

Aléa et risques sismiques dans l'environnement urbain Cas du SEISME DE BOUMERDES du 21 MAI 2003

D.Ibrahim Boulmetaes

Résumé¹

Il est important de définir les termes principaux que nous utilisons tel que les notions d'aléa et de vulnérabilité sismiques (aléa, vulnérabilité, risque sismique).

La communication entre les personnes de cultures différentes constitue aujourd'hui un problème crucial.

Le même mot peut avoir plusieurs significations selon l'éducation, la formation, la discipline et la culture, ainsi l'Aléa Sismique est un tremblement de terre destructif, qui peut causer des pertes de vies humaines ou des blessures, des dégâts matériels, ruptures sociale et économique ou dégradation environnementale.

L'aléa sismique est pris comme la "force de la nature" ou "des forces externes" produites par le tremblement de terre. Chaque aléa sismique est caractérisé par son endroit, intensité et probabilité (chance) D'occurrence.

Selon le degré de vulnérabilité de la construction, un tremblement de terre peut ou ne peut pas causer la perte de vies humaines et la destruction ou endommagement de la propriété.

Ceci nous ramène à la vulnérabilité Sismique et qui se défini par un ensemble de conditions et de pratique résultant de facteurs physiques, sociaux, économiques et environnementaux.

Se préserver c'est augmenter la susceptibilité d'une communauté aux effets du risque sismique en exemple le risque de tremblement de terre (Sismique) est l'ensemble des pertes (des vies, de dommages, de

¹ Auteur : Boulemtafes Brahim enseignant à l'USTHB Alger 2011

propriété, d'activité économique abrupte ou d'environnement endommagé) attendues et résultant des interactions entre l'aléa sismique (le tremblement de terre) et les conditions de vulnérabilité.

Par convention, le risque est exprimé par la convolution suivante :

L'élément à Risque et l'élément exposé et dont la vulnérabilité est considérée, il peut être la population, les constructions, l'environnement, etc. La population peut être aussi divisée en plusieurs éléments à risque : enfants, personnes âgées, malades, femmes, personnes à besoins spéciaux, etc.

Mots clés : aléa, séisme, structure, vulnérabilité, risque, tremblement de terre, failles, tectonique, déformation continentale, plaques tectoniques, terrasses alluviales.

Introduction

Les tremblements de terre se définissent comme étant un phénomène naturel dû à une secousse soudaine et rapide de la terre provoquée par la libération de l'énergie stockée dans les roches. Ils produisent un impact considérable sur les êtres vivants.

Ils sont les plus terrifiants et destructifs parmi les autres phénomènes naturels tels que les tempêtes ou les inondations.

Le risque de tremblement de terre constitue une menace sérieuse à la vie humaine et à la propriété, causant parfois des pertes et perturbations économiques majeures.

C'est pourquoi l'aléa sismique et l'évaluation de son risque est devenue un critère de base dans toute opération d'urbanisme.

En raison de nos connaissances limitées les tremblements de terre sont un phénomène naturel qu'on ne peut éviter, en l'occurrence, l'impact de ces phénomènes sur les vies humaines et leurs propriétés peuvent être considérablement réduit et ce, à travers les écoles et les médias qui permettent à la communauté d'appréhender l'aléa et le risque et ainsi accroître sa sensibilité et par conséquent devenir plus active à entreprendre des initiatives meilleures contre les effets possibles sur les vies humaines, le logement, les réseaux vitaux ainsi que d'autres systèmes.

Savez-vous qu'un tremblement de terre (modéré ou majeur) dans une zone ayant une grande densité de population peut causer un nombre considérable de morts et d'importants dommages et des millions ou des milliards de dollars de pertes économiques.

Il pourrait également affecter sévèrement les réseaux de transport, d'eau, électricité et autres réseaux de service

Aperçu géologique

La région sismique étudiée appartient au Tell septentrional, structuré essentiellement lors de l'orogénèse alpine (chaîne des Maghrébides) Elle est caractérisée par une tectonique cassante et de glissement.

L'étude géologique a mis en évidence une structure complexe, constitué par un empilement de nappe imbriquée mise en place lors de l'orogénèse alpine et s'insérant chacune dans un domaine structurale propre.

