant le teste sur RMS (Tatar 2001). Cette méthode correspond à une succession de tests sur les modèles de vitesse (principalement  $V_s$  et les épaisseurs des couches). Ce qui est visée est l'obtention d'un RMS minimal connaissant le rapport  $V_p/V_s$ . Le modèle 2 donne le bon RMS minimal et il est utilisé dans cette étude.



**Figure IV.5** : Modèle de vitesse utilisé. Vitesse de l'onde P [H. Beldjoudi et al., 2007].

### IV.3.4 Tri des données traitées :

Afin d'obtenir les évènements les plus représentatifs et les mieux localisés, nous avons pris les évènements enregistrés par 3 stations ou plus. Finalement, ce sont 128 évènements pris en considération.

Nous avons effectué un tri des résultats en se basent sur les paramètres suivants :

- Erreurs quadratique moyenne RMS  $< 0,34$ .

- Erreurs standard sur la position de l'épicentre  $ERH < 4\text{km}$ .
- Erreurs standard sur la position du foyer  $ERZ < 4\text{km}$ .

### **1. Estimation des erreurs :**

La fiabilité des données numériques, utilisées pour l'interprétation du phénomène physique, impose la connaissance des erreurs estimées.

Afin d'estimer l'incertitude sur la détermination du foyer, il est important de signaler ces différentes erreurs. Elles sont essentiellement dues à la lecture des enregistrements, l'influence du modèle de vitesse utilisé ainsi qu'à la précision due au programme de calcul.

### **2. Erreurs sur le temps :**

Les enregistrements traités sont numériques, l'erreur sur la lecture du temps d'arrivée de l'onde P est de l'ordre de 2/100 de seconde. On n'a pas besoin d'apporter des corrections au temps d'arrivée car la synchronisation de l'horloge se fait automatiquement par GPS relié aux stations.

### **3. Erreurs dues au modèle de vitesse :**

L'estimation des erreurs produites par le modèle de vitesse choisi s'avère délicate à cause de l'absence de l'étude sur la structure de la région.

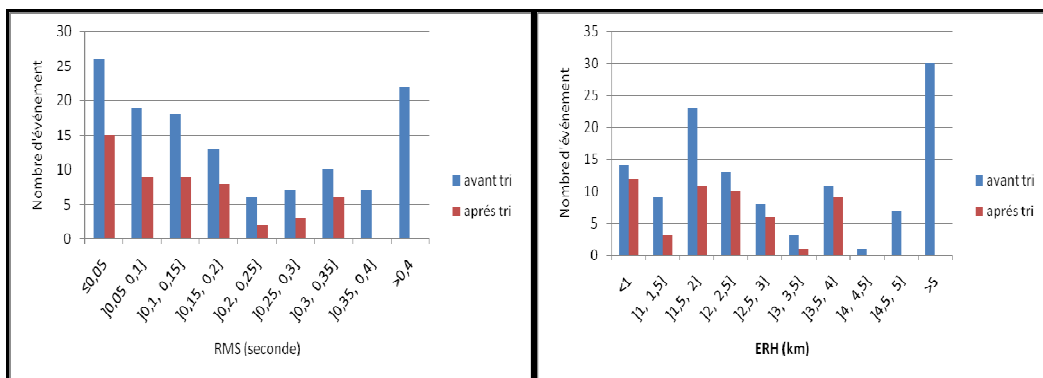
### **4. Estimation de RMS, ERH et ERZ :**

Le programme hypo71 calcule l'erreur quadratique moyenne sur l'ensemble des stations (RMS), l'erreur standard sur la position de l'épicentre (ERH) et sur la profondeur du foyer (ERZ), la non-couverture azimutale (GAP) en tenant compte du nombre et de la distribution des stations sismologiques.

#### **IV.3.5 Précision de localisation :**

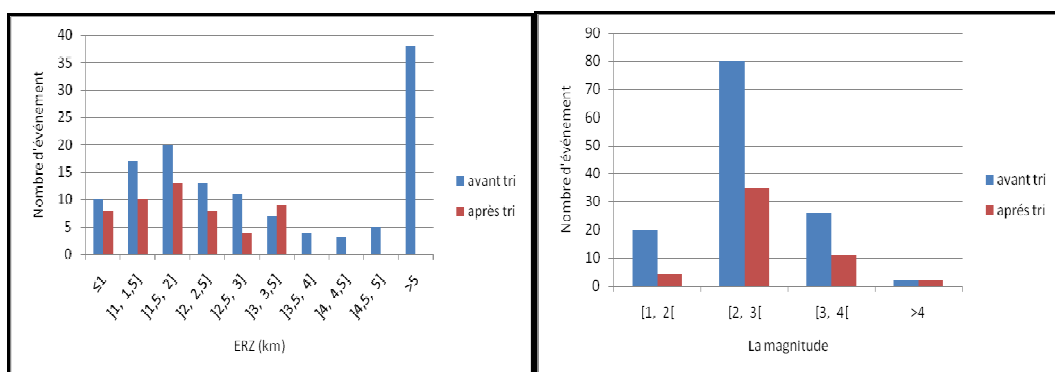
A partir de 128 événements localisés pendant deux mois, nous avons construits des histogrammes (figures IV.a à IV.e) afin d'en connaître les principales caractéristiques. On peut voir que le RMS est essentiellement concentré entre 0.01 et 0.2 (figure IV.6.a). Les erreurs verticales et horizontales se situent entre 1 et 3,5km (figures IV.6.b, IV.6.c). On peut dire donc que les erreurs de localisation sont généralement inférieures à 4km.

En examinant l'histogramme dessiné pour la magnitude des séismes on constate que la magnitude varie entre 1 et 4 avec une importante concentration entre 2 et 3 (figure IV.6.d). L'histogramme dessiné pour la profondeur des séismes dans la région d'étude, montre que la majorité de nos données sont localisées entre 5 et 6km de profondeur (figure IV.6.e).



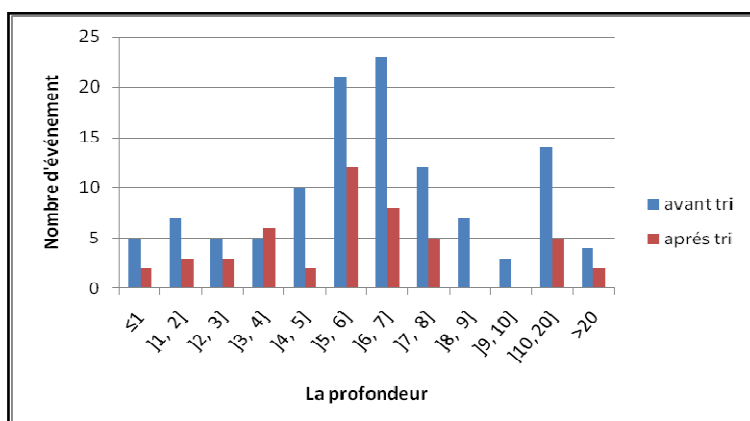
**Figure IV.6.a :** Distribution des RMS par tranche de 0.05 sec en fonction de nombre des événements.

**Figure IV.6.b :** Distribution des ERH par tranche de 500m en fonction de nombre des événements.



**Figure IV.6.c :** Distribution des ERZ par tranche de 500m en fonction de nombre des événements.

**Figure IV.6.d :** Distribution des magnitudes en fonction de nombre des événements



**Figure IV.6.e :** Distribution profondeurs en fonction de nombre des événements.

**IV.3. 6 Calcule de la magnitude :**

La magnitude permet d'estimer grossièrement l'énergie libérée par un séisme.

Le calcul de la magnitude des séismes locaux utilise la durée T en seconde du signal enregistré. Celle-ci correspond à la différence entre le temps d'arrivée de l'onde primaire et le retour à l'enregistrement du bruit de fond.

La relation utilisée est la suivante :

$$M = -1.90 + 2.80(-\log T) + 0.00035D \dots \dots \dots (\text{CRAAG})$$

Avec T : durée du signal en seconde.

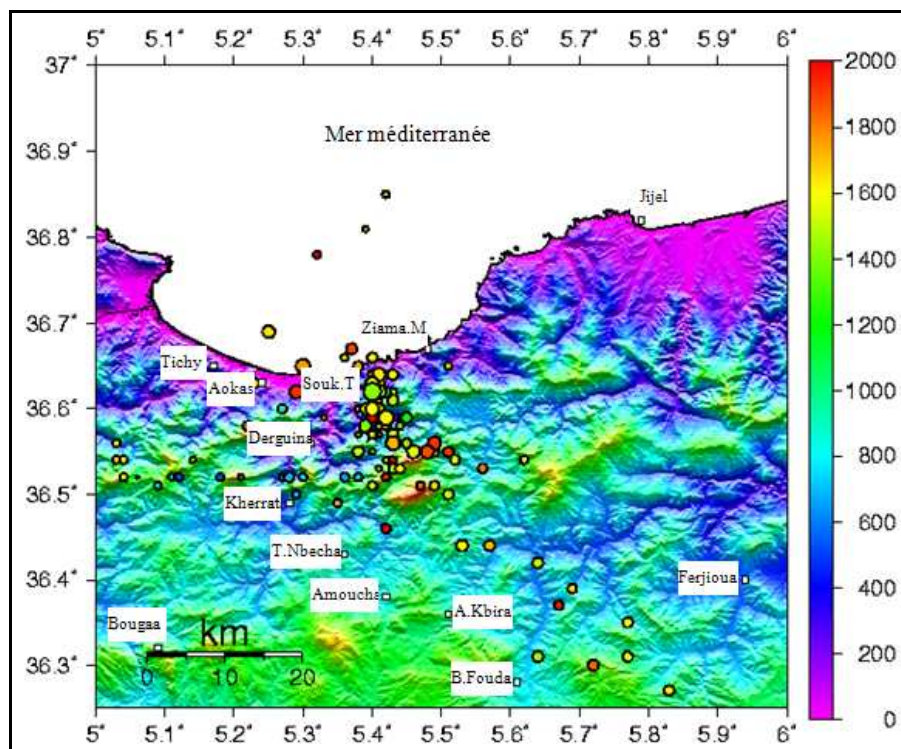
D : distance épacentrale en km.

**IV.4 Analyse des données :**

**IV.4.1 Etude des répliques :**

**a. Distribution spatiale des répliques :**

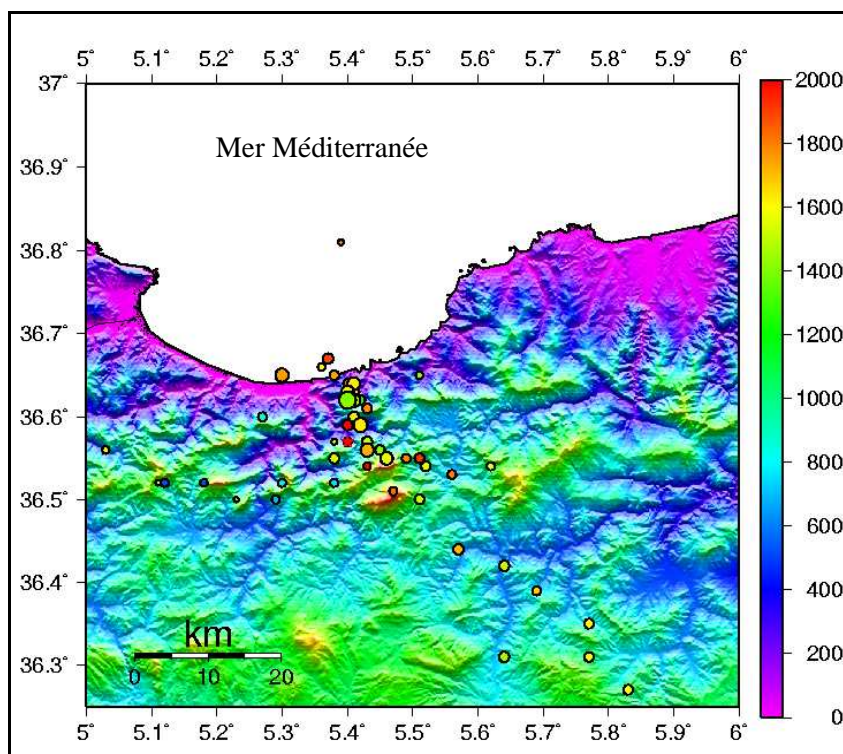
Les cartes ci-dessous ont été réalisées avec le logiciel GMT, la figure (VI.7) représente la totalité des répliques. Les magnitudes de ses évènements sont comprises entre 1 et 4,8.



**Figure IV.7 :** Carte de localisation de 128 répliques.

Une carte filtrée a été réalisée en utilisant les paramètres RMS, ERZ et ERH comme valeurs limites (figure IV.8).

La distribution spatiale des répliques est complexe, cependant trois principale tendance sont visibles : NS, EW et NW-SE (figure IV.8).



**Figure IV.8 :** Localisation de 52 événements sélectionnés avec les critères suivants : (RMS<0.35, ERZ<4 et ERH<4).

Le 1<sup>er</sup> essaim présente une orientation Nord-Sud se répartie perpendiculairement sur environ 15 km, il est dense et comporte le choc principal et les deux fortes répliques.

Le 2<sup>ème</sup> essaim présente une orientation NW-SE, il est moins dense comparé à l'essai 1 de la branche Nord-Sud.

Le 3<sup>ème</sup> essaim présente une orientation E-W, moins dense.

Cela indique que, en ajoutant au plan de faille qui a produit le choc principal, les autres plans de faille sont actifs durant l'activité des répliques.

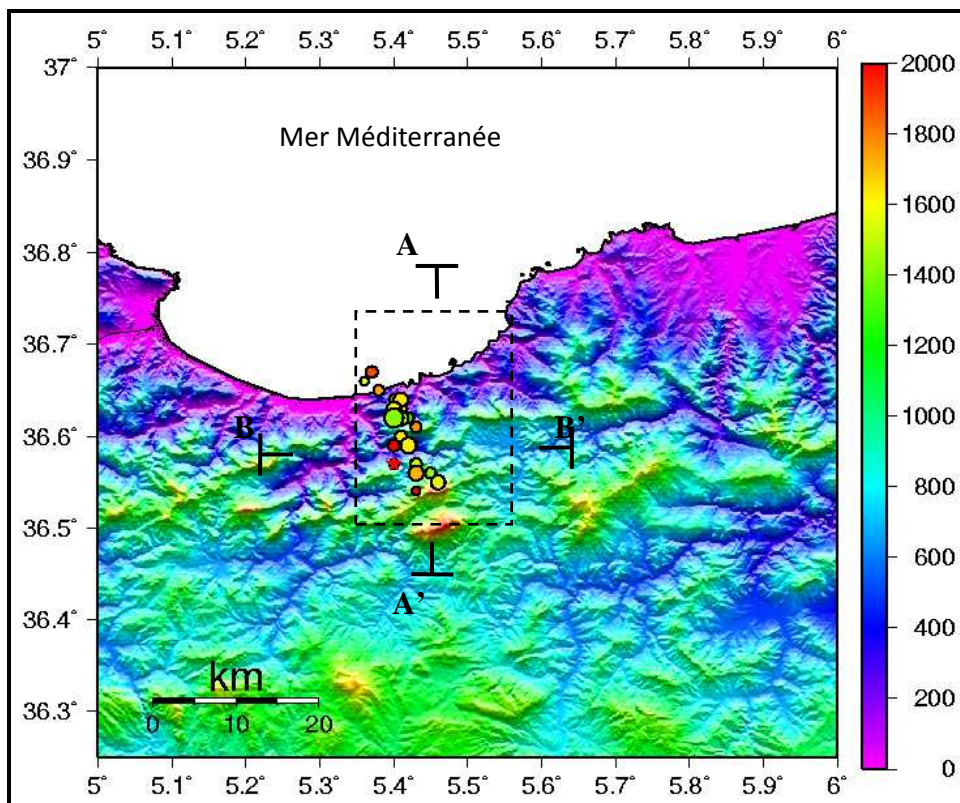
Ainsi la faille de direction NS, semble être la faille ayant joué principalement durant ce séisme. Les autres plans seraient des directions connexes.

