



CRAAG Infos

Trimestrielle d'informations

Octobre 2025

N°78

Numéro Spécial
(SURE-MED 2025)

Commémoration du séisme de Constantine **27 octobre 1985, M.s: 6.0**

A lire dans ce numéro



- **Micro sismicité et évaluation du risque sismique : Enseignements du séisme de Constantine (27 octobre 1985)**
Par Pr Abdallah Bounif.
Pages 4 - 10
- **Le Réseau de Surveillance Sismologique Algérien : De l'ATSN vers l'ADSN**
Par Dr Hamoud Beldjoudi, Directeur du CRAAG. Pages 11 - 15
- **Abrégé de la réévaluation de la sismicité historique de la région nord-est de l'Algérie, son catalogue des séismes historiques et les séismes significatifs du Constantinois du 20^e siècle.** Par Dr Amel Sebai, Yasmina Rouchiche . Pages 16 - 18
- **Constantine 1985 : Quarante ans après, un regard institutionnel sur la sismicité régionale : État des connaissances avant et après le séisme du 27 octobre 1985.**
Par Dr Issam Abacha
Pages 19 - 20



SOMMAIRE



Au service des Sciences de
la Terre et de l'Univers et
du développement durable



CRAAG

Route de l'Observatoire,
BP 63, 16340, Algérie,
Tél.(213) 023 18 90 98/99,
Fax (213) 023 18 91 01
Site web

www.craag.dz

Email :

comiteredaction@craag.dz

Rédacteur en chef :

Abderrezak BOUZID

**Coordination et
réalisation:**

Zohra SID

Equipe de rédaction :

Djounai BABA AISSA,
Hamoud BELDJOU DI,
Redouane CHIMOUNI,
Faiza DEBABHA,
Abdelhakim MAHSAS,
Yassine RAHMANI

Editorial

Page 3

Au cœur du séisme

Pages 4 - 10

Micro sismicité et évaluation du risque sismique : Enseignements du séisme de Constantine (27 octobre 1985) Par Pr Abdallah BOUNIF.

Réseau National

Pages 11 - 15

Le Réseau de Surveillance Sismologique Algérien : De l'ATSN vers l'ADSN. Par Dr Hamoud Beldjoudi, Directeur du CRAAG

Sismicité historique

Pages 16 - 18

Abrégé de la réévaluation de la sismicité historique de la région nord-est de l'Algérie, son catalogue des séismes historiques et les séismes significatifs du Constantinois du 20^e siècle. Par Dr Amel Sebai et Yasmina Rouchiche

Commémoration

Pages 19 - 20

Constantine 1985 : Quarante ans après, un regard institutionnel sur la sismicité régionale : État des connaissances avant et après le séisme du 27 octobre 1985. Par Dr Issam Abacha

Bilan du Symposium International

SURE-MED 2025

Pages 21 - 24

(Risques Sismiques, Urbanisation & Résilience en Méditerranée Occidentale) Constantine, 27-29 octobre 2025. Par Dr Issam Abacha

Conventions

Page 25



Cérémonie d'ouverture de SURE MED 2025. © CRAAG

Par Hamoud Beldjoudi

Le 27 octobre 1985 un séisme de magnitude $M=6.0$ a secoué la ville de Constantine et ses environs. Même de magnitude modérée, ce séisme a fait quelques victimes et quelques dégâts à Constantine et sa périphérie. Ce tremblement de terre vient s'ajouter au catalogue de sismicité algérienne, exactement 05 années et 17 jours après celui d'El-Asnam (Chlef) de 1980 de magnitude forte $M=7.2$. Le séisme de Constantine est venu nous rappeler que notre pays et plus précisément le Nord Algériens est exposé à ce type d'aléa. Il est impératif de bien comprendre l'aléa sismique et le suivre afin de préserver les vies humaines et les biens. Un réseau de surveillance sismologique de 32 stations a été installé et puis densifié (80 stations) a permis de suivre et comprendre le phénomène sismique dans notre pays. Plusieurs projets et papiers scientifiques sont venus satisfaire la curiosité scientifique et donner de réponses à certaines questions posées par le passé. Actuellement les sismologues algériens connaissent la majorité des sources sismogènes et leurs potentiels sismiques. Le symposium SURE-MED, viens s'inscrire dans ce contexte de la réduction du risque sismique en Algérie et autour du bassin méditerranéen pour des villes plus sûres et résilientes face à l'aléa sismique. Le SURE-MED a permis à la communauté scientifique algérienne et internationale de se rencontrer et de partager les dernières avancées scientifiques dans le domaine de compréhension de l'aléa et de la réduction du risque sismique.

Dans ce numéro spécial nous commémorons le 40^{ème} anniversaire du séisme de Constantine, un événement qui a marqué l'histoire de la sismicité de l'Algérie, et enrichit son catalogue par ses enseignements, sa nature et ses caractéristiques. Il réunit quatre contributions complémentaires qui, à la fois, revivent cette étape importante et mettent en lumière les progrès scientifiques qu'il a suscités.

Tout d'abord, le Professeur Bounif, de l'USTHB, présente une analyse des principales caractéristiques du séisme. Ensuite, Le Docteur Beldjoudi, Directeur du CRAAG, propose un aperçu synthétique de l'évolution du réseau de surveillance sismologique algérien ; il montre comment, depuis les années 1980, le réseau a évolué progressivement et comment il s'est modernisé. Par ailleurs, Mmes Sebai et Rouchiche, de l'équipe de sismologie historique du CRAAG, apportent un éclairage rétrospectif sur la sismicité de l'Est algérien, et replacent ainsi le séisme de 1985 dans une perspective historique plus large. De plus, le Docteur Abacha, sismologue à la Station Expérimentale de Sétif, dresse un état actualisé des connaissances sismologiques et géophysiques de la région, offrant ainsi une lecture scientifique contemporaine de la tectonique régionale. Enfin, le numéro se clôt par une synthèse des travaux du symposium Risques Sismiques, Urbanisation & Résilience en Méditerranée Occidentale (SURE-MED), organisé par le CRAAG à Constantine en octobre dernier, et consacré aussi à la commémoration du séisme de 1985 ; il établit ainsi un lien naturel entre mémoire, recherche et résilience.

Nous vous en souhaitons une excellente lecture.

The image is a composite graphic for the SURE-MED symposium. On the left, there is a circular logo for 'CONSTANTINE 2025 SURE-MED INTERNATIONAL SYMPOSIUM' featuring a suspension bridge. Below it, the text reads 'International Symposium on Seismic Risk, Urbanization, and REsilience In the Western MEDiterranean'. The main title 'SURE-MED' is in large blue letters, followed by 'International Symposium' and the dates 'October 27-29, 2025 | Constantine, Algeria'. At the bottom left are logos for CRAAG and other partners. On the right, a map shows seismic stations labeled with codes like J19, EA20, BH20-1, SD17-2, SD17-1, BH20-2, KI17, K20, M07, HD17, HD09, C85, HD07, AZ20, EM10-1, EM10-2, and BS16. A legend indicates 'Faults Geol. Far'. The background on the right is a photograph of the Bab el Bhar suspension bridge in Constantine, Algeria. The website 'www.craag.dz/Constantine2025' is visible in the top right corner.



*Micro sismicité et évaluation du risque sismique :
Enseignements du séisme de Constantine (27 octobre 1985)*

*Par Professeur Abdallah Bounif
USTHB - FSTGAT, Bab-Ezzouar, Alger, Algeria
Corresponding Author Email:
abd2bnf@gmail.com & m.bounif6@usthb.dz*

Résumé

L'Atlas Tellien, bordure sud de la chaîne alpine, est une zone de sismicité modérée à forte liée à la convergence Afrique-Eurasie. Le séisme de Constantine du 27 octobre 1985 (M=6) constitue un événement majeur ayant fourni des données instrumentales et macrosismiques précieuses. L'objectif de cette étude est de mieux comprendre les mécanismes de rupture à travers l'analyse de la microsismicité, de la tomographie sismique locale et du tenseur des contraintes régional afin d'apporter des éléments utiles à l'évaluation du risque sismique dans cette région de Constantine.

L'analyse spatio-temporelle des répliques a montré une distribution selon trois segments de faille, traduisant, ainsi, une rupture complexe. L'inversion des temps de parcours des répliques a permis d'établir un modèle tomographique 3D, mettant en évidence un contraste de vitesses sismiques, marqué entre les dépôts superficiels (< 4 km/s) et les nappes telliennes plus rigides (> 5 km/s). La relocalisation des répliques a révélé une concentration de la sismicité dans les zones à vitesses > 5,5 km/s, confirmant l'implication de structures profondes.

Les solutions focales composites indiquent un mécanisme de coulissage pur avec un axe de tension orienté E-W, cohérent avec une structure en échelon. La carte isoséiste met en évidence une intensité maximale (VII) entre El-Khroub et Beni-Yacoub, avec une zone de dégâts enveloppée par les essaïms des répliques. La destruction sélective de murs orientés E-W confirme un déplacement horizontal dominant.

Ces résultats suggèrent que les séismes majeurs de la région se répètent systématiquement sur les mêmes tronçons de la faille.

L'intégration de la micro sismicité, de la tomographie sismique, des données macrosismiques et des ruptures de surface apparaît essentielle pour affiner la cartographie sismotectonique et renforcer l'évaluation du risque sismique dans cette région de Constantine.

Mots-clés : *sismicité, vitesse sismique, mécanismes focaux, champ de contraintes, isoséistes, risque sismique, traces de surfaces, Constantine.*

Le séisme de Constantine du 27 Octobre 1985 (M = 6.0) :

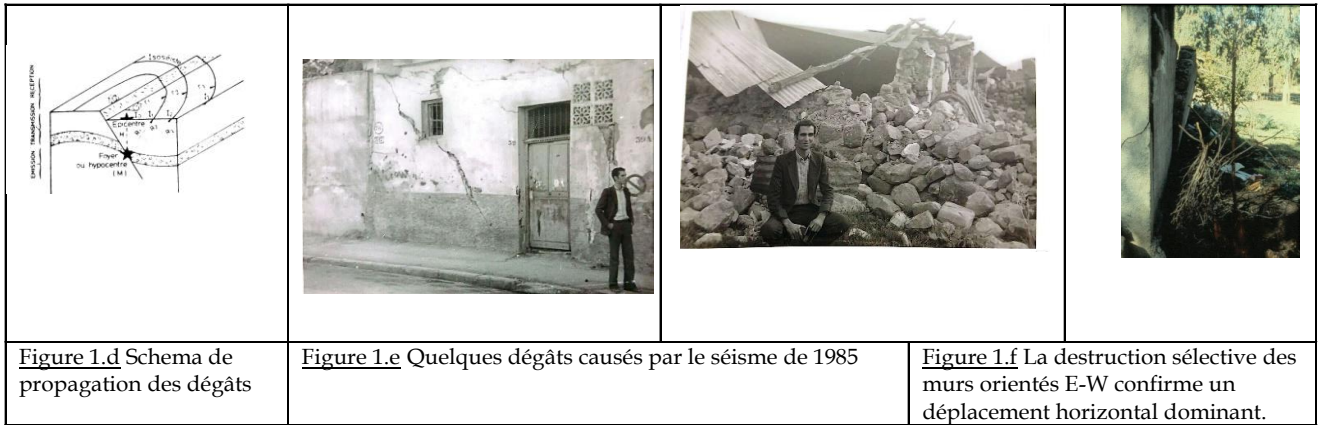
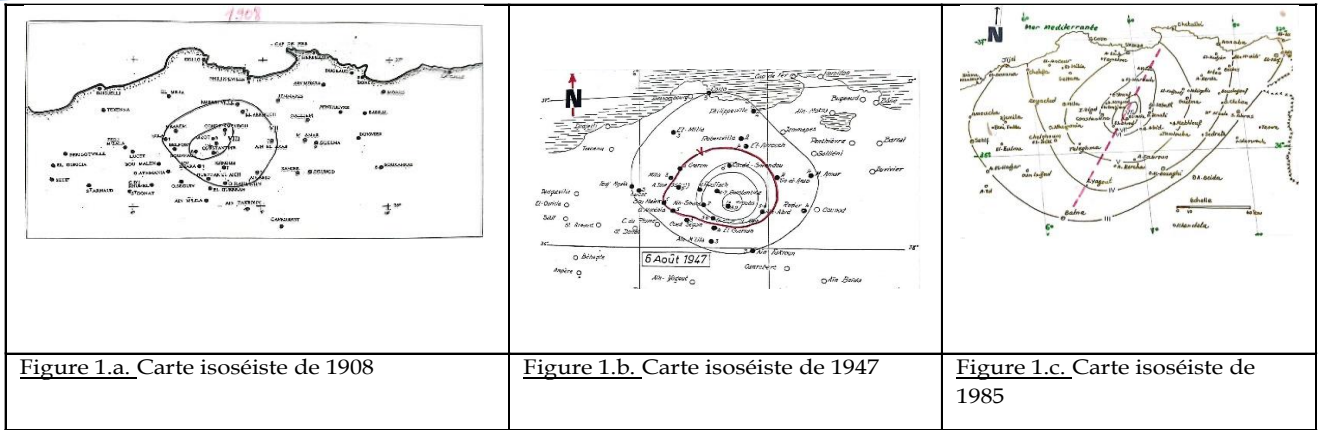
Le 27 octobre 1985, un séisme de magnitude modérée s'est produit près de Constantine (36.46°N, 6.76°E, profondeur = 10 km, Ms = 5.9 données de NEIC). Il était l'événement le plus fort enregistré depuis 1947 dans la partie orientale de l'Atlas Tellien. Le mécanisme focal du choc principal obtenu par la modélisation des ondes P et SH montre une faille décrochante sénestre suivant une direction N217° et de plongement 84° vers le NW (Deschamps et al., 1991). Ce mécanisme est compatible avec la solution déterminée partir de la lecture directe des premiers mouvements, de la distribution des répliques et des traces de la faille, observées en surface (BOUNIF et al, 1987). Un examen des failles quaternaires, dans la région, indique que la surface de rupture peut correspondre à la continuité nord-est de la faille d'Aïn Smara.

