



Exemples de déformations liées aux séisme

observées dans les sites de Mons

(W.Sétif) et Guerbes (W.Sikda).

كهينة رومان

جامعة الجزائر2

ملخص:

علم الاركيوسيسمولوجية هو علم جديد يهتم أساسا بعرض الاضطرابات والتشوهات التي لوحظت على المباني الأثرية والبقايا من المدن القديمة، فإنه يساهم مباشرة في تقييم المخاطر الزلزالية، استنادا على الموقع الجغرافي والكتابات القديمة.

قمنا في هذا العمل بعرض مجموعة من الباتولوجية مثل اعوجاج حجارة الأرصفة، انشقاقات على مستوى الجدران، دوران كتل حجرية بدعائم البنايات...الخ والتي احتمالا تكون مرتبطة بالزلازل فقد كشفت هذه التشوهات على مستوى مواقع أثرية تقع في منطقة التقارب أي في حزام زلزالي كبير، كما هو الحال بالنسبة لشمال الجزائر، التي تعتبر منطقة شديدة الزلازل.

كان اختيارنا في هذا العمل لموقعي قرياس بولاية سكيكدة وموقع مونس الذي يتواجد بولاية سطيف.

1. Introduction

Le Nord de l'Algérie est connu pour être une région sismiquement active. Le catalogue sismique algérien montre que cette région a connu d'innombrables événements sismiques majeurs avec de fortes valeurs soit en intensité ou en terme de magnitudes (ex. Alger, 1365, Io X, 1716, Io X, Djijel, 1856, Io IX, Orléanville, 1954, M_s 6.7, El Asnam 1980, M_s 7.3, Constantine, 1985, M_s 6.0, Zemmouri, 2003, M_w 6.8) (Benouar 1994, Mokrane et al., 1994, Ayadi et Bezzeghoud 2015).

Le séisme, est un phénomène naturel vibratoire qui peut induire des désordres à différents degrés sur les édifices archéologiques qui se trouvent en surface, dans les zones exposées aux séismes, allant de la simple fissuration à l'effondrement total.

L'Archéosismologie qui représente la connexion entre l'archéologie et la sismologie a vu le jour il y a quelques années et se base sur l'étude des dommages et désordres observés sur les structures archéologiques et qui seraient induites par des séismes majeurs. L'Archéosismologie traite donc des séismes anciens, ayant affecté les sites et monuments archéologiques. Elle fait appel à différents spécialistes qui sont l'archéologue, le sismologue, le tectonicien et l'ingénieur civil.

Retrouver la trace de séismes anciens et les localiser dans le temps permet de mieux connaître la sismicité historique, de compléter les

catalogues sismiques et avoir une meilleure évaluation du risque sismique dans une région ou sur un site donné.

Cette étude que nous présentons dans ce manuscrit se focalise sur certaines zones touchées par des séismes majeurs. Le choix des sites à étudier est basé sur, d'une part leur proximité "géographique", d'événements sismiques majeurs (Fig. 1) et d'autre part, par l'étude de textes anciens qui signalent des destructions et des dommages importants dans tous ces sites (Roumane, 2016). Il reste toutefois important à signaler que tous les sites étudiés sont localisés dans des zones sismiquement actives à savoir l'atlas tellien, les hautes plaines ou l'atlas saharien

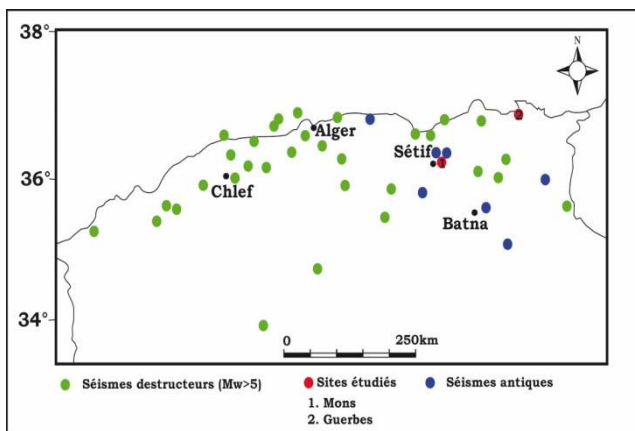


Fig. 1. Représentation des sites étudiés dans une carte représentant les séismes anciens et récents en Algérie du Nord