#### **b. Distribution des foyers en profondeur :**

La distribution en profondeur des hypocentres est nécessaire pour l'estimation du pendage et de la dimension du plan de faille qui a généré le choc principal.



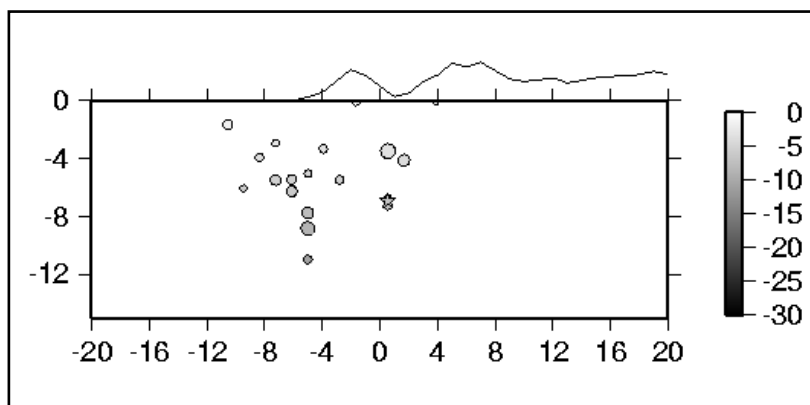
Pour tenter d'identifier l'origine des répliques (zone sismogène) nous avons effectués deux coupes longitudinale et transversale à la direction formée par la distribution spatiale de 22 répliques (figure IV.9).



**Figure IV.9 :** Essaim NS de 22 évènements et emplacement des coupes transversale et longitudinale.

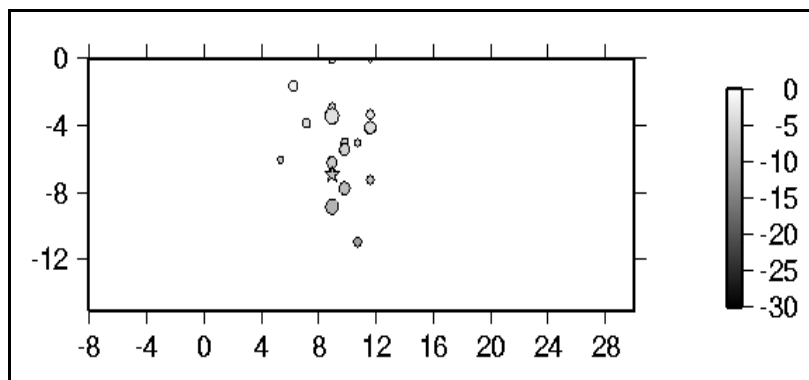
Coupe AA' d'azimute 180° suit l'allongement de la répartition (figure IV.10).

Coupe BB' d'azimute 90° perpendiculaire à la répartition (figure IV.11).



**Figure IV.10 :** Coupe AA'(NS).





**Figure IV.11** : Coupe BB'(EW).

Les coupes transversale et longitudinale réalisées dans les directions N-S et E-W respectivement coupes AA' et BB' montrent que la totalité des hypocentres sont situés dans une tranche comprise entre 0 et 10km de profondeur, qui correspond à l'épaisseur de la croûte sismologique (zone sismogène) dans le nord de l'Algérie (Ouyed et al., 1983, Bounif et al., 1987, 2004). La coupe BB' montre que la faille est verticale (figure IV.11). Les coupes montrent aussi que les dimensions de la faille est d'environ 5km de largeur (coupe BB') et sa longueur est d'environ 10km.

### **c. Mécanismes aux foyers des répliques :**

Le mécanisme au foyer permet la compréhension du processus de rupture à la source lors d'un séisme ainsi que les implications tectoniques régionale. Les premières investigations dans la théorie des mécanismes focaux remontent à l'année 1917 après le séisme de Japon de 18 Mai de la même année de magnitude  $M=6.3$ . Le professeur Shida a examiné le sens des premières arrivées des ondes sismiques. Il a établi un schéma de la distribution des mouvements des premières arrivées dont il distingue les mouvements répulsifs à partir de l'épicentre (compression ou poussée) et les mouvements attractifs vers l'épicentre (dilatation ou traction).

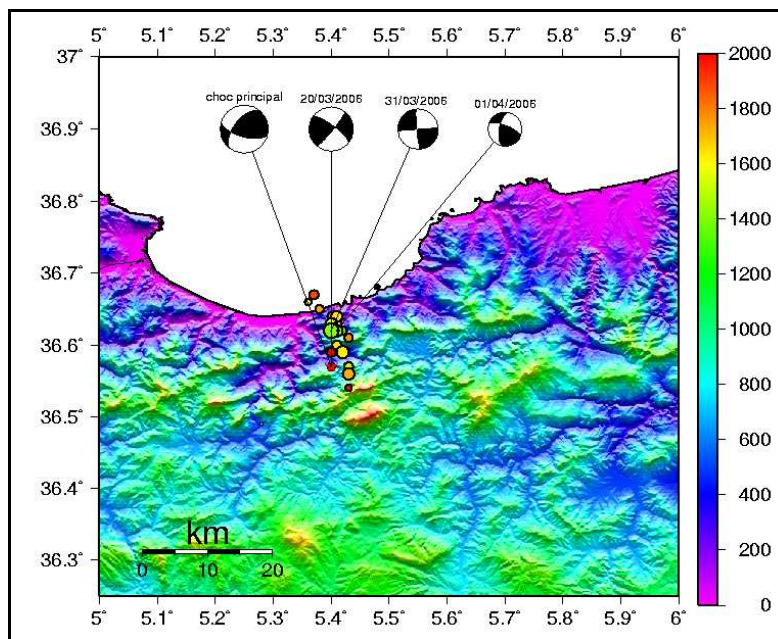


Figure IV.12 : Représentation spatiale des mécanismes au foyer.

N°	Date	Heur (h mn s)	Lat	Long	Prof (km)	M (M <sub>L</sub> )	Plan 1			Plan 2		
							Str	Dip	Rak	Str	Dip	Rak
1	20/03/2006	19:54:15.87	5.40	36.57	3.47	4.8	38.8	83.2	15	307	75.1	173
2	31/03/2006	06:13:30.19	5.40	36.62	8.85	4.4	85.0	89.8	-5.0	175	85	-179
3	01/04/2006	04:09:05.36	5.41	36.62	7.75	3.7	291.2	72.0	30.0	189.1	62.3	155.3

Tableau IV.5 : Paramètres des trois solutions focales.

On a choisi trois événements qui ont suivi le choc principal pour tracer les mécanismes au foyer. A cause de manque de couverture de la région concernant les stations on a peu de polarité pour présenter les solutions focales (deux événements avec six polarités et un événement avec huit polarités).

On a utilisé les premières polarités des ondes d'arrivées (ondes P) pour chaque station. En examinant les mécanismes au foyer calculés (figure IV.13) on remarque qu'ils sont en faille décrochante.

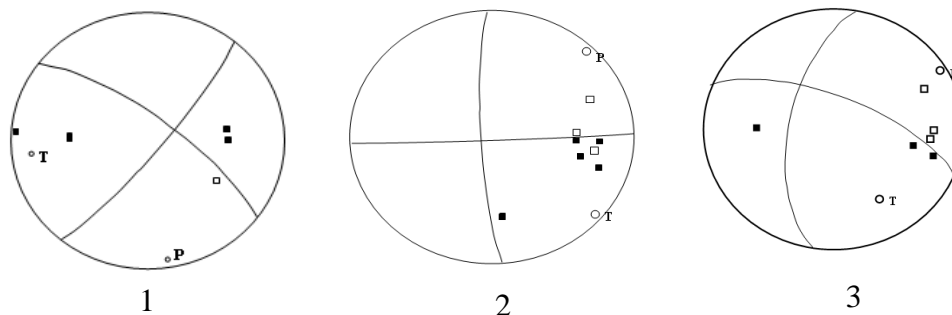


Figure IV.13 : Représentation des trois solutions focales.

**IV.5 Conclusion :**

Le séisme de Laâlam est le premier séisme modéré de cette ampleur dans la région Nord sétifienne. Ce séisme a permis ainsi de préciser le réseau de failles actives dans la région. En effet alors que l'on avait pensé en premier lieu que ce séisme avait été généré par la faille de Kherrata c'est en fait un segment NS près du village de Lâalam qui a produit cet événement. Ce segment semble être une faille de transfert entre les segments de direction NE-SW.

*Chapitre V : Activité sismique de  
la région de Kherrata et ses environs*

## Chapitre V :

### Activité sismique de la région de Sétif (2002-2008)

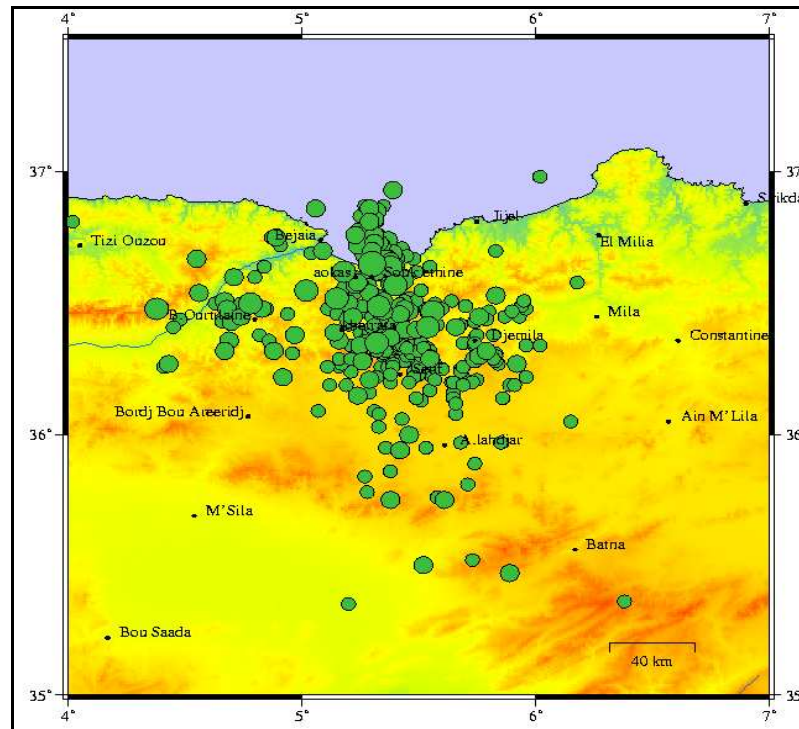
#### V.1 Sismicité actuelle de la région des Babors (Nord de Sétif) et ses environs :

La région a connue plusieurs séismes de magnitude modérée à faible. L'activité sismique est continue. Plusieurs événements sismiques sont enregistrés annuellement dans cette région et sont reportés dans les catalogues sismiques (Rothé 1950, Mokrane et al. 1994, Benouar 1994, Yelle Chaouche, A.K. et al. 2002, 2006).

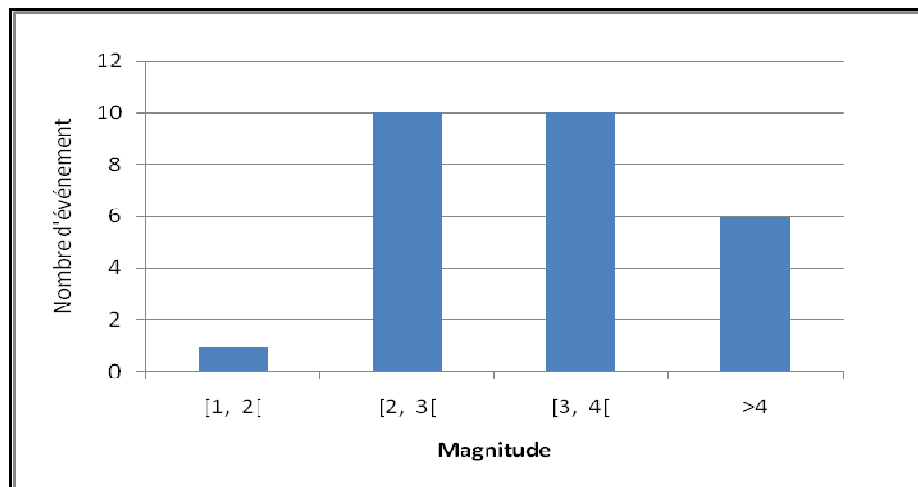
La figure (V.1) montre la distribution des séismes instrumentaux de magnitude inférieure à 6, (Yelles Chaouche A.K. et al., 2002, 2006). Cette figure montre une concentration des séismes dans la direction Nord-Sud. La concentration de la sismicité au Nord de Sétif indique une activité importante dans cette région.

Ce sont donc près de 365 évènements qui ont été enregistrés pendant une période de 7 ans. Du point de vue magnitude: tous les évènements ont une magnitude inférieure à 4 (figure V.2), sauf les évènements du 20/03/2006 et du 27/06/2007 qui ont des magnitudes 5.8 et 4.9 respectivement.

Au delà du séisme de Lâalam, nous nous sommes intéressés à la sismicité récente de la région de Sétif-Kherrata. Grâce au réseau sismologique du CRAAG installé à partir de la fin des années 90, de nombreuses secousses ont été enregistrés dans la région.



**Figure V.1 :** Sismicité instrumentale entre 2002-2008 d’après les catalogues [Yelles-Chaouche, A.K. et al., 2002 ,2008].



**Figure V.2 :** Histogramme des évènements de la période 2002-2008 en fonction de la magnitude.

Afin de surveiller la région de Sétif, une nouvelle campagne de microsismicité de neuf mois a été organisée pendant les mois d’Avril à septembre 2007 dans la région de Kherrata au Nord de Sétif par une équipe de CRAAG. Cette région du Nord de Sétif a été une nouvelle fois choisie en raison de :

- 1) L’importante activité sismique durant l’année 2006.
- 2) La présence de plusieurs failles.

## V.2 Description de l'appareillage :

Trois types des stations ont été utilisés pour cette campagne :

- ❖ GEODEVICE (05 stations).
- ❖ Réseau ADSN (Algerian Digital Seismic Network) (cité avant).
- ❖ Réseau Télémétré permanent numérique (cité avant).