Séismes historiques de Constantine

Trois séismes historiques ont été signalés dans cette region. Il s agit de ceux de 1908 (M=5.1), 1947 (M=5.3) et de 1985 (M=5.9). Ceci correspond à une récurrence d'environ 39 ans. Ce qui indique un risque élevé, qui suggère l'établissement d'une carte sismotectonique dans la region.

Etudes macrosismiques : D'après les cartes isoséistes établie pour les séismes de Constantine (figure 1.a,b,c) on constate ce qui suit:

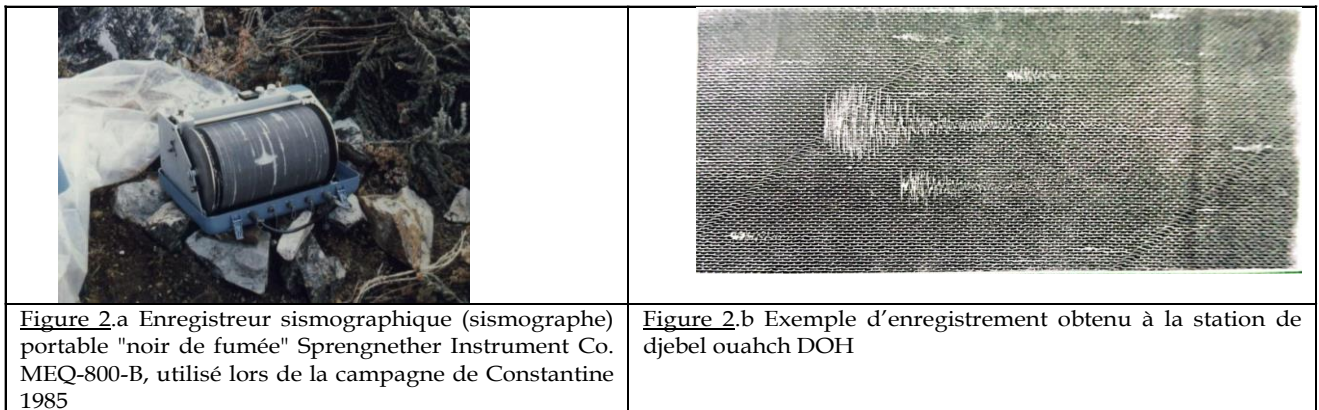
- 1- La répartition des intensités macrosismiques où le séisme a été ressenti et a causé éventuellement des dégâts.
 - 2- Le Rayon de la surface macrosismique dépasse 130 km (I=3).
 - 3- L'Intensité maximale (VIII) est atteinte dans une zone comprise entre El-Khroub et Beni-Yacoub.
 - 4- Seulement les murs orientés E-W ont été détruits ou inclinés. Ceci pour indiquer le déplacement horizontal du sol montrant un mouvement de coulissage horizontal. Ce qui traduit la nature superficielle du séisme confirmée par les essaïms des épïcêtres
 - 5- La zone des dégâts est enveloppée par les essaïms des épïcêtres des répliques de 1985. Des exemples sont donnés en figures 1d,e,f
 - 6- Le resserrement des isoséistes VI, VII et VIII traduit la nature superficielle du séisme et explique l'ampleur des dégâts.
 - 7- La magnitude (5.9) et la profondeur focale (h=13 km) sont conformes aux valeurs instrumentales.
- De la comparaison des cartes isoséistes (1908 et 1947) on constate :
- a- La direction différente de l'allure des lignes isoséistes (NE-SW,1985 et ENE-WSW, 1947).
 - b- Le Rayon macrosismique= 90 km (1947 (IV)) qui est d'environ 15 km plus petit que celui de 1985. Ce qui est Relatif à la différence de magnitude des deux séismes (5.3 pour 1947 et 5.9 pour 1985).



Acquisition des données sismologiques sur terrain

Trois jours après le choc principal un réseau de 10 stations portables de type MEQ 800 (figure.2.a), a été installé dans la région épiscopentrale pour enregistrer les séquences des répliques (figure 2.b). Ces stations ont fonctionné durant plus de trois semaines, du 30 octobre au 23 Novembre. Quelques-unes ont été déplacées pendant la campagne, afin que 15 sites distincts soient occupés.

La géométrie du réseau (figure 3) a été conçue pour la détermination des hypocentres, avec une bonne couverture azimutale et de courtes distances épiscopentrals relatives à la séquence des répliques



Distribution des répliques

Durant cette campagne, environ 1500 événements ont été enregistrés. Une première étude concernant 150 répliques a été publiée par BOUNIF et al (1987). Une étude sur l'ensemble des données a été présentée dans la thèse de BOUNIF (1990) et résumé dans l'article de Deschamps et al., (1991).

La distribution spatiale des épiscopentres définit une zone de rupture de 30 km de long et de 2 km de large (figure 3). Celle-ci est orientée NE-SW. La géométrie de la distribution des répliques est caractérisée par une bonne distribution des stations et de courte distance épiscopentrale

La distribution des répliques projetées sur un plan horizontal montre un remarquable allongement de la répartition de la sismicité, orientée, essentiellement NE-SW compatible à la direction principale de la faille donnée par les mécanismes de rupture. L'examen de la distribution des répliques met en évidence trois segments de rupture, caractérisés par des différences dans leur orientation générale et la profondeur des événements correspondants.

Comme il n'existe aucun modèle de structure en vitesse sismique pour cette région, alors un modèle de deux couches a été choisi pour localiser les hypocentres. Ceci cause d'importantes incertitudes sur les positions finales des foyers, et en particulier sur leurs profondeurs.

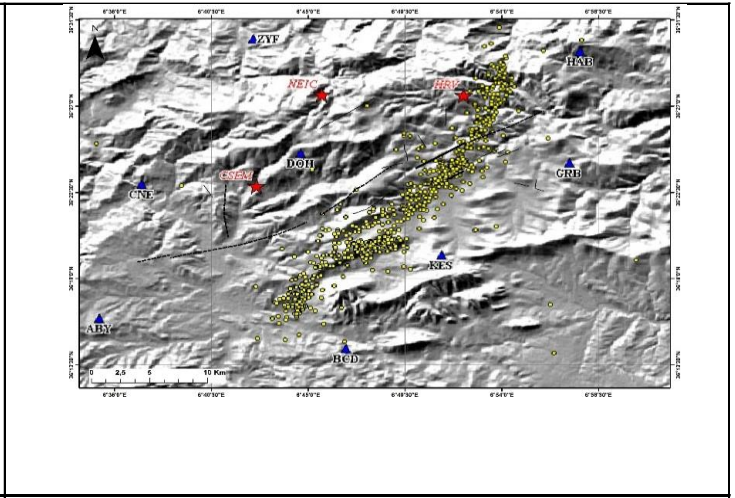
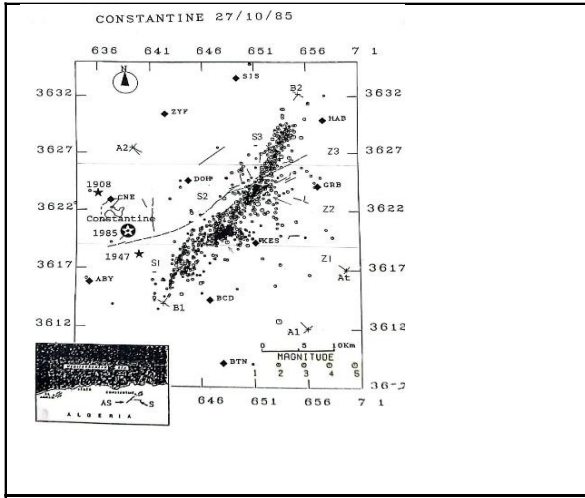


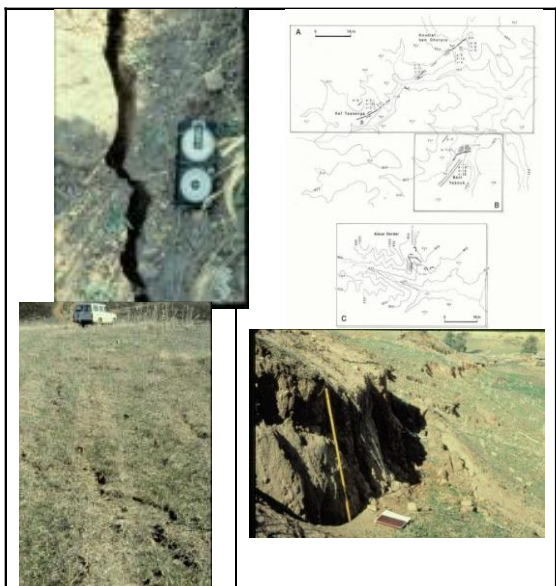
Figure.3. Répartition spatiale des répliques et traces de surface

Figure 5. Carte topographique et distribution des répliques et des traces de surface

Géologie et traces de surface cartographiées

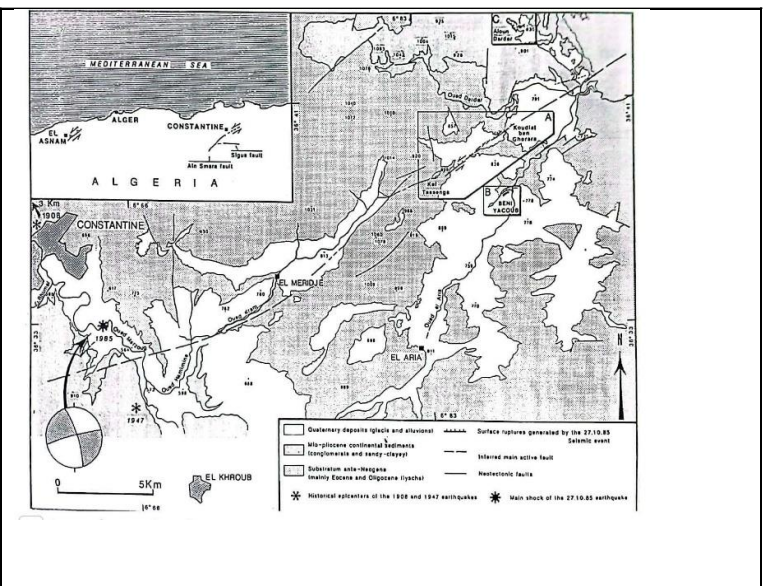
La géologie de la région est dominée par les structures de nappes qui se sont développées pendant le Crétacé supérieur et principalement le Paléogène et qui résultent d'une orogénèse Alpine (figure 4.a). Les ruptures de surface (figure 4.a,b,c) observées et cartographiées, après le séisme principal du 27.10.1985, affectent les dépôts du Quaternaire moyen et supérieur, et sont alignées suivant une direction NE-SW, qui est celle de la surface principale faillée associée au séisme. Ces dépôts se trouvent en discordance sur un substrat composé principalement de flysch éocène (Coiffait et al., 1997 ; Vila., 1980) et qui est affecté par plusieurs failles orientées dans la même direction (BOUNIF et al., 1987).

Les Ruptures de surface ont une longueur totale de 4.5 km, dont le Segment principal de 3.8 km (figures 4.b et c). Le mouvement correspond à un décrochement sénestre (N55°E). Cet alignement est compatible avec la faille d'Aïn-Smara (figure 5). Les zones secondaires B et C, situées à Aïoun-Dardar, correspondent à un graben d'environ 1 m.



Figures 4.b. traces de surface

Figures 4.c. Traces de surface et éboulement de terrain



Figures 4.a. Carte géologique et traces de surface

Structure de vitesse 3D et relocalisation des répliques

L'estimation de la structure en vitesses dans la région où s'est produit le séisme de Constantine, est obtenue après avoir réalisé une inversion des données du temps de parcours des répliques. Le modèle de vitesse, ainsi, obtenu est utilisé pour relocaliser les hypocentres avec une bonne précision. Ce qui mène à une image améliorée de la distribution des répliques ; et donc une meilleure compréhension du processus de rupture.

L'inversion simultanée des données des ondes P des temps de propagation des séismes locaux a permis, ainsi, de déterminer les emplacements de ces séismes et la structure 3D de vitesse sismique de la croûte supérieure dans la région de Constantine.

La zone d'étude (Figures 6.a,b,c) est une région rectangulaire 50km*72km. L'axe a un azimuth de 56° de l'Est vers le Nord de sorte à ce qu'il soit aligné en moyenne avec la faille principale définie par la distribution des répliques dans cette région (figure 5).

Ces données, de tomographie, consistant en 751 événements, 15 stations, et presque 5622 temps de parcours lus, sont obtenues à partir d'enregistrements de sismogrammes par un réseau sismologique portable, d'intervention, et inversées en utilisant la version modifiée du programme d'inversion itérative simultanée 3D de Thurber.

Nous disposons à cet effet d'un programme développé par C. Thurber (1983), modifié par D. Eberhart-Phillips (1986) et adapté par nos soins.

La localisation de plus de 751 des répliques à l'aide d'un nombre de stations sismologiques supérieur ou égal à 6, nous a conduit à dire que tous les séismes ont été déterminés avec un résidu moyen (RMS) inférieur à 0.55 sec dont plus de 98% avec un $RMS \leq 0.3$ sec.

Les résultats consistent en une inversion des résidus des temps de parcours des répliques du séisme de Constantine survenu le 27.10.1985 et corrélés avec les structures géologiques de surface. On observe, alors, que plusieurs anomalies en grande vitesse sont localisées en dessous des structures de Djebel Ouahch et de Sigus, symétriquement à la vallée du Khroub. Celles-ci peuvent être corrélées avec les formations anciennes (du numidien). Au nord de la région, une anomalie de faible vitesse est observée.

La région est intéressante parce que des failles actives sont disposées en échelon suivant la direction SW-NE. Elles marquent la zone de jeune topographie, et de bonne distribution spatiale de la sismicité.

Les images de tomographie (figures 6.b,c) sont bien résolues aux profondeurs de 8 et 12 km et précisent des contrastes de vitesse significatifs en dessous des failles de Béni Yacoub, El aria et de Ain Smara, et des vitesses des sédiments basses dans la vallée qui s'étend du Khroub (SW) au nord de Ouled Hababa (NE) qui débouche sur le barrage de Zerdaza au nord où l'on constate un changement brusque de la direction de la faille vers le nord. A cet emplacement apparaissent en surface les traces de la faille principale et les foyers sismiques sont situés sur un plan de faille vertical (figure 6.c).