Les terrains méso cénozoïques de lithologie variée, sont représentés aussi bien par des formations autochtones qu'allochtones. La région de la basse vallée de l'Isser (grenier et réserve agro-économique de l'Est algérois) est caractérisée aussi par des manifestations volcanique tertiaire, andésito-basaltique et des remontées doléritiques du même âge à la faveur de failles et de fractures qui sont le résultat de la phase distensive miocène Les affleurements du mio-pliocène, présentent par ailleurs une grande extension dans notre région d'étude.

Les études géologiques et paléogéographiques antérieures, ont mis en évidence sept terrasses alluviales disposés en gradins étagés partiellement emboîtés, dont les cinq dernières sont contemporaines de terrasses marines leur formations, semble dû à la baisse continue du niveau. Ces terrasses alluviales reposant sur les marnes bleu plaisanciennes leurs extensions au Sud-est sont incertaines, car elles viennent buter contre les formations Helvétiques provoquant le rétrécissement de la vallée.

La description lithologique de ces terrasses basées sur les observations de terrains et les données des logs de forages, montre que les terrasses les plus récentes constituent le recouvrement majeur des lits de fleuves tel que le lit de l'oued Isser.

La septième terrasse occupe la partie la plus basse de la vallée du Bas Isser et forme la couche aquifère principale la plus exploitée. L'étude de fracturation fait ressortir trois grandes familles de failles, de direction respectives : N 115, N125, N 45 et N 55 qui peuvent constituer des zones privilégiées de circulation des eaux. Les formations de Burdigalien inférieur et de l'Helvétien inférieur par leur lithologie parfois perméables, peuvent constituer de bons réservoirs, bordant et alimentant sans doute les terrasses alluviales, les formations ont des épaisseurs de 100 m environs Les formations de l'Helvétien moyens et supérieur, ainsi que celles du plaisancien constituent, le substratum imperméable du remplissage alluvial de la vallée du Bas Isser.

Cependant les terrasses alluviales aquifères reposent plus souvent sur les marnes bleues plaisanciennes.

L'extension au Sud et au Sud - Est de ces marnes est incertaines, car les terrasses alluviales, viennent buter directement contre les formations suivantes :

- Les granites gneissiques du complexe ancien précambrien (y^1)
- Les phyllades de l'assise supérieure du socle cristallin précambrien (X^3).
- Les grés et les marnes du flysch massylien du priabonien (e^{1-5})
- Les formations Burdigalien (m^1)
- Les formations Helvétiques (m^2) provoquant le rétrécissement de la vallée.

Notons que les granites, les phyllades fracturées et altérées, le Burdigalien inférieur et l'Helvétien inférieur, alimente sans doute, la septième terrasse.

En dépit des analyses² que nous venons de présenter précédemment sur les conditions naturelles il nous paraît évident d'attirer l'attention sur le facteur sismique à laquelle s'expose cette région. La catastrophe sismique qui a touché cette région en Mai 2003³ a eu d'énormes répercussions sur la stabilité du milieu naturel de la Basse Vallée de l'Isser.

Le séisme s'est produit à la zone frontière entre la plaque tectonique eurasienne et la plaque africaine, dans une région où la plaque africaine bouge vers le Nord-ouest contre la plaque eurasienne à une vitesse de quelques millimètres par an. Le déplacement relatif de la plaque génère un environnement tectonique propice à des tremblements de terre de magnitudes élevées provoqués par une faille de chevauchement.