### ➤ GEODVICE :

Les stations ont été acquises en 2006 auprès de la Chine, qui sont à enregistrement numérique. Ce type de station est composée de :

1. Un sismomètre de type DS-4A ; il est utilisé pour enregistrer les événements proches ou locaux. Il est composé de trois composantes courte période, transducteurs et système d'alimentation. Le sismomètre est mis à niveau avec les trois pieds réglés jusqu'à ce que la bulle qui est fixée sur le côté de la base, est au centre de cercle de boulette. Le pole indicatif est inséré dans le trou qui est sur la base de l'instrument.

Le sismomètre est ajusté sur la plate forme jusqu'à ce que le pole indicatif soit aligné dans la direction E-W (on peut utiliser la boussole pour confirmer cette direction). A l'aide d'un câble, le sismomètre se connecte au système d'enregistrement EDAS-24IP.



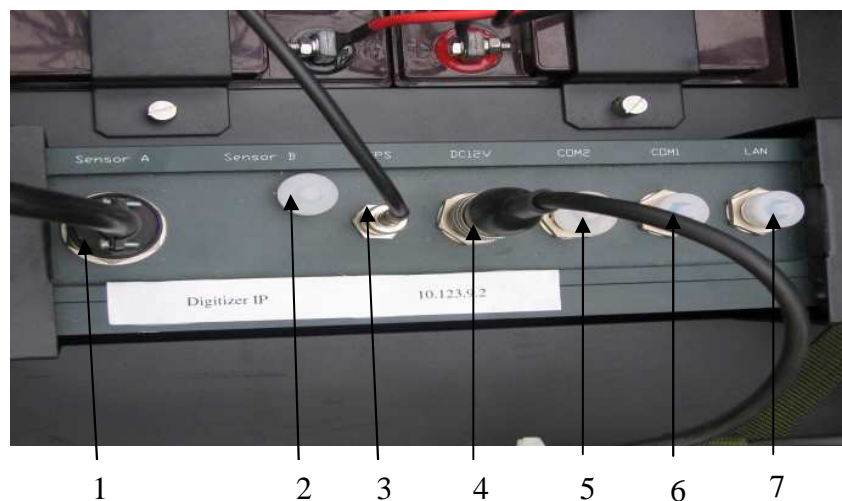
**Figure V.3 :** Sismomètre DS-4A courte période.

2. Serveur d'acquisition des données EDAS-24IP est un nouveau type d'acquisition et d'enregistrement de données de tremblement de terre, disposé avec la gamme dynamique de haute résolution et étendue, particulièrement développée pour l'observation sismique de l'application d'internet.

La fonction principale de EDAS-24IP est de convertir le signal analogique output par le sismomètre au signale numérique et l'enregistrer dans le disque ;

Il est composé de :

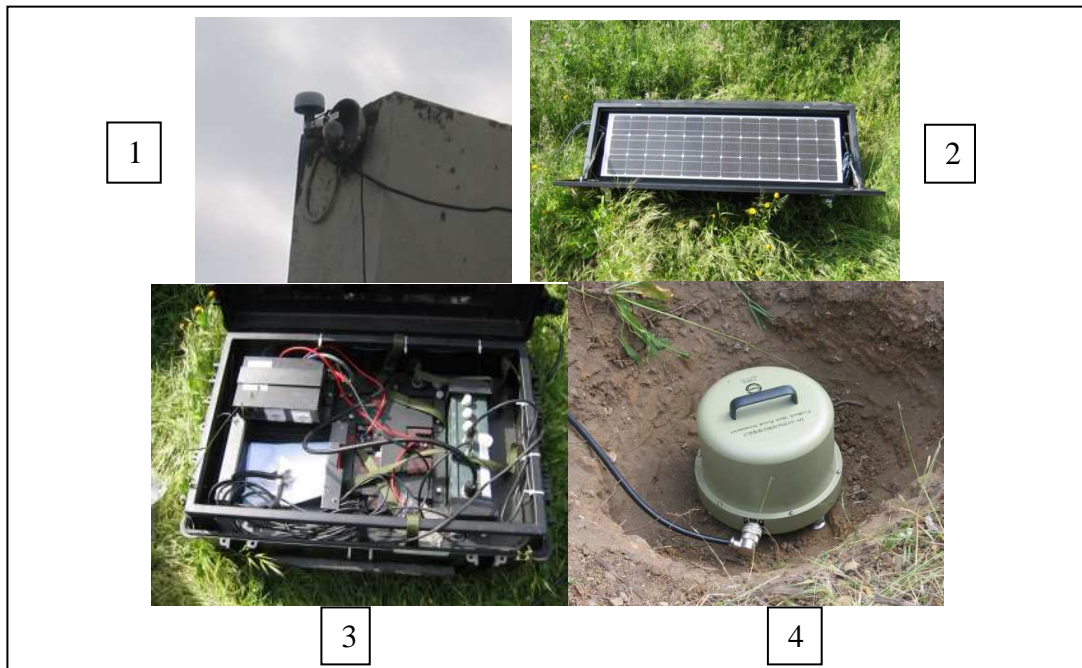
- 1) Socket pour sismomètre A : utilisé pour connecter sismomètre A ;
- 2) Socket pour sismomètre B : utilisé pour connecter sismomètre B ;
- 3) Port pour l'antenne GPS : utilisé pour connecter l'antenne GPS ;
- 4) Power socket (douille de puissance) : pour la connexion externe +12V. Seulement d'une telle manière, d'EDAS peut fonctionner ;
- 5) COM2 port de Communication périodique (serial communication port) : Connecter le computer pour réaliser la surveillance de statut d'opération et la gestion de système ;
- 6) COM1 port de communication périodique (serial communication port) : Connecter le computer pour réaliser la transmission de données, la surveillance de statut d'opération et la gestion de système ;
- 7) Port LAN : utilisé pour connecter le dispositif de réseau tel que Hub;



**Figure V.4 :** Serveur d'acquisition et d'enregistrement des données EDAS-24IP.

3. Deux batteries 12 volts chacune pour l'alimentation en énergie est connectée au Serveur d'acquisition et d'enregistrement des données EDAS-24IP ;
4. Système GPS pour leur localisation et surtout pour le temps absolu ;
5. Voltmètre et ampèremètre ;
6. Panneau solaire orienté plein sud pour l'alimentation des batteries ;





**Figure V.5 :** Station sismologique. 1- Système GPS ; 2- Panneau solaire ; 3-Boîtier de la station ; 4- Sismomètre.

➤ **Station sismologique autonome de Sétif :**

La station sismologique est une station autonome, elle fonctionne depuis 1957, son enregistrement est en mode analogique à deux composantes : composante horizontale Est-Ouest et composante verticale (z).

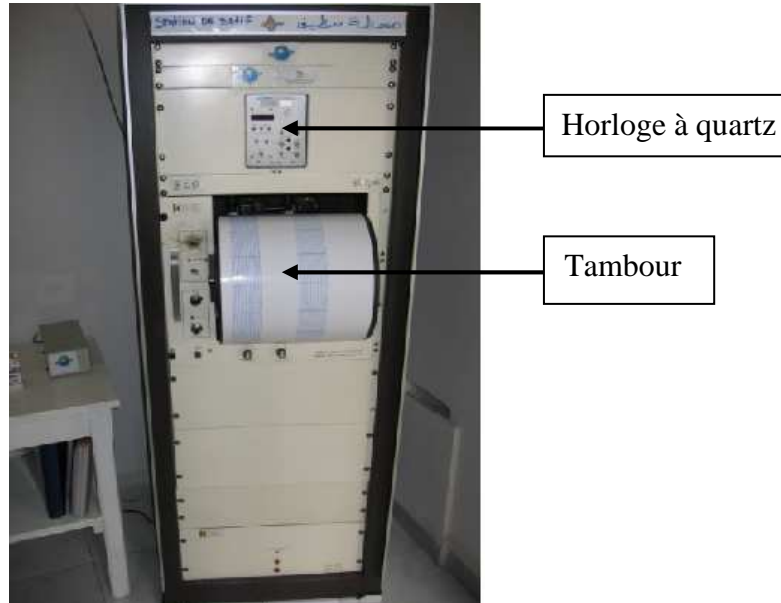
Elle est composée de :

- ❖ Un sismomètre Kinémétrics de type SS1 courte période



**Figure V.6 :** Sismomètres Kinémétrics de type SS1 courte période.

- ❖ Un tambour d'enregistrement sur lequel s'inscrivent les séismes à l'aide d'un stylet, sa vitesse de rotation est réglée sur 24h (1tour/15mn) ;
- ❖ Une base de temps composée d'une horloge à quartz qui assure l'inscription régulière des temps heure, minute et seconde ;



**Figure V.7 :** Station sismologique autonome.

- ❖ Amplificateur est réglable de 72 dB à 78 dB ;
- ❖ Un galvanomètre auquel sont liés les stylets ;
- ❖ Système GPS pour les corrections horaires ;
- ❖ Le filtrage des fréquences indésirables est possible grâce à un jeu de filtre passe bas 2,5 Hz ;
- ❖ Une alimentation électrique de 12 volts (pour l'horloge interne et pour le moteur de rotation du tambour et de translation des stylets).

Le changement des bandes se fait toutes les 24 heures à des heures fixes.

### V.3 Choix de sites :

Le choix des stations fut déterminé par la nature géologique du site ainsi que par l'environnement naturel et humain. De préférence, la station fut posée sur des sols durs (terrains rocheux) en évitant les sols mous, les routes, les régions boisées, les ruissellements des eaux et les activités allotropiques. Tous ça c'est pour améliorer la qualité de signal et d'optimiser le rapport signal/bruit.

### V.4 Installation du réseau :

Le réseau des stations est installé par une équipe de CRAAG, elles sont repérées par leurs coordonnées géographiques (tableau V.1) et reportées sur une carte à l'échelle (1/50.000) (figure V.8).

Code stations	Type	Coordonnées			Date d'installation	Observation
		Latitude	Longitude	Altitude (m)		
STF	portable	36 11.40N	5 23.40E	1151	14.05.07	Problème d'enregistrement
ONS	portable	36 16.20N	6 29.40E	730	14.05.07	-
KHE	portable	36 28.48N	5 16.20E	592	15.05.07	Problème d'enregistrement
AOK	portable	36 37.80N	5 14.40E	147	16.05.07	Problème d'enregistrement
STN	portable	36 37.20N	5 19.80E	74	16.05.07	Problème d'enregistrement
LCP	ADSN	36 47.82N	3 01.93E	411		-
SVB	ADSN	36 16.17N	6 29.46E	729		-
KHR	ADSN	36 01.00N	5 30.73E	1331		-
TAF	ADSN	35 87.00N	4 27.00E	1040		-
MHD	ADSN	36 12.03N	2 57.11E	1250		-
KTR	ADSN	35 13.60N	5 41.41E	646		-
ABS	ADSN	36 16.35N	7 28.24E	1072		-
SET	RTN	36 11.31N	5 23.53E	1000		-
MER	RTN	35 37.41N	5 54.42E	1020		-
DFR	RTN	36 32.70N	5 52.62E	1187		-
TEI	RTN	36 03.50N	6 24.20E	1285		-
ASM	RTN	36 15.60N	6 29.40E	680		-
KFL	RTN	36 24.29N	6 43.30E	1200		-
AEH	RTN	36 47.05N	6 51.00E	388		-
MAH	RTN	36 37.50N	7 25.18E	795		-
AFD	RTN	36 38.00N	4 34.00E	1545		-
DJB	RTN	36 09.46N	3 26.28E	1140		-
TRT	RTN	35 23.07N	1 18.04E	1221		-
KET	RTN	36 02.82N	3 52.93E	1428		-

**Tableau V.1 :** Stations sismologiques utilisées.

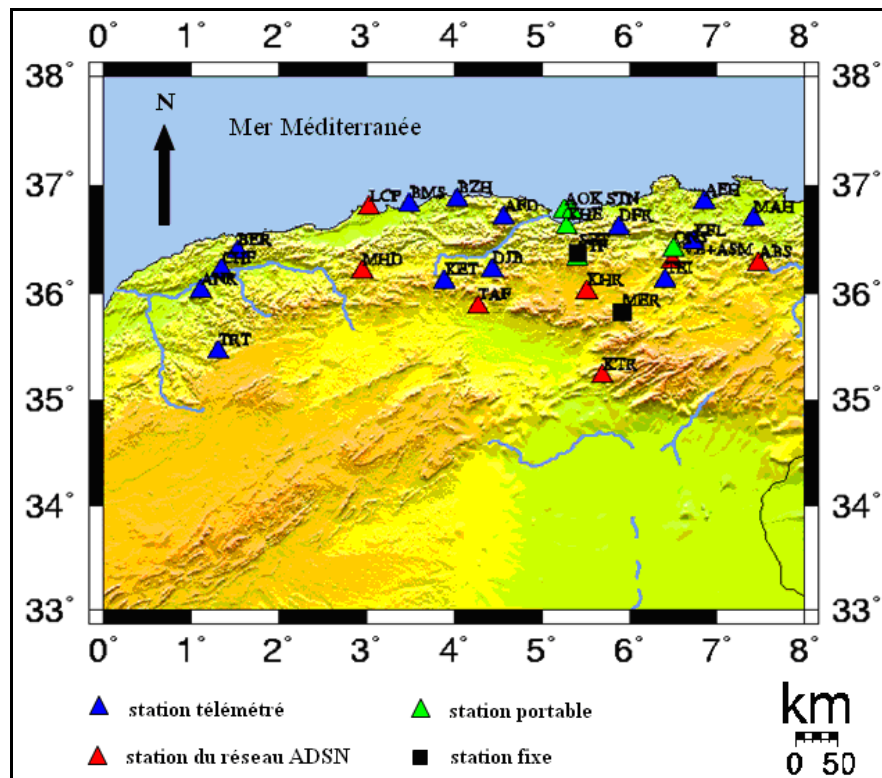


Figure V.8 : Disposition du réseau utilisé.

Après dépouillement et tri des données pour les évènements de la période d’avril au décembre 2007, on a 125 évènements de magnitude comprise entre 1.4 et 4.9 se sont produits dans la région de Kherrata et ses environs.

Exemple d’enregistrement de l’évènement 27/06/2007 (figure V.9, 10, 11) :

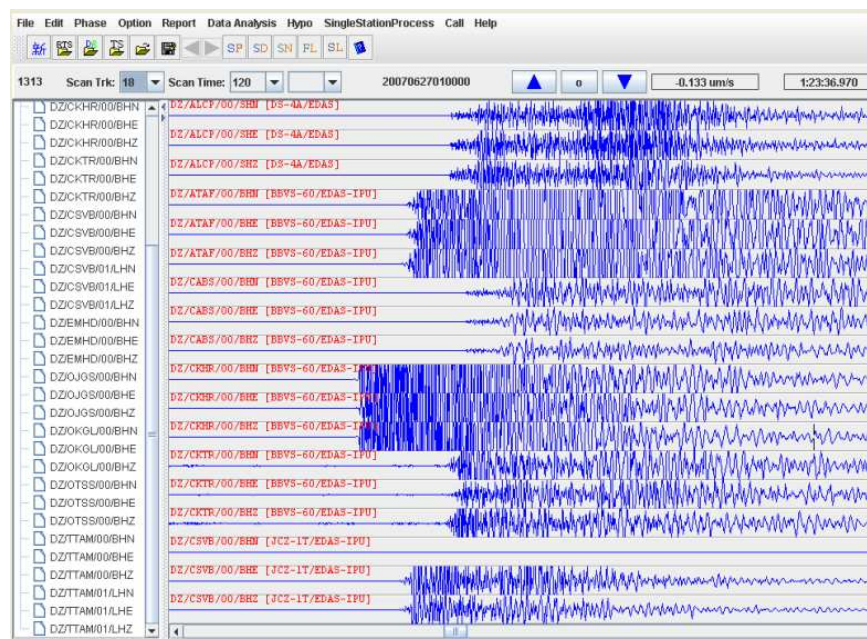


Figure V.9 : Le séisme de 27/06/2007 enregistré par le réseau ADSN.