Les séismes ainsi relocalisés indiquent que les portions de la faille principale ne sont pas toutes verticales, bien que nous ne puissions pas complètement exclure la possibilité que toute ou partie de ces résultats est dû aux problèmes de tracé de rai.

Le modèle topographique prévoit une subsidence extensive dans les régions caractérisées par de faibles vitesses dans le matériel superficiel, vraisemblablement le résultat d'une récente sédimentation.

Certains détails de la topographie à la disposition en échelon des failles néotectoniques ne sont pas concordants avec le modèle des résultats, suggérant ainsi que la disposition actuelle de cette "échelonnement" ait changé avec le temps.

Le modèle prévoit aussi que ces parties de la faille sont sujet à contraction ou extension perpendiculaire à un glissement de la faille dans le sens de la composante dip-slip. Dans chaque localité, le mouvement vertical relatif croissant de la faille est concordant avec le glissement et les localisations hypocentrales.

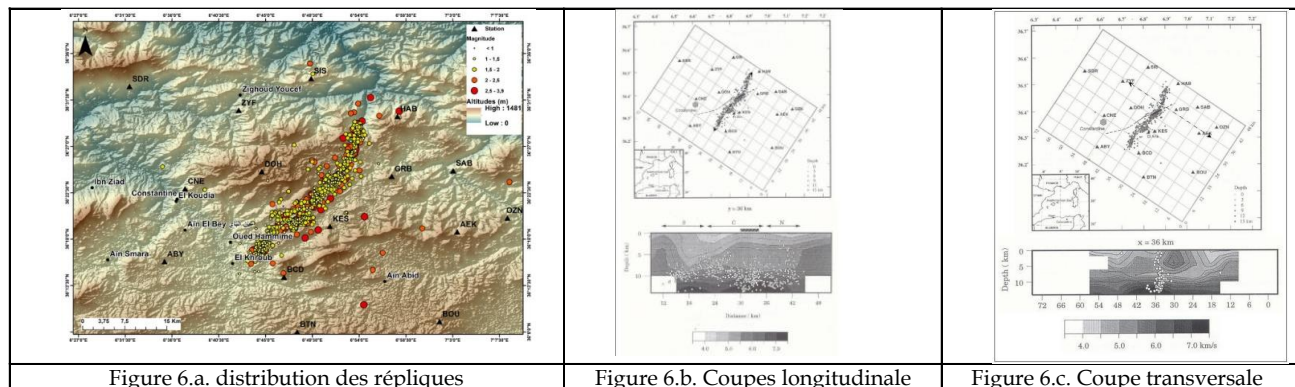


Figure 6.a. distribution des répliques

Figure 6.b. Coupes longitudinale

Figure 6.c. Coupe transversale

Mécanisme composites des répliques.

Vu l'importance de la détermination des mécanismes à la source des événements qui permet d'analyser la relation entre la sismicité et la tectonique de la région qui permet de confirmer, également, la direction et le pendage des segments de faille S1, S2 et S3, et vue le nombre insuffisant de premiers mouvements pouvant servir à l'établissement des mécanismes focaux individuels, la méthode du mécanisme composite a été utilisée. Celle-ci est basée sur l'addition des premiers mouvements de plusieurs événements afin de déduire le mécanisme moyen à la source.

Les solutions obtenues (figures 7.a,b) pour les différentes zones de la région sont similaires à celles obtenues pour le choc principal (figure 7.c). Cette structure est compatible avec la structure en échelon correspondant à un grand mouvement vertical au centre.

Elles correspondent à de purs coulissages avec un axe de tension orienté E-W. Toutefois, on observe plusieurs phases inconsistantes ; ce qui montre la limitation de cette méthode.

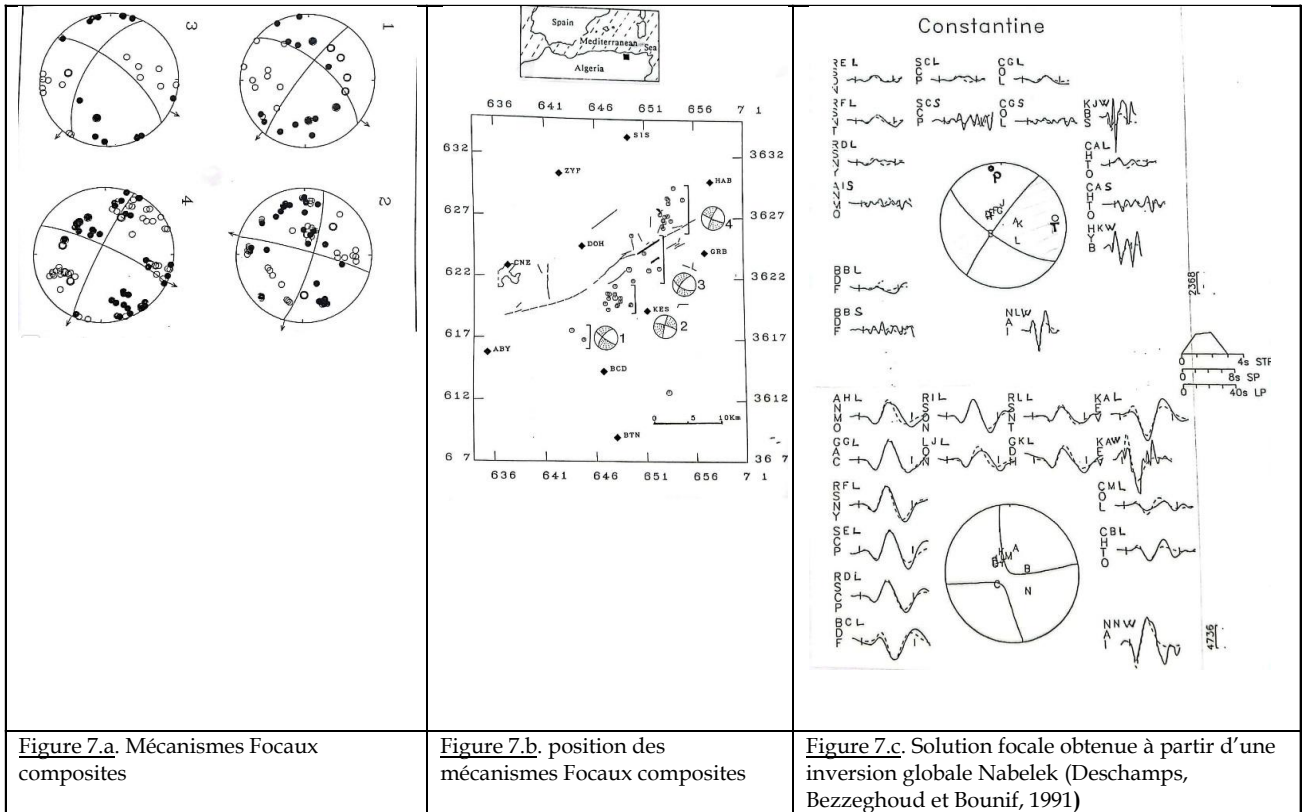


Figure 7.a. Mécanismes Focaux composites

Figure 7.b. position des mécanismes Focaux composites

Figure 7.c. Solution focale obtenue à partir d'une inversion globale Nabelek (Deschamps, Bezzeghoud et Bounif, 1991)

Calcul du mécanisme focal du choc principal par Inversion des données large bande

Les enregistrements du réseau courte période sont très rapidement saturés et inutilisables pour décrire l'évolution postérieure de la rupture. En dehors des enregistrements accélérométriques sur place. Ce sont les enregistrements large bande du réseau mondial qui vont nous permettre d'obtenir de l'information sur le processus complet de la rupture. Les ondes P et SH enregistrées à des distances supérieures à 30° et 38° respectivement ont été utilisées pour l'inversion globale du moment sismique de la fonction source et du mécanisme focal.

Bien que les données ne soient pas nombreuses il y'a une bonne couverture azimutale. Ce qui est important pour les failles en décrochement. Ces enregistrements proviennent des stations WWSSN et GDSN (longues et courtes périodes).

Les ondes P courtes périodes sont utilisées pour contraindre la profondeur de l'événement. La procédure d'inversion de Nabelek (1984), version Mc Coffrey et Aber (1988), qui minimise au sens des moindres carrés le signal observé et le sismogramme synthétique a été utilisée. Profondeur, paramètres des plans nodaux et fonction source sont inversés simultanément à partir des données longues périodes. Les paramètres 'à priori' sont pris de la solution CMT.

En général, dans le cas des évènements en décrochement de magnitude intermédiaire (moyenne), les ondes P ont des petites amplitudes et sont peu bruitées mais les ondes SH sont très bien enregistrées et les plans nodaux sont très bien contraints. La meilleure solution obtenue est $\phi=217^\circ$, $\delta=84^\circ$, $\Gamma=19^\circ$ à une profondeur de 9 km (figure 7.c). Très similaire à la solution de départ, la fonction source n'est pas très bien contrainte par les longues périodes. Une faible couverture azimutale des courtes périodes, une faible amplitude et une complexité du signal ne permettent pas une plus grande précision de la rupture. Pour cela, une solution avec une simple pulse de 3 secondes a été choisie.

La figure 7.c. montre la comparaison entre les signaux observés et synthétiques par station distribués autour de la sphère focale et le résultat obtenu pour les plans nodaux des ondes P et ceux des ondes SH.

Ainsi, la solution obtenue montre une composante décrochante senestre dont le pendage est quasi-vertical. Ce résultat corrèle assez bien avec les mécanismes obtenus par différentes méthodes ; à savoir : la direction des ruptures de surface observées sur le terrain et la distribution des répliques (figure 5) ainsi que l'alignement des isoséistes (figure 1.c). Ce résultat est représenté en figure 7.c (Deschamps et al., 1991) où l'on observe les solutions focales obtenues à partir d'une inversion globale (Nabelek, 1984) des ondes de volume (P en haut et SH en bas). Le résultat principal est l'existence de failles de pur coulissage de direction NE-SW, essentiellement, dans cette région de Constantine.

Détermination de l'état de contraintes dans la région de Constantine

La recherche de mécanismes au foyer des événements caractérisant la sismicité de la région de Constantine a été effectuée conjointement avec la recherche du tenseur des contraintes régional à l'aide de l'algorithme mis au point par Rivera et Cisternas (1990).

La méthode repose sur les trois hypothèses fondamentales suivantes où l'on suppose que :

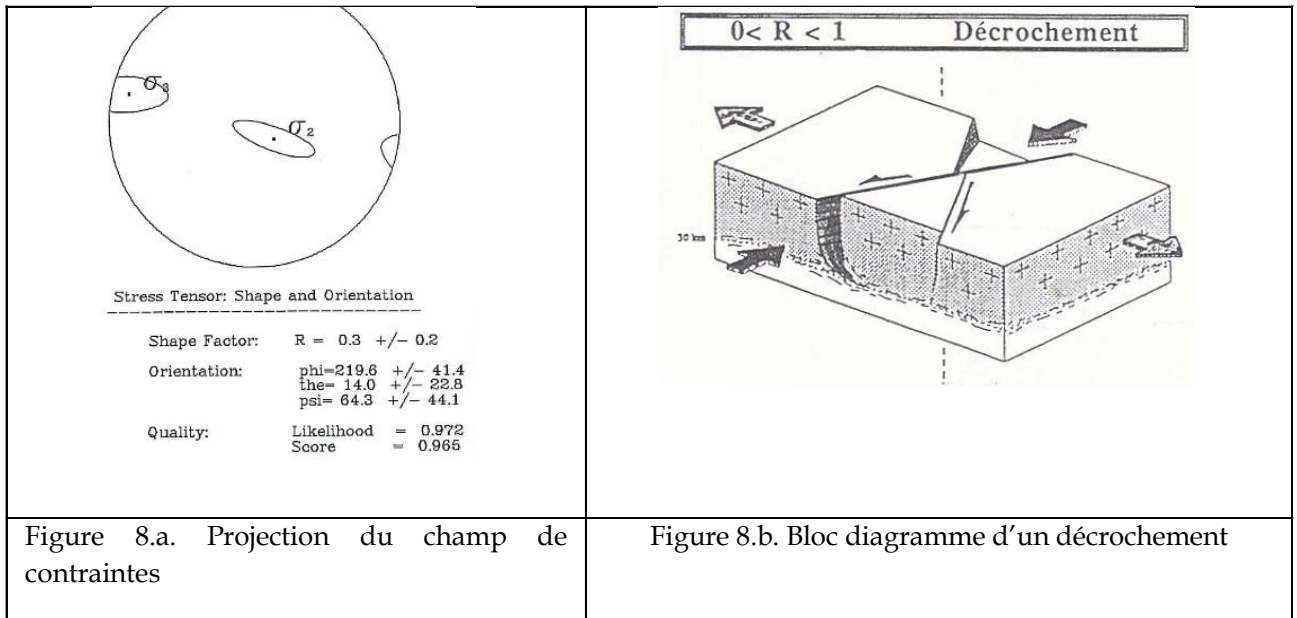
1. le glissement sur le plan de faille se fait selon la direction et le sens de la contrainte cisailante appliquée.
2. l'ensemble des séismes considérés est compatible avec un même tenseur des contraintes, et
3. la relation liant les séismes au tenseur des contraintes régional ne dépend pas de la magnitude des séismes (condition d'auto-similarité).

Ces résultats sur l'état des contraintes dans la région de Constantine sont les premiers obtenus avec des données courte période d'un réseau local au nord de l'Algérie.

Nous avons, ainsi, obtenu un aperçu de l'état actuel des contraintes à Constantine tel qu'il découle des données de nos observations

La méthode utilisée permet la détermination d'un tenseur compatible avec les polarités d'un ensemble de séismes. Mais, il peut également être utilisé avec des données de microtectonique afin de vérifier sa cohérence avec celles-ci.

Ce tenseur (figure 8.a) a une direction presque N-S de contrainte horizontale principale σ_1 maximale, une direction de contrainte verticale principale minimale σ_3 et une direction presque E-W de contrainte principale horizontale σ_2 . Dans ce cas, le facteur de forme est $(\sigma_3 - \sigma_2) / (\sigma_1 - \sigma_2)$ et sa valeur égale à 0.3 est typique d'un régime décrochant triaxial (figure 8.b).