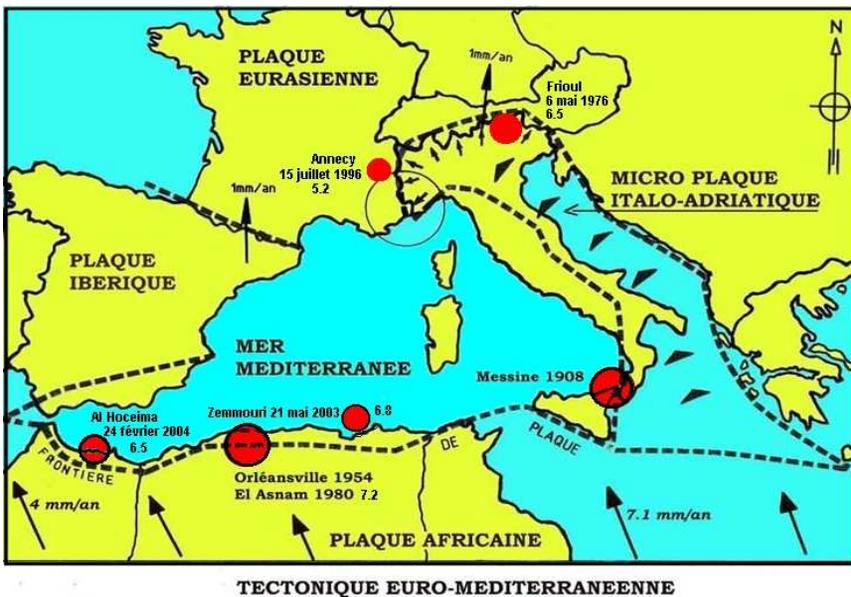


Figure N° 1 : schéma des zones sismiques et du contact des plaques afro-euro-asiatique

² Source thèse de doctorat (étude morphopédologique de la basse vallée de l'Isser) B.Boulemtafes USTHB 2009

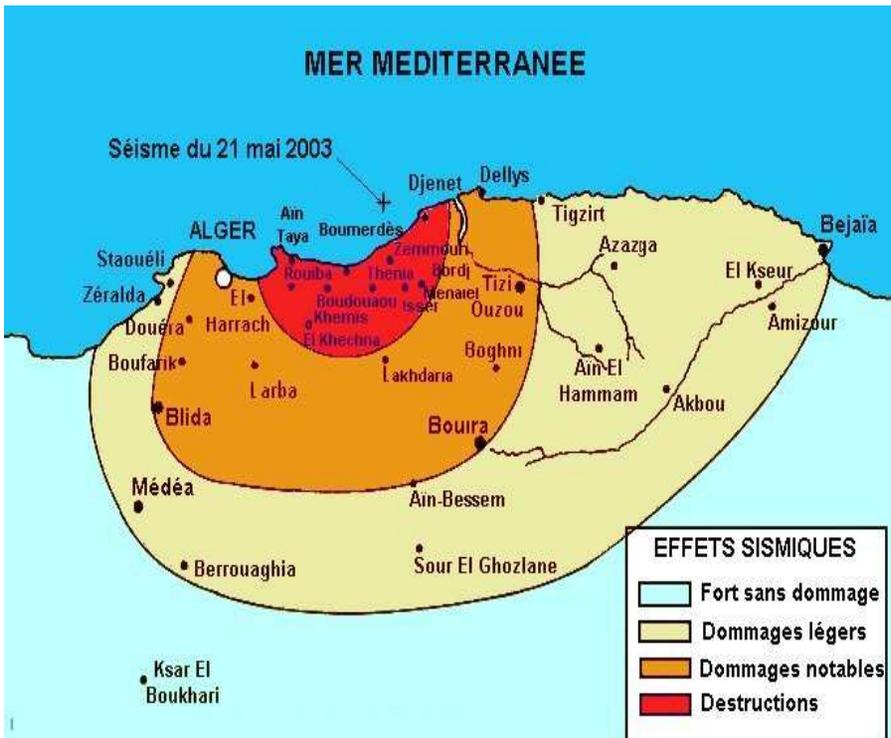
³ : Information recueillit sur le site Web "azurseisme"

Le tremblement de terre qui a secoué cette région a été très violent, la magnitude a été de 6.7 sur l'échelle de Richter.

La secousse principale s'est produite à 18 h 44 (temps universel) 19 h 44 (heure locale) et a été suivie immédiatement par de très nombreuses répliques.

L'épicentre de ce séisme a été localisé en mer très proche du littoral, plus précisément à quatre kilomètres de la côte, entre Zemmouri et Boumerdes (Long. 3.53E - Lat. 36.81N).