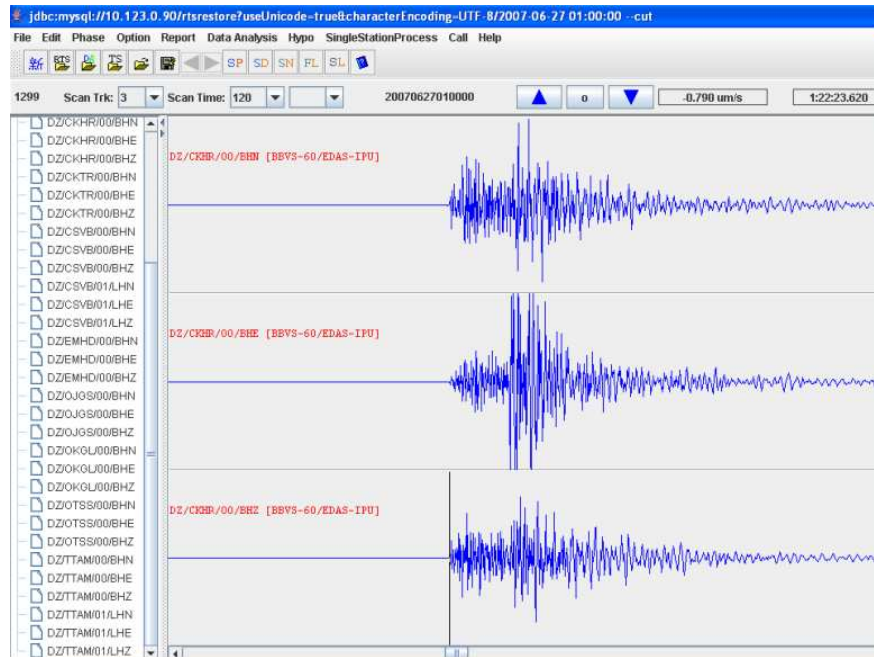


Figure V.10 : Le séisme de 27/06/2007 enregistré par les trois composantes de la station CKHR.

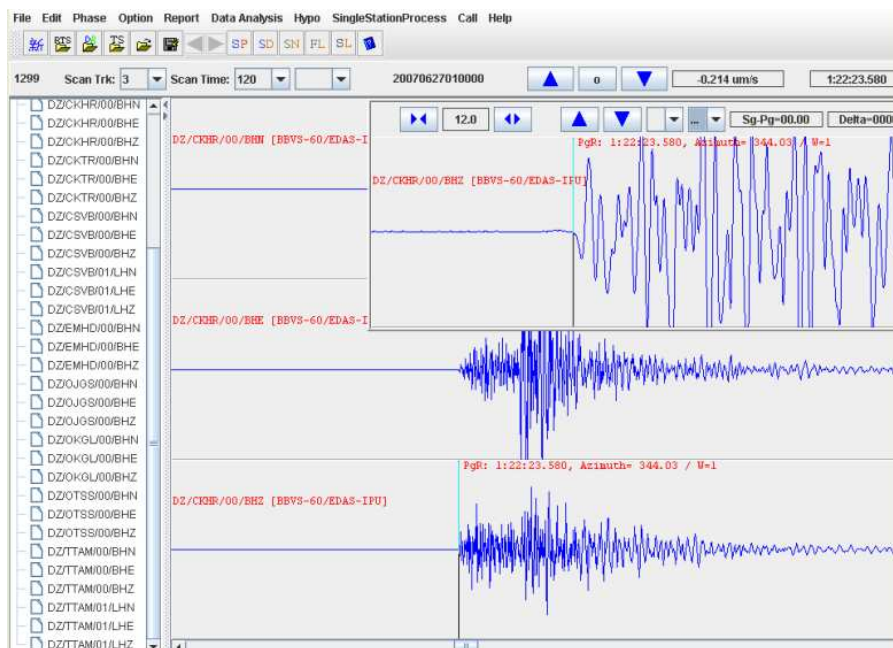


Figure V.11 : Le pointage de l'onde P selon la composante verticale.



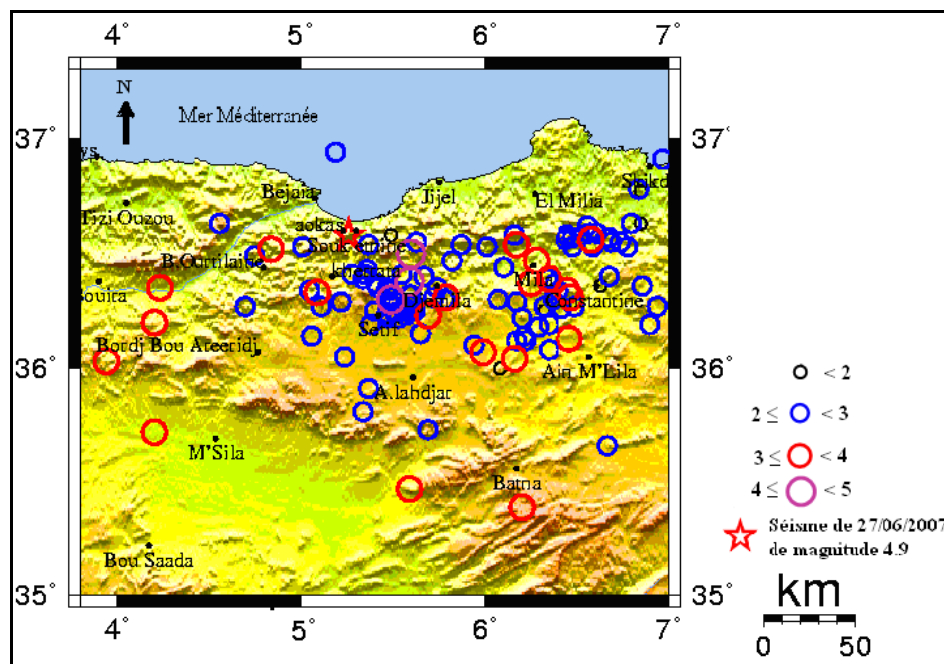


Figure V.12 : Représentation spatiale des séismes de la région de Kherrata Avril-Décembre 2007.

Les épicentres sont représentés sur la figure (V.12) par des cercles dont le rayon est proportionnel à la magnitude. Examinant cette carte, on constate aisément une concentration des épicentres entre Kherrata, Djemila et Sétif. Les séismes sont marqués par de faibles magnitudes ( $M \leq 4$ ).

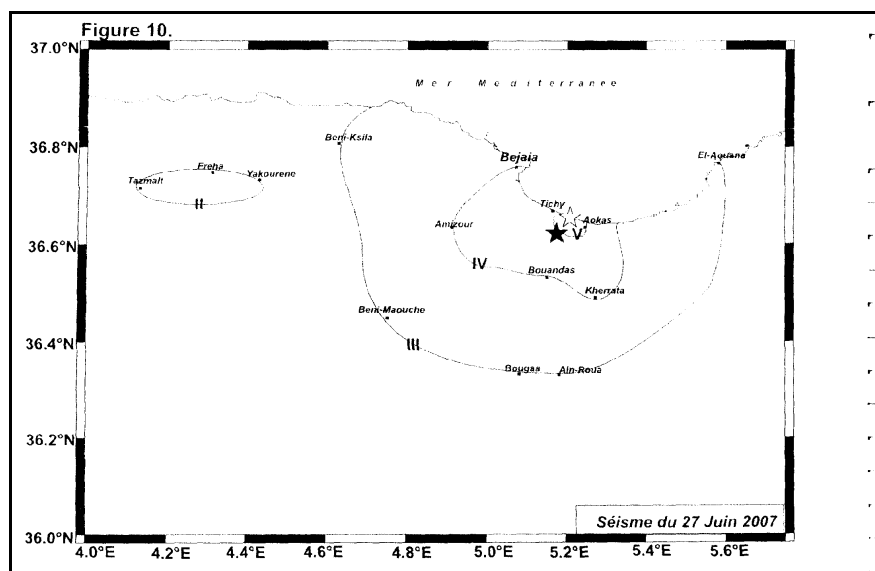


Figure V.13 : Carte isoséiste de séisme de Tichy 27 Juin 2007.

Dans cette période on a enregistré un événement de  $M_L=4,9$  à Tichy, région situé au Nord de Kherrata (figure V.13). Ce séisme a eu lieu à 01h 22mn 09.6s (GMT), son épicentre instrumental ( $36\ 622^\circ\text{N}, 05\ 176^\circ$ ). D'après la figure (V.13), l'intensité maximale observée est estimée à V. Les isoséistes sont orientés NW-SE.

Les catalogues de sismicité historique montrent qu'à l'heure actuelle, cette région est affectée par une sismicité modérée.

Presque toutes les profondeurs hypocentrales des séismes enregistrés dans cette région, sont à des profondeurs de moins de 12km. Le caractère superficiel de ces séismes est en accord avec le contexte tectonique régional. En effet les séismes superficiels sont liés en zone de collision.

### **V.5 Analyse de la sismicité récente :**

La région de Sétif-Kherrata n'a fait l'objet que de peu d'études sismiques ou sismotectoniques dans le passé. S'il est vrai que Rothé (1950) y a consacré une publication dans les années 50, il n'en reste pas moins que depuis seules quelques allusions à la sismicité de la région était mentionnée (Benhallou, 1985, Meghraoui, 1988). Plusieurs facteurs semblent expliquer ce fait. Les vingt dernières années n'ont pas toujours été propices aux investigations. Le manque de moyens pour faire une écoute de la région serait également à l'origine de ce manque d'informations. La présence de la station sismologique de Sétif, outre qu'elle a pu enregistrer une activité n'a pas permis d'avoir une vue exhaustive de cette activité. C'est pour cela que la connaissance de l'activité de la région de Kherrata s'est limitée essentiellement aux données macrosismiques suite aux informations collectées après l'occurrence de secousses. Ces cartes sont donc la première source d'informations de la région. Dans le chapitre consacré dans ce mémoire, on tente d'analyser aussi bien la répartition spatiale que temporelle. Ce qui semble important c'est que la sismicité semble être générée tout autour de l'accident majeur de Kherrata.

Ce n'est donc qu'avec la mise en place du réseau sismologique de surveillance en 1998 qu'a débuté une localisation sérieuse des événements sismiques.

De par la même se produisait le 20 Novembre 2000, l'événement de Beni Ourtilane (W. de Sétif). Cet événement qui a pu faire l'objet d'investigations sismologiques et tectoniques a révélé la présence d'un accident NE-SW dans la région de Freha, là où le maximum de dégâts a pu être constaté.

Depuis ce séisme, la surveillance de la région Est n'a cessé de se renforcer par la mise en place de nouvelles stations. Ce séisme a donné l'opportunité d'effectuer la première étude de qualité dans cette région. En effet outre la couverture du réseau, plusieurs stations portables ont été déployées dans la zone pour suivre l'activité.

En raison de la situation sécuritaire, les stations n'ont pu cependant être déployés comme convenu, biaisant quelque peu la qualité des données obtenues.

Suite à l'analyse des données, la géométrie de la structure active de la région a pu être précisée. Si il est établi aujourd'hui que la faille de Kherrata constitue l'un des accidents majeurs, sa géométrie reste donc à préciser.

Récemment cette région a été affectée par un séisme modéré de 20 Mars 2006, plus précisément dans la région de Lâalam avec une magnitude  $M_d = 5,6$  (CRAAG). Utilisant le réseau sismologique permanent du CRAAG et le réseau sismologique temporaire installé par une équipe de CRAAG le jour après le choc principal. L'activité sismique a été suivie durant seize jours, de 20 Mars jusqu'à 04 Avril 2006.

Durant cette période, 128 répliques ont été enregistrées. Pour la localisation de ces événements on a choisi le programme Hypo 71 (Klein, 1978). On a utilisé le modèle de vitesse de Beljoudi et al (2007). Parmi ces événements 52 séismes sont localisés avec les critères RMS inférieur à 0,34s et es erreurs sur la composante horizontale et verticale inférieur à 4km.

D'après les cartes de la sismicité et les coupes réalisées utilisant logiciel GMT, on constate que la majorité des répliques sont orientées N-S et leur foyer sont entre 0 et 10km de profondeur qui correspond à l'épaisseur de la croûte séismogénique dans le Nord de l'Algérie [Ouyed et al., 1983 ; Bounif et al., 1987, 2004].

En effet l'événement de 2006 semble s'être produit sur un segment relais de direction N-S entre la partie Ouest et la partie Est située dans la région du massif de petite Kabylie. Nous pensons que la rivièrre de direction NS qui s'écoule entre Kherrata et la ville de Souk El-Tenine pourrait se confondre avec l'accident actif révélé par le séisme de 2006.

Dans cette même zone s'est donc produit le séisme du 2007. Malheureusement les stations chinoises employées ont eu un problème de fonctionnement. C'est pour cela qu'ont été utilisées les données collectées par le réseau national. Des questions majeures restent posées. Est-ce la même faille qui a put rejouer. Y'a-t-il eu transfert de contraintes entre les deux séismes qui sont espacés de quelques mois dans la durée. Quel est le lien de ces deux séismes avec le séisme de Beni Ourtilane qui lui semble s'être produit le long de la bordure sud du massif de grande Kabylie. Il apparaît que la région de Kherrata se situe dans une zone charnière entre les deux blocs de Grande et Petite Kabylie. Cette région se déforme plus intensément qu'ailleurs et que la sismicité reprend des accidents ayant conduit à la structuration du massif des Babors.

Pour la région de Sétif, il apparaît suite à l'étude effectuée en 2007 que la sismicité la plus intense se situe du coté de Kherrata. Mais d'autres zones sismogènes apparaissent. Il s'agit de la zone au sud de Sétif, c.à.d. le grand accident de direction NW-SE qui limite la zone des Hauts Plateaux avec les Hautes plaines constantinoises. Ce grand accident a été décrit par Yelles et al. (2006). Il constituerait ainsi une zone tampon entre deux grands domaines. La seconde zone se situerait à l'Est de Sétif. La sismicité se concentrerait ainsi le long de la bordure sud des massifs de petite Kabylie et irait donc au Nord de Constantine.



Il faut rappeler qu'en 419 avant J-C la ville de Sétif semble avoir été touchée par un séisme important. Serait ce en rapport avec la sismicité au Nord de Sétif ou bien un accident pas loin de la ville, l'une des plus importantes d'Algérie.