Pour cette étude notre choix s'est porté sur deux sites peu étudiés en archéologie du fait de la faible extension des dommages que l'on

retrouve. En premier le site de Mons qui se localise à mi-chemin entre Sétif et Djemila (Cuicul anciennement) et le site de Guerbes (l'antique Paratianis) situé dans la wilaya de Skikda

2. Archéosismologie

Acquérir des informations sur les forts séismes qui se sont produits par le passé est crucial pour pouvoir anticiper la survenance de dégâts suites à des forts séismes futurs (Beaupretre 2013). Pour cela, l'Archéosismologie et la Paléosismologie nous permettent d'étudier ces séismes et d'en déterminer l'impact sur les anciennes constructions. Les spécialistes définissent l'Archéosismicité comme une "branche de la Paléosismologie" consacrée à l'étude et à l'interprétation des paramètres essentiels des forts tremblements de terre du passé (Hely, 2000). Il est important de rappeler que ces deux disciplines se suivent dans le temps L'archéosismologie étudie les événements jusqu'à une période de – 10.000 ans. Par contre la paléosismologie va s'intéresser aux séismes plus anciens qui remontent jusqu'à -100.000 ans (Hely, 2000)

3. Etude des textes anciens

Les témoignages et indications concernant les destructions occasionnées aux constructions et les actions de restauration sur les édifices touchés par les séismes, existent depuis plusieurs siècles et ce dès le premier siècle avant notre ère. Selon Lepelley, (1984), les inscriptions observées dans toute l'Afrique du Nord représentent

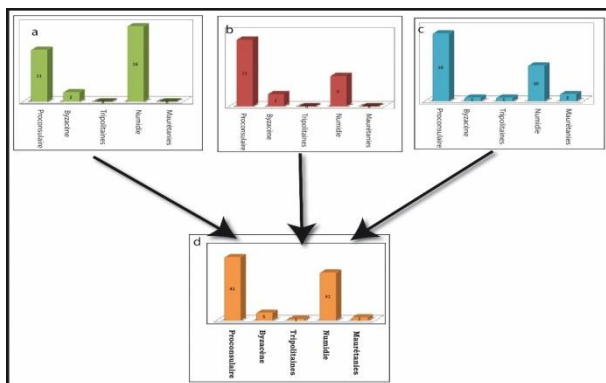
d'excellents témoignages sur les effets des grands tremblements de terre signalés dans la région. Malheureusement, en Algérie, ces témoignages sont assez rares. Toutefois on retrouve certains écrits qui témoignent de l'activité sismique dans le Nord de l'Afrique, qui ne relatent, en fait, que la période post chrétienne. Les traces de séismes plus anciens, n'ont pas été répertoriées, ce qui semble s'expliquer dans la mesure où l'essentiel de la période romaine en Algérie relève de la période post chrétienne. On peut citer en exemple la région de Ad Maiores (actuellement Négrine) qui en 267 (après J.C), d'après une inscription retrouvée, un tremblement de terre aurait été responsable de l'effondrement d'un arc durant la nuit. Ballu (1897) dans son livre sur les ruines de Timgad antique précise qu'un tremblement de terre de forte intensité a été ressenti à Thamugadi et ce en 267 (de notre ère). Les mouvements sismiques se sont manifestés surtout au capitole dont les chapiteaux ont été désaxés. Des fissurations, au niveau des marbres utilisés dans les monuments du site antique ont été observées (Lepelley 1981, 1984 ; Laporte et Dupuis 2009).

En 355 de notre ère un autre séisme a été ressenti à Khemissa (anciennement Thubursicu Numidarum) (Ferdinand & Harbi 2013).