Figure N° 2 : Carte des aires d'influences du séisme du 21 mai 2003



Classification sismique des communes de la Basse Vallée de l'Isser⁴

(Tableau N° 2)			(Carte N°7) carte à titre d'information sur l'ancien zonage sismique (R.P.A 1999)
Niveau IIa	Niveau IIb	Niveau III	<p>carte de zonage sismique (RPA 99 nouvelle version)</p> <p>LEGENDE</p> <ul style="list-style-type: none"> ☒ ZONE III ☐ ZONE II b ▨ ZONE II a 🔴 ZONE d'étude
Ammal	Béni-Amrane	Thénia	
Chabet El Ameur	Souk El Had	Zemmouri	
Timezrit	Isser	Si Mustapha	
	Bordj Ménaïel	Cap Djenet Legata	

Détails techniques du séisme:

Le 21 Mai 2003, à 19h44 (heures locales), la région de Boumerdes-Alger fut touchée par un important séisme qui entraîna la mort de milliers de personnes (2763) et causa des dégâts extrêmement importants estimé à 5 Milliard de dollars.

Les wilayas environnantes (Alger, Tizi Ouzou) furent également touchées ; malgré que les dégâts était moindres on a enregistré de nombreux morts et blessés ainsi que des milliers d'immeubles atteints.

⁴ : Source, Thèse de Doctorat (étude morphopédologique de la Basse Vallée de l'Isser) B.Boulemtafes USTHB 2009 USTHB.

Pluviaux	Glaciations	Transgression	Dépôts caractéristiques	Phénomènes pédologiques	tectonique
VILAFRAN- CHIEN (REGREGRIEN)	RHODANIEN (Biber ?)		Sédiment rouge ; dune littorale rubéfiée	Encroûtement ferrugineux interdunaire dans le nord. Altération importante sur le relief	
		Calabrien	Plage consolidée en gré coquillier (Bir Bourekba)		
MOULOUYEN 5	DANUBE		Même dépôt plus grossier aux piedmonts (froid) et croûte; dune encroûtée	Décarbonatation importante sur les reliefs et encroûtement par la nappe en plaine et bas des versants	Choc tectonique pouvant dédoubler le niveau
		Sicilien I	Plage consolidée		
SALETIEN 4	GUNZ		Cônes de blocaille, en piedmont plus fin, en plaine localisé, dune ?	Remaniement faible du calcaire	Choc tectonique probable
		Sicilien II	Plage consolidée		
AMIRIEN 3	MINDEL		Sédiment rouge dune littorale ?	Décarbonatation faible sur les reliefs et enrichissement faible des sols en plaine	
		Tyrhénie I	Plage à cardium consolidée	encroûtement en plaine et en bas des versants moins forts qu'au MOULOUYEN dans le centre et le sud encroûtement par	
TENSIFTIEN 2	RISS		Sédiments peu rubéfiés dune littorale croûte et dune encroûtée		Choc tectonique pouvant dédoubler le niveau
		Tyrhénie II	Plage consolidée à STROMBES		
SOLTANIEN 1	WURM		Sédiments rubéfiés, dune littorale remaniée par ruissellement	Décarbonatation faible sur les reliefs et en plaines et mouvement à faible distance du calcaire	
RHARBIEN 1a	Post -WURM	Flandrien mégalahien	Plages non consolidées subactuelles remaniées actuellement, Sédiments lithochromes	Pédogenèse peu accentuée, engorgement localisé à noircissement hydromorphie et salure	déformer la surface du TENSIFTIEN, et affectant le Soltanien dans les cuvettes

Tableau N° 1 : Tableau des corrélations

Le niveau MOULOUYEN (croûte calcaire) jalonné /par des blocs DU SALETIEN quand au niveau AMIRIEN (phénomène d'aridité) s'il s'était constitué aurait pu être déblayé par le ruissellement toujours intense dans cette zone pour le niveau TENSIFTIEN croûte de gypse + glacis couvert / colluvion rubéfié du SOLTANIEN.

Le re-jeu tectonique a donné des dédoublements des horizons et des glacis au MOULOUYEN et au TENSIFTIEN par la reprise de l'épandage, de l'érosion et la formation d'un deuxième encroûtement.

La différenciation entre l'emboîtement ou la superposition se fait par l'étude de la Granulométrie, de la Nature argile, du Façonnement des galets, de la Morphoscopie des grains de sables, la Nature de la pédogenèse et son degré d'intensité.