# *Conclusion Générale*

## **VI. Conclusion générale**

Ce mémoire est le premier consacré à la sismicité de la ville de Sétif et ses environs c.à.d. la région localisée au Nord de Sétif. Il a été réalisé suite à l'ouverture de la post graduation au niveau de l'université de Ferhat Abbas.

Jusqu'à l'ouverture de cette post graduation peu de personnes parlaient de sismicité à Sétif. Or il s'avère au travers de ce mémoire qu'à l'instar de toutes les régions Nord du pays la région de Sétif est concernée par l'activité sismique.

Il apparaît évident que la région au nord de Sétif c.a.d. la région de Kherrata semble la plus active. Cela a été démontré par la sismicité historique mais également par l'installation du réseau de surveillance sismique. Mais que ce soit à l'Est à l'Ouest et au sud de Sétif des zones sismogènes existent.

Le séisme de Lâalam de 20 Mars 2006 a eu lieu au nord de Sétif. L'étude des répliques montre que l'activité de ces derniers est générée par une nouvelle faille. Ce qui indique que la géométrie de la faille principale est complexe

. L'activité sismique enregistrée durant la période d'Avril à Décembre 2007 a également montré une intense activité aux environs de Kherrata.

Au Sud de Sétif l'activité sismique semble concentrée au niveau du grand accident de direction NW-SE qui limite la zone des Hauts plateaux avec les Hauts plaines constantinoise et la zone situé à l'Est de Sétif.

Il apparaît donc urgent de multiplier les investigations dans la région tout d'abord pour cartographier avec précision l'ensemble des structures actives et plus particulièrement la structure majeure de Kherrata.

Quelle segmentation, quelles orientations de ces segments, quel enracinement. Tout cela est indispensable pour mieux comprendre ce réseau complexe de structures actives.

Il y'a lieu de savoir quels effets néfastes peut entrainer l'occurrence de ces séismes. On a vu lors du séisme de 2006 d'importantes chutes de pierre des falaises qui bordent la région de Lâalam. Il faut donc resserrer la surveillance et accroitre le nombre de stations. Il faut dire qu'un effort important a été réalisé par le CRAAG ces dernières années pour couvrir la région Est qui présente plusieurs zones actives qu'il y'a lieu de surveiller. Cependant cet effort doit être poursuivi. Il faudra essayer de couvrir la région Sud de Sétif qui semble moins active.

Ce mémoire ainsi que celui de ma collègue LAYADI constituent une contribution à l'évaluation du risque sismique. Il est indispensable que les règles de construction parasismique soient appliquées dans leurs plus grandes rigueurs. Il est important que

l'ampleur de la sismicité soit appréciée à juste mesure, que la répartition spatiale de la sismicité dans cette région soit mieux connue. Ces donc tout ces efforts qui permettront une meilleure évaluation de l'aléa sismique dans cette région mais qui permettront de réduire le risque dans cette région.

# *Bibliographie*

## **BIBLIOGRAPHIE:**

AYADI, A., OUSADOU, F., HARBI, A et MAOUCHE, S. The Major Earthquakes In Northern Algeria, Geophysical Research Abstracts, Vol. 6, 05998 (2004).

ASKRI, H., BELMECHERI, A., BENRABAH, B., BOUDJEMA, A., BOUMENDJEL, K., DAOUDI, M., DRID, M., GHALEM, T., DOCCA, A. M., GHANDRICHE, H., GHOMARI, A., GUELLATI, N., KHENNOUS, M., LOUNICI, R., NAILI, H., TAKHERIST, D et TERKMANI. M., Géologie de l'Algérie, Contribution de SONATRACH Division Exploration, Centre de Recherche et Développement et Division Petroleum Engineering et Développement (2005).

ALASSET., P.J. Sismotectonique et identification des sources sismiques en domaine à déformation lente : cas des Pyrénées Occidentales et des Alpes du Nord (France). Le Tsunami créé par le séisme de Zemmouri ( $M_w=6.9$ , Algérie) du 21 Mai 2003. Thèse de doctorat, Université Louis Pasteur - Strasbourg I (Spécialité Géophysique), France (2003).

ALASSET, P.J., HÉBERT, H., CALBINI, V., MAOUCHE, S et MEGHRAOUI, M. The Tsunami Induced By The 2003 Zemmouri Earthquake ( $M_w=6.9$ , Algeria): Modelling And Results, Geophysical Journal International 13MAY 2005.

BELDJOUDI, H., GUEMACHE, M.A., KHERROUBI, A., SEMMANE, F., YELLES-CHAOUCHE, A.K., DJELLIT, H., AMRANI, A., et HANED, A. The Lâalam (Bejaïa, North-East Algeria) Moderate Earthquake ( $M_w=5.2$ ) on March 20, 2006. Pure and Applied Geophysics 166, 1-18 (2009).

BENOUAR, D. Material of the investigation of the seismicity of Algeria and adjacent regions during the twentieth century, volume VII, N.4 (1994).

BENOUAR, D. Materials for the investigation of historical seismicity in Algeria from the records of past earthquakes; Built Environment Research Laboratory, University of Bab Ezzouar (USTHB), Bab Ezzouar, Alger, Algeria. Annals of Geophysics, Vol. 47, N. 2/3 (2004).

BOUDIAF, A. Etude sismotectonique de la région d'Alger et de la Kabylie (Algérie) : utilisation des modèles numériques des terrains (MNT) et de la télédétection pour la reconnaissance des structures tectoniques actives : contribution à l'évaluation de l'aléa sismique. Thèse de doctorat d'état pp 274, Université Montpellier II- sciences et technique de Languedoc, France (1996).

BUFORN. E., SANZ DE GALDENAO, C et UDIAS, A. Seismotectonics of the Ibero-Maghrebian region, Tectonophys., 248, 247-261 (1995).

BELDJOUDI, H., GUEMACHE, M.A., KHERROUBI, A., SEMMANE, F., YELLES-CHAOUCHE, A.K., DJELLIT, H., AMRANI, A., et HANED, A. The Lâalam (Bejaïa, North-East Algeria) Moderate Earthquake ( $M_w=5.2$ ) on March 20, 2006. Pure and Applied Geophysics 166, 1-18 (2009).

- BOUGHACHA, M.S., OUYED, M., AYADI, A et BENHALLOU, H. Seismicity and seismic hazard mapping of northern Algeria: Map of Maximum Calculated Intensities (MCI); *Journal of Seismology* 8: 1-10 (2004).
- BOUHADAD, Y. The Beni-Ouartilane-Tachaouaft fault and Seismotectonic aspects of the Babors region (NE of Algeria). *Journal of Seismology* 7: 79-88 (2003).
- BOUHADAD, Y. Etude sismotectonique de la région des Babors : apport des modèles numériques de terrain et de l'analyse de la sismicité récente et historique. Thèse de magister USTHB, Algérie (2002).
- BRACENE, R., PATRIAT, M., ELLOUZ, N et GAULIER, J.M. Subsidence History in Basins of Northern Algeria, *Sediment. Geol.* 156, 213–239 (2003).
- CAIRE, A. Chaîne Alpines de la Méditerranée centrale (Algérie Tunisie septentrionales, Silice, Calabre et Apennin méridional). Département de géologie structurale, faculté des sciences, Paris tour 26. Unesco. Tectonique de l'Afrique, sciences de la terre 6 (1971).
- COUELLE, A. Géologie de Sud et de la Grande Kabylie et des Babors d'Akbou. Thèse de doctorat, Université de Bretagne Occidentale, pp 567 (1979).
- CHALOUAN, A., et MICHARD, A. The Alpine Rif Belt (Morocco): A Case of Mountain Building in a Subduction-Obduction-Transform Fault Triple Junction. *Pure and Applied Geophysics* 161, 489-519, (2004).
- DELGA, D. Mise au point sur la structure du Nord-Est de la Berberie, *Bull. Serv. Carte Géol. Algérie*, 39, 89-131 (1969).
- DÉVERCHÈRE, J., YELLES-CHAUCHE, A.K., DOMZIG, A., MERCIER DE LÉPINAY, B., BOUILLIN, J-P., GAULLIER, V., BRACÈNE, R., CALAIS, E., SAVOYE, B., KHERROUBI, A., LE ROY, P., PAUC, H et DAN, G. Active thrust faulting offshore Boumerdes, Algeria, and its relations to the 2003, Mw 6.9 earthquake. ; *Geophysical research letters*; 32(4), (2005).
- DOMZIG, A., YELLES-CHAUCHE, A.K., LE ROY, C., DEVERCHERE, J., et Autre. Searching for the Africa–Eurasia Miocene boundary offshore western Algeria (MARADJA'03 cruise). *Comptes Rendus Geosciences* January; 338(1-2): 80-91 (2006).
- DOMZIG, A. Déformation active et récente, et structuration tectonosédimentaire de la marge sous-marine algérienne. Thèse de doctorat, Université de Bretagne Occidentale (2006).
- FERHAT, G. Etude des déformations tectoniques actuelles dans les Alpes du sud et la Provence à partir de la comparaison de réseaux de triangulation classique et satellitaire GPS (Global Positioning System). Thèse de doctorat, Université Paul SABATIER (1997).
- GODEFROY, P. et LEVRET, A. Nature de définition de l'Aléa sismique. Davidovici., *presse des ponts et chaussées* 159-177 (1985).

- GUIRAUD, R. L'évolution post-triasique de l'avant-pays de la chaîne alpine en Algérie, d'après l'étude du bassin du Hodna et des régions voisines, *Rev. Géogr. Phys. Géol. Dyn.* 17 427-446 (1975).
- HAMDACHE, M. Seismic Hazard Estimation in Northern Algeria. *Natural Hazards* 18: 119-144 (1998).
- HARBI, A. Analyse de la sismicité et mise en évidence d'accidents actifs dans le Nord-Est algérien. Thèse de Magister, USTHB Alger, Algérie (2001).
- HARBI, A., MAOUCHE, S et BENHALLOU, H. Re-appraisal of seismicity and seismotectonics in the north-eastern Algeria Part II: 20th century seismicity and seismotectonics analysis, *Journal of Seismology* 7: 221-234 (2003).
- HARBI, A., MAOUCHE, S., VACCARI, F., AOUDIA, A., OUSSADOU, F., PANZA, G.F et BENOUAR, D. Seismicity, seismic input and site effects in the Sahel-Algiers region (North Algeria) Abd Salam International Centre for Theoretical Physics, SAND Group, Trieste, Italie (2005).
- HARBI, A. Evaluation de l'aléa sismique en Algérie du Nord par la modélisation de l'input sismique dans les zones urbaines et l'établissement d'un catalogue. Thèse de doctorat, USTHB. Alger, Algérie (2006).
- HENARES, J., CASADO, C.L., SANZ DE GALDEANO, C., DELGADO, J et PELAEZ, J.A. Stress fields in the Iberian-Maghrebi region; *Journal of Seismology* 7: 65-78 (2003).
- MONTILLA, J.P., HAMDACHE, M et CASADO, C.L. Seismic hazard in Northern Algeria using spatially smoothed seismicity. Results for peak ground acceleration Jose A. Pelaez Montilla, Mohamed Hamdache, Carlos Lopez Casado, *Tectonophysics* 372, 105-119 (2003).
- KOLLI, O et MAZARI, D. Découverte de nouvelles occurrences a fluorine dans le domaine des nappes nord-setifiennes et minéralisations associées (Région de Kherrata Atlas Tellien, Algérie), 3<sup>ème</sup> Journées Internationale des géosciences de l'environnement. Maroc. LMM, FSTGAT-USTHB, Alger (2005).
- LAYADI, K. Le microzonage de la ville de Sétif. Mémoire Magister, Université Ferhat Abbas-Sétif (2009).
- LAOUAMI, N., ABDENNASSER, S., BOUHADAD, Y., CHATELAIN, J.L et NOUR, A. Evidence for fault-related directionality and localized site effects from strong motion recordings of the 2003 Boumerdes (Algeria) earthquake: Consequences on damage distribution and the Algerian seismic code; *Soil Dynamics and Earthquake Engineering* 26, 991-1003 (2006).
- LEIKINE, M. Etude géologiques de Babors occidentaux. Thèse de doctorat. Paris pp 536 France (1971).
- MEBAREK., B, FRIZON DE LAMOTTE, N., ROCA, D., BRACÈNE, E., FAURE, R., SASSI., J.L et ROURE, F. Post-Cretaceous kinematics of the Atlas and Tell systems in



central Algeria: Early foreland folding and subduction-related deformation, C. R. Geoscience, 338, 115-125 (2006).

MOKRANE, A., AIT MESSAOU, A., SEBAL, A., MENIA., A., AYADI, A., BEZZEGHOUD. Les séismes en Algérie de 1365 à 1992 ; Publication du CRAAG (1994).

MAOUCHE, S et AYADI, A. Neotectonique and associate seismicity in the eastern tellian atlas of Algeria, Journal of Seismology 3: 95-104 (1999).

OBERT, D. Etude géologique des Babors orientaux (domaine Tellien, Algérie) Mémoire sciences de la terre, université de Pierre Marie Curie, France (1984).

PELAEZ, J.A., HAMDACHE. HA et CASADO, C.L. Updating the Probabilistic Seismic Hazard Values of Northern Algeria with the 21 May 2003 M 6.8 Algiers Earthquake Included; Pure and Applied Geophysics, 162, 2163-2177 (2005).

ROTHER, J.P. Les séismes de Kherrata et la sismicité de l'Algérie. Bulletin de service de la carte géologique de l'Algérie, 4° série GEOPHYSIQUE N°3. Faculté des sciences de Strasbourg France, Monde Imprimerie G.PAUC France (1950).

Rapport AFPS, Le séisme du 21 mai 2003 en Algérie. Rapport préliminaire de la mission AFPS organisée avec le concours du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable (MEDD/DPPR/SDPRM), France (2003).

SLIMANI, A., BOUHAD, A.N et LOUAMI, N. Characterization of the 10th November 2000, Beni Ourtilane earthquake (Algeria) J. Eur. As. Earth Eng. 3, 10-21 (2000).

TATAR, M. Etude sismotectonique de deux zones de collision continentale : le zagros centrale de l'Alboraz (Iran). Thèse de doctorat, Observatoire Grenoble et LGIT, France (2001).

MAOUCHE, S., HARBI, A et HADDOUM, H. Seismotectonique dans l'algérois et les zones limitrophes, Mém. Serv. Géol. Alg n° 12, pp 81-92 (2004).

VILA, J.M. La chaîne alpine d'Algérie orientale et des confins algéro-tunisiens. Thèse de doctorat, Université de Pierre et Marie Curie (Paris VI), pp 665 (1980).

WILDI, W. La chaîne tello-rifaine (Algérie, Maroc, Tunisie): Structure, stratigraphie et évolution du Trias au Miocène, Rev. Géol. Dyn. Géogr. Phys. 24 201-297 (1983).

YELLES-CHAOUCHE, A.K. Le séisme de Béni-Ourtilane du 10 novembre 2000, Publication du CRAAG (2001).

YELLES-CHAOUCHE, A.K., BOUDIAF, A., DJELLIT, H et BRACENE, R. La tectonique active de la région nord-algérienne, C. R. Geoscience 338, 126-139 (2006).

YELLES-CHAOUCHE, A.K, DERAMCHI, A., FERKOUL, A et AOULICHE, K. Les séismes en Algérie de 1992 à 2001 ; Publication du CRAAG (2002).