Le séisme universel survenu le 21 Juillet 365, aurait affecté une bonne partie de la méditerranée entre autres la ville romaine de Cuicul (Djemila) (Albertini 1949 ; Rebuffat, 1980). L'importance de ce séisme dévastateur est soulignée par l'importance des travaux de

restauration qui ont été entrepris durant les années post cataclysme dans cinq régions du Maghreb :

- Proconsulaire qui correspond au territoire de Carthage et correspond à une zone depuis l'Est de la Tunisie, selon une ligne qui va de pupput (Souk El Abyad) jusqu'au Sud de Tébessa, et de cette partie vers le Nord jusqu'à Annaba.
- Byzacène qui correspond à la partie intérieure de la Tunisie, elle englobe Sousse et ses limites méridionales et arrive au



Nord du Chott El Djerid

- Tripolitaines qui représente l'association de trois villes antiques Leptis Magna, Sabratha et Oea (qui correspond à l'actuelle Tripoli).
- Numidie qui avait pour capitale Cirta. Ce territoire comprend la partie Nord-est de l'Algérie, ainsi que l'extrémité Ouest de

la Tunisie. La Numidie avait Lambèse pour capitale puis elle fut transférée à Cirta au 4^{ème} siècle).

- Maurétanies, avec notamment la Maurétanie césarienne avec comme capitale Cherchell et la Maurétanie Sitifiennne avec Sitifis qui correspond à l'actuelle Sétif.

Le bilan des chantiers de restauration, en Afrique du Nord durant les années qui ont suivi ce cataclysme, est représenté sous forme de diagramme et cela sur trois périodes :

- a. La première concerne le règne de Valentinien Ier et Valens avant l'avènement de Gratien soit durant les années 364 à 367 de notre ère. Elle est définie par 29 chantiers de reconstruction. (Fig. 2a)
- b. La seconde période où on ne recense pas moins de 18 chantiers, s'étale sur environ 8 années (367 à 375) concerne le règne de Valentinien Ier, Valens, Gratien. (Fig. 2b)
- c. La période comprise entre 375 à 383 et qui correspond au règne de Valens, Gratien, Valentin II, puis Théodose. 33 chantiers de reconstruction ont ainsi été définis. (Fig. 2c).

Pour toutes les années soit sur une période de 20 ans (Février 364 à Août 383), on compte environ 80 chantiers de reconstruction (Fig. 2d).

Fig. 2. Répartition les chantiers de reconstruction en Afrique du Nord pendant l'antiquité.

a. Période de l'an 364 à l'an 367 de notre ère. b. Période de l'an 367 à l'an 375. c. Période de l'an 375 à l'an 383

4. Méthodologie

Dans l'étude des effets des séismes sur les sites archéologiques plusieurs méthodologies ont été appliquées par différents auteurs. Stiros (1995, 1996) a fait des simulations et des modélisations des déformations affectant le bâti ancien.

Une approche scientifique a tout d'abord développée par Atakan et al. (2000) pour la paléosismologie. Cette approche a été appliquée pour l'archéosismologie par Sintubin et Stewart (2008). Cette approche comprend six stades les trois premiers servent à examiner et évaluer le potentiel des sites à enregistrer les séismes. Les trois derniers stades concernent la mise en évidence des dommages.

Hinzen (2010) et Hinzen et al. (2010) ont effectué plusieurs modélisations basées sur des modèles numériques en 3D (trois dimensions), de colonnes monolithiques et structurés, combinés avec des mouvements du sol, mesurés en 3D. Ils ont ainsi pu démontrer que les tambours, à la base, subissaient une rotation.

Les observations faites sur des sites romains et méso-américains par Rodriguez-Pascua et al. (2011) leur ont permis d'établir une

classification de différents dommages que l'on peut observer sur les sites archéologiques.