Concernant le Tel les remarques suivante sont à prendre en considération : La solifluxion se développe durant les pluviaux, la pédogenèse au nord (l'humidité + le sable) est plus intense au pluvial, la pédogenèse au sud et l'est est plus intense à l'interpluvial (érosion, ruissellement

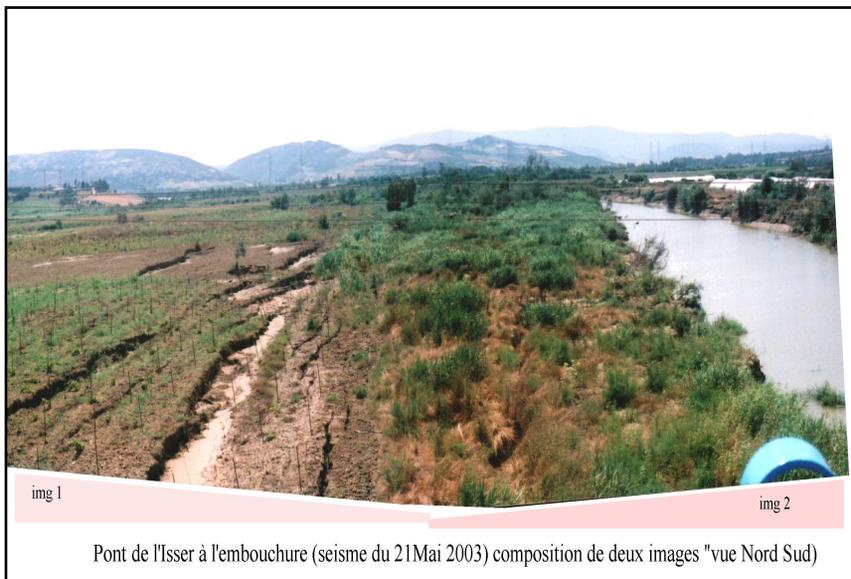


Photo N° 1 : Nous avons pris cette photo le lendemain du séisme (le 22 mai 2003 vers 14h) où l'on voit nettement l'éjection des argiles profondes sur les fissures de faille parallèle à l'Isser

Contexte tectonique du séisme

Le séisme du 21 mai 2003 s'inscrit dans le cadre de l'affrontement des plaques tectoniques africaine et eurasiatique à raison de 0.6 cm par an,. Cet affrontement est marqué en mer Méditerranée, par une activité sismique importante qui se répartit sur tout le pourtour de la Méditerranée, touchant ainsi la chaîne tellienne du côté de la plaque africaine; les Cordillères Bétiques en Espagne, la chaîne Alpine en France et en Italie, du côté de la région ouest de la plaque eurasiatique.

En Algérie du Nord, cette sismicité se concentre sur une large bande s'étirant d'Est en Ouest et de la région littorale vers la zone de l'Atlas Saharien.

Dans cette région, la bordure littorale est la plus affectée puisque s'y produit les séismes les plus importants qu'a connu l'Algérie du Nord. Ce niveau de sismicité élevée s'explique par le fait que cette zone se situe dans la zone la plus septentrionale de la plaque africaine et donc la plus concernée par la déformation continentale entre les deux plaques.

La région de Boumerdes située au niveau de cette région littorale est donc soumise à cette déformation.

Historique de la sismicité

A la veille du séisme du 21 mai 2003, la région de Boumerdes était marquée par une activité sismique modérée, comme en témoignent les catalogues faisant état de sa sismicité historique.

Voici les événements marquants, ayant fait l'objet d'une enquête macrosismique, qui se sont produits dans la région sont :

Le séisme de Boudouaou-Thénia⁵ du 01 mars 1953 à 04h32m (foyer à 7.10 Km de profondeur, épicentre macro : 36.80N; 03.40^E, Intensité maximale observée $I_0= 4.5$ à Thénia et Boudouaou).