YIELDING, G., JACKSON, J.A., KING, G.C.P., SINVHAL, H., VITA-FINZI, C and WOOD, R.M. Relations between surface deformation, fault geometry, seismicity, and

rupture characteristics during the El Asnam (Algeria) earthquake of 10 October 1980. *Earth and Planetary Science Letters*, 56 287-304 (1981).

*Annexe*

Lat	Log	Mag	Mi	Date	Heure	I <sub>0</sub>	Région	Réf
36.12	05.66	2.8	--	04/01/2002	16:11:26	--	EL EULMA	CRAAG
36.45	05.22	3.5	--	30/03/2002	00:53:24	III	SW KHERRATA	CRAAG
36.58	05.43	2.9	--	02/04/2002	18:48:51	--	NE KHERRATA	CRAAG
36.00	05.46	3.2	--	23/04/2002	18:20:38	III	S SETIF	CRAAG
36.47	05.80	2.0	--	21/05/2002	08:31:42	--	E SETIF	CRAAG
36.25	05.68	2.2	--	22/05/2002	13:41:32	--	E SETIF	CRAAG
36.44	04.48	2.2	--	03/06/2002	22:32:21	--	BENI-OUARTILANE	CRAAG
36.05	06.15	2.0	--	04/06/2002	15:21:09	--	SE SETIF	CRAAG
36.14	05.86	2.2	--	23/06/2002	13:47:43	--	SE SETIF	CRAAG
36.20	05.46	2.9	--	29/06/2002	19:43:09	--	SETIF	CRAAG
35.97	05.85	2.5	--	30/06/2002	07:26:23	--	NE AIN AZEL	CRAAG
36.85	05.32	3.0	--	02/07/2002	01:20:40	--	N BEJAIA	CRAAG
36.19	05.67	2.2	--	06/07/2002	13:29:43	--	EL EULMA	CRAAG
36.22	05.69	2.2	--	16/07/2002	13:47:56	--	EL EULMA	CRAAG
36.39	05.43	1.7	--	09/08/2002	14:52:50	--	N SETIF	CRAAG
35.76	05.58	2.9	--	26/08/2002	11:49:57	--	AIN AZEL	CRAAG
35.81	05.71	2.5	--	27/08/2002	02:59:26	--	AIN AZEL	CRAAG
36.43	04.70	3.0	--	31/08/2002	22:08:51	III	BENI-OUARTILANE	CRAAG
36.70	05.83	2.5	--	08/09/2002	18:44:41	--	S JIJEL	CRAAG
36.58	06.18	2.5	--	09/09/2002	02:22:01	--	NW CONSTANTINE	CRAAG
36.98	06.02	2.5	--	10/09/2002	09:31:14	--	NE JIJEL	CRAAG
36.60	04.80	2.5	--	10/09/2002	08:15:06	--	N BENI-OUARTILANE	CRAAG
36.27	05.57	2.2	--	14/09/2002	13:40:34	--	E SETIF	CRAAG
36.43	04.70	2.9	--	27/09/2002	06:22:32	IV	BENI-OUARTILANE	CRAAG
36.44	04.72	2.8	--	07/10/2002	23:11:25	--	BENI-OUARTILANE	CRAAG
36.70	05.28	2.5	--	27/10/2002	14:51:14	--	N AOKAS	CRAAG
36.38	04.82	2.5	--	27/10/2002	05:25:47	--	BENI-OUARTILANE	CRAAG
36.44	04.66	2.2	--	12/11/2002	11:56:56	--	AKBOU	CRAAG
36.48	04.85	2.7	--	17/11/2002	23:27:38	--	BENI-OUARTILANE	CRAAG
36.41	05.35	2.2	--	19/11/2002	15:30:57	--	N SETIF	CRAAG

36.30	05.45	2.5	--	20/11/2002	15:03:51	--	N SETIF	CRAAG
36.21	05.75	2.0	--	22/12/2002	14:00:42	--	SETIF	CRAAG
36.24	05.68	2.7	--	24/01/2003	07:55:36	--	EL EULMA	CRAAG
36.60	05.18	2.5	--	06/05/2003	02:40:36.3	--	S BEJAIA	CRAAG
36.57	05.29	2.7	--	30/05/2003	08:28:42.4	--	AOKAS	CRAAG
36.40	05.44	3.1	--	07/06/2003	02:12:04.3	--	KHERRATA	CRAAG
36.41	04.45	2.8	--	07/06/2003	02:28:22.0	--	KHERRATA	CRAAG
36.93	05.39	3.7	--	17/06/2003	23:31:46.3	III	N SETIF	CRAAG
36.20	05.73	2.5	--	22/07/2003	13:33:32.1	--	07km NE EL EULMA	CRAAG
36.08	05.66	2.2	--	15/08/2003	13:18:49.1	--	S EL EULMA	CRAAG
36.46	04.94	2.7	--	20/09/2003	17:31:50.8	--	18km NE GUENZET	CRAAG
36.72	04.91	2.9	--	01/11/2003	10:33:47.8	--	07km NE L KSEUR	CRAAG
36.75	04.87	2.9	--	08/11/2003	10:36:00.3	--	08km N L KSEUR	CRAAG
36.41	05.66	3.0	--	20/11/2003	22:06:06.8	--	15km W DJEMILA	CRAAG
36.19	05.89	2.5	--	30/11/2003	03:36:56.3	--	18km NE EL EULMA	CRAAG
36.48	05.96	2.6	--	01/01/2004	19:02:30.2	--	NE EL EULMA	CRAAG
36.53	05.83	3.0	--	06/01/2004	13:06:48.9	--	NE EL EULMA	CRAAG
36.30	05.76	3.3	--	10/01/2004	08:28:32.1	--	DJEMILA	CRAAG
36.53	05.32	2.9	--	19/02/2004	14:17:51.1	--	N KHERRATA	CRAAG
36.67	04.55	3.2	--	06/04/2004	12:24:34.0	--	N AKFADOU	CRAAG
36.26	05.34	2.0	--	28/04/2004	14:05:29.8	--	N SETIF	CRAAG
36.09	05.07	2.0	--	17/05/2004	16:02:42.1	--	SW SETIF	CRAAG
36.17	05.55	2.5	--	21/05/2004	12:59:49.7	--	E SETIF	CRAAG
36.23	05.50	2.2	--	31/05/2004	17:38:20.7	--	NE SETIF	CRAAG
36.21	05.57	2.7	--	04/06/2004	13:43:01.3	--	NE EULMA	CRAAG
36.48	04.38	4.0	--	23/06/2004	20:27:15.6	--	W AKBOU	CRAAG
36.36	05.28	2.8	--	30/06/2004	14:02:32.3	--	N SETIF	CRAAG
36.27	05.56	2.2	--	18/07/2004	08:04:14.2	--	NE SETIF	CRAAG
36.09	05.31	2.2	--	18/07/2004	14:17:26.7	--	SW SETIF	CRAAG
36.25	05.60	2.8	--	02/08/2004	15:05:54.6	--	NE SETIF	CRAAG
36.48	05.53	2.5	--	05/08/2004	03:54:11.5	--	N KHERRATA	CRAAG

36.24	05.48	2.2	--	11/08/2004	14:51:39.3	--	NE SETIF	CRAAG
36.26	05.37	2.5	--	13/09/2004	17:37:26.8	--	SETIF	CRAAG
36.20	05.38	2.5	--	13/09/2004	21:41:19.2	--	SETIF	CRAAG
36.47	05.46	3.2	--	17/09/2004	08:34:35.5	--	E KHERRATA	CRAAG
36.29	05.16	2.7	--	20/09/2004	15:45:59.0	--	NW SETIF	CRAAG
36.06	05.43	2.8	--	21/09/2004	12:22:56.4	--	S SETIF	CRAAG
36.46	05.15	2.8	--	03/10/2004	15:24:57.1	--	SW KHERRATA	CRAAG
36.26	05.39	2.8	--	12/10/2004	14:19:55.0	--	N SETIF	CRAAG
36.19	05.19	2.2	--	18/10/2004	13:13:57.8	--	W SETIF	CRAAG
36.28	05.55	2.2	--	23/10/2004	14:10:49.3	--	NE SETIF	CRAAG
36.24	05.21	2.2	--	25/10/2004	04:03:46.0	--	NW SETIF	CRAAG
36.32	04.88	3.4	--	25/10/2004	18:52:35.6	--	N GUENZET	CRAAG
36.51	05.14	2.5	--	27/10/2004	14:08:01.1	--	W KHERRATA	CRAAG
36.31	04.96	2.5	--	30/10/2004	20:05:54.9	--	E GUENZET	CRAAG
36.31	04.96	2.5	--	30/10/2004	20:07:24.0	--	E GUENZET	CRAAG
36.19	05.12	2.5	--	06/11/2004	15:25:25.1	--	W SETIF	CRAAG
36.51	05.64	2.8	--	06/11/2004	23:57:41.7	--	E KHERRATA	CRAAG
36.51	04.67	3.5	--	10/11/2004	06:30:07.9	--	NE AKBOU	CRAAG
35.36	06.38	2.7	--	10/11/2004	20:05:58.2	--	SE BATNA	CRAAG
36.43	04.66	2.9	--	14/11/2004	04:05:19.3	--	SE AKBOU	CRAAG
35.78	05.28	2.6	--	19/11/2004	05:24:03.0	--	S SETIF	CRAAG
36.53	05.29	2.5	--	22/11/2004	17:18:36.4	--	NE KHERRATA	CRAAG
36.52	05.46	2.2	--	22/11/2004	17:22:59.4	--	E KHERRATA	CRAAG
36.60	04.71	3.0	--	27/11/2004	12:12:58.3	--	SEDDOUK (BEJAIA)	CRAAG
36.13	05.51	2.8	--	08/12/2004	14:13:04.0	--	SE SETIF	CRAAG
36.44	05.20	3.0	--	10/12/2004	21:18:54.7	--	S KHERRATA	CRAAG
36.30	05.55	2.8	--	23/12/2004	10:07:30.8	--	E SETIF	CRAAG
36.36	05.16	3.2	--	24/12/2004	11:21:24.1	--	E GUENZET	CRAAG
36.35	05.31	2.5	--	25/12/2004	14:14:08.0	--	S KHERRATA	CRAAG
35.95	05.53	2.5	--	04/02/2005	09:15:47.2	--	15km N AIN AZEL	CRAAG
36.16	05.29	2.8	--	05/02/2005	14:23:31.2	--	12km SW SETIF	CRAAG

36.75	04.89	3.1	--	07/02/2005	17:05:25.3	--	08km EL KSEUR	CRAAG
36.38	05.82	2.0	--	17/02/2005	04:58:24.0	--	02km S DJEMILA	CRAAG
36.32	05.36	2.5	--	02/03/2005	15:54:31.8	--	03km N AIN ABESSA	CRAAG
36.32	04.67	3.7	--	03/03/2005	00:10:31.0	--	15km W GUENZET	CRAAG
36.50	05.42	2.8	--	06/03/2005	01:50:05.4	--	12km E KHERRATA	CRAAG
36.35	05.26	2.2	--	07/03/2005	21:09:27.4	--	08km AIN ROUA	CRAAG
35.47	05.89	3.2	--	08/03/2005	14:23:21.5	--	11km N DJEMILA	CRAAG
36.37	05.38	3.6	--	19/03/2005	17:11:25.0	IV	15km SE KHERRATA	CRAAG
36.14	05.49	2.8	--	19/03/2005	22:14:30.3	--	08km SE SETIF	CRAAG
36.42	05.20	2.2	--	21/03/2005	14:45:15.7	--	10km S KHERRATA	CRAAG
36.28	05.55	2.6	--	22/03/2005	18:26:07.2	--	04km BENI FOU DA	CRAAG
36.46	05.54	2.2	--	26/03/2005	14:44:29.4	--	22km E KHERRATA	CRAAG
36.31	05.45	2.2	--	28/03/2005	14:43:29.0	--	08km S AMMOUCHA	CRAAG
36.27	04.43	3.2	--	11/04/2005	12:07:16.8	--	12km S TAZMELT	CRAAG
36.29	05.74	3.0	--	21/04/2005	07:23:33.9	--	13km E BENI FOU DA	CRAAG
35.95	05.36	2.5	--	27/04/2005	15:56:25.2	--	08km SW BIR HADDADA	CRAAG
36.26	05.11	2.7	--	29/04/2005	02:25:00.2	--	10km SW AIN ROUA	CRAAG
35.94	05.42	3.1	--	24/05/2005	23:13:32.0	--	10km N AIN AZEL	CRAAG
36.64	04.84	2.2	--	01/06/2005	17:50:55.1	--	05km S EL-KSEUR	CRAAG
36.15	05.24	3.1	--	03/06/2005	16:02:18.2	III	02km S EL-MEHDIA	CRAAG
36.49	05.33	4.0	--	09/06/2005	15:23:13.8	--	05km SE KHERRATA	CRAAG
36.29	05.55	3.0	--	17/06/2005	08:03:37.3	--	16km NE SETIF	CRAAG
36.42	05.58	2.9	--	17/06/2005	11:55:57.6	--	27km S KHERRATA	CRAAG
36.43	05.74	2.0	--	24/06/2005	11:42:04.5	--	21km N EL-EULMA	CRAAG
36.46	05.42	3.8	--	24/06/2005	15:41:49.7	--	12km SE KHERRATA	CRAAG
36.35	05.69	2.5	--	24/06/2005	17:02:16.8	--	21km N EL-EULMA	CRAAG
36.48	05.44	3.3	--	08/07/2005	22:11:38.8	--	14km SE KHERRATA	CRAAG
36.26	05.69	2.9	--	24/07/2005	08:15:21.0	--	10km N EL-EULMA	CRAAG
36.51	05.49	2.5	--	10/08/2005	21:05:1.8	--	18km W KHERRATA	CRAAG
36.39	05.25	2.2	--	12/08/2005	15:10:02.9	--	10km SE AIN ABESSA	CRAAG
36.26	04.41	2.5	--	31/08/2005	16:24:05.9	--	12km S TAZMELT	CRAAG