Conclusion

Cette étude menée sur le séisme de Constantine du 27.10.1985, montre l'étroite relation qui peut exister entre la tectonique de surface et la sismicité initiée en profondeur. Les failles peuvent être, reliées à la profondeur focale, à la distribution des répliques, à l'allongement des isoséistes et aux mécanismes de déformations.

Les ruptures de surface observées dans la région épiscopale de Constantine peuvent être associées à la distribution des répliques. Les dégâts engendrés sont en accord avec celle-ci. Notons que dans l'ensemble la direction privilégiée de destruction est orientée E-W. La carte isoséiste met en évidence une intensité maximale (VII) entre El-Khroub et Beni-Yacoub, avec une zone de dégâts enveloppée par les essais des répliques

Ces résultats suggèrent que les séismes majeurs de la région se répètent systématiquement sur les mêmes tronçons de la faille. L'intégration de la micro sismicité, de la tomographie sismique et des données macrosismiques apparaît essentielle pour affiner la cartographie sismotectonique et renforcer l'évaluation du risque sismique dans cette région de Constantine.

Publications sur le séisme de Constantine du 27.10.1985

1. BOUNIF, A., HAESSLER, H and MEGHRAOUI, M., 1987. The Constantine (northeast Algeria) earthquake of October 27, 1985: surface ruptures and aftershock study. *Earth and Planetary Science Letters*, 85 (1987) 451-460.
2. DESCHAMPS, A., BEZZEGHOUD, M. And BOUNIF, M.A., 1991. Seismological study of the Constantine (Algeria) earthquake (27 octobre 1985). *Publication I.G.N. Monografia n°8*, p. 163-173.
3. BOUNIF, M.A. and DORBATH, C., 1998. Three dimensional velocity structure and relocated aftershocks for the 1985 Constantine, Algeria (Ms=5.9) earthquake. *Annali di geofisica*, vol. 41, N. 1 April 1998, pp. 93-104.
4. BOUNIF, M.A., 1990. Études sismotectoniques en Algérie du nord : Contribution à l'étude d'un tronçon de la chaîne Tellienne à partir des répliques du séisme de Constantine du 27.10.1985. Thèse de Magister, USTHB.
5. BOUNIF, M.A., 2004. Contribution à la sismogénèse : études détaillées des mécanismes de rupture au nord de l'Algérie. Thèse de doctorat d'état, I USTHB.
6. plusieurs conférences....
7. MEGHRAOUI, M., 1988. Géologie des zones sismiques du nord de l'Algérie : paléo sismologie, tectonique active et synthèse sismotectonique Thèse de doctorat d'état, paris.

Remerciements :

Il m'est agréable de remercier tous ceux qui ont organisé, avec succès, cette rencontre scientifique en hommage à tous ceux qui ont subi les désagréments qu'a causé ce séisme du 27 octobre 1985. Je cite Mr BELDJOUDI, le Directeur du CRAAG, ainsi que tous ses collaborateurs, ABBACHA, BENDJAMAA et autres qui m'ont invité à témoigner à cet événement.

Je tiens, plus particulièrement, à remercier tous ceux qui m'ont accompagné lors de notre intervention sur terrain juste après le choc majeur du 27 octobre 1985. Je cite MM MEGHRAOUI, LAMMALI, BEN AZOUZ, BEGHOUL, FERKOUL, TALBI, BOUGHACHA, OUYED et autres.

Les autorités locales de Constantine : Mr le wali SIDI SAÏD qui a mis tous les moyens logistiques à notre disposition ainsi que les services de la protection civile de Constantine, Le commandant BOUDRAA et le lieutenant AMIAR, qui nous ont bien accueillis au sein de leur équipe.

C'est donc grâce au dévouement de toute l'équipe qu'on a pu, pour la première fois, réaliser, avec succès, une campagne d'intervention sur terrain purement Algérienne.

C'est aussi avec beaucoup d'émotion que je dédie, ce modeste travail, en hommage à celui qu'on considère tous comme père de la sismologie Algérienne : Feu Hadj BENHALLOU ; qu'il repose en paix.

Le Réseau de Surveillance Sismologique Algérien : De l'ATSN vers l'ADSN
Par Hamoud Beldjoudi
Directeur du CRAAG

Introduction

Les réseaux de surveillance sismologique dans le monde ont évolué avec le développement technologique qu'a connu l'humanité. Avant l'invention du sismomètre, la localisation de l'épicentre se faisait à partir du constat des dégâts observés sur les constructions, les humains et la nature et on attribuait l'intensité maximale (Echelle de I à XII) à la région la plus endommagée, c'est ce que nous appelons l'épicentre macrosismique. Après l'an 1900, l'humanité a vu, l'invention du sismomètre ; Instrument qui mesure le déplacement et la vitesse du sol, causés par un événement sismique. L'installation de plusieurs sismomètres à la fois dans une région donnée, s'appelle un réseau de surveillance sismologique. Ces réseaux ont la mission de localiser les épicentres, les hypocentres (profondeurs) et calculent la quantité d'énergie libérée par le séisme, ce qui permet de calculer la magnitude du tremblement de terre.

La sismicité de l'Algérie est décrite par plusieurs catalogues sismiques selon deux périodes : (1) la période historique ou généralement nous trouvons des descriptions des dégâts maximums causés par le séisme, (2) la période instrumentale, où les réseaux de surveillance sismique ont été installés un peu partout dans les régions où l'activité sismique est enregistrée et surveillée et cela dès le début du 20^{ème} siècle.

Le Réseau de Surveillance Sismologique en Algérie

Les premiers instruments de mesure des séismes (sismomètres) ont été inventés au début du 20^{ème} siècle. En Algérie la première station sismologique a été installée en 1910 au site Alger-Bouzaréah (Mokrane et al., 1994). La deuxième station a été installée en 1935 sur le barrage d'Oued Fodda dans la région du Chélif (région d'El Asnam, où s'est produit le séisme du 10/10/1980) et une autre station a été installée dans la région de Sétif (région Est) en 1958 (Figure 1), ce qui a permis de voir les traits de la sismicité de l'Algérie au fur et à mesure que ce réseau se développait et se densifiait. Une carte de sismicité compilée de 1365 à 1979 regroupe les épicentres macrosismiques et instrumentaux et montre une répartition des séismes sur la partie nord de l'Algérie ; partie marine, Atlas tellien et Hauts plateaux. La Figure 2, montre que tout le nord de l'Algérie est concerné par cet aléa naturel à savoir la partie marine, le Tell Atlas, les hauts plateaux ainsi qu'une partie de l'Atlas saharien. Plus le réseau de surveillance sismique est dense (contient plusieurs stations) et plus le nombre de séismes localisés devient important (magnitude de complétude).

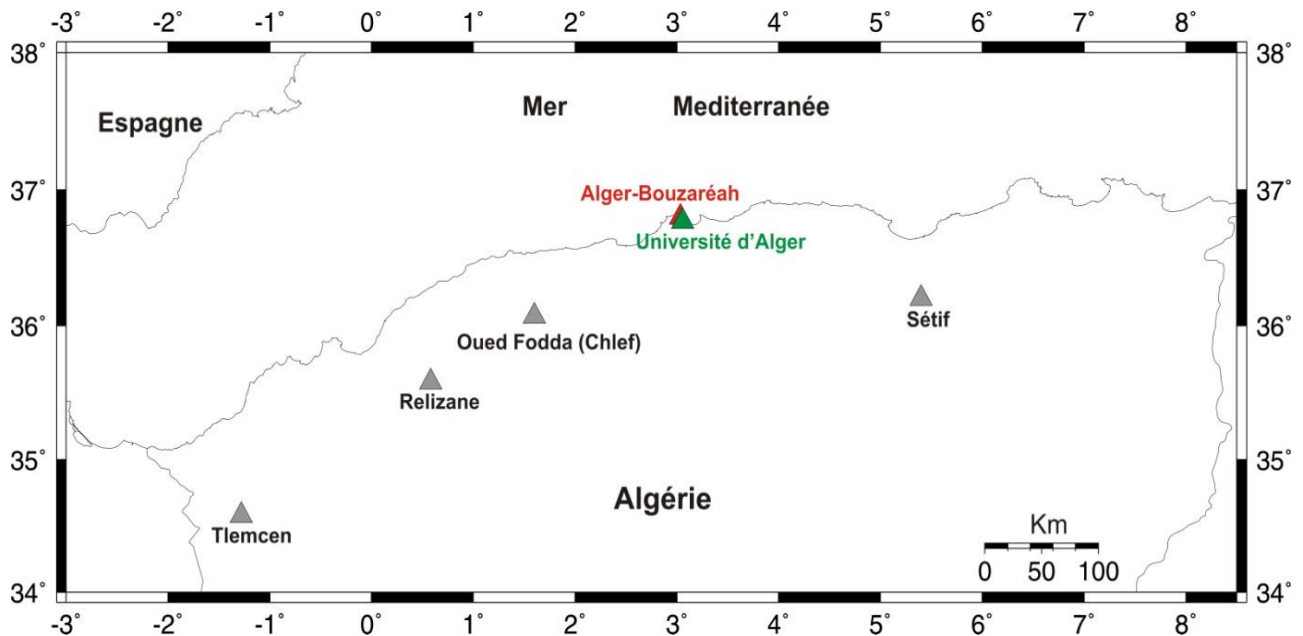


Figure 1 : Le réseau de surveillance sismologique Algérien 1900-1962(Beldjoudi 2017).

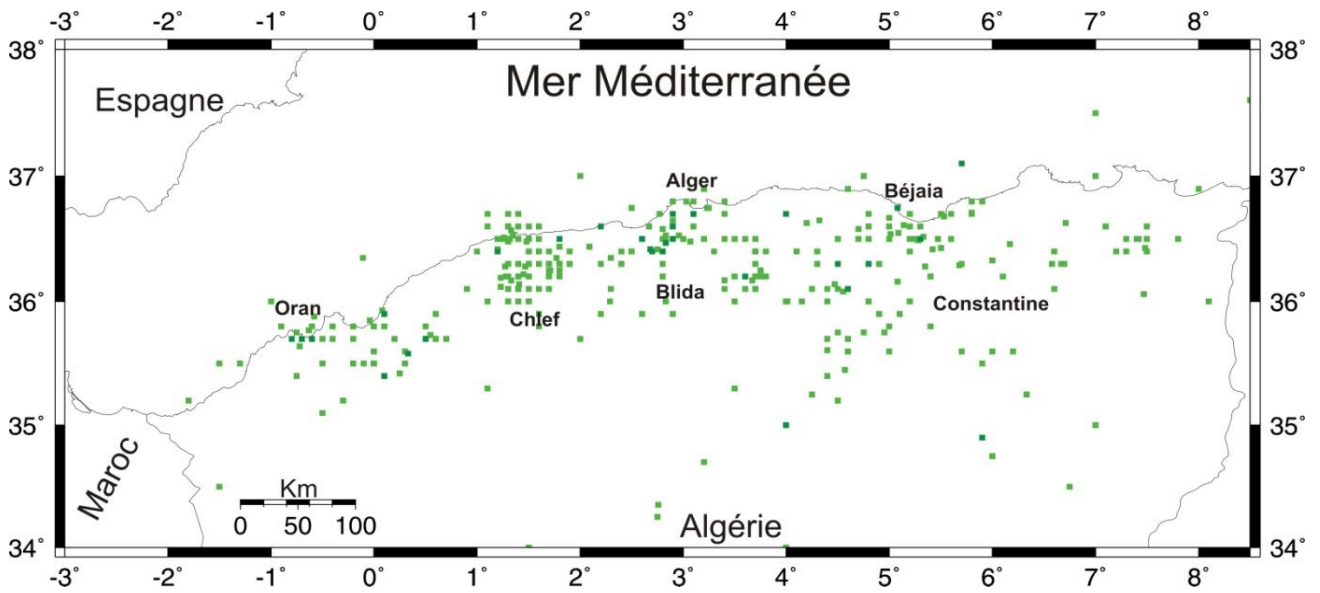


Figure 2 : Carte des séismes localisés entre 1365-1979 (Beldjoudi, 2017).

Suite au séisme d'El Asnam ($M_s=7.3$) du 10 octobre 1980, le réseau de surveillance sismologique qui existait déjà en Algérie a été densifié et on a vu le nombre de stations sismologiques augmenté jusqu'à 32 stations courtes périodes. Ce réseau (ATSN : Algerian Telemetric Seismic Network) assurait une transmission de la donnée sismique par ondes radio réparties suivant quatre régionales : Alger, El Asnam (Béni-Rached), Oran et Constantine (Figure 3).