Le séisme de la Baie d'Alger du 23 janvier 1961 à 14h59mn12s (foyer à 5.6 Km de profondeur, épicentre macro 36.80°N, 03.10°E, intensité maximale observée $I_0 = 5$ à Alger). ***le séisme de Dar el Beïda*** du 25 avril 1972 à 02h14mn (GMT) (foyer à 3 km de profondeur, épicentre macro 36.75N; 03.23°E, intensité maximale observée $I_0= 3$ à Rouïba, Ain Taya, Bordj el Bahri.

Le séisme de Thénia-Isser du 23 mai 1982 à 02h14mn (GMT) (foyer à 6.7 Km de profondeur, épicentre: 36.69°N; 03.70°E, Intensité maximale observée $I_0 : 7.7$ aux Issers.

⁵ MEZCUA, 1983; BENHALLOU, 1985; BENOUAR; 1994; CRAAG, 1994.

le séisme de Thénia du 16 septembre 1987 à 22h00mn46s (GMT), (M= 5.2, épicentre macro: 36.69°N;03.50°E, intensité maximale observée Io= 6 à Thénia, Si Mustapha et Bordj Ménaïl).

En général, les séismes de la région de Boumerdes (classe modérés à faibles) étaient surtout dus à l'activité sismique de la faille de Thénia et à des degrés moindres à l'anticlinal récent du Sahel d'Alger.

Il faut néanmoins rappeler que le séisme de Boumerdes entre dans le cadre de la sismicité de la région d'Alger marquée au cours de l'histoire par trois événements importants :

- Le séisme du 02 Janvier 1365 (I : X) qui aurait détruit Alger et généré un petit tsunami.

- Le séisme du 03Février 1716 (I : X) qui aurait détruit Alger.

- Le séisme du 29 Octobre 1989 (Mw : 6.0) qui a touché la région de Tipaza.

Quelle relation entre ces différents séismes ? Le séisme de Boumerdes nous éclaire pour la seconde fois sur l'origine de la sismicité qui touche la région Centre du pays.

Caractéristiques du séisme du 21 Mai 2003

Le choc principal de magnitude Mw : 6.8 s'est produit à 19h 44mn 36s dans la région de Zemmouri (Wilaya de Boumerdes), **plus précisément en mer, à 7Km** au nord de cette localité (36.91°N, 3.58°E).

Avec un foyer situé à environ 07Km de profondeur, ce séisme superficiel a donc affecté une large zone dans une direction s'étendant de Dellys à Alger. Dans cette zone épiscopentrale on a enregistré le maximum de dégâts et le plus grand nombre de pertes en vies humaines.

Des effets de surface furent également observés (liquéfaction, ruptures de berges d'oueds, petits glissements de terrain).

Dans la ville de Boumerdes, la structure la plus affectée a été le complexe des 1200 logements; des effondrements ainsi que des basculements d'immeubles de plusieurs étages ont été constatés ; dans cette cité on a enregistré un grand nombre de personnes décédées.

A Alger, à la suite du choc principal quelques immeubles se sont effondrés et des milliers d'édifices ont été également lézardés.

Ce séisme de magnitude 6.7 sur l'échelle de Richter dans la région épiscopentrale a néanmoins montré des disparités dans les dégâts observés puisque selon la nature et la qualité des sols le comportement

des édifices n'a pas été le même. Dans un même secteur, selon la nature du sol, des immeubles ont subi des désordres différents.

La faille de Zemmouri

La faille qui est à l'origine du séisme était jusqu'à ce jour inconnue puisque se situant le long de la marge algérienne.

De direction NE-SW (N60°), celle-ci s'étend entre Dellys et AIN-TAYA sur une longueur de près de 50 Km. Cette nouvelle structure active révélée par la distribution spatiale des répliques enregistrées, par les mesures de déformation, présente un mécanisme au foyer de type inverse sans composante de décrochement.

Ce mécanisme traduit dans la région de Boumerdes un régime compressif compatible avec un mouvement en faille à jeu inverse pur.

Les répliques

Suite au choc principal du 21 Mai 2003, plus de huit mille répliques ont été enregistrées entre la période du 21 Mai 2003 au 21 Mai 2004. Cette activité normale que l'on enregistre après un séisme a permis la libération du reste de l'énergie emmagasinée par la faille.