36.52	05.15	4.2		06/09/2005	05:38:29.7	IV	12km W KHERRATA	CRAAG
36.78	05.24	2.6	--	11/09/2005	10:09:08.2	--	14km N BEJAIA	CRAAG
36.48	05.11	2.2	--	14/09/2005	14:38:12.7	--	15km W KHERRATA	CRAAG
36.57	05.37	2.8	--	14/09/2005	18:49:06.5	--	12km NE KHERRATA	CRAAG
35.86	05.38	2.2	--	28/09/2005	00:02:08.8	--	08km E SALAH BEY	CRAAG
36.48	05.39	2.5	--	05/10/2005	10:38:02.2	--	10km E KHERRATA	CRAAG
36.32	05.50	2.2	--	19/10/2005	16:24:32.0	--	10km SE AMMOUCHA	CRAAG
36.35	05.43	2.5	--	22/10/2005	15:48:43.9	--	13kmNE AIN ABESSA	CRAAG
36.72	05.31	3.0	--	29/10/2005	10:14:50.2	--	11km N AOKAS	CRAAG
36.31	05.47	2.5	--	31/10/2005	16:22:34.0	--	14km NE SETIF	CRAAG
36.38	04.97	3.9	--	19/11/2005	20:40:23.8	--	13km NE GUENZET	CRAAG
36.26	05.50	2.5	--	10/12/2005	14:43:36.4	--	10km NE SETIF	CRAAG
36.50	05.57	2.2	--	17/12/2005	06:36:28.4	--	08km W KHERRATA	CRAAG
36.34	05.42	2.2	--	17/12/2005	15:12:23.5	--	12kmNE AIN ABESSA	CRAAG
36.49	05.42	3.1	--	27/12/2005	07:05:48.9	--	12km E KHERRATA	CRAAG
36.49	05.94	2.6	--	27/12/2005	13:22:27.8	--	14km NE AMMOUCHA	CRAAG
36.37	05.41	2.2	--	22/01/2006	13:30:22.1	--	01km S AMMOUCHA	CRAAG
36.44	05.40	2.2	--	12/02/2006	03:04:59.6	--	07km N AMOUCHA	CRAAG
36.54	05.23	2.8	--	03/03/2006	13:27:28.6	--	07km NW KHERRATA	CRAAG
36.03	05.33	2.8	--	04/03/2006	19:53:41.0	--	08KM S MEZLOUG	CRAAG
36.33	05.41	2.4	--	15/03/2006	15:40:07.4	--	05km S AMOUCHA	CRAAG
36.46	05.37	2.5	--	20/03/2006	15:26:56.0	--	09km SE KHERRATA	CRAAG
36.65	05.30	5.8	--	20/03/2006	19:44:20.6	VII	05km NW SOUK ELTNINE	CRAAG
36.57	05.40	4.7	--	20/03/2006	19:54:14.0	--	08km NW SOUK ELTNINE	CRAAG
36.67	05.36	3.3	--	20/03/2006	19:59:34.7	--	06km NW SOUK ELTNINE	CRAAG
36.71	05.33	3.1	--	20/03/2006	21:10:06.4	--	05km N SOUK ELTNINE	CRAAG
36.81	05.32	2.8	--	20/03/2006	21:19:30.5	--	21km N SOUK ELTNINE	CRAAG
36.81	05.32	2.6	--	20/03/2006	21:24:10.5	--	21km N SOUK ELTNINE	CRAAG
36.32	05.55	2.6	--	20/03/2006	21:43:07.9	--	13km SE AMMOUCHA	CRAAG
36.77	05.28	3.3	--	20/03/2006	21:55:08.5	--	17km N SOUK ELTNINE	CRAAG
36.77	05.27	2.8	--	20/03/2006	21:57:06.5	--	16km NW SOUK ELTNINE	CRAAG



36.84	05.31	2.6	--	20/03/2006	22:47:39.5	--	23km N SOUK ELTNINE	CRAAG
36.69	05.39	3.1	--	20/03/2006	23:06:32.2	--	10km NE SOUK ELTNINE	CRAAG
36.73	05.31	3.9	--	20/03/2006	23:22:20.2	--	12km N SOUK ELTNINE	CRAAG
36.76	05.31	3.1	--	20/03/2006	23:47:37.0	--	15km N SOUK ELTNINE	CRAAG
36.80	05.29	2.8	--	21/03/2006	23:57:56.5	--	19km N SOUK ELTNINE	CRAAG
36.72	05.34	3.1	--	21/03/2006	00:30:34.7	--	11km N SOUK ELTNINE	CRAAG
36.83	05.31	2.9	--	21/03/2006	01:50:13.4	--	22km N SOUK ELTNINE	CRAAG
36.72	05.24	3.4	--	21/03/2006	02:26:39.9	--	10km N AOKAS	CRAAG
36.82	05.31	2.6	--	21/03/2006	02:30:55.4	--	21km N SOUK ELTNINE	CRAAG
36.82	05.31	3.1	--	21/03/2006	03:59:29.5	--	21km N SOUK ELTNINE	CRAAG
36.87	05.35	2.6	--	21/03/2006	04:55:08.5	--	27km N SOUK ELTNINE	CRAAG
36.62	05.39	2.9	--	21/03/2006	06:17:14.7	--	05km N SOUK ELTNINE	CRAAG
36.73	05.33	3.1	--	21/03/2006	06:31:45.0	--	12km N SOUK ELTNINE	CRAAG
36.58	05.42	2.5	--	21/03/2006	13:43:09.6	--	10km SE SOUK ETNINE	CRAAG
36.67	05.37	3.1	--	21/03/2006	23:41:55.3	--	06km NE SOUK ELTNINE	CRAAG
36.63	05.35	3.0	--	22/03/2006	07:46:00.0	--	02km NE SOUK ELTNINE	CRAAG
36.48	04.68	3.5	--	24/03/2006	21:49:08.3	--	05km S SEDDOUK	CRAAG
36.36	04.86	2.5	--	24/03/2006	22:09:43.0	--	06km NE GUENZET	CRAAG
36.76	05.31	3.5	--	26/03/2006	11:26:27.3	--	16km N SOUK ELTNINE	CRAAG
36.70	05.30	3.9	--	26/03/2006	18:38:08.7	--	09km N SOUK ELTNINE	CRAAG
36.61	05.27	2.0	--	27/03/2006	15:49:38.8	--	03 km SE AOKAS	CRAAG
36.67	05.32	2.7	--	28/03/2006	23:56:59.4	--	06km N SOUK ELTNINE	CRAAG
36.64	05.39	2.4	--	29/03/2006	00:05:14.9	--	06km NE SOUK ELTNINE	CRAAG
36.60	05.43	2.7	--	30/03/2006	00:40:54.8	--	09km N SOUK ELTNINE	CRAAG
36.68	05.45	2.6	--	30/03/2006	12:17:42.5	--	05km NE SOUK ELTNINE	CRAAG
36.55	05.51	2.5	--	31/03/2006	06:13:27.5	--	03km NW SOUK ELTNINE	CRAAG
36.67	05.40	3.0	--	31/03/2006	22:53:56.2	--	05km NE SOUK ELTNINE	CRAAG
36.71	05.43	2.0	--	03/04/2006	04:09:07.8	--	1km W SOUK ETNINE	CRAAG
36.62	05.32	3.5	--	06/04/2006	06:35:06.8	--	23km N SOUK ELTNINE	CRAAG
36.81	05.29	3.5	--	06/04/2006	10:48:46.8	--	14km N SOUK ELTNINE	CRAAG
36.84	05.28	2.2	--	09/04/2006	23:26:26.1	--	N SOUK ELTNINE	CRAAG

36.72	05.38	2.5	--	10/04/2006	23:26:26.1	--	11km N SOUK ELTNINE	CRAAG
36.36	04.69	3.6	--	14/04/2006	00:04:39.5	--	18km SE AKBOU	CRAAG
36.62	05.37	2.5	--	18/04/2006	09:07:19.1	--	10km N SOUK ELTNINE	CRAAG
36.19	05.91	2.8	--	22/04/2006	11:16:59.2	--	06km NE SOUK ELTNINE	CRAAG
36.19	05.89	2.5	--	22/04/2006	01:55:28.3	--	06km E SOUK ELTNINE	CRAAG
36.64	05.40	3.0	--	22/02/2006	02:40:25.1	--	13km NE SOUK ELTNINE	CRAAG
36.62	05.40	3.5	--	22/94/2006	03:14:11.7	--	28km N SOUK ELTNINE	CRAAG
36.74	05.37	3.0	--	22/04/2006	04:33:23.2	--	14km N AOKAS	CRAAG
36.87	05.27	2.5	--	22/04/2006	14:53:14.0	--	15km SW KHERRATA	CRAAG
35.89	05.74	2.2	--	01/05/2006	08:35:59.1	--	NE AIN AZEL	CRAAG
35.52	05.73	2.5	--	07/05/2006	23:28:01.2	--	15km N SOUK ELTNINE	CRAAG
36.51	05.44	2.5	--	11/05/2006	10:39:22.4	--	17km NE AIN AZEL	CRAAG
36.67	05.48	2.5	--	14/05/2006	15:37:46.5	--	02km SW AIN ABESSA	CRAAG
36.29	05.27	2.5	--	18/05/2006	22:25:56.3	--	10km N SOUK ELTNINE	CRAAG
36.62	05.49	2.8	--	18/05/2006	04:34:44.5	--	11km NE DJEMILA	CRAAG
36.59	05.43	4.1	--	23/05/2006	21:46:46.8	--	03km SE KHELOUA	CRAAG
36.49	05.70	2.5	--	27/05/2006	15:56:08.9	--	04km N SOUK ELTNINE	CRAAG
36.22	05.96	2.2	--	27/05/2006	14:14:05.2	--	06km S AMOUCCHA	CRAAG
36.65	05.33	3.0	--	06/06/2006	07:02:34.3	--	10km E KHERRTA	CRAAG
36.70	05.26	2.2	--	08/06/2006	17:09:27.4	--	10km NE SOUK ELTNINE	CRAAG
36.70	05.26	2.5	--	10/06/2006	15:37:04.3	--	06km NE SOUK ELTNINE	CRAAG
36.81	04.02	2.8	--	11/06/2006	09:05:49.0	--	02km SE SOUK ELTNINE	CRAAG
36.66	05.38	3.5	--	12/06/2006	01:53:13.0	--	08km NW KHERRTA	CRAAG
36.35	05.37	2.2	--	13/06/2006	14:22:39.4	--	05km SW AMOUCCHA	CRAAG
36.60	05.23	2.2	--	21/06/2006	14:17:22.9	--	05km NW KHERRATA	CRAAG
35.35	05.20	2.7	--	22/06/2006	18:40:12.1	--	02km NE AIN ROUA	CRAAG
35.75	05.38	3.7	--	26/06/2006	10:26:30.6	--	13km SE SALAH BEY	CRAAG
35.84	05.27	2.2	--	28/06/2006	10:28:57.4	--	03km S SALAH BEY	CRAAG
36.54	04.56	3.3	--	05/07/2006	03:20:02.7	--	10km N AKBOU	CRAAG
36.20	05.65	2.6	--	06/07/2006	16:20:49.3	--	06km W EL-EULMA	CRAAG
36.45	05.93	2.2	--	09/07/2006	11:41:29.9	--	09km NE DJEMILA	CRAAG

36.36	05.27	2.5	--	11/07/2006	17:01:07.8	--	07km N AIN ABESSA	CRAAG
36.86	05.06	3.2	--	18/07/2006	12:24:04.4	--	12km SW TICHY	CRAAG
36.86	05.29	3.3	--	19/07/2006	21:50:17.1	--	N SOUK ELTNINE	CRAAG
36.27	05.56	2.7	--	19/07/2006	15:49:02.0	--	07km NW OUED-DEHEB	CRAAG
36.76	05.33	2.0	--	26/07/2006	15:41:43.5	--	14km N SOUK ELTNINE	CRAAG
36.54	05.29	3.1	--	30/07/2006	20:18:29.9	--	06km N KHERRATA	CRAAG
36.48	05.38	2.5	--	05/08/2006	10:00:29.6	--	09km E KHERRATA	CRAAG
36.35	05.41	2.2	--	06/08/2006	15:00:05.8	--	03km S AMMOUCHA	CRAAG
35.75	05.61	3.3	--	06/08/2006	03:18:21.6	--	14km SE AIN AZEL	CRAAG
36.30	05.35	2.0	--	14/08/2006	14:39:27.7	--	05km NE AIN ABESSA	CRAAG
36.39	05.29	2.5	--	17/08/2006	15:12:31.5	--	11km S KHERRATA	CRAAG
36.47	05.56	4.0	--	26/08/2006	17:44:51.6	--	16km NE AMMOUCHA	CRAAG
36.41	05.55	3.4	--	30/08/2006	14:12:21.6	--	13km NE AMMOUCHA	CRAAG
36.31	05.35	2.0	--	30/08/2006	15:26:11.6	--	05km NE AIN ABESSA	CRAAG
36.50	04.63	2.9	--	03/09/2006	16:06:48.6	--	06km SW SEDDOUK	CRAAG
35.50	05.52	3.0	--	04/09/2006	17:10:34.9	--	16km NE AMMOUCHA	CRAAG
36.36	05.28	2.6	--	08/09/2006	14:50:55.3	--	06km N AIN ABESSA	CRAAG
36.42	05.68	2.3	--	13/09/2006	19:16:52.6	--	10km N DJEMILA	CRAAG
36.60	05.38	2.2	--	29/09/2006	13:18:25.4	--	05km SE SOUK ELTNINE	CRAAG
35.97	05.68	2.5	--	06/10/2006	09:45:18.6	--	20km NE AIN AZEL	CRAAG
36.57	05.26	2.7	--	14/10/2006	06:30:13.0	--	03km W DERGUINA	CRAAG
36.64	05.55	2.5	--	25/10/2006	23:30:39.0	--	14km NE AMMOUCHA	CRAAG
36.45	05.87	2.2	--	15/11/2006	16:43:17.2	--	08km NE DJEMILA	CRAAG
36.45	04.74	3.5	--	29/11/2006	08:57:54.2	--	10km SE SEDDOUK	CRAAG
36.22	04.92	3.0	--	01/12/2006	20:50:07.1	--	12km SE GUENZET	CRAAG
36.34	05.25	3.0	--	13/12/2006	23:03:15.8	--	06km E AIN ROUA	CRAAG
36.83	05.25	2.4	--	09/01/2007	19:31:22.3	--	18km NE BEJAIA	CRAAG
36.64	05.38	4.1	--	10/01/2007	09:41:57.3	--	11km NE KHERRATA	CRAAG
36.27	05.84	2.2	--	10/01/2007	09:45:24.7	--	11km S DJEMILA	CRAAG
36.61	05.33	2.2	--	10/01/2007	09:43:08.4	--	14km N KHERRATA	CRAAG
36.58	05.37	2.5	--	12/01/2007	19:30:46.1	--	13km NE KHERRATA	CRAAG