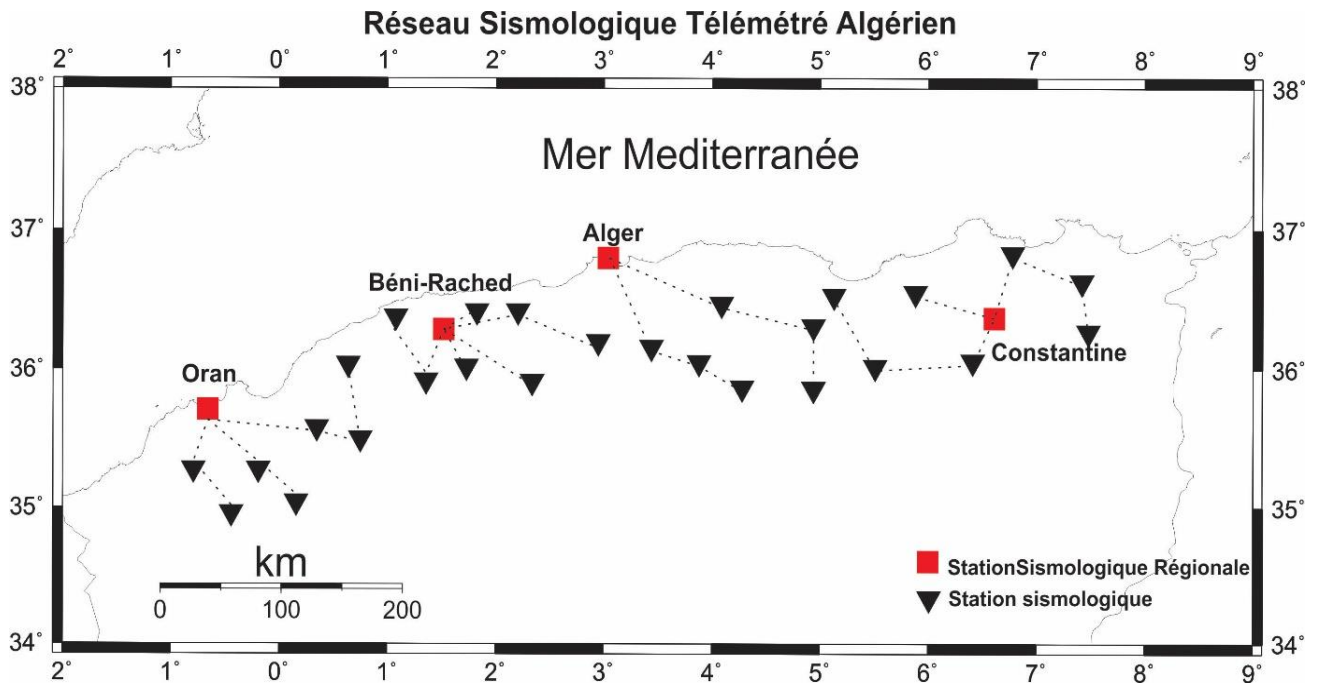


Figure 3 : Réseau Sismologique Télémétré Algérien (ATSN, Bezzeghoud et al., 1994)

Chaque régionale est constituée d'une station courte période à trois composantes et est reliée à une dizaine de sites (1 composante) par voie hertzienne d'une réception hertzienne transmet les enregistrements continus sur Alger. Ce réseau est devenu opérationnel après le séisme d'El-Asnam (1980). La sismicité enregistrée durant cette période est localisée sur la partie Nord de l'Algérie, ce qui confirme les traits de la sismicité déjà trouvée dans notre pays (**Figure 4**).

Une partie du réseau a été détruite suite aux événements qu'a connu notre pays entre 1992 et 1999. Depuis 1999, le CRAAG a commencé la réhabilitation des sites endommagés et détruits. Le séisme de Boumerdes du 21 mai 2003 a été l'événement qui a permis l'acquisition du matériel sismologique numérique suite à une collaboration avec la République Démocratique de Chine au travers ses institutions de recherche. Ces nouvelles stations acquises au nombre de dix ont permis une densification et une modernisation de l'ancien réseau et un nouveau système de transmission de la donnée sismique par satellite (VSAT) a été introduite (Yelles-Chaouche et al., 2013). Un signal numérique arrive en temps réel au serveur du CRAAG. Une localisation automatique est opérationnelle depuis le mois de décembre 2006. Un premier séisme qui s'est produit dans la région de Tadjena au nord de Chélif de magnitude 5.0 a été localisé (Longitude, Latitude, Magnitude, profondeur et temps origine de la secousse) grâce à ce nouveau réseau sismologique numérique Algérien (**ADSN : Algerian Digital Seismic Network**) nouvellement installé composé pour un premier temps par une dizaine de stations large bandes de type GEODEVICE (**Figure 5**).

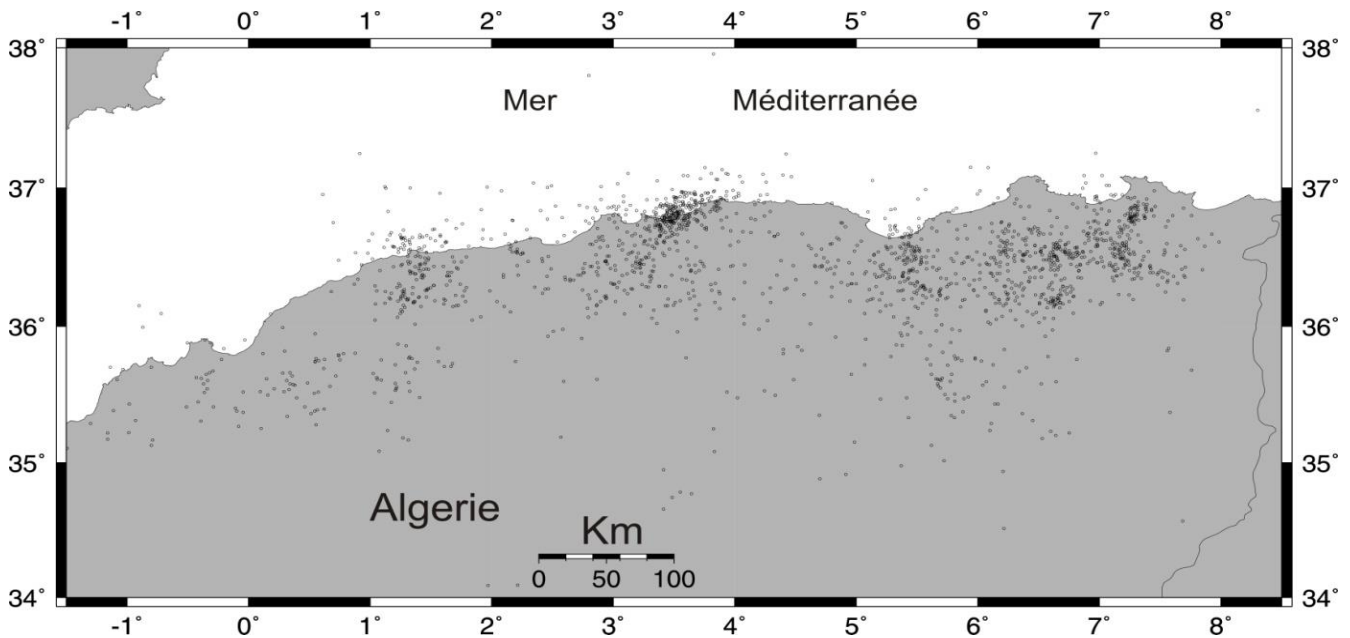


Figure 4 : Carte de la sismicité localisée entre 1992 et 2006 avec le premier réseau courte période télétré en Algérie mis en service après le séisme d'El-Asnam (1980). Ce réseau a bien contribué à la localisation des séismes Algériens et même méditerranéens.

Avec l'acquisition de nouvelles stations sismologiques large bandes et courtes périodes, le CRAAG a pu passer à une version numérique de son réseau de surveillance à 100% et nous sommes arrivés à maintenir 80 stations sismologiques qui transmettent la donnée par liaison satellite, par la technologie GSM et par lignes spécialisées (**Figure 5**). La sismicité de l'Algérie est caractérisée par des séismes faibles à modérés, parfois forts. Le séisme d'El-Asnam du 10 octobre 1980 ($M=7.2$) reste jusqu'à présent le plus fort séisme enregistré dans la Méditerranée occidentale. Cette sismicité est concentrée dans la partie nord de l'Algérie qui représente le front de collision de la plaque Afrique avec l'Eurasie. Elle est présente d'Est en Ouest, sur le Tell Atlas et la partie off-shore, les hauts plateaux ainsi que l'Atlas Saharien. Cette sismicité est superficielle, elle est localisée dans les 20 premiers kilomètres de la croûte terrestre. Pour bien localiser une densification du réseau est vivement souhaitée, ce qui permettra de localiser les microséismes et de lancer des alertes précoces pour les séismes de magnitudes supérieures à 5.0.

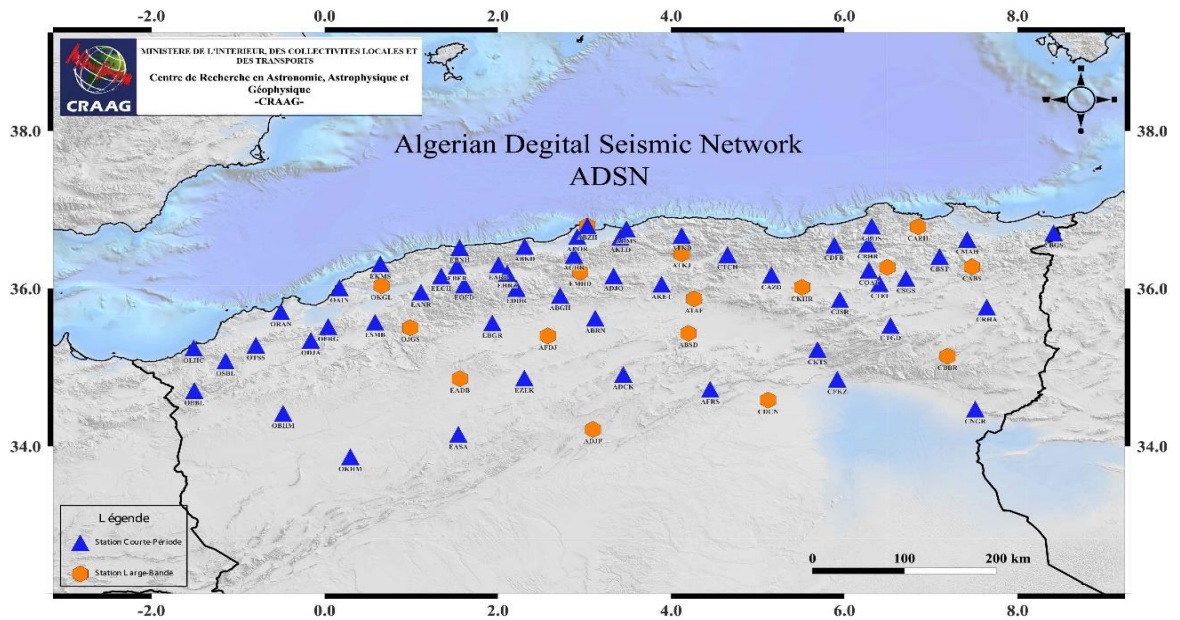


Figure 5 : Carte du réseau de surveillance sismologique (ADSN : Algerian Digital Seismic Network) opérationnel depuis janvier 2007

Système Sismique d'Alerte Précoce (SSAP)

La densification des réseaux sismologiques contribue à une meilleure connaissance et une meilleure prise en charge de l'Aléa sismique et contribue également à la réduction du risque sismique en Algérie. Il est à rappeler qu'un réseau de surveillance sismique dense peut émettre des alertes précoces de séismes. Pour cela il faudra couvrir les principales failles actives connues. Lorsque l'onde sismique est détectée par au moins deux stations, le système d'alerte précoce analyse et donne une première localisation de l'épicentre probable, ce qui va permettre au centre de surveillance sismique de lancer une alerte sismique précoce et informe les autorités et les citoyens qui vivent dans la région épicentrale.

Le système d'Alerte précoce a pour but de réduire les dommages et permet aux personnes de se mettre à l'abri ou d'évacuer les zones dangereuses avant l'arrivée des ondes de cisaillement et de surfaces. Par exemple ce système peut être utiliser par les réseaux de chemin de fer pour réduire leurs vitesses ou l'arrêter complètement.