Parmi les répliques les plus importantes, on note celles qui se sont produites

DATE	HH MN SS	LOCALISATION	M
21.05.2003	19.51.14	36.87 N 3.64 E	5.0
22.05.2003	04.14.02	36.98 N 3.64 E	5.3
27.05.2003	18.11.29	36.88 N 3.55 E	5.8
28.05.2003	07.58.39	36.03 N 3.32 E	5.2
29.05.2003	03.15.01	36.20 N 3.42 E	5.8

Suite au choc principal qu'il y' eu plusieurs dizaines de secousses de magnitude supérieure à 4 parfois ressentis de façon importante par la population. De nombreuses secousses de magnitude 3 à 3.9 ont été enregistrées et ressentis également par les populations surtout la nuit lorsque les personnes sont au repos. Mais le plus nombre de répliques ont des magnitudes inférieures à 3 et n'ont pas été ressentis par les personnes. Toutes ces répliques ont été localisées le long du plan de faille entre Dellys et AIN TAYA.

Effets du séisme

ans la région épiscopentrale, de nombreuses traces de surface ont été observées à plusieurs endroits (Boudouaou, Zemmouri, Dellys). Ces traces sont en rapport avec la déformation de la couverture sédimentaire récente. Des phénomènes de rupture de berges ont été largement observés au niveau de l'oued Isser ou Sebaou ou dans la zone marécageuse de AIN TAYA. Un phénomène régional important s'est également produit suite au séisme. Il s'agit du relèvement de la côte de près de 60 cm en moyenne. Ce relèvement a pu être constaté sur tout le littoral compris entre Dellys et BORDJ EL BAHRI. De nombreux rochers ont émergé suite au séisme. Un autre phénomène s'est produit au moment du choc principal. Il s'agit comme en témoignent les habitants des localités côtières, d'un retrait de la mer d'une centaine de mètres. Au même moment, sur l'autre rive de la Méditerranée, le retrait de la mer près du littoral algérien, a provoqué un mouvement antagoniste donnant lieu à un petit tsunami qui a détruit près d'une centaine d'embarcations au niveau des îles Baléares.

D'autres effets ont été constatés tels que liquéfaction, assèchement de source, ou création de source, échouage de cétacés marins.



CONCLUSION

Le séisme qui vient de se produire dans la région de Boumerdes rappelle que la région d'Alger est fortement sismique et que de violents séismes peuvent s'y produire. Le séisme montre que la région centre est soumise à l'instar d'autres régions du pays à un régime compressif avec une direction de contraintes NNW-SSE.

L'apparition d'une nouvelle structure active (faille de Zemmouri) indique que malgré tous les efforts pour identifier les structures actives, de nouvelles failles peuvent à tout moment apparaître générant un séisme destructeur.

La nouvelle faille de Zemmouri rappelle que la région offshore peut être le siège de séisme important et que ceux-ci peuvent générer également des tsunamis dont il y'a lieu d'évaluer le risque.

Le séisme de Boumerdes révèle pour la seconde fois après le séisme de Tipaza (29/10/1989) une structure active de la région Centre du pays. De plus amples études sont donc nécessaires pour l'évaluation de l'aléa de cette région Centre du pays.

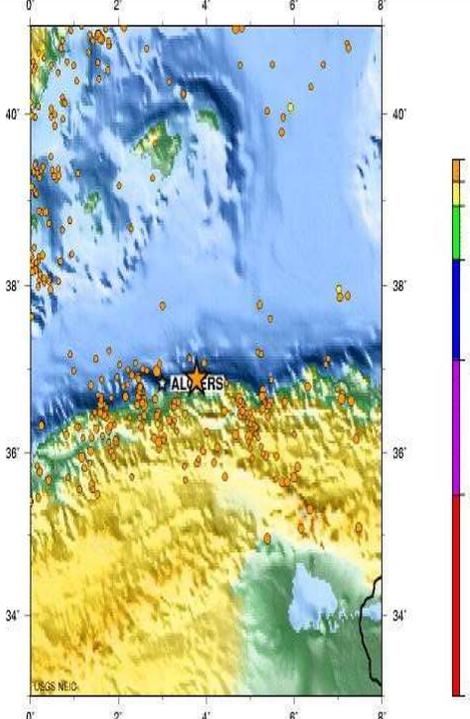
En effet, on ne sait pas prédire les séismes, mais il y'a un micro satellite scientifique Demeter (**D**etection of **E**lectromagnetic **E**missions **T**ransmitted from **E**arthquake **R**egions) qui mesure les perturbations ioniques de l'atmosphère en relation avec les volcans et les séismes.