La classification des dommages est très souvent difficile à entreprendre. Pour notre étude notre choix s'est porté sur quelques déformations observées dans les sites de Guerbes et Mons. Les types de déformations étudiées ont déjà été décrites par différents auteurs dans d'autres sites à travers la Méditerranée. A l'exemple de Karakhanyan et al. (2010) qui a étudié les déformations enregistrées au niveau d'un temple à Louxor (Egypte) ; Marco (2008) au niveau de la mer morte ; Silva et al. (2009) dans le Sud de l'Espagne ; Ayadi et al. (1992) dans le site de Tipasa ou encore Roumane (2016) et Roumane et Ayadi (2016) sur les sites Madauros (M'Daourouch) ou Thubursicu Numidarum (Khemissa) dans la wilaya de SoukAhras

5. Application

Comme cité précédemment nous nous sommes intéressés à deux sites : Mons et Guerbes.

5. 1. Le site de Mons

Présentation de la zone d'étude

Le site de Mons (36°15'37.04"N et 5°34'15.18"E) est situé sur l'ancien itinéraire entre Sétif et Cuicul (Djémila), il occupe une grande superficie. Les restes archéologiques dans ce site se limitent au tracé de la forteresse Byzantine et les ruines visible d'un temple.

Selon Galand (1949), la position stratégique de la ville, est en relation avec le versant Sud-est de la montagne. De ce fait, Mons était considérée comme la gardienne de ce passage entre les deux importantes localités de Sétif et Djémila (Cuicul) (Gsell, 1901).

Christol et Aibèche (2009), préviennent que le véritable nom de la ville est en fait Mopht, découvert sur une inscription, et non pas Mons. Ils s'appuient sur les différentes études de Ginther (1940) et Massiera (1941) et reprises par Galand (1949).

Il est pratiquement impossible de définir à quelle époque, Mopht devient une municipalité romaine. Signalons toutefois que la plus ancienne inscription latine datée trouvée dans le site est de l'an 157 de notre ère.

Identification des dommages.

Dans ce site, les ruines visibles d'un ancien temple, ont permis de montrer une importante déformation typique à tous les sites étudiés. Dans ce temple, cette déformation est observée dans les linteaux d'une porte d'entrée au temple (Fig. 3a). Dans le détail, on peut remarquer que ce décalage vers le bas (environ 4cm) (Fig. 3b), est enregistré dans les deux niveaux des linteaux de cette porte. Dans différents sites algériens ce même type de déformation a été signalé par Roumane et al. (2017) et Roumane et Ayadi (2017) dans les sites de M'Daourouch et de Djémila. Rodriguez-Pascua et al. (2011)

définissent les mêmes déformations dans le site de Baelo Claudia au Sud-est de l'Espagne.

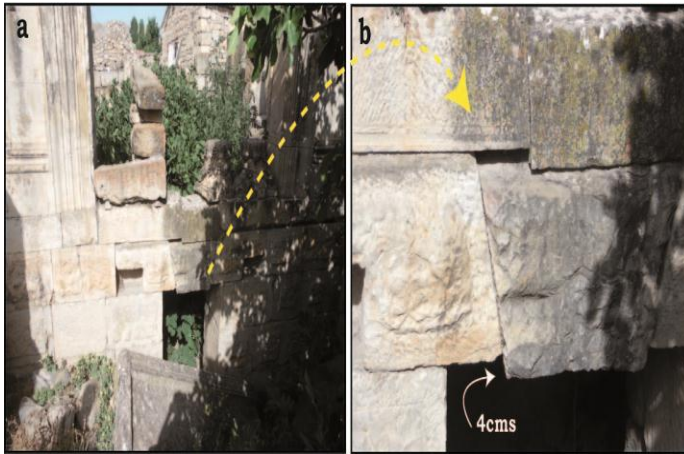


Fig. 3. Déformations des linteaux. Ruines du temple à Mons. (Roumane, photo personnelle).

Une deuxième déformation a pu être mise en évidence dans ce site. Cette fois-ci elle a été observée au niveau du rempart byzantin. Une importante inclinaison (Fig. 4a) est mise en évidence, associée à une torsion relativement importante (Fig. 4b). Le décalage, ainsi engendré (Fig. 4c), est très important, il a été mesuré à près de 15cm (Fig. 4d).