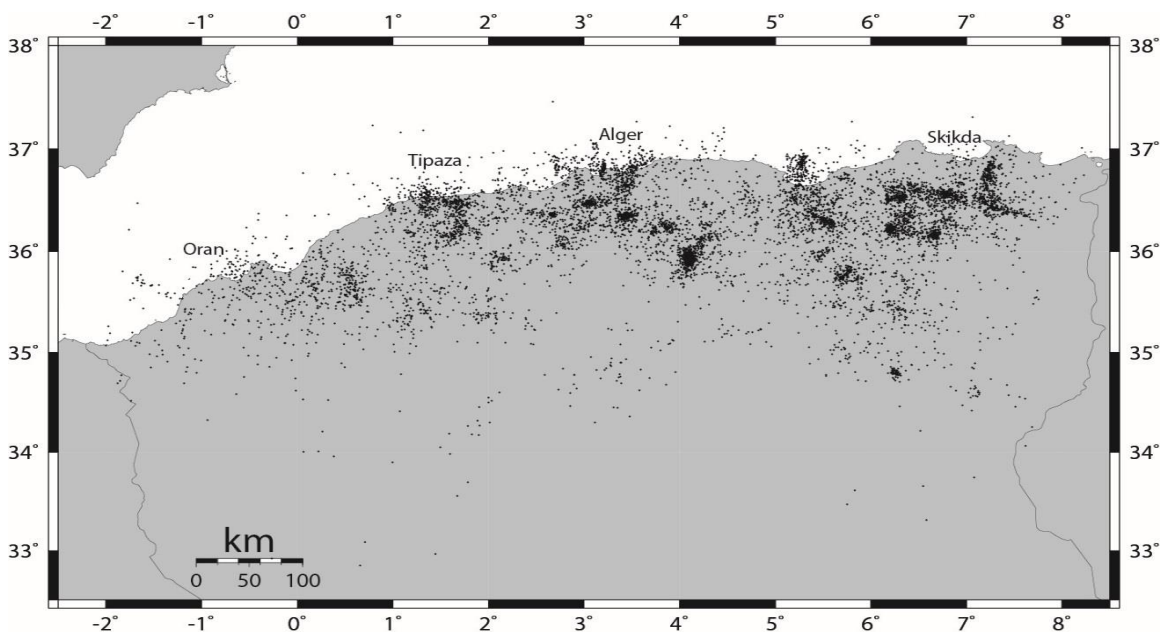


Figure 6 : Carte des séismes enregistrés entre 2007 et 2023

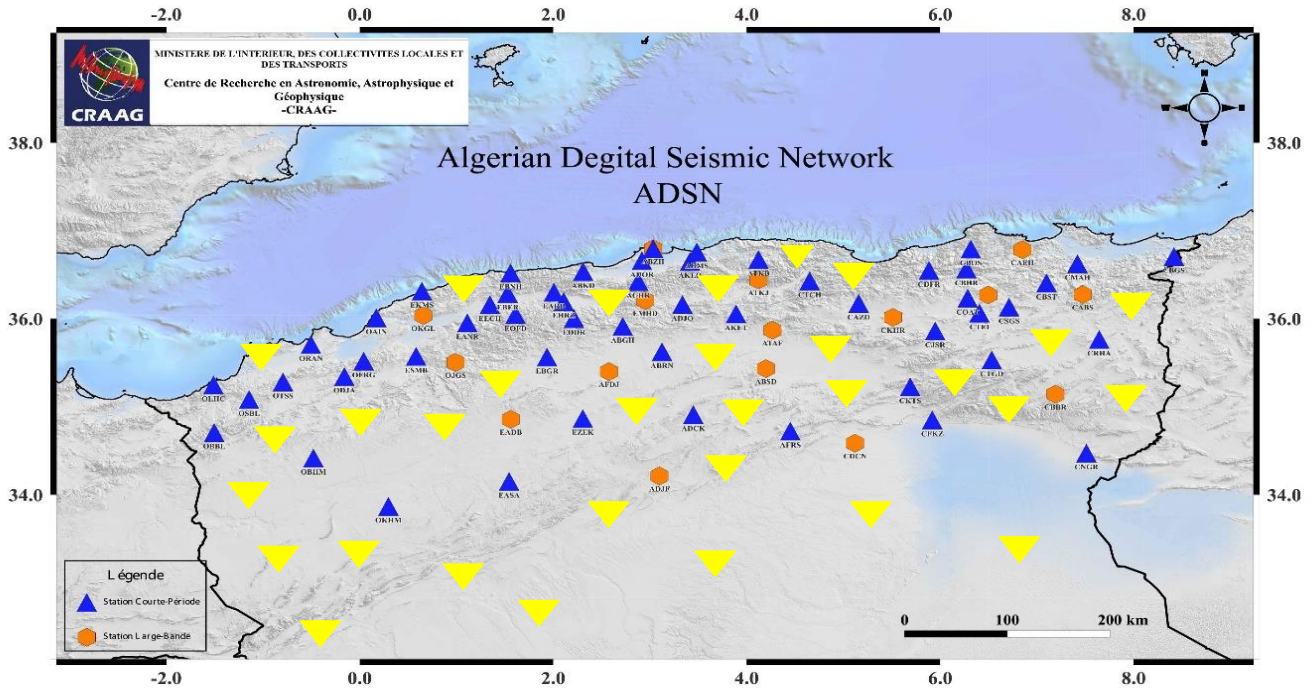


Figure 7 : Nouvelle configuration du réseau sismologique Algérien densifié. Les triangles jaunes montrent les nouvelles stations prévues pour densifier le réseau

Conclusion :

Pour bien comprendre et suivre l'activité sismique d'une région, il est impératif de choisir des sites sismologiques de qualité à savoir des endroits éloignés de toutes activités humaines et industrielles, afin de minimiser le niveau de bruit sur ces stations, ce qui permettra d'enregistrer les plus faibles secousses et de les localiser. Un réseau dense va nous permettre aussi de lancer des alertes sismiques précoces, et d'alerter les autorités et les citoyens de la région épicertrale pour qu'ils se mettent à l'abri. Cette action précoce réduira les dommages et permettra au transport ferroviaire de stopper ou de réduire la vitesse des trains et aux raffineries pétrolières et les complexes électriques de stopper leurs productions au moment de la secousse sismique avant l'arrivée des ondes de cisaillement et de surface. Pour l'aspect scientifique, la densification des réseaux va permettre une meilleure compréhension de la sismicité et une mise à jour de la carte sismotectonique et de l'aléa sismique.

Bibliographie :

- Beldjoudi H.; Modélisation de la source des séismes par inversion des données sismologiques et géodésiques : Application aux séismes du Nord de l'Algérie, Thèse de doctorat, Univ. de Nice, 2017.
- Bezzeghoud M. et al., 1994, Seismogenic zone survey by Algerian Telemetered Seismological Network; case-study of Rouina earthquake, 19 January 1992, Physics of the Earth and Planetary Interiors 84 (1994) 235–246.
- Mokrane, A, Aït Messaoud, A., Sebaï, A., Menia, N., Ayadi, A. and Bezzeghoud, M. (1994), Les séismes en Algérie de 1365 à 1992, Publication du Centre de Recherche en Astronomie, Astrophysique et Géophysique, supervised by M. Bezzeghoud and H. Benhallou, Alger-Bouzaréah, 277 pp.
- A. Yelles-chauouche et al., 2014; Algerian Digital Seismic Network, Performance from data quality ; EGU 2014.

Abrégé de la réévaluation de la sismicité historique de la région nord-est de l'Algérie, son catalogue des séismes historiques et les séismes significatifs du Constantinois du 20^e siècle

*Amel Sebai et Yasmina Rouchiche
Equipe Sismologie Historique*

La réévaluation de la sismicité historique de la région nord-est de l'Algérie a débuté depuis bien plus d'une vingtaine d'années avec les travaux de Assia Harbi (Harbi 2001 ; Harbi et al., 2003a ; Harbi et al., 2003b et Harbi et al., 2010) en examinant les archives historiques et les sources documentaires disponibles (documents et journaux anciens en particulier). Le travail a été titanesque puisqu'il a fallu vérifier et corriger un grand nombre de séismes déjà connus et en découvrir d'autres en les analysant dans leur contexte géographique, culturel et historique. Les parties traitées concernent une large période de temps, d'abord ceux survenus avant le 20^e siècle, ou beaucoup d'événements sismiques du 19^e siècle ont eu leurs paramètres macrosismiques (épicerne macrosismique, intensité, etc.) déterminés. Puis s'étendant à une analyse approfondie des événements sismiques survenus au cours du 20^e siècle et leurs relations avec les structures géologiques de la région. C'est ainsi qu'une mise à jour conséquente a été apportée aux connaissances anciennes et avec le travail de 2010, une vue complète et actualisée de la sismicité pour l'ensemble de la région de l'Algérie orientale est proposée. C'est ainsi que cette mise à jour, révisée et étendue a permis d'élaborer un catalogue des plus complets et standardisé des séismes de la région Est de l'Algérie (Earthquake Catalogue of Eastern Algeria, ECEA), il est original et inédit. Ce catalogue couvre une longue période de temps, offrant une meilleure compréhension de l'évolution de la sismicité régionale. Il contient plus de 3600 événements historiques et contemporains et débute avec le séisme survenu à Setifis en 419 et s'étend jusqu'en 2008. Ce catalogue peut s'avérer très utile pour les études sismiques et sismotectoniques, ainsi que pour l'évaluation des risques sismiques à l'échelle régionale, car il fournit une description plus fiable de la sismicité passée que les catalogues précédents. Concrètement, l'ECEA a été utilisé dans la révision du récent code parasismique (RPA2024) et son utilité a été notable. Les séismes du nord-est algérien issus de l'ECEA, sont représentés dans la figure 1

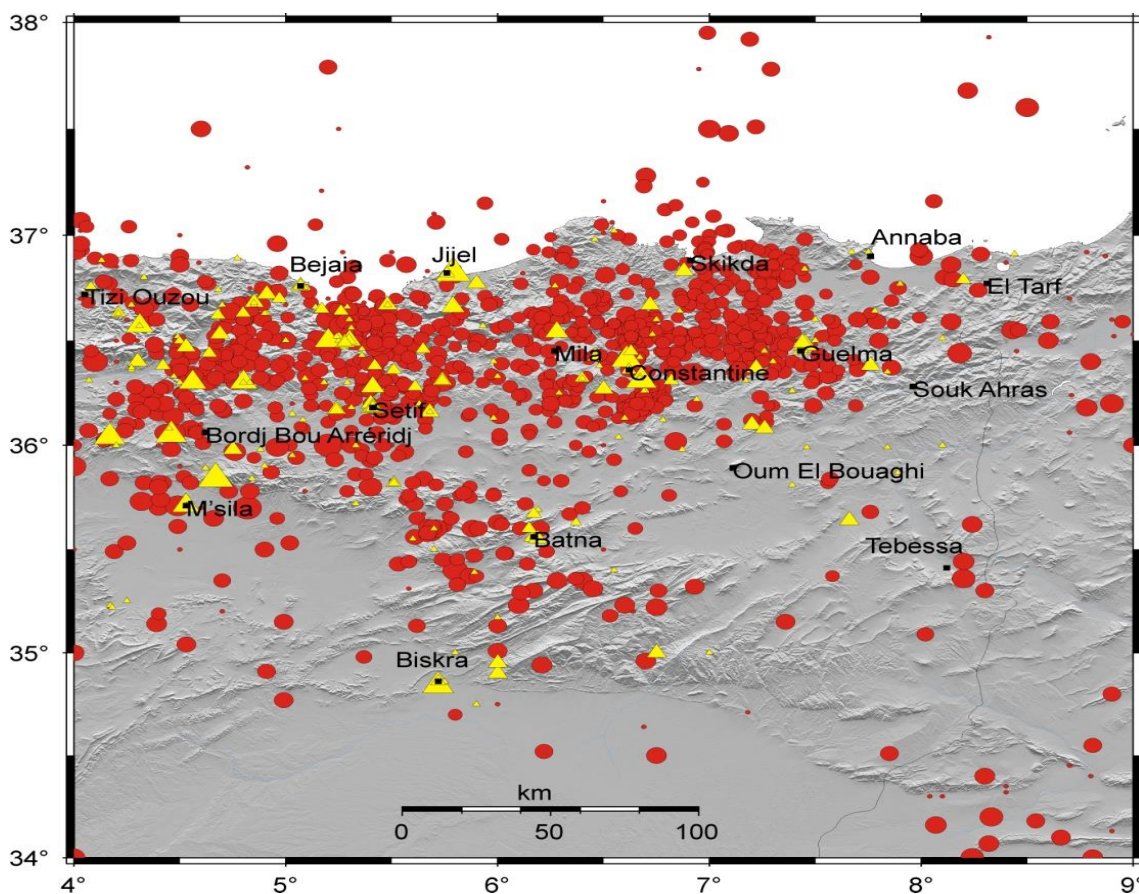


Figure 1 : Carte des séismes historiques (triangles) et instrumentaux (cercles) du nord-est de l'Algérie issues de l'ECEA (Harbi et al., 2010)

* Un hommage lui est rendu pour tout le travail effectué et légué

De ces travaux il en est déduit que la sismicité du Nord-Est de l'Algérie montrait sept zones sismogènes : le bassin de Guelma, le bassin de Constantine, la zone Hodna-Biban, la zone Babor-Soumam, l'Atlas Saharien oriental, la limite des deux Atlas sans oublier la frange côtière située le long de la bordure septentrionale de l'Atlas Tellien. Même si les informations historiques ne révèlent pas l'emplacement exact d'une structure active récente, elles aident à définir le passé de la zone qui a été activée. La faille responsable du séisme peut être déduite en associant les régions épacentrales et les zones de failles actives ou potentiellement actives connues (figure 2). Toutefois, les séismes instrumentaux récents, qui sont évidemment plus fiables, peuvent confirmer et compléter ces observations, sans perdre de vue que la région nord-est de l'Algérie est l'une des plus sismiquement active dominée par des failles en décrochement (Boulahia et al., 2021 ; Abacha et al., 2023 ; Yelles-Chaouche et al., 2023 Tikhmarine et al., 2024, ...).

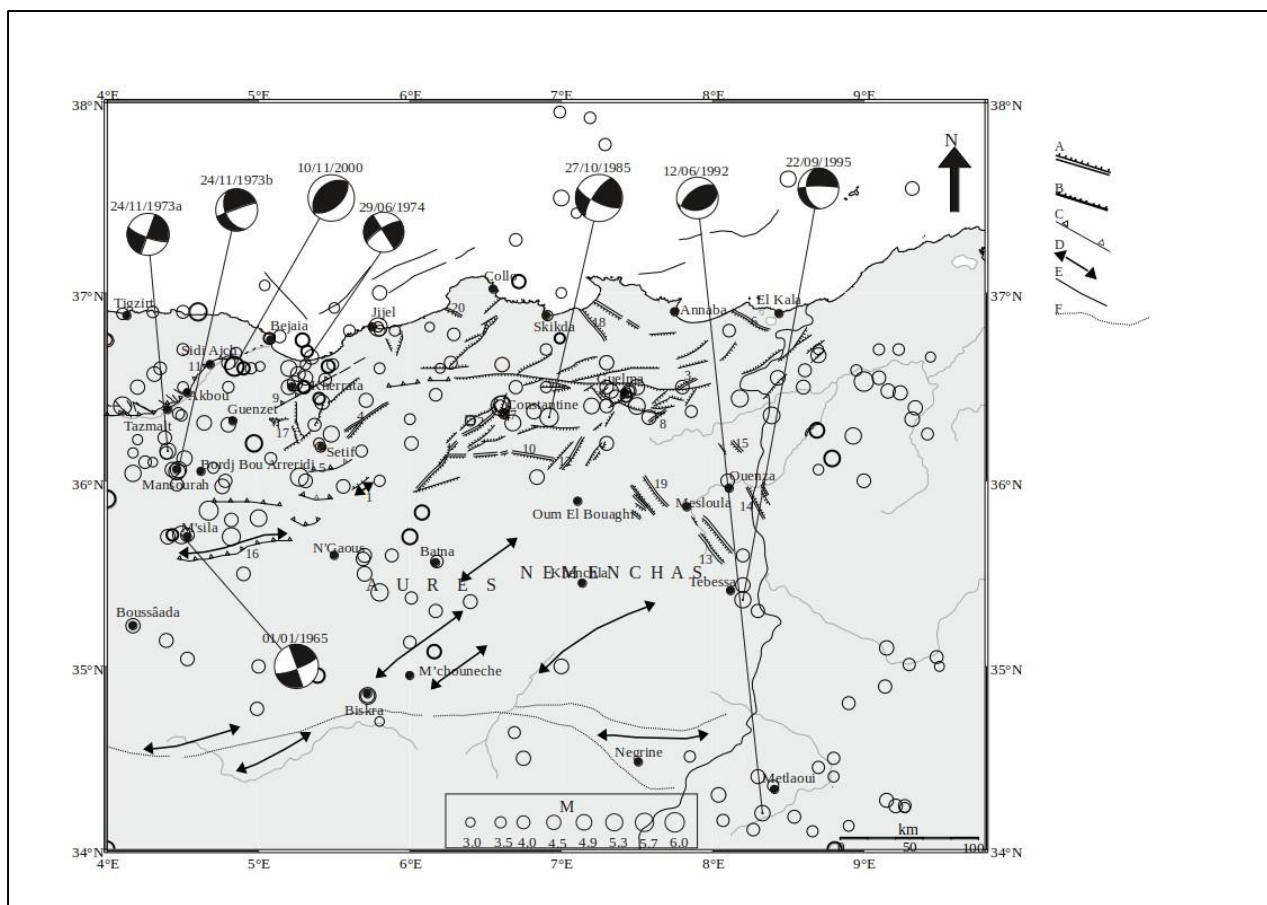
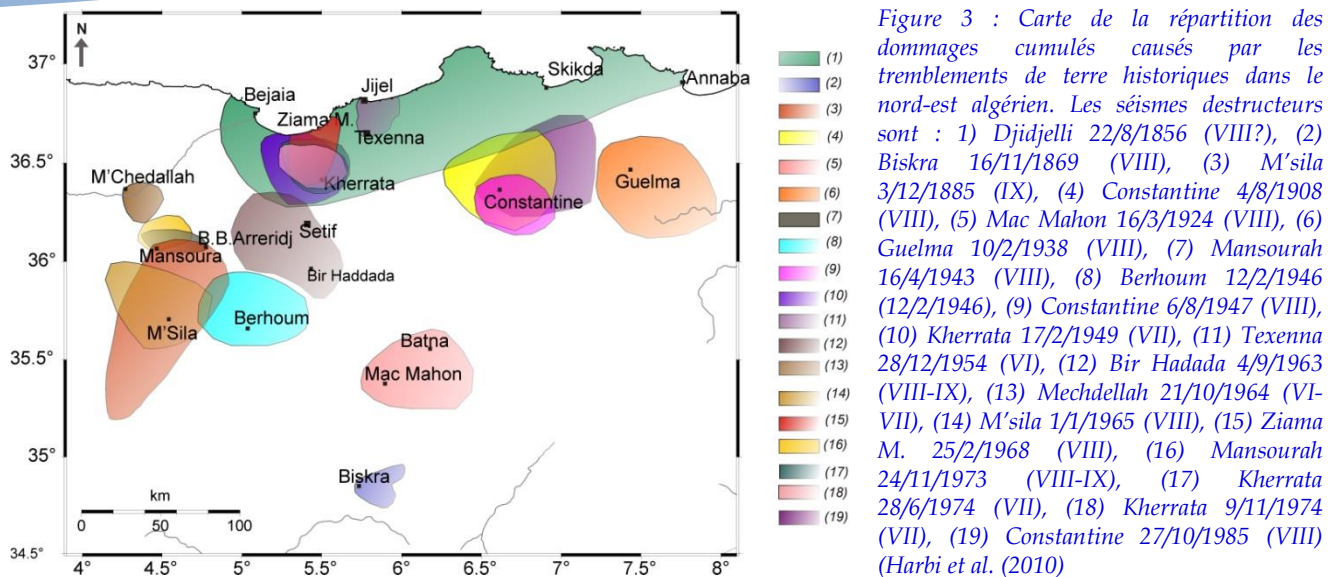