36.31	05.83	2.3	--	13/01/2007	14:15:44.5	--	10km SE DJEMILA	CRAAG
36.33	05.45	2.8	--	22/01/2007	14:14:37.0	--	06km SE AMOUCHA	CRAAG
36.30	05.51	2.5	--	27/01/2007	14:24:11.4	--	12km SE AMOUCHA	CRAAG
36.37	05.74	2.2	--	29/01/2007	05:32:16.0	--	08km SW DJEMILA	CRAAG
36.32	05.32	2.5	--	05/02/2007	15:39:05.9	--	04km NE AIN ABESSA	CRAAG
36.38	05.37	2.5	--	12/02/2002	14:32:16.9	--	11km NE AIN ABESSA	CRAAG
36.60	05.44	2.4	--	25/02/2007	20:26:14.3	--	09km SE SOUK ELTNINE	CRAAG
36.49	05.26	2.5	--	05/03/2007	14:31:01.6	--	01km N KHERRATA	CRAAG
36.30	05.51	2.3	--	07/03/2007	15:36:49.4	--	12km SE AMOUCHA	CRAAG
36.35	05.40	2.3	--	13/03/2007	15:51:07.3	--	04km SW AMOUCHA	CRAAG
36.43	05.42	2.4	--	14/03/2007	14:37:15.9	--	05km N AMOUCHA	CRAAG
36.28	05.38	2.4	--	27/03/2007	15:58:56.3	--	08km SE AIN ABESSA	CRAAG
36.34	05.47	2.2	--	28/03/2007	14:39:15.8	--	07km SE AMOUCHA	CRAAG
36.20	05.64	2.2	--	07/04/2007	07:59:31.7	--	07km NE EL EULMA	CRAAG
36.37	05.39	2.2	--	17/04/2007	13:42:17.6	--	03km SW AMOUCHA	CRAAG
36.42	05.39	2.2	--	28/04/2007	14:50:27.7	--	04km NW AMOUCHA	CRAAG
36.53	05.21	2.4	--	13/05/2007	15:03:03.3	--	03km NE AIN ROUA	CRAAG
36.30	05.83	2.6	--	18/05/2007	10:39:58.5	--	08km SE DJEMILA	CRAAG
36.34	05.74	2.7	--	23/05/2007	22:09:05.9	--	10km SW DJEMILA	CRAAG
36.32	05.79	3.5	--	23/05/2007	23:23:41.8	--	07km SW DJEMILA	CRAAG
36.35	05.74	2.7	--	23/05/2007	23:31:21.6	--	09km SW DJEMILA	CRAAG
36.28	05.44	2.2	--	30/05/2007	14:45:29.8	--	11km NE SETIF	CRAAG
36.50	04.74	2.9	--	03/06/2007	12:17:05.0	--	09km NW BENI OUARTILANE	CRAAG
36.50	04.78	4.0	--	03/06/2007	13:04:49.8	--	07km N BENI OUARTILANE	CRAAG
36.37	05.38	2.5	--	09/06/2007	14:23:31.7	--	04km SW AMOUCHA	CRAAG
36.27	05.48	2.0	--	13/06/2007	22:28:58.5	--	11km NE SETIF	CRAAG
36.68	05.26	2.5	--	24/06/2007	20:12:38.5	--	06km N AOKAS	CRAAG
36.22	05.32	2.2	--	25/06/2007	20:11:02.8	--	08km NW SETIF	CRAAG
36.62	05.18	4.9	--	27/06/2007	01:22:09.6	--	05km S TICHY	CRAAG
36.31	05.35	2.4	--	01/07/2007	16:01:05.9	--	05km SE AIN ABESSA	CRAAG
36.26	05.16	2.5	--	02/07/2007	15:12:50.5	--	05km S AIN ROUA	CRAAG

36.16	05.65	2.5	--	03/07/2007	18:48:41.4	--	05km NW EL EULMA	CRAAG
36.33	05.41	2.0	--	04/07/2007	14:22:57.4	--	05km S AMOUCHA	CRAAG
36.27	05.17	2.5	--	09/07/2007	15:02:08.0	--	07km S AIN ROUA	CRAAG
36.39	05.35	2.2	--	21/07/2007	14:27:39.6	--	13km SE KHERRATA	CRAAG
36.31	05.24	2.5	--	25/07/2007	15:09:53.5	--	05km SE AIN ROUA	CRAAG
36.34	05.41	2.0	--	25/07/2007	15:51:41.5	--	04km S AMOUCHA	CRAAG
36.35	05.32	4.1	--	31/07/2007	13:37:46.1	--	12km NE AIN ROUA	CRAAG
36.45	05.43	2.6	--	02/08/2007	21:26:49.9	--	07km N AMOUCHA	CRAAG
36.63	05.29	2.7	--	04/08/2007	19:49:11.5	--	03km E AOKAS	CRAAG
36.35	05.41	2.3	--	22/08/2007	14:43:06.1	--	03km S AMOUCHA	CRAAG
36.34	05.21	2.2	--	26/08/2007	14:45:33.1	--	03km NE AIN ROUA	CRAAG
36.22	05.56	2.4	--	09/09/2007	15:47:05.6	--	13km NE SETIF	CRAAG
36.27	05.39	2.2	--	12/09/2007	15:23:17.4	--	13km NE SETIF	CRAAG
36.51	05.35	3.6	--	15/09/2007	09:34:10.5	--	06km NE KHERRATA	CRAAG
36.38	05.34	2.2	--	16/09/2007	16:48:03.1	--	13km SE KHERRATA	CRAAG
36.26	05.52	2.2	--	19/09/2007	17:07:04.6	--	12km NE SETIF	CRAAG
36.36	05.39	2.5	--	26/09/2007	16:24:16.7	--	03km SW AMOUCHA	CRAAG
36.28	05.51	2.4	--	30/09/2007	16:18:54.5	--	13km SE AMOUCHA	CRAAG
36.25	05.56	2.2	--	03/10/2007	16:40:47.3	--	15km NE SETIF	CRAAG
36.50	05.20	3.1	--	07/10/2007	06:02:42.8	--	07km W KHERRATA	CRAAG
36.27	05.39	2.5	--	07/10/2007	16:24:05.4	--	09km SE AIN ABESSA	CRAAG
36.33	05.42	2.5	--	10/10/2007	16:29:46.6	--	05km SW AMOUCHA	CRAAG
36.34	05.43	2.7	--	17/10/2007	17:41:22.7	--	05km S AMOUCHA	CRAAG
36.39	05.34	2.2	--	24/10/2007	14:44:26.3	--	06km W AMOUCHA	CRAAG
36.22	05.48	2.5	--	10/11/2007	16:10:41.4	--	06km NE SETIF	CRAAG
36.08	05.33	2.4	--	12/11/2007	10:56:17.5	--	10km S AIN ARNET	CRAAG
36.41	05.54	4.1	--	22/11/2007	17:51:01.7	--	10km NE AMOUCHA	CRAAG
36.28	05.26	3.0	--	24/12/2007	11:15:05.6	--	03km NE AIN ABESSA	CRAAG
36.42	05.31	2.8	--	30/12/2007	15:06:51.0	--	08km NE KHERRATA	CRAAG
36.69	05.04	2.6	--	09/01/2008	02:31:44.7	--	08km SW BEJAIA	CRAAG
36.47	05.35	3.8	--	15/01/2008	11:49:30.4	IV	07km SE KHERRATA	CRAAG

36.35	05.31	2.4	--	23/01/2008	15:19:09.6	--	06km NE AIN ABESSA	CRAAG
36.28	05.83	2.6	--	01/02/2008	20:20:00.2	--	19km NE EL EULMA	CRAAG
36.21	05.29	3.2	--	27/02/2008	15:38:13.5	--	03km NW AIN ARNET	CRAAG
36.39	05.14	3.2	--	13/03/2008	02:47:47.6	--	08km NE BOUGAA	CRAAG
36.56	05.18	2.5	--	26/03/2008	14:25:32.3	--	12km S TICHY	CRAAG
36.34	05.42	2.6	--	09/04/2008	14:45:36.2	--	04km S AMOUCHA	CRAAG
36.41	05.30	2.6	--	27/04/2008	15:02:55.2	--	09km SE KHERRATA	CRAAG
36.45	05.76	3.3	--	04/05/2008	21:49:19.6	--	10km NW DJEMILA	CRAAG
36.14	05.65	2.5	--	05/05/2008	15:51:58.1	--	10km NW EL EULMA	CRAAG
36.43	05.43	2.7	--	07/05/2008	15:53:50.6	--	04km NE AMOUCHA	CRAAG
36.43	05.40	2.0	--	25/05/2008	10:26:58.9	--	05km NW AMOUCHA	CRAAG
36.48	04.83	3.3	--	31/05/2008	21:10:19.0	--	06km NE BENI OUARTILANE	CRAAG
36.58	05.24	3.5	--	09/06/2008	18:06:52.2	III	06km S AOKAS	CRAAG
36.19	05.69	2.9	--	10/06/2008	14:56:21.8	--	05km N EL EULMA	CRAAG
36.31	05.46	2.4	--	18/06/2008	14:28:15.4	--	09km SE AMOUCHA	CRAAG
36.76	05.23	3.8	--	19/06/2008	22:06:01.5	IV	13km E BEJAIA	CRAAG
36.41	05.42	2.9	--	02/07/2008	15:45:59.3	--	03km N AMOUCHA	CRAAG
36.28	05.41	2.1	--	12/07/2008	04:24:52.3	--	13km NE SETIF	CRAAG
36.53	05.33	2.9	--	14/07/2008	11:48:06.6	--	07km NE KHERRATA	CRAAG
36.33	05.54	2.5	--	16/07/2008	17:03:14.6	--	12km SE AMOUCHA	CRAAG
36.23	05.38	2.8	--	18/07/2008	00:21:32.2	--	05km NW SETIF	CRAAG
36.40	05.49	3.2	--	25/07/2008	17:00:34.6	--	05km NE AMOUCHA	CRAAG
36.39	05.34	2.3	--	27/07/2008	16:22:40.3	--	11km NE AIN ABESSA	CRAAG
36.47	05.26	2.1	--	30/07/2008	16:08:48.6	--	02km SW KHERRATA	CRAAG
36.34	06.02	2.9	--	01/08/2008	21:58:09.6	--	18km SE DJEMILA	CRAAG
36.37	05.40	2.7	--	06/08/2008	15:59:05.1	--	02km SW AMOUCHA	CRAAG
36.45	05.30	2.6	--	13/08/2008	17:30:27.3	--	05km SE KHERRATA	CRAAG
36.44	05.79	2.6	--	15/08/2008	16:36:16.5	--	07km NW DJEMILA	CRAAG
36.33	05.51	2.2	--	20/08/2008	17:30:06.8	--	10km SE AMOUCHA	CRAAG
36.29	05.21	2.7	--	25/08/2008	16:16:25.8	--	05km SE AIN ROUA	CRAAG
36.57	05.23	3.1	--	02/09/2008	14:49:20.4	--	07km S AOKAS	CRAAG

36.70	05.09	3.5	--	06/09/2008	14:38:32.7	--	06km S BEJAIA	CRAAG
36.48	05.33	2.3	--	21/09/2008	15:35:12.5	--	04km SE KHERRATA	CRAAG
36.47	05.55	2.7	--	23/09/2008	22:07:17.7	--	15km NE AMOUCHA	CRAAG
36.35	05.51	2.4	--	24/09/2008	15:33:44.0	--	09km SE AMOUCHA	CRAAG
36.51	05.95	2.8	--	25/09/2008	04:32:03.7	--	17km NE DJEMILA	CRAAG
36.29	05.82	2.7	--	05/10/2008	07:56:50.8	--	10km S DJEMILA	CRAAG
36.47	05.90	2.7	--	09/10/2008	01:49:35.6	--	11km NE DJEMILA	CRAAG
36.34	05.96	2.7	--	12/10/2008	21:22:30.0	--	12km SE DJEMILA	CRAAG
36.33	05.52	2.6	--	15/10/2008	16:07:42.9	--	11km SE AMOUCHA	CRAAG
36.38	05.75	2.6	--	18/10/2008	17:06:19.4	--	07km SW DJEMILA	CRAAG
36.43	05.38	2.7	--	22/10/2008	15:50:59.7	--	06km NW AMOUCHA	CRAAG
36.27	05.92	3.1	--	24/10/2008	08:24:08.3	--	16km SE DJEMILA	CRAAG
36.32	05.50	2.5	--	29/10/2008	16:00:21.5	--	10km SE AMOUCHA	CRAAG
36.44	05.34	2.7	--	03/11/2008	14:39:26.3	--	08km SE KHERRATA	CRAAG
36.48	05.60	2.9	--	09/11/2008	04:30:42.4	--	20km NE AMOUCHA	CRAAG
36.55	05.02	4.0	--	27/11/2008	17:38:20.4	IV	06km SE BARBACHA	CRAAG

**Tableau 2 :** Sismicité historique de la région de Sétif et ses environs (catalogues les séismes de l'Algérie 2002, 2008)

## Résumé :

La région des Babors a connu plusieurs séismes modérés à faible magnitude. L'activité sismique est assez continue comme plusieurs événements sismiques sont enregistrés annuellement dans cette région. Les Babors affectés par plusieurs failles qui s'étaient produit durant la compression des phases alpines. Résultantes de la convergence entre les plaques Africaine et Eurasienne. Parmi eux la faille de Kherrata qui décrite par Rothé (1950) après le séisme de 17 Février 1949. Elle est probablement responsable de la majorité de l'activité sismique de la région.

Le séisme de Lâalam de 20 Mars 2006, a eu lieu dans cette région. Afin de suivre l'activité des répliques, un réseau sismique temporaire a été installé dans la région pendant 16 jours. L'activité des répliques est générée par une nouvelle faille. Ce qui indique que la géométrie de la faille principale dans la région des Babors est complexe. Cet événement semble d'être produit sur un segment relais de direction NS entre la partie Est et la partie Ouest situé dans la région du massifs de Petite Kabylie.

L'activité sismique durant l'année 2007 est toujours intense du côté de Kherrata. Il y'a l'apparition des zones sismogènes au Sud de Sétif c.à.d. le grand accident de direction NW-SE qui limite la zones des Hauts Plateaux avec les Hauts Plaines constantinoise, la zone située à l'Est de Sétif.

Il faut mieux connaitre la répartition spatiale de la sismicité dans la région d'étude pour une meilleure évaluation de l'Aléas sismique qui permettra de réduire le risque sismique.

**Mots clés :** Sismicité, Atlas tellien, Faille, Kherrata, séismotectonique, les Babors.

## المخلص:

منطقة البابور عرفت الكثير من الهزات الزلزالية منها المتوسطة و الضعيفة. النشاط الزلزالي مستمر حيث الكثير من الزلازل مسجلة كل عام في هذه المنطقة.

منطقة البابور تآثرت بالعديد من التشققات الناتجة عن اقتراب الصفيحتين الإفريقية و الاسيوية. منها تشقق خراطة التي وصفت من طرف روثي (1950) بعد زلزال 17 فيفري 1949. هذا التشقق محتمل أن يكون مسؤول عن أغلبية النشاطات الزلزالية في هذه المنطقة.

في هذه المنطقة وقع زلزال لعلام في 20 مارس 2006. من اجل تتبع نشاط ارتدادات هذا الزلزال وضعت شبكة زلزالية مؤقتة لهذا الغرض في المنطقة لمدة 16 يوم. تبين أن نشاط الارتدادات مولد من طرف تشقق جديد.

هذا يدل على أن هندسية التشقق الرئيسي في منطقة البابور معقد.

هذه الظاهرة الزلزالية ممكن أن تكون ناتجة عن مقطع في اتجاه شمال-جنوب بين الجزء الشرقي و الجزء الغربي الواقع في منطقة القبائل الصغرى.

يعتبر النشاط الزلزالي في عام 2007 بمنطقة خراطة كثيف والملاحظ أيضا ظهور مناطق زلزالية بمنطقة جنوب سطيف يعني التشقق الكبير شمال غرب-جنوب شرق الذي يحد الهضاب العليا مع السهول العالية القسنطينية، المنطقة الواقعة شرق سطيف.

يجب المعرفة الجيدة للتوزيع الفضائي للزلازل في المنطقة المدروسة من أجل تقدير الصدفة الزلزالية للتقليل من الخطر الزلزالي.

## كلمات المفتاح :

توزيع الزلازل، الأطلس ألتلي، تشقق، خراطة، البابور.