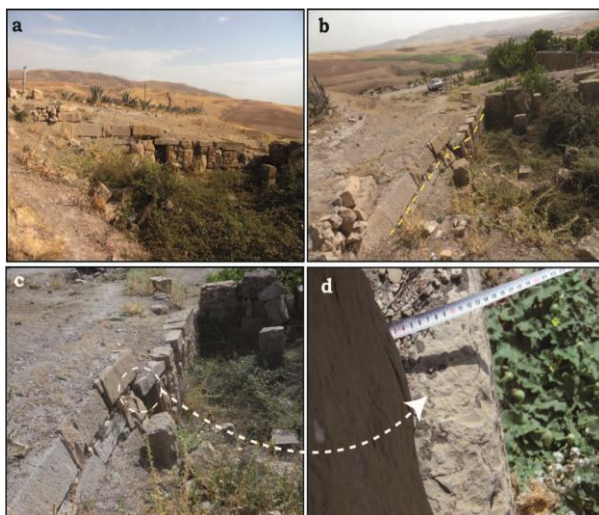


Fig. 4. Décalage d'un mur byzantin. Site de Mons (Roumane, photo personnelle).

Le décalage des murs est un excellent indicateur sismique, il a été signalé dans toutes les méthodologies utilisées en archéosismologie. Meghraoui et al. (2003) étudient la même typologie dans des sites en Syrie ou encore Marco (2008) dans un site au niveau de la mer morte.

5. 2. Le site de Guerbes

Présentation de la zone d'étude

Le site de Guerbes (Paratianis) étudié, en ce moment, sous la direction de M. Fillah, est situé à environ 65kms à l'Ouest de Annaba

et à 40 Kms à l'Est de Skikda. Les coordonnées de ce site sont : 36° 55' 02.2" de latitude Nord et 07°09'23.5" de Longitude Est.

Le site antique de guerbes, appelé aussi Bénian Mta El Medjez, situé à l'extrémité méridionale, et au pied du djebel Filfila près du port de Gavetto, les restes de ruines romaines appartiennent à un ancien fort défensif militaire, ou poste d'observation.

Cette exploitation consiste en une grande enceinte rectangulaire, qui servit déjà comme abris pour voyageurs de passage (Pouydraguin, 1898).

Selon le rapport de fouilles de l'équipe de laboratoire de la recherche archéologique (patrimoine archéologique et archéométrique) l'appellation de cette bourge archéologique a été considérablement indiqué dans la table de Peutinger. Plusieurs travaux archéologiques ont été effectués dans le site de Guerbes dont des relevés archéologiques et topographiques, ainsi qu'une nouvelle lecture historique du site. Ils ont également exécuté une identification des monuments associés aux plans.

Identification des dommages

La faible étendue du site, ne permet pas d'observer beaucoup de cas liés aux séismes. De plus, ce site est en pleine restauration. Un travail

sous forme de tranchées devrait être entrepris ce qui permettrait d'analyser les fondations de ce poste militaire. Quelques indices de déformations probables, ont pu être décelés au niveau du site. Il s'agit de décalages dans le mur, orientés sensiblement Est-ouest, avec un décalage à la base de 3cm (Fig. 5).

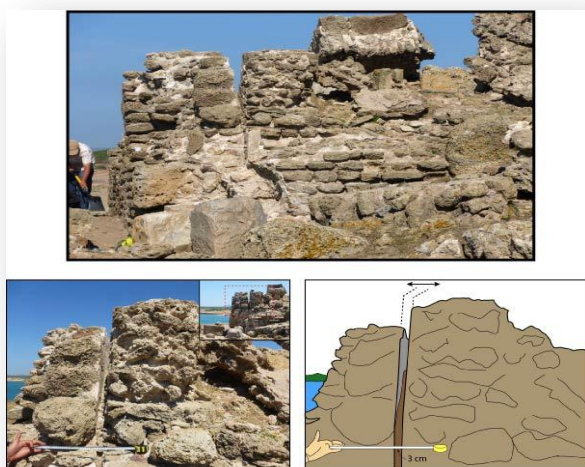


Fig. 5. Décalage du mur du poste militaire à Guerbes
Sur une autre, p
plus important, notamment dans sa partie supérieure de la structure, où il avoisine les 10cm (Fig. 6).