Figure 2 : Carte sismotectonique du nord-est algérien, montrant des failles actives et potentiellement actives (Harbi et al., 2003b)

Parmi toutes les zones citées de l'Atlas tellien oriental se trouve le bassin de Constantine. Il est jalonné par des nombreuses failles (figure 2) dont celles de Constantine et Sigus, orientées E-O et N-S qui seraient potentiellement actives. Il existe aussi la faille de Mcid Aïcha-Debbagh (MAD) qui traverse d'Est en Ouest le Nord Constantinois (Harbi et al., 1999). Dans cette dernière zone, à une trentaine de kilomètres de Constantine, a eu lieu entre autre la séquence de mars 2017 (Md 3.0-3.2) qui a touché la région de Sidi-Driss, et un mois plus tard le séisme d'El Kantour du 05/04/1917 (Mw=4.7) suivi le 22/11/2020 d'un autre évènement plus puissant (Mw=5.3) donnant des mécanismes en décrochements dextres (Abacha et al., 2023). Plus au sud, une autre faille, celle de Ain Smara orientée NE-SO, a généré le séisme de Constantine du 27/10/1985 (Ms=6.0), qui a rompu en décrochement senestre. Le séisme de Constantine du 27 octobre 1985 (Ms 6.0) est l'un des plus importants séismes connus survenus dans la région constantinoise. Il a eu lieu vers 19h 34' et a causé des destructions au vieilles bâtisses et la mort d'au moins 5 personnes et blessé 300 personnes. El Aria est la zone qui a le plus souffert. Son intensité maximale a atteint l'échelle VIII sur l'échelle MSK (figure 3). Plus de détails sur ce séisme se trouvent dans les travaux de Bounif et al. (1987); Bounif & Dorbath (1998); Deschamps et al. (1991) ; Benouar (1994) et Ousadou et al. (2013).



Selon les différentes échelles macrosismiques, les dégâts légers commencent approximativement à VI et les dégâts importants à VIII, ce qui montre l'importance du séisme. D'autres séismes ont secoué la région de Constantine mais de plus faibles magnitudes et ce dans la première partie du 20^e siècle. Parmi les plus forts on cite le séisme du 04/08/1908 ($M_s=5.2$ et $I_0=VIII$ EMS), suivi de la crise sismique de 33 secousses survenues entre janvier à avril 1925 ($I_0=VI-V$ MM), puis celui du 6 août 1947 de magnitude ($M_s=5.0$ et $I_0=VIII$ EMS) dont les répliques se sont poursuivies jusqu'à plus d'une année. Par contre, on ne connaît pas de séisme fort survenu au 19^e siècle. Par ailleurs, la répartition des dommages cumulés causés par les principaux séismes de 1850 à 1985 issus de l'ECEA sont représentés dans la figure 3. On peut dire que les investigations menées jusqu'à l'obtention de l'ECEA ont amélioré les connaissances sur l'activité sismique passée de toute la région de l'Est algérien et qui se trouve être l'une des plus actives. La poursuite des recherches continuent et le catalogue devrait s'étendre à tout le territoire national.

Références :

Abacha, I. et al. (2023). The 24 January 2020 Mw 5.0 El Aouana earthquake, northeastern Algeria: insights into a new NW-SE right-lateral Bejaia-Babors Shear zone, *Pure appl. Geophys.*, 180, 1945-1971.

Benouar D. (1994) Materials for the investigation of the seismicity of Algeria and adjacent regions during the twentieth century. *Ann. Geofis.*, XXXVII(4):459-860.

Boulahia, O., Abacha, I., Yelles-Chaouche, A., Bendjama, H., Kherroubi, A., Mohammedi, Y., Aidi, C. & Chami, A., (2021). Recent seismic activity in the Bejaia-Babors Region (Northeastern Algeria): the case of the 2012-2013 Bejaia Earthquake sequences. *Pure appl. Geophys.*, 178, 1253-1279.

Bounif A, Haessler H, Meghraoui M (1987) The Constantine (Northeast Algeria) earthquake of October 27, 1985: surface ruptures and aftershock study. *Earth Planet Sci Lett* 85:451-460.

Bounif A. and Dorbath C. (1998) Three dimensional velocity structure and relocated aftershocks for the 1985 Constantine, Algeria ($M_s = 5.9$) earthquake. *Annali Di Geofisica*, vol. 41, n. 1, April 1998.

Deschamps, A., Bezzeghoud, M., & Bounif, A. (1991). Seismological study of the Constantine (Algeria) earthquake (27 October 1985). *Seismicity, seismotectonics and seismic risk of the Ibero-Maghrebian region*, 8, 163-173.

Harbi, A., Maouche, S., & Ayadi, A. (1999). Neotectonics and associate seismicity in the Eastern Tellian Atlas of Algeria. *Journal of Seismology*, 3, 95-104.

Harbi, A., Benouar, D., & Benhallou, H. (2003). Re-appraisal of seismicity and seismotectonics in the north-eastern Algeria Part I: Review of historical seismicity. *Journal of Seismology*, 7(1), 115-136

Harbi, A., Maouche, S., & Benhallou, H. (2003). Re-appraisal of seismicity and seismotectonics in the north-eastern Algeria Part II: 20th century seismicity and seismotectonics analysis. *Journal of seismology*, 7(2), 221-234.

Harbi, A., Peresan, A., & Panza, G. F. (2010). Seismicity of Eastern Algeria: a revised and extended earthquake catalogue. *Natural hazards*, 54(3), 725-747.

Ousadou, F., Dorbath, L., Dorbath, C., Bounif, M. A., & Benhallou, H. (2013). The Constantine (Algeria) seismic sequence of 27 October 1985: a new rupture model from aftershock relocation, focal mechanisms, and stress tensors. *Journal of seismology*, 17(2), 207-222.

Tikhmarine, E. M., Abacha, I., Boulahia, O., Bendjama, H., Roubeche, K., & Rahmani, S. T. E. (2024). Unveiling complex fault geometry and driving mechanisms: insights from a refined data processing and multiplet analysis of the 2010 Beni-Ilmane seismic sequence (NE Algeria). *Geophysical Journal International*, 239(2), 1170-1202.

Yelles-Chaouche et al., (2023). The 2021-2022 Mw 6.0 Bejaia Bay, NE Algeria, earthquake sequence: tectonic implications at the Algerian margin between lesser and greater Kabylia blocks. *Acta Geophysica*, 72(2), 529-551.

Constantine 1985 : Quarante ans après, un regard institutionnel sur la sismicité régionale
État des connaissances avant et après le séisme du 27 octobre 1985

Dr Issam Abacha, Station expérimentale de Sétif

Introduction

Le 27 octobre 1985, un séisme de magnitude Mw 5.9 et d'intensité maximale VIII frappe la région de Constantine à 20h34 heure locale. Cet événement, marquant pour le Nord-Est algérien, a souligné la vulnérabilité de la région et est devenu fondateur dans l'histoire de la surveillance sismique nationale. Ce regard rétrospectif, dans le prolongement du symposium SURE-MED 2025, présente l'évolution des connaissances sismologiques sur le Constantinois.

1. Avant 1985 : Sismicité réelle, mais instrumentation limitée

Avant l'événement de 1985, la sismicité était connue par les archives historiques, qui rapportaient des séismes significatifs comme ceux du 4 août 1908 (VIII) et du 6 août 1947 (VII-VIII). Cependant, les catalogues étaient incomplets, offrant une vision fragmentaire de l'activité réelle.

- **Contexte instrumental** : La surveillance nationale reposait sur un réseau réduit de seulement huit stations analogiques entre 1910 et 1990. Dans le Nord-Est, seule la station de Sétif était opérationnelle depuis 1958, limitant fortement la détection des petits événements et la caractérisation fine de la sismicité régionale.

- **Compréhension tectonique** : Bien que des structures actives potentielles aient été identifiées dans le bassin néogène de Constantine, leur rôle, segmentation, connexions et rôle dans la déformation régionale étaient mal contraints. Le cadre tectonique était schématique et les liens entre les structures superficielles et la déformation profonde demeuraient largement spéculatifs.

2. Le Séisme de 1985 : Un événement Révélateur

Malgré une magnitude modérée, le séisme de 1985 a provoqué des dégâts notables à Béni Yakoub (5 victimes, 300 blessés, et dommages matériels importants). Les premières analyses post-séisme ont été cruciales :

Mécanisme de rupture : Elles ont indiqué une rupture dominante sénestre sur une structure orientée N045-055°, cohérente avec la distribution des répliques¹⁸.

Rupture de surface : Trois segments subverticaux ont été identifiés, dont un principal d'environ 3,8 km, marqué par des fissures en échelons, un décalage horizontal d'environ 10 cm, et des ruptures superficielles dans les formations quaternaires¹⁹.

Conséquence : Ces observations ont confirmé l'activité récente d'une structure préexistante, soulignant l'impératif d'un cadre sismotectonique mieux contraint pour la région.

3. Après 1985 : Modernisation et Avancées Scientifiques

Le séisme a servi de catalyseur pour une modernisation progressive des capacités d'observation du CRAAG.

3.1. Renforcement de l'instrumentation

- **ATSN** : Une étape structurante a été la mise en place de l'Algerian Telemetred Seismological Network (ATSN), composé de 32 stations réparties en quatre sous-réseaux, dont celui de Constantine (huit stations) dédié au Nord-Est algérien (Fig. 1a).

- **ADSN** : À partir de 2006, le réseau sismologique a été de nouveau renforcé, menant à la création du Réseau Algérien Sismologique Numérique (ADSN) jusqu'en 2025 (Fig. 1b). L'ADSN est constitué de 40 stations à courte période, 17 stations large bande et 60 stations GPS. Le Nord-Est algérien bénéficie particulièrement de cette densification avec 17 stations courte période, 5 stations large bande et 19 stations GPS.

- **Impact** : Cette transition vers le numérique a considérablement densifié la couverture et amélioré la qualité d'enregistrement, permettant de détecter une sismicité auparavant invisible.

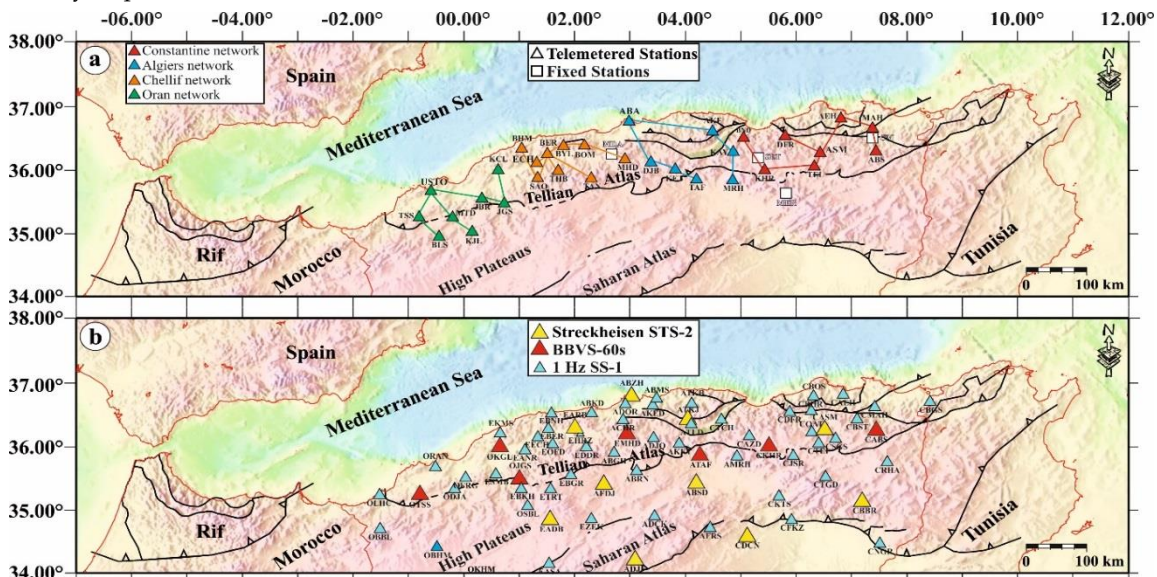


Fig. 1 – (a) Réseau Sismologique Algérien Télémétré (ATSN). (b) Réseau Sismologique Numérique Algérien (ADSN).