Les données fournies par ce satellite sont d'un grand intérêt pour les scientifiques mais les délais, pour le moment, sont trop courts, (de quelques heures, jusqu'à quelques jours).

Aussi, l'implantation de stations GPS permanentes dans la zone à risque sismique permet la surveillance des structures actives. Les images satellites (exemple : type Landsat et images radar) permettent la cartographie des failles. Cependant, personne ne peut prédire à quel moment s'activera le prochain séisme ; à cela s'ajoute

le fait que la majeure partie de la population est concentrée justement dans la région nord de l'Algérie connue par un risque sismique classé parmi les plus forts (voir tableau suivant) :

Liste des séismes historiques en Algérie :

<p>-Alger 02/01/1365, 09/10/1716 (20 000 morts) -ORAN 09/10/1790 (3000 morts) -DJIDJELLI 22/08/1856 -GOURAYA 15/01/1891 -ORLEANSVILLE (El- Asnam et CHLEF actuellement) 09/09/1954 M=6.7 (1400 morts) -EL-ASNAM 10/10/1980 M=7.3 (2633 morts) -TIPAZA 29/10/1989 M=6.0 -MASCARA 18/08/1994 M=5.7 -ALGER 04/09/1996 M=5.7 -AIN-TEMOUCHENT 22/12/1999 M=5.8 -BENI-OUARTILANE 10/11/2000 M=5.4 -BOUMERDES 21/05/2003 M:6.8 (2377 morts)</p>	 <p>NORTHERN ALGERIA 2003 05 21 18:44:19 UTC 36.89N 3.78E Depth: 10.0 km, Magnitude: 6.7 Seismicity 1990 to Present, Plate Boundaries in Yellow USGS National Earthquake Information Center</p>
--	--

Bibliographie sélective :

1. A.HADDADI-HAMDANE, Bryozoaires du Pliocène du Sahel d'Alger. Document Université Claude Bernard, Lyon. 1996.
2. A. YELLES-CHAOUCHE et al. (Active tectonics in northern Algeria) C. R.Géoscience 338 (2006).
3. A. VATAN Manuel de sédimentologie; édition technip Paris N° d'édition 359 Décembre 1974.
4. B. BOULEMTAFES : étude morphopédologique de la Basse Vallée de l'Isser (thèse de Doctorat 2009 USTHB).

5. Documents et analyses des rapports sur le suivie des séismes en Algérie «bib- CRAG ».

6. E. FICHEUR : «carte géologique détaillé de Ménerville »,1/50 000 Alger, 1890 + «Notice géographique et géologique sur la Kabylie", in A. HANOTEAU et A. LETOURNEUX

7. J. CHALINE : histoire de l'homme et des climats au Quaternaire DOIN éditeurs Paris 1985.

8. J. TRICART et A CAILLEUX : introduction à la géomorphologie climatique SEDES Paris 1965.

9. J. TRICART, JEAN KILIAN l'éco-géographie et l'aménagement du milieu naturel; édition : François Maspero Paris 1979.

10.K. BADDARI, Mabrouk DJEDDI, Les séismes et leur prévision. OPU, Alger. 2002.

11.P. MURAOUR, Etude des terrains tertiaires de la région Dellys-Tizi Ouzou -Ménerville. Service de la Carte Géologique de l'Algérie, Alger. 1956.

12. P MURAOUR : "Contribution à l'étude stratigraphique et sédimentologique de la Basse-Kabylie" Alger, Service de la carte géologique.

13. R RAYNAL : sédimentation et évolution des processus géomorphologiques au cours des pluviaux Quaternaires en Afrique du nord – actes du congrès international des Nord africanistes Cagliari 1965.

14. Yves GUERMOND : Analyse de système en géographie Presses Universitaires de Lyon 1984.

15.VATAN ANDRE : manuel de sédimentologie; édition technip Paris N° d'édition 359 Décembre 1974; 397p,