Fig. 6. Décalage vue de l'intérieur

6. Conclusion

L'identification des dommages sur les sites et monuments archéologique a permis de faire ressortir de nombreux exemples de déformations, décrits par plusieurs auteurs tels que stipulés dans la classification de Rodriguez-Pascua et al. (2011) ou encore Stiros (1995 et 1996).

Dans les sites étudiés nous avons pu détecter et étudier les traces probables laissées par des séismes anciens au niveau des deux sites. L'étude des désordres et des pathologies observées sur les sites étudiés contribue de manière directe à l'étude archéosismologique, à la connaissance de la sismicité en Algérie durant la période antique.

La finalité de cette étude vise à obtenir une meilleure connaissance de l'aléa sismique.

Bibliographie.

- Albertini E. 1949. Une nouvelle basilique civile à Cuicul (Djemila). *Comptes rendus des séances de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres*, vol. 87, no. 3
- Atakan, K., V. Midzi, B. Moreno, K. Vanneste, T. Camelbeeck & M. Meghraoui, 2000. Seismic hazard in regions of present day low seismic activity : uncertainties in the paleoseismic investigations along the Bree fault scrap (Roer Graben Belgium), . *Soil Dyn. Earthq. Eng*, 20, 415-27.
- Ayadi, A., D. Laouaci & F. Idjeraoui, 1992. Etude du site archéologique romain de Tipaza par la méthode électrique. . *Rev. D'archéométrie*. , 16, p 13-9
- Ayadi, A. & Bezzeghoud, M. 2015. Seismicity of Algeria from 1365 to 2013: Maximum observed intensity map (MOI2014). *Seismological Research Letters*
- Ballu, A., 1897. Les ruines de Timgad (antique Thamugadi). Eds. Leroux, Paris.
- Beaupretre, S., 2013. Développement d'une approche de paléosismologie géophysique par imagerie Géoradar. Applications aux failles décrochantes actives de Nouvelle Zélande. Thèse Doctorat. Grenoble, 290p. p. 213.

Benouar, D., 1994. Materials for the investigation of the seismicity of Algeria and adjacent regions during the twentieth century. *Annals of geophysics*.

Christol M, Aibèche. Y. (M2007). Mopti municipium : le municpe de Mopt(h)i, entre Sétif et Cuicul. In: *Antiquités africaines*, 43,2007.

L'Afrique du Nord de la protohistoire à la conquête arabe. pp. 47-67.

Ferdi, S. & A. Harbi, 2013. Roman literary and epigraphic sources for the study of historical seismicity in Algeria circa 42–420 AD. *J Seismol* DOI 10.1007/s10950-013-9400-5.

Galand, L. 1949. Mons, mopth... et mopti. Fouilles et topographie africaines. In: *Mélanges d'archéologie et d'histoire*, tome 61, 1949. pp. 35-91.

Ginther P., 1940. Occupation, , p. 137-140

Gsell, S., 1901. Les monuments antiques de l'Algérie. Services des monuments historiques de l'Algérie., 2 tomes (366p 464p).

Helly, B., 2000. Histoire des séismes ou histoire des hommes ? Les tâches de l'historien. *PUBLICATIONS DE LA MSH-ALPES*, 31p.

Hinzen, K. G., C. Fleischer, S. K. Reamer, S. Schreiber, S. Schütte & B. Yerli, 2010. Quantitative methods in Archaeoseismology. *Quaternary International*, doi: 10.1016/j.quaint.2010.11.006.

Hinzen, K. G. & B. Yerli, 2010. The lycian Sarcophagus of Arttumpara, Pinara (Turkey) -Testing Seismogenic and anthropogenic damage Scenarios. *Bulletin of the Seismological Society of America* 100 (6) 3148-64.

Karakhanyan, A., A. Avagyan & H. Souroujian, 2010. Archaeoseismological studies at the temple of Amenhotep III, Luxor, Egypt. . Geological Society of America Special Paper 471, 199-222.