3.2. Avancées scientifiques structurantes

La densification du réseau a permis une localisation plus précise des séismes, l'identification de micro-séquences non détectées, et la mise en évidence de structures actives jusque-là méconnues.

- **Système Mcid Aïcha-Debbagh** : Ce système est désormais mieux compris, avec une potentielle articulation, via une zone de transfert, aux structures actives situées en domaine offshore.

- **Nouvelles approches** : L'introduction de techniques modernes (fonctions récepteurs, imagerie sismique, anisotropie, GNSS) a permis d'ancrer ces observations dans un cadre géodynamique renouvelé et plus robuste.

4. Quarante ans après : État actuel des connaissances sur la région de Constantine

Les travaux récents ont considérablement amélioré le cadre géologique et sismotectonique de la région.

Les travaux récents ont considérablement amélioré le cadre géologique et sismotectonique de la région.

4.1. Structure lithosphérique plus précise

- **Profondeur du Moho** : Les fonctions récepteurs révèlent un Moho peu profond, à 29 km dans le bassin de Constantine et 25 km dans celui de Guelma.

- **Structure profonde** : La dispersion des ondes de surface et le dédoublement des ondes S mettent en évidence un **reliquat de slab** dans l'est de la région. Cette structure profonde dévie l'écoulement asthénosphérique, génère des zones plus chaudes, et contribue à expliquer l'organisation de la déformation régionale.

- **Réponse locale** : Les études de microzonage basées sur le bruit ambiant ont identifié des zones de résonance et d'amplification, soulignant l'importance des hétérogénéités superficielles pour la réponse sismique locale.

4.2. Néotectonique active bien caractérisée

Les recherches ont mis en évidence deux grandes étapes postérieures au Pliocène :

1. Une phase extensive est-ouest, générant des failles normales (parfois actives au Quaternaire).
2. Une phase compressive récente et toujours active, réactivant ces structures en failles inverses ou transpressives.

Plusieurs structures actives sont aujourd'hui clairement établies (Fig. 2), notamment :

- La faille d'Aïn Smara (activité holocène).
- Le système du Kef Haouner-Debbagh.
- Le chevauchement bordier du bassin néogène (déplacement cumulé ~3 km).
- La faille d'El Aria (associée au séisme du 10 octobre 1985).

4.3. Activité sismique récente diffuse et structurée

La région présente une sismicité active, dominée par des séquences modérées et des essais microsismiques (Fig. 2).

- **Activité régulière** : La structure décrochante majeure MADF génère une activité régulière, illustrée par les séquences de Mila (2020), Sidi Driss (2017), El Kantour (2017-2020) et Guelma (2021), révélant une segmentation et une influence notable des fluides.

- **Sismicité induite** : Des essais induits ont été identifiés à proximité des barrages de Beni Haroun et Grouz, en lien avec l'augmentation de la pression interstitielle.

- **Déformation persistante** : Le sud du bassin de Constantine (autour de Guettar Aïch et Sigus) connaît une sismicité diffuse, confirmant la persistance d'une déformation active mais hétérogène.

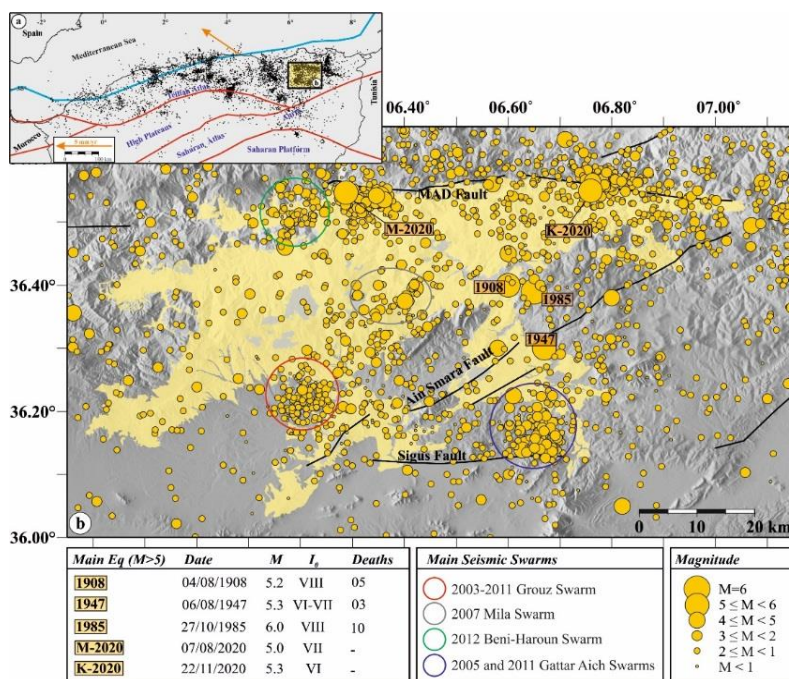


Fig. 2 : Cartes sismotectoniques régionales et locales du Nord de l'Algérie et du Constantinois. (a) Principales unités géologiques. La ligne bleue matérialise la limite entre les plaques eurasiatique et africaine, tandis que les flèches orangées indiquent la direction et la vitesse du mouvement relatif de l'Afrique vers l'Eurasie. La sismicité enregistrée entre 2006 et 2021 est représentée par des points noirs. (b) Carte sismotectonique du bassin Mila-Constantine mettant en évidence les principales structures tectoniques actives ainsi que les événements sismiques significatifs. Les lettres M et K indiquent respectivement les secteurs de Mila et d'El Kantour.

Conclusion

Le séisme de 1985 a été un jalon majeur, révélant les limites de l'instrumentation et déclenchant la modernisation des capacités d'observation du CRAAG. Quarante ans après, le cadre tectonique, sismologique et géodynamique de Constantine est largement renouvelé. Les progrès sont considérables, mais la vigilance demeure essentielle. Une meilleure compréhension des structures actives, une surveillance continue et une mise à jour régulière de l'aléa sismique sont indispensables pour renforcer la résilience régionale.

Bilan du Symposium International SURE-MED 2025

(Risques Sismiques, Urbanisation & Résilience en Méditerranée Occidentale)

Constantine, 27-29 octobre 2025

Dr Issam Abacha
Président du Symposium

Organisé par le Centre de Recherche en Astronomie, Astrophysique et Géophysique (CRAAG), en partenariat avec le Centre de Recherche en Aménagement du Territoire (CRAT), l'Université des Frères Mentouri Constantine 1 (UFMC1) et l'Université Salah Boubenider Constantine 3 (USBC3), le symposium international SURE-MED 2025 a constitué un rendez-vous scientifique majeur. Tenu du 27 au 29 octobre 2025, cet événement a coïncidé avec le 40^e anniversaire du séisme de Constantine de 1985, offrant un cadre privilégié pour renforcer la coopération scientifique régionale et méditerranéenne autour des enjeux de résilience sismique.



Cérémonie d'ouverture. © CRAAG

1. Un symposium d'envergure internationale

Avec **149 résumés soumis**, dont **53 émanant du CRAAG**, SURE-MED 2025 a réuni une communauté scientifique large et diversifiée, représentant plus de trente institutions universitaires et centres de recherche. La participation internationale a été particulièrement remarquable, avec la présence d'une délégation de l'INGV (Italie) et de chercheurs venus d'Espagne, du Portugal, de France, de République tchèque, de Roumanie et des États-Unis. Au total, **18 chercheurs étrangers** ont assisté physiquement aux travaux, dont plusieurs algériens exerçant dans des institutions internationales.

2. Un programme scientifique dense et structuré

Le symposium a proposé un programme riche, articulé autour de :

101 communications orales,

48 e-posters,

5 sessions thématiques,

20 conférences plénières, animées notamment par la délégation italienne et plusieurs chercheurs algériens seniors. Une **session spéciale "Témoignage de l'événement"**, consacrée au séisme du 27 octobre 1985, a réuni des chercheurs ayant vécu et documenté cet événement fondateur. Cette séance a permis de revisiter les acquis scientifiques et les leçons institutionnelles tirées au cours des quatre dernières décennies.



© CRAAG



© CRAAG



© CRAAG



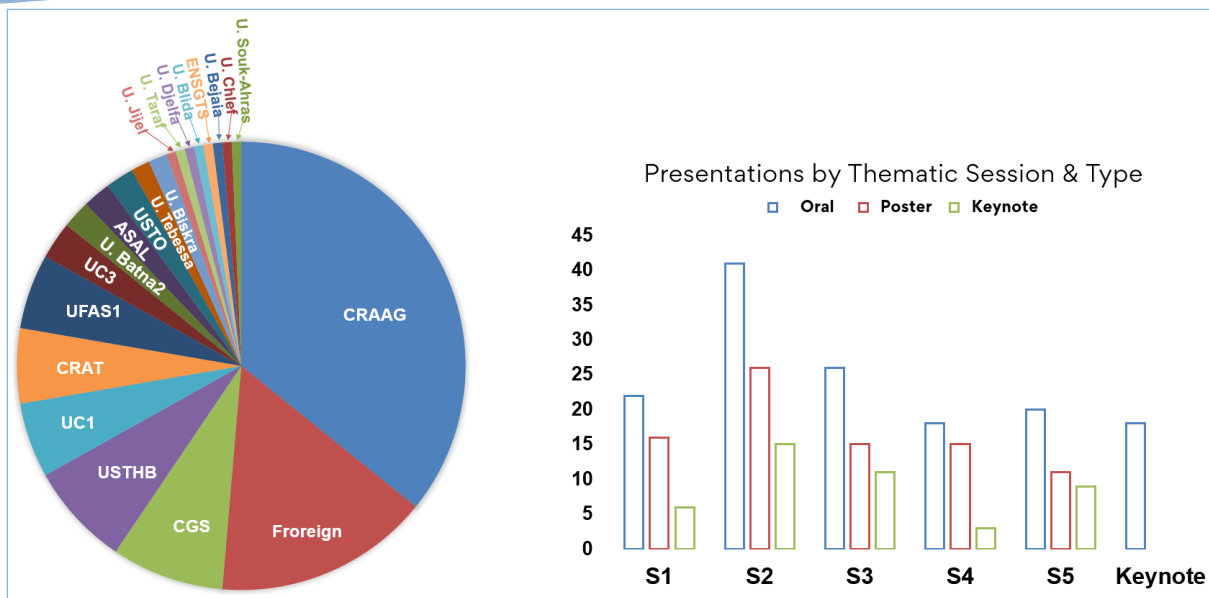
© CRAAG



© CRAAG



© CRAAG



3. Ateliers de formation et sortie de terrain

Trois ateliers spécialisés ont été organisés, couvrant des méthodes d'analyse essentielles à la caractérisation de la sismicité, de la déformation et des structures actives. La sortie géologique du 29 octobre a offert aux participants une immersion directe dans les principales structures tectoniques du Constantinois, illustrant sur le terrain les dynamiques géologiques qui régissent l'activité sismique régionale.



© CRAAG



© CRAAG

4. Une portée stratégique pour l'avenir

Le symposium a donné naissance à une dynamique structurante, matérialisée par :

- la création du Réseau de Recherche SURE-MED,
- l'organisation de cinq groupes de travail transfrontaliers,
- le lancement de projets pilotes en urbanisme, en cartographie des failles et en sensibilisation scolaire,

Ces initiatives positionnent durablement le CRAAG comme un acteur scientifique clé dans le développement de stratégies intégrées de réduction du risque sismique en Méditerranée occidentale.



© CRAAG

Conclusion

SURE-MED 2025 ne fut pas seulement un symposium : il a constitué un moment fondateur, fédérant institutions, chercheurs et acteurs publics autour d'une vision commune – construire une Méditerranée occidentale plus sûre et plus résiliente. Grâce à l'engagement du CRAAG, de ses partenaires académiques et des institutions nationales et internationales, Constantine a accueilli un événement qui laissera une empreinte durable et structurante pour les années à venir.



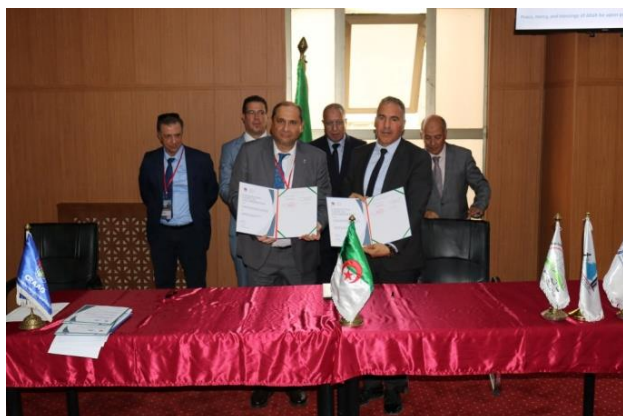
© CRAAG

Partenariats institutionnels et conventions signées

En marge des travaux, **trois conventions de collaboration** ont été signées entre le CRAAG et ses partenaires institutionnels (CRAT, UFMCI, USBC3). Ces accords ouvrent la voie à des programmes conjoints de recherche, à la mobilité des doctorants et chercheurs, ainsi qu'au développement d'outils innovants pour la surveillance sismique et la gestion des risques naturels.



© CRAAG



© CRAAG



© CRAAG



© CRAAG