Laporte, J-P. and Dupuis, X. 2009. De Negrines Maiores à Negrine. In: *Antiquités africaines*, 45, pp. 51-102.

Leppaley, C., 1981. Les cités de l'Afrique romaine au Bas empire. *études augustiniennes*. . t 2,

Lepelley, C., 1984. L'Afrique du Nord et le séisme universel du 21 Juillet 365: remarque méthodologiques et critiques, . in : *Tremblement de terre : histoire et archéologie*, Actes des IVèmes rencontres internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes, Valbonne, novembre 1983, , pp. 199-206.

Marco, S., 2008. Recognition of earthquake-related damage in archaeological sites: examples from the Dead Sea fault zone. *Tectonophysics*, 453, 148-56.

Massiéra P., 1941. Inscriptions ; Id., Découvertes à Mons, 1941-42 (communication transmise par L. Leschi) ; Id., Inscriptions de Mons, 1946-49 (communication transmise par L. Leschi).

Meghraoui, M., F. Gomez, R. Sbeinati, J. VanDerWoerd, M. Mouty, A. N. Darkal, Y. Radwan, I. Layyous, H. Al-Najjar, R. Darawchech, F. Fouad-Hijazi, R. Al-Ghazzi & M. Barazangi, 2003. Evidence for 830 years of seismic quiescence from palaeoseismology, archaeoseismology and historical Seismicity along the Dead Sea fault in Syria. . *Earth and Planetary Science Letters* 210 35-52.

Mokrane, A., A. AitMessaoud, A. Sebai & A. Ayadi, 1994. Les séismes en Algérie de 1365 à 1992. Pub. CRAAG.

Rebuffat, R. 1980. Cuicul le 21 juillet 365, Ant. Afr., 15, pp. 309-328.

Rodriguez-Pascua, M. A., R. Perez-Lopez, J. M. Gines-Robles, P. G. Silva, V. H. Garduno-

Monroy & K. Reicherter, 2011. A comprehensive classification of Earthquake Archaeological Effects (EAE) in archaeoseismology: Application to ancient remains of Roman and Mesoamerican cultures. Quaternary International, 242, 20-30.

Roumane K. (2016). Identification des dommages induits par les tremblements de terre sur les structures archéologiques. Contribution à l'Archéosismologie en Algérie. Thèse Doctorat, Université, Alger 195p.

Roumane K. & Ayadi. A. (2016). Impact of earthquakes on archaeological sites in Algeria. The First ArabGU International Conference Algiers 17/18 Feb 2016

Roumane, K. & Ayadi. A. 2017. Archaeoseismology in Algeria: observed damages related to probable past earthquakes on archaeological remains on Roman sites (Tell Atlas of Algeria). European Geosciences Union (EGU).Vienne (Autriche).

Roumane, K. Ayadi A. & Amri, K. 2017. Damages related to probable past earthquakes on antiquities sites (northern Algeria) - Contribution to Archaeoseismology. Séminaire 3MA Meknès Maroc.

Silva, P. G., K. Reicherter, C. Grutzner, T. Bardaji, J. L. Goy, C. Zazo & P. Becker-Heidmann, 2009. Surface and subsurface palaeoseismic records at the ancient Roman city of Baelo Claudia and the Bolonia Bay area, Cádiz (south Spain). *Geological Society of London*, vol. 316, 93-121.

Sintubin, M. & I. S. Stewart, 2008. A logical methodology for archaeoseismology: a proof of concept at the archaeological site of Sagalassos, Southwest Turkey. *Bulletin of the Seismological Society of America* 98 (5), 2209-30.

Stiros, S. C., 1995. Archaeological evidence of antiseismic construction in antiquity. *Annali di geophysica*, XXXVIII (N° 5-6), 725-36.

Stiros, S. C., 1996. Identification of earthquakes from archaeological data: methodology, criteria and Limitations. Fitch Laboratory Occasional Paper 7. In: Stiros, S., Jones, R. (Eds.), *Archaeoseismology*. British School at Athens,, 129-